

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN PARA REDUCIR EL TIEMPO DE FERMENTACIÓN DE CERVEZA POR UNA TÉCNICA DE BAJO COSTO

*,Elena Elsa Bricio Barrios¹; Santiago Arceo Díaz²; Fernando López Caamal, ¹ y Héctor Hernández Escoto ¹.

¹Universidad de Guanajuato. División de Ciencias Naturales y Exactas, Posgrado en Ingeniería Química, ²Instituto Tecnológico de Colima.*ee.briciobarrios@ugto.mx

RESUMEN

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas alrededor del mundo. Su fabricación solo involucra tres ingredientes: agua, cereal y levadura. Aunque su fabricación es sencilla, la cerveza es una mezcla compleja que contiene alrededor de 800 componentes los cuales darán las propiedades únicas de sabor-aroma y grado alcohólico. Sin embargo, un simple error en la mezcla de los cereales, temperatura de maceración o/y fermentación perjudicará todo el proceso de fermentación. Esta problemática ha sido abordada exitosamente a través de la implementación de esquemas de control de temperatura y recientemente se ha propuesto el empleo de estos controladores para alcanzar la máxima concentración de etanol en el menor tiempo posible. No obstante, su diseño y construcción están basados en los parámetros de operación de los azúcares reductores, y por tanto, se requiere conocer la concentración de los azúcares durante su fermentación, técnica y equipo que carecen los fabricantes de cerveza artesanal. Por tanto, será necesario el empleo de una técnica de bajo costo que sea capaz de describir la velocidad del consumo de estos azúcares y con ello; acoplar un controlador para reducir el tiempo de fermentación.

INTRODUCCION

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más antiguas de la historia; su permanencia y creciente demanda se debe a su facilidad de elaboración respecto a vinos y licores (Heath, 2000), beneficios de su consumo moderado (Paoletti y Klatsky, 2000) y a la variedad y abundancia de cereales empleados para su fermentación (Santiago, 2008). La fabricación de cualquier cerveza inicia con la mezcla de los granos del cereal con agua, la cual se calienta hasta obtener un líquido dulce conocido como mosto. El mosto se hierve y se le adiciona el lúpulo para aromatizar y dar el sabor amargo a la cerveza. Posteriormente, se enfría la mezcla y se añade la levadura para dar inicio a la etapa de fermentación, donde los azúcares reductores contenidos en el mosto se convertirán en alcohol, dióxido de carbono y compuestos aromáticos (Willaert, 2007) que proporcionarán las características de olor y sabor de la cerveza (Gee y Ramírez, 1994). Inicialmente, los productores de cerveza solo requerían que su bebida mantuviese el grado alcohólico y por tanto su elaboración era sencilla. Posteriormente, los consumidores exigieron sabores característicos y los cerveceros se vieron obligados a la búsqueda y cuantificación de las condiciones de operación (Andres, 2016). Esta técnica ha sido exitosa por cientos de años, no obstante, la identificación de las condiciones "óptimas de operación" se realizan en laboratorios con periodos de fermentación de 5 a 28 días (Trejo, 2014) posteriormente pasan al proceso de escalamiento en tanques con volumen de 200 litros (ACERMEX, 2016). Dado la fabricación de cerveza es lento, Engasser et al. (1981) desarrollaron un modelo matemático capaz de describir las trayectorias de etanol y biomasa durante el proceso de fermentación. Este modelo matemático ha sido modificado y actualmente solo existen dos modelos matemáticos que describen la conversión del cereal en esta bebida alcohólica. Algunas características de estos modelos se describen a continuación:

- El *modelo microbiano* reportado por Toro et al. (1998), propusieron un modelo basado en la producción de etanol y biomasa correspondientes a las células vivas, muertas y latentes durante la fermentación. A partir de estos datos experimentales; Toro et al. (1998) desarrollaron un conjunto de ecuaciones diferenciales basadas en los balances de masa y energéticos de las relaciones de las células presentes en la biomasa durante la fermentación. Además; este modelo incluye la tasa de consumo de los azúcares totales, etanol y compuestos indeseables como el diacetaldehído y etilacetato.
- El *modelo de sabor-aroma* propuesto por Gee y Ramírez (1994) proporciona más información referente al proceso de fermentación de cerveza respecto al de Toro et al. (1998). Este modelo proporciona las expresiones de la producción de biomasa y etanol, así como la tasa de

consumo de los azúcares reductores contenidos en el cereal. Adicionalmente, este modelo incluye algunas características sensoriales de la cerveza como los sabores deseados, indeseados, valor nutrimental, presencia de CO₂ en el líquido y en la superficie de la cerveza, entre otros.

No obstante, la elección del modelo matemático dependerá de la disponibilidad de equipo. Por ejemplo; si se desea utilizar el modelo de *sabor-aroma*, se debe emplear la técnica de cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC). Mientras que, en el modelo *microbiano*, se empleará un microscopio óptico para realizar el conteo de células de cada muestra durante la fermentación (Toro et al., 1998). Al contar con los datos experimentales de la fermentación de cerveza y el modelo matemático que describe este proceso, es necesario realizar la cuantificación de los parámetros de operación a través de alguna técnica de optimización. Por ejemplo; Gee y Ramírez (1988; 1994) emplearon el método de Quasi-Newton y Levengerg-Marquard. Posteriormente, con la mejora de los procesadores en los equipos de cómputo Ramírez y Maciejowski (2007) utilizaron la técnica de programación cuadrática secuencial lineal en el caso de una cerveza de baja graduación alcohólica. Mientras que, Garduño et al. (2012) y Bricio et al. (2017 d) determinaron estos parámetros de operación por medio de la programación cuadrática secuencial no-lineal para una cerveza con bajo y alto grado alcohólico, respectivamente. Aunque estas estrategias de optimización han mostrado un desempeño aceptable; la fermentación de cerveza es susceptible a potenciales perturbaciones como la liberación inadecuada de dióxido de carbono durante la fermentación, acumulación de suciedad en el interior del reactor (Xiaodong et al. 2015), baja calidad en la levadura fermentadora y/o variaciones de temperatura en el interior del tanque de fermentación (Olaniran et al. 2011), entre otras. Aunado a las perturbaciones que pueden aparecer durante la fermentación, la industria cervecera ha buscado alternativas para reducir su costo de fabricación; por ejemplo: (i) encontrar combinaciones de cereales para reducir el costo de materias primas (Terán, 2017), (ii) reducir el tiempo de fermentación sin afectar la graduación etílica (Ramírez y Maciejowski 2007 y Bricio et al., 2017 a), propiedades nutrimentales y propiedades de sabor-aroma (Bricio 2017 b). Minimizar el tiempo de fermentación de cerveza ha sido un tema de interés en el área de control de procesos y se han propuesto, vía simulación y en planta, diversos esquemas de control para alcanzar la máxima concentración de etanol en el menor tiempo posible, a través del seguimiento de la trayectoria óptima de etanol. Por ejemplo; Ramírez y Maciejowski (2007) desarrollaron la trayectoria óptima de etanol y la validaron respecto a un controlador PI lineal, sintonizado por un algoritmo de optimización. Mientras que Bricio et al. (2017 a y b) construyeron y acoplaron un controlador geométrico basado en la trayectoria de maltosa y maltotriosa, sintonizado por el método por asignación de polos estables y validado respecto a la trayectoria óptima de Gee y Ramírez (1994) y Ramírez y Maciejowski (2007), respectivamente. Pese a que estas estrategias reducen el tiempo de fermentación el controlador propuesto por Ramírez y Maciejowski (2007) reporta perfiles de temperatura de difícil reproducción. Mientras que Bricio et al (2017 a, b) utilizan parámetros de operación cuya cuantificación se debe realizar indirectamente. Por tanto, este proyecto propone, vía simulación, la determinación de los parámetros de operación de los azúcares reductores los cuales se cuantifican por técnicas de alto costo (HPLC) a partir de datos experimentales de biomasa cuyos datos se obtienen del conteo celular al emplear un microscopio óptico. Adicionalmente, con los parámetros de operación de los azúcares se acopló un esquema de control para minimizar el tiempo de fermentación de la cerveza.

TEORÍA

- *Datos experimentales:* El proceso de fermentación de cerveza reportado por Aniseh et al. (2012) se tomó como base de datos. Se eligió estos datos experimentales porque presentan la tasa de consumo de los azúcares reductores y producción de etanol bajo el efecto de diferentes levaduras fermentadoras. En este proyecto se eligió el proceso de fermentación de un cereal rico en azúcares ($G_0 = 3$, $M_0 = 0.5$, $N_0 = 2.6$, $T_0 = 12^\circ C$) que se puso en contacto con la levadura *Saccaromyces rouxxi* y al finalizar el proceso de fermentación de 150 horas se alcanzó una concentración de 5.0% de etanol.
- *Modelo matemático:* Las ecuaciones de Gee y Ramírez (1994), que describen el proceso de fermentación de cerveza, se tomaron para realizar las simulaciones. Este modelo ha demostrado ser capaz de reproducir la tasa de consumo de tres azúcares reductores glucosa, maltosa y maltotriosa, la formación de etanol, biomasa, características nutrimentales, sabores

deseados e indeseados; entre otros. Estas ecuaciones de diseño se pueden consultar de la bibliografía.

- *Cuantificación los parámetros de operación:* La codificación de los datos experimentales de Aniseh et al. (2012) como el modelo matemático de Gee y Ramírez (1994) se realizó mediante el software Matlab 2017. La cuantificación de los parámetros de operación del modelo matemático para representar los datos experimentales se utilizó el toolbox *lsqnonlin* debido a la naturaleza no lineal del caso en estudio.
- *Reducción de tiempo de fermentación de cerveza* Se acopló un esquema de control basado en la velocidad de consumo de maltotriosa. La elección de este parámetro de operación se debe a que este azúcar es la última fuente de carbono en consumirse. Adicionalmente, Garduño et al. (2012) demostraron a partir de un análisis de sensibilidad que la velocidad de consumo de la maltotriosa es un parámetro significativo al simular la producción de biomasa. Mientras que, la técnica de sintonización por asignación de polos estables se eligió como la estrategia para la cuantificación de las ganancias de controlador (K_p y K_i) porque ha mostrado alto desempeño en un tanque de fermentación para la producción de etanol (Bricio et al. 2016), xilitol (Yépez y Hernández, 2017) y reactores exotérmicos y fabricación de cerveza (Bricio, 2017 d, a, b).

RESULTADOS

Validación de datos experimentales respecto al modelo matemático

Las trayectorias de los azúcares reductores de Aniseh et al. (2012) y las simuladas por medio del modelo de Gee y Ramírez (1994) con los parámetros reportados en (Bricio et al. 2017 c) se muestran en la figura 1.

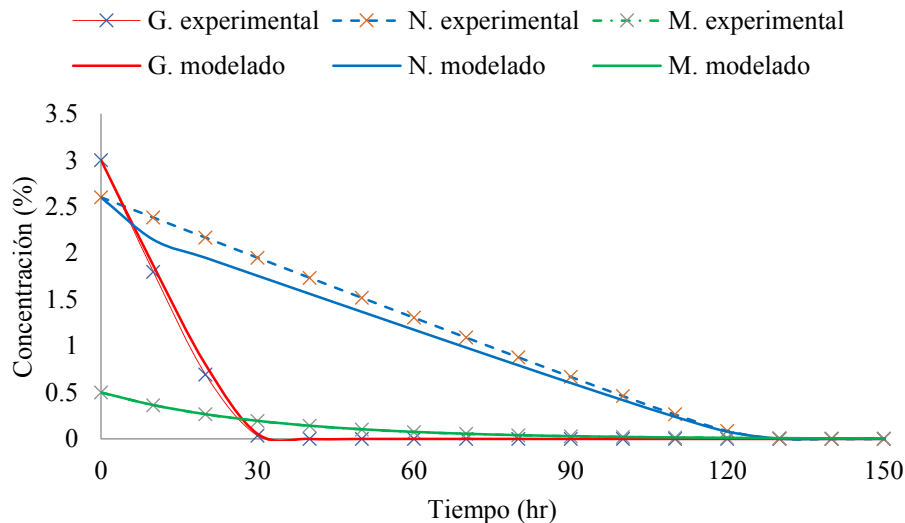


Figura 1. Trayectorias de la glucosa (G), maltosa (M) y maltotriosa (N) durante el proceso de fermentación de cerveza con los datos experimentales de Aniseh et al. (2012) respecto a los modelados.

La figura 1 muestra la velocidad de consumo de los tres azúcares reductores durante el proceso de fermentación de cerveza. Se observa que, las trayectorias experimentales y modeladas que la concentración inicial y final son iguales para los tres azúcares; es decir, la programación del modelo matemático se realizó exitosamente. Además, la trayectoria experimental y simulada de la glucosa empalman. Para la maltosa existe una pequeña diferencia en ambas trayectorias. La trayectoria de la maltotriosa experimental difiere de la modelada; esto se debe a que la ecuación diferencial requiere cuantificar 11 parámetros de operación y por tanto, se requiere técnicas avanzadas como el empleo de un estimador en línea. A pesar que el modelo de Gee y Ramírez (1994) ha mostrado alto desempeño al reproducir el proceso de fermentación de cerveza, la cuantificación experimental de

la concentración de los azúcares reductores se realiza por un método avanzado, lo cual, limita económicamente a cerveceros artesanales. Esta problemática se puede abordar a través de la cuantificación de los parámetros de biomasa del modelo de Gee y Ramírez (1994). Sin embargo Aniseh et al. (2012) no reporta la trayectoria de biomasa y por tanto, no es posible validarla con la trayectoria modelada. Para solventar esta problemática, es posible evaluar la trayectoria de biomasa y azúcares reductores a través del etanol. Por tanto, se estimó la incertidumbre de los datos de producción de etanol reportada por Aniseh et al. (2012) respecto a la cuantificada por medio de los azúcares reductores y biomasa (figura 2).

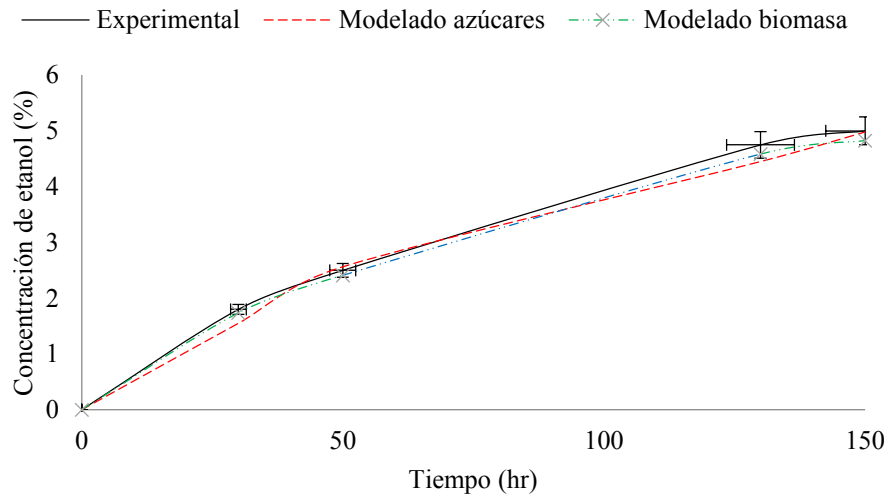


Figura 2. Trayectorias de etanol durante el proceso de fermentación de cerveza con los datos experimentales de Aniseh et al. (2012) respecto a los modelados.

La figura 2 muestra la velocidad de producción de etanol experimental de Aniseh et al. (2012) y las trayectorias simuladas de etanol obtenidas a partir de los datos de biomasa y etanol. Se observa que, la concentración inicial y final de etanol de los datos experimentales y simulados son iguales, por tanto, el proceso de programación y simulación fue adecuado. La trayectoria de etanol simulado (véase la figura 2 en modelado azúcares y modelado biomasa) queda dentro de la tolerancia del 5 % del error porcentual de los valores experimentales. Por tanto, el modelo matemático de Gee y Ramírez (1994) con los parámetros de operación cuantificados por la herramienta *Isqnonlin* de Matlab, son en conjunto una herramienta adecuada para representar el proceso de fermentación de cerveza. Por otro lado, la figura 2 muestra que es posible tener una buena aproximación de la velocidad de producción de etanol por medio de datos experimentales de los azúcares reductores o por medio de biomasa.

Reducción de tiempo de fermentación

Al demostrar que es posible obtener la trayectoria de etanol ya sea por medio de la cuantificación de biomasa y/o azúcares reductores. Se acopló un esquema de control por retroalimentación de estados con el objetivo de reducir el tiempo de fermentación con los parámetros de sintonización ($k_p=0.037$, $k_i=5.03 \times 10^{-4}$). El diseño y construcción se realizó a partir del trabajo de Bricio et al (2017 a, b). La figura 3 muestra el consumo de los azúcares reductores reportados por Aniseh et al. (2012) y las trayectorias con el esquema de control durante el proceso de fermentación de cerveza.

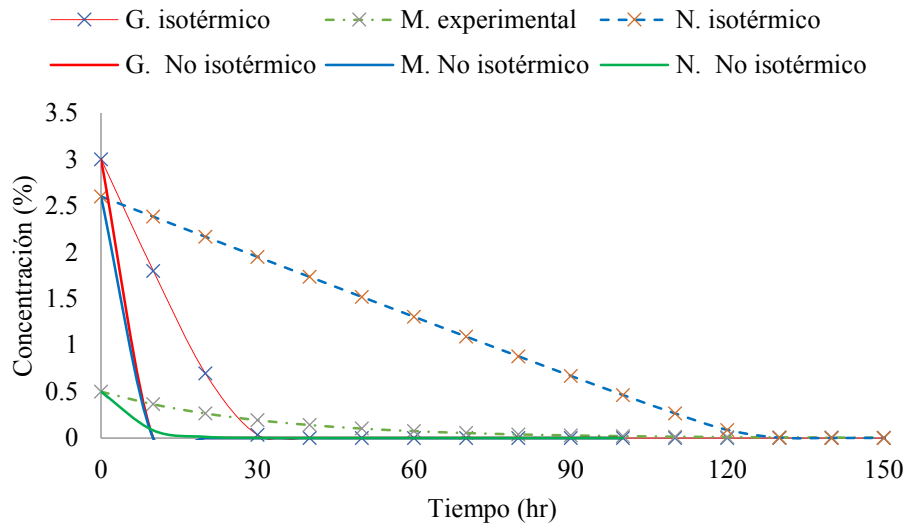


Figura 3. Trayectorias de la glucosa (G), maltosa (M) y maltotriosa (N) a temperatura constante durante el proceso de fermentación de cerveza con los datos experimentales de Aniseh et al. (2012) respecto a los azúcares sometidos al controlador de temperatura (no isotérmicos).

La figura 3 muestra la velocidad de consumo de los azúcares reductores a temperatura constante (isotérmico) y al acoplar el controlador por retroalimentación de estados (no isotérmico). Se observa que, al acoplar el controlador avanzado, el tiempo de fermentación se minimiza a 30 horas respecto a las 130 horas requeridas a temperatura constante. Esto se debe a la velocidad de consumo de la maltotriosa es muy lenta respecto a los otros dos azúcares. Por tanto, al acoplar el controlador, el cual fue diseñado para acelerar la velocidad de consumo de la maltotriosa; el tiempo de fermentación dependerá ahora de la glucosa y maltosa.

CONCLUSIONES

Este proyecto propone, vía simulación, acoplar un controlador de temperatura para reducir el tiempo de fermentación de cerveza a través del uso de datos experimentales obtenidos a partir de un microscopio óptico. Los resultados mostraron que: (i) es posible reproducir los datos experimentales a través de un modelo matemático del proceso de fermentación de cerveza; (ii) se obtendrán trayectorias de etanol cercanas a los datos obtenidos experimentalmente si se emplean las trayectorias del consumo de los azúcares reductores o biomasa y (iii) es posible reducir el tiempo de fermentación de cerveza a través de la implementación de un controlador por retroalimentación de estados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acermex. Asociación Cervecería de la República Mexicana. 2016. Cervecerías artesanales crecen 56% en 2016 y llegan a 400: Acermex. www.elfinanciero.com.mx. Disponible en <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/cervecerias-artesanales-crecen-56-en-2016-y-llegan-a-400-acermex.html>. Acceso, 31 de enero del 2018.
2. D. Andres. Ciencias aplicadas a la actividad profesional (EDITEX, 2016).
3. M. Aniseh, S. Sayyed, M. Seyyed y R. Karamatollah. "A comparison between suger consumption and ethanol production on wort by immobilized *Saccaromyces cerevisiae*, *Saccaromyces ludwiggi* and *Saccaromyces rouxxi* on brewer's spend grain". *Brazilian Journal of Microbiology*, Vol.42, 2011, págs. 605-615.
4. E. Bricio y H. Hernández. "Control de reactores con diferente velocidad de conversión". *Compendio de Investigaciones Científicas en México*, Cap. 7, 2016, págs. 3185-3191.

5. E. Bricio, H. Hernández y S. Arceo. "Control y optimización simultáneo de un proceso de fermentación de cerveza", *Exploratoris*, Vol. 6, No. 2, 2017, págs. 82-87, 2017.
6. E. Bricio, F. López y H. Hernández. Congreso de la Asociación de México de Control Automático 2017, Monterrey, Nuevo León, México, octubre 4-6, 2017. "Control de fermentación de cerveza basada en control geométrico".
7. E. Bricio, J. Bricio, S. Arceo, H. Hernández y F. López F. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journal, Celaya, Guanajuato, México, noviembre 8-10, 2017. "Modelado de la fermentación de cerveza de alta graduación mediante modelos cinéticos".
8. E. Bricio, H. Hernández y F. López. "Control y optimización simultáneo en procesos industriales". *Compendio de Investigaciones Científicas en México*, Cap. 7, 2017, págs. 3110-3117.
9. D. Castañe. "Determinación de alcohol en cerveza por HPLC". *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, Vol. 85, No. 1, 1995.
10. J. Engasser, I. Marc, M. Moll y B. Duteur. EBC Congress (18th, 1981, Copenhagen), págs. 579-586. "Kinetic Modeling of Beer Fermentation", 1981.
11. Garduño, S. Martínez y A. Ruiz. "Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal", *Ingeniería Investigación y Tecnología*, Vol. 15, No. 2, 2012.
12. D. Gee y W. Ramirez. "A flavour model for beer fermentation". *Journal of the Institute of Brewing*, Vol. 100 No. 5, 1994, págs. 321-329.
13. D. Heath, D. "Drinking occasions: Comparative perspectives on alcohol and culture", (Psychology Press, 2000).
14. R. Paoletti y A. Klatsky. "Moderate alcohol consumption and cardiovascular disease", Vol. 15, (Springer Science & Business Media, 2000).
15. A. Olaniran, Y. Maharaj y B. Pillay. "Effects of fermentation temperature on the composition of beer volatile compounds, organoleptic quality and spent yeast density". *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol. 14, No. 2, 2011.
16. W. Ramírez y Maciejowski, J. "Optimal beer fermentation". *Journal of the Institute of Brewing*, Vol. 113, No. 3, 2007, págs. 325-333.
17. Santiago. Evaluación nutrimental del sedimento de cerveza elaborada con cebada maltera, 2008.
18. Sánchez. "Evaluación nutrimental del sedimento de cerveza elaborada con cebada maltera", Tesis de grado de Licenciatura de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 2008.
19. Toro, J. Girón, C. López, J. Fernández y M. García. "A kinetic model for beer production under industrial operational conditions". *Mathematics and Computers in Simulation*, Vol. 48 No. 1, 1998, págs. 65-74.
20. C. Trejo. Memoria del Centro Nacional de Metrología Beneficios del aseguramiento de las mediciones en el proceso cervecero, 2014.
21. R. Willaert. "The beer brewing process: Wort production and beer". *Handbook of Food Products Manufacturing*, 2 Vol, No. 443, 2007.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALGORITMOS APLICADOS PARA EL RECONOCIMIENTO FACIAL

Karina Espinoza Domínguez¹, Juan Carlos Ambriz Polo¹, Luis Armando García de la Rosa²

¹Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, ²Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis comparativo entre dos algoritmos propios para reconocimiento facial, *Eigenfaces* y *Fisherfaces*. El objetivo es la validación de su nivel de fiabilidad, para ello, se ponen a prueba dichos algoritmos frente una base de datos que contiene rostros con distintas condiciones de luz, expresión facial y pose. Este trabajo consta de dos módulos principales, el primero está constituido por una fase de adquisición de imagen, en la cual se tiene un conjunto de fotografías a color (que previamente se tomaron a distintas personas). Posteriormente la fase detección de rostro, se encarga de localizar un rostro en la imagen, así como el tamaño y pose, una vez detectados los mencionados parámetros, se transforma a escala de grises realizando finalmente un reajuste de tamaño a la imagen. El módulo dos, por su parte tiene una fase de extracción de características, donde se obtienen los principales puntos de interés de un rostro PCA que se refiere a la posición de la nariz, distancia entre ojos y la localización de labios. De la misma forma en este módulo se encuentra la fase de Reconocimiento, esta trabaja con los vectores característicos obtenidos a partir del PCA de cada uno de los rostros de la base de datos. Determinado la identidad mediante el cálculo de la distancia Euclidiana, es decir, si la distancia tiende a 0, se valida la correspondencia de dos rostros, el caso contrario indica que los rostros no corresponden y se procede a comparar con una nueva imagen. Los resultados obtenidos son analizados de manera estadística por medio del cálculo de varianza y desviación estándar, demostrando que el algoritmo *Eigenfaces*, a pesar de ser uno de los métodos más simples de reconocimiento facial muestra un porcentaje mayor de fiabilidad, en comparación con el algoritmo *Fisherfaces*.

Palabras clave- Visión artificial, algoritmo de reconocimiento facial, eigenfaces, fisherfaces.

INTRODUCCIÓN

Dentro del área de estudio de la Inteligencia Artificial (IA) se engloban diversos campos de estudio entre ellos la Visión Artificial (VA) o Visión por Computadora, considerado esto como el conjunto de técnicas y modelos que permiten el procesamiento, análisis e interpretación de cualquier tipo de información espacial obtenida a través de imágenes digitales [1].

El inicio de la Visión Artificial tiene antecedentes en la década de los 60's por Larry Roberts, quien creó un programa de computadora que podía ver una estructura de bloques, analizar su contenido y reproducirla en un monitor; demostrando que la información visual emitida se había obtenido por medio de una cámara [2]. A partir de ello surgieron programas y nuevos avances tecnológicos en cuanto al área de la VA, tales como:

- Seguridad de la información.
- Cumplimiento de la ley (vigilancia).
- Tarjetas inteligentes para control de acceso.
- Industria.
- Sistemas biométricos, etc.

Centrándose en los sistemas biométricos, los cuales emplean dos características ya sea física o de comportamiento de las personas, para permitir su identificación. Es importante mencionar que estas características han sido un tópico de activa investigación durante los últimos años sobre la VA. Una de las características físicas es el reconocimiento facial, área encargada de identificar automáticamente el rostro de una persona a través de una imagen digital. En concreto el proceso que realiza la identificación facial es la comparación de una imagen adquirida contra todas las imágenes de caras conocidas que se encuentran en una base del conocimiento, estableciendo su identidad con ayuda de métodos de verificación facial. En los años 80's surgió el primer algoritmo denominado Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) planteado por Sirovich y Kirby [3]. A partir de ese periodo surgieron dos enfoques predominantes; el fotométrico o basado en apariencia, que analiza la imagen como si se encontrara en un plano, y el geométrico o basado en modelos que analiza los rasgos de ojos, nariz y boca, principalmente. En la actualidad

varios de los métodos de reconocimiento facial están fundamentados en base al algoritmo PCA por la robustez que presenta.

Un sistema básico de reconocimiento facial, consta de dos fases principalmente etiquetadas por *Etapa 1* y *Etapa 2*, las cuales a su vez se integran por submódulos como se aprecia en la figura 1 [4]. El proceso de identificación se inicia por la *Etapa 1* con el submódulo *Adquisición de imagen*, esta fase se encarga de obtener una fotografía, para validar el contenido de la fotografía adquirida se aplica la etapa de *Detección de rostro* que consiste en localizar las áreas de la imagen que contengan una cara, posteriormente filtra el área de interés. Por su parte la *Etapa 2* realiza la extracción de características, obteniendo los componentes principales de la cara y aplicando transformaciones geométricas para normalizar aspectos como el tamaño, posición o condiciones de luminosidad. La fase *Extracción de características* almacena en una Base de Datos (BD) una serie de rasgos propios del rostro que posteriormente será usada. La entrada propuesta como *Persona no identificada* o bien imagen de test, es una fotografía diferente a la que se encuentra en la BD con el propósito de ser validada y verificada con rasgos previamente capturados. La última fase del diagrama designada como *Algoritmo de reconocimiento* evalúa el proceso de identificación, determinando si la verificación sobre las características de rostros previamente registrados coinciden con la persona no identificada, devolviendo un resultado de aceptación o rechazo.

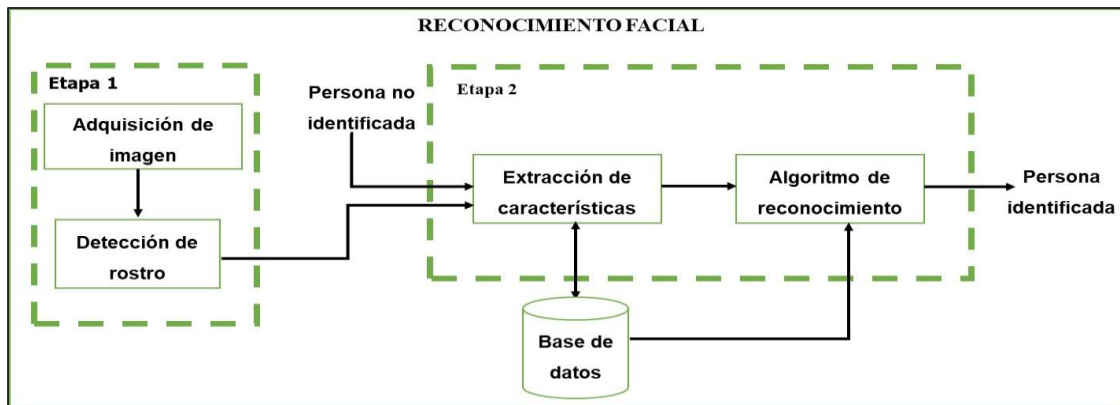


Figura 1.- Diagrama representativo de las etapas del reconocimiento facial

DESARROLLO

En este documento se aborda un análisis comparativo entre los algoritmos *Eigenfaces* el cual se basa en *PCA* y *Fisherfaces* fundamentado en el Discriminante Lineal de Fisher (*FLD*, por siglas en inglés); mismos que son implementados en el lenguaje "M" propio del IDE de MATLAB®. Finalmente se ponen a prueba con una BD de rostros, con la finalidad de validar resultados y establecer conclusiones.

Las partes principales que integran esta investigación son:

A) Base de datos, conformada por un total 432 imágenes, de 48 sujetos con 9 fotografías por cada uno; 40 de los sujetos son pertenecientes a la BD elaborada por el Laboratorio de Cambridge AT&T® [5] esta contiene imágenes faciales de sujetos en diferentes momentos variando características como la iluminación, expresiones (ojos abiertos/cerrados, sonriendo/no sonriendo) y uso de accesorios (gafas/sin gafas). Los otros 8 sujetos son de autoría propia, las fotografías fueron adecuadas de acuerdo a la estructura de la BD AT&T®.

B) Algoritmo *Eigenfaces*, este método de identificación facial, lleva a cabo una reducción dimensional que permite encontrar los vectores que mejor representen una distribución sobre un grupo de imágenes [6]. La figura 2 denota el proceso del algoritmo *Eigenfaces*, la simulación inicia por la *Fase 1* donde se prepara a un conjunto de imágenes de cara previamente adquiridas las cuales tienen características específicas de mismo tamaño y una transformación a escala de grises. Se continúa con la *Fase 2*, que calcula la media de todas las imágenes de entrada para posteriormente restar ese resultado al rostro original. En la *Fase 3* se obtiene una matriz de covarianza que contiene los *eigenvectors* (vectores propios) y los *eigenvalues* (auto valores) que guardan información de los *PCA* más comunes tales como nariz, boca y ojos. La *Fase 4* ordena los *eigenvalues* y en consecuencia

los *eigenvectors* de forma descendente, este procedimiento es necesario para representar las caras existentes y definir un nuevo subespacio desarrollándose así la *Fase 5* por lo que la *Fase 6* proyecta una nueva imagen distinta de la cara media.

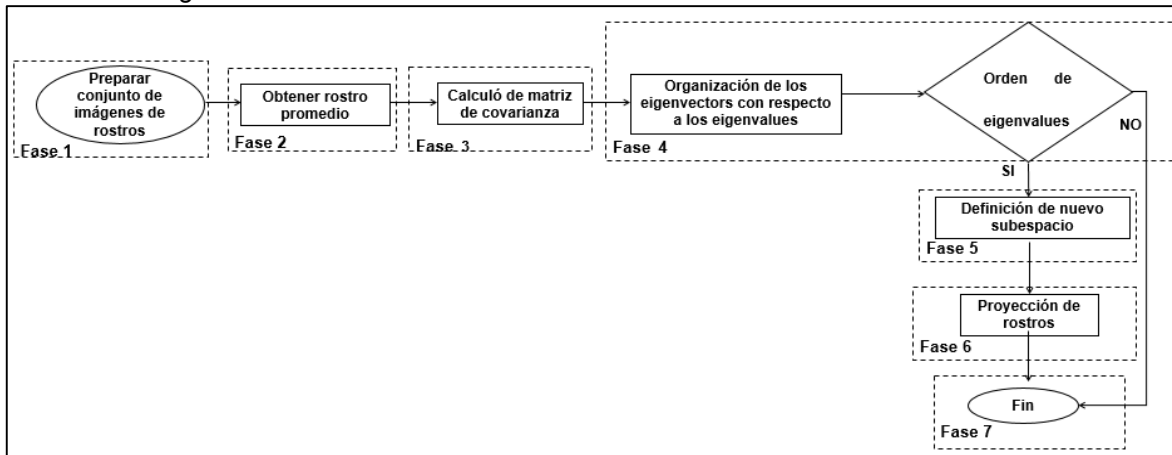


Figura 2.- Diagrama de flujo del algoritmo eigenfaces

C) Algoritmo Fisherfaces, esta técnica pretende convertir un problema de alta dimensionalidad en uno de baja dimensionalidad, se basa en aumentar la distancia existente entre clases para conseguir una mayor discriminación entre ellas [7]. Por medio de la figura 3 se representa el diagrama de flujo del algoritmo *Fisherfaces*, método que selecciona la proyección de rostros del algoritmo *Eigenfaces* denotado con el Proceso 1, posterior a ello se procede a obtener el cociente de la distribución máxima de clases y la distribución intra-clases indicado por el proceso 2 y 3. Esta distribución se define mediante una matriz denominada S_B y S_W como lo describe la ec. 1 y 2 respectivamente.

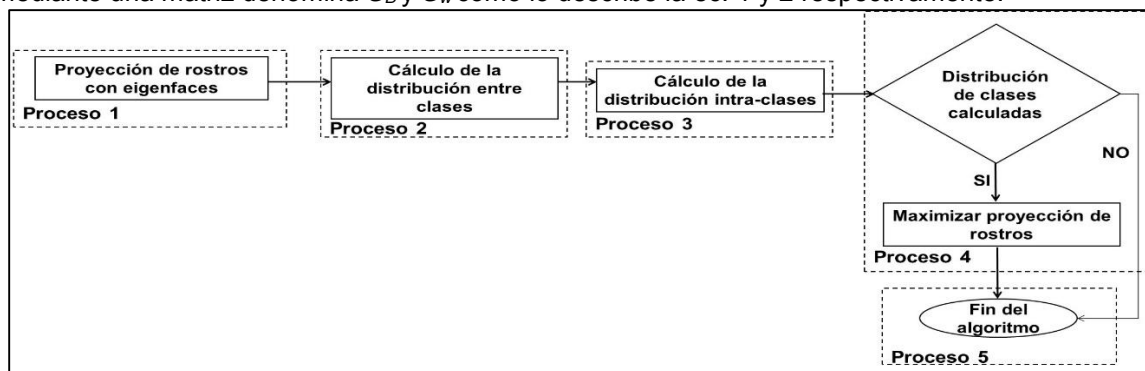


Figura 3.- Diagrama de flujo del algoritmo fisherfaces

$$S_B = \sum_{i=1} N_i \cdot (\mu_i - \mu) \cdot (\mu_i - \mu)^T \quad (1)$$

$$S_W = \sum_{i=1} \sum_{i \in c} (x_i - \mu_i) \cdot (x_i - \mu_i)^T \quad (2)$$

Donde μ es la imagen media de la clase y μ_i la media de todos los datos.

El *Proceso 4* del diagrama, se realiza con el fin de maximizar el criterio de separación entre clases proyectando una matriz W_{opt} obtenida a través de la ec 3.

$$W_{opt} = \arg \max_w \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|} \quad (3)$$

PRUEBAS Y RESULTADOS

El objetivo de esta sección es presentar el rendimiento que ofrecen los algoritmos de reconocimiento facial *Eigenfaces* y *Fisherfaces*. Para llevar a cabo el conjunto de pruebas se utilizó la BD que se presentó en el apartado del Desarrollo.

En general, tanto el algoritmo *Eigenfaces* y *Fisherfaces* se ejecutaron 10 veces para cada una de las 48 personas que integran la BD, registrando de manera simultánea el tiempo en segundos la ejecución de los algoritmos de identificación facial, en secciones siguientes se presentan los resultados alcanzados por estas técnicas.

Resultados del algoritmo *Eigenfaces*

a) Promedio de identificación y tiempo de reconocimiento.

La gráfica de la figura 4, indica el porcentaje promedio de los 480 datos obtenidos de la ejecución del algoritmo *Eigenfaces* durante el proceso de identificación facial por cada uno de los individuos de la BD, con lo que se calculó un promedio de fiabilidad final del 80%, la figura 6 es ejemplo de una verificación facial correcta mientras la figura 5 indica un resultado conocido como falso positivo esto se refiere a que se identifica un rostro como similar al de la BD, pero realmente la identificación es falsa ya que el rostro de entrada no le pertenece al individuo. El margen de error para esta prueba respecto al algoritmo *Eigenfaces* fue del 20%, puesto que los rostros con el número 10, 38, 43,44,45,46,47 y 48 no se identificaron correctamente.

En la gráfica de la figura 7, se aprecia la relación del tiempo transcurrido en segundos sobre la identificación facial por cada rostro de la BD con el algoritmo *Eigenfaces*, esta técnica de verificación manejó un periodo promedio de 5.4 segundos, mediante una curva de gauss se resalta al rostro con el número 37 ya que expone una discontinuidad de tiempo con 7.5 segundos a diferencia del resto de los rostros.

b) Cambio de imágenes de test de cada individuo.

Otra de las pruebas realizadas con el algoritmo *Eigenfaces*, fue la sustitución de la imagen de test de cada individuo por una fotografía diferente de los sujetos que integran la BD, la gráfica de la figura 8 asienta un 60% de eficacia respecto a la identificación facial de los rostros con número 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 33 y 34 con la técnica *Eigenfaces*.

El margen de error esta dado con un valor del 40% con los rostros 1, 10, 27, 28, 32, 35, 36 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47 y 48. El tiempo promedio de esta prueba se efectuó con un lapso de 5.5 segundos.

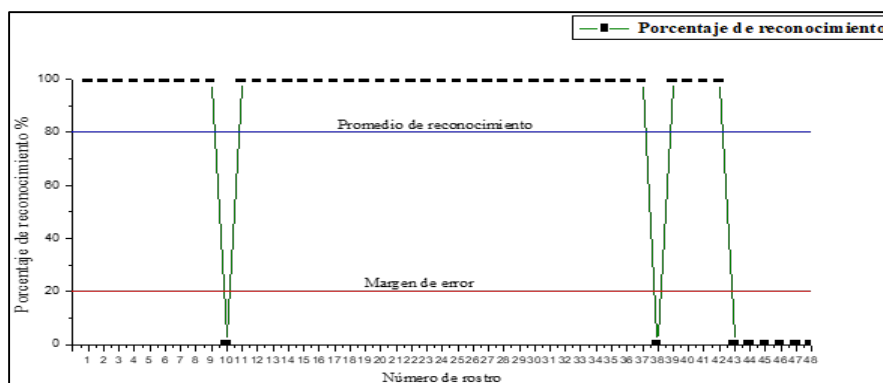


Figura 4.- Resultados de la técnica *Eigenfaces*

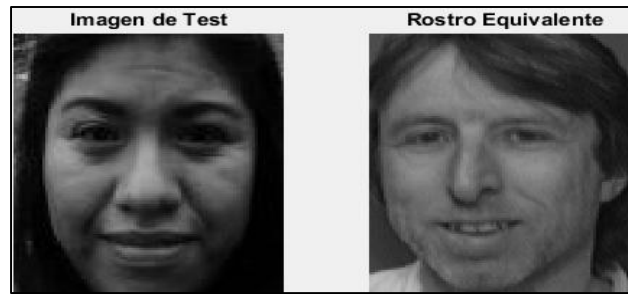


Figura 5.- Ejemplo de un falso positivo

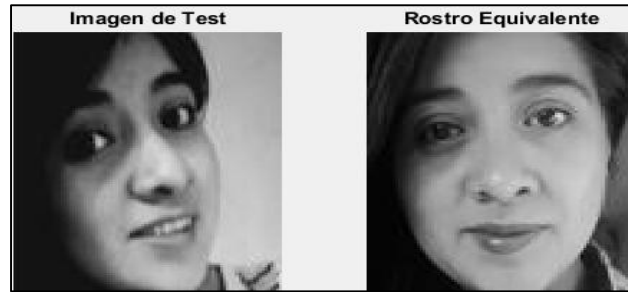


Figura 6.- Identificación facial con Eigenfaces

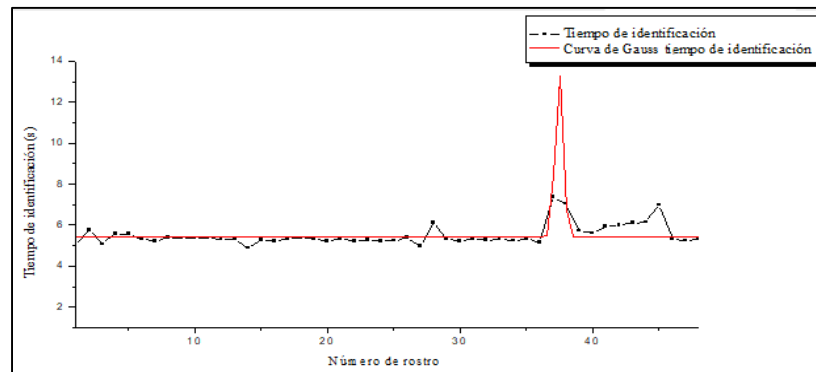


Figura 7.- Tiempo promedio del algoritmo Eigenfaces

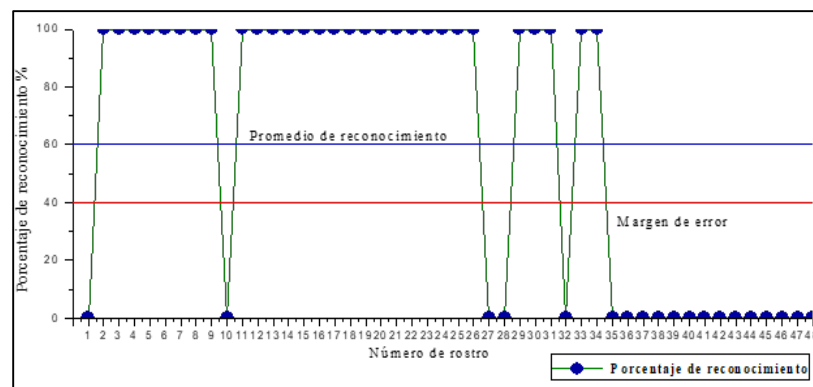


Figura 8.- Eficiencia del test cambio de imagen

Resultados del algoritmo Fisherfaces

- a) Promedio de identificación y tiempo de reconocimiento.

A partir de una serie de ejecuciones con el algoritmo *Fisherfaces*, se extrajeron datos con los que fueron viables calcular el promedio de exactitud sobre la identificación facial, la gráfica de la figura 9, expone con un valor del 17% la eficacia de la técnica *Fisherfaces*, denotando que los rostros 5, 8, 43, 44, 45, 46, 47 y 48 obtuvieron una correspondencia adecuada como lo presenta la figura 10.

En cambio los rostros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42 hacen referencia al margen de error con valor del 83% de falsos positivos.

Cabe mencionar que este mismo experimento fue hecho con el algoritmo *Eigenfaces* el cual demuestra un porcentaje de reconocimiento aceptable.

Mediante la gráfica de la figura 11 se enmarca la distribución de tiempo sobre el reconocimiento facial con la técnica *Fisherfaces*, en el gráfico los rostros pertenecen al eje "x" representados en una escala de 10 por lo tanto el eje "y" corresponde al tiempo de ejecución por cada sujeto de la BD, la línea de color azul puntualiza que el valor de 2.5 será constante al momento de llevar a cabo la identificación facial con el algoritmo *Fisherfaces*.

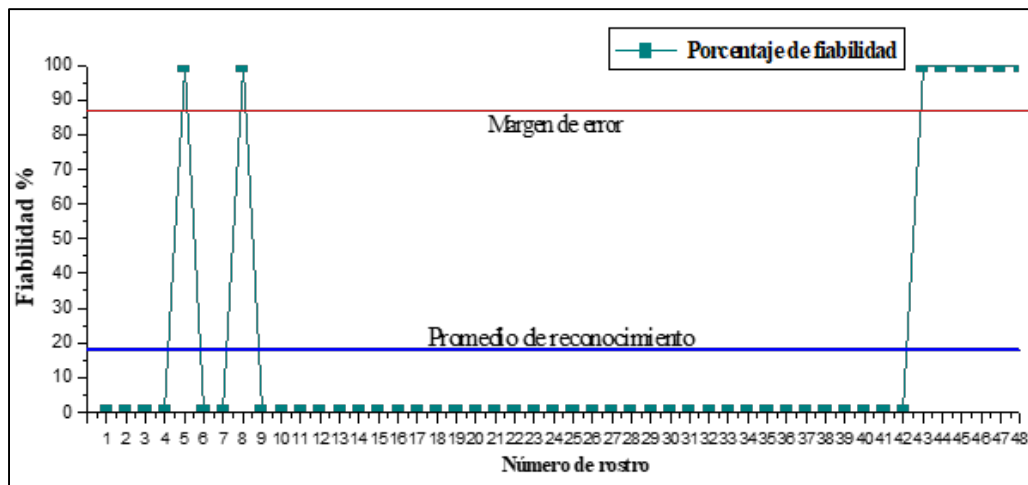


Figura 9.- Reconocimiento facial con la técnica Fisherfaces

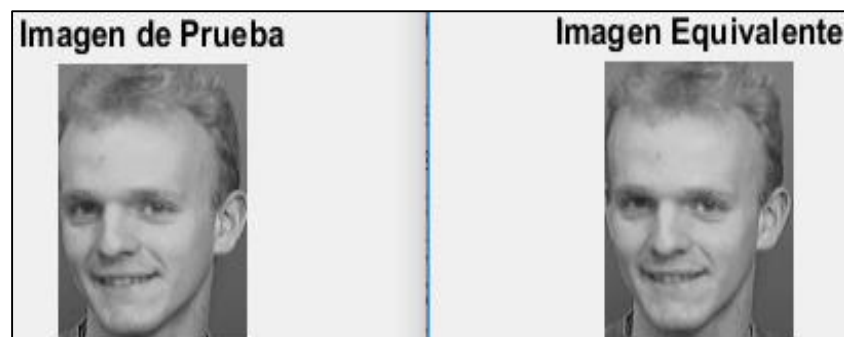


Figura 10.- Identificación facial correcta con Fisherfaces

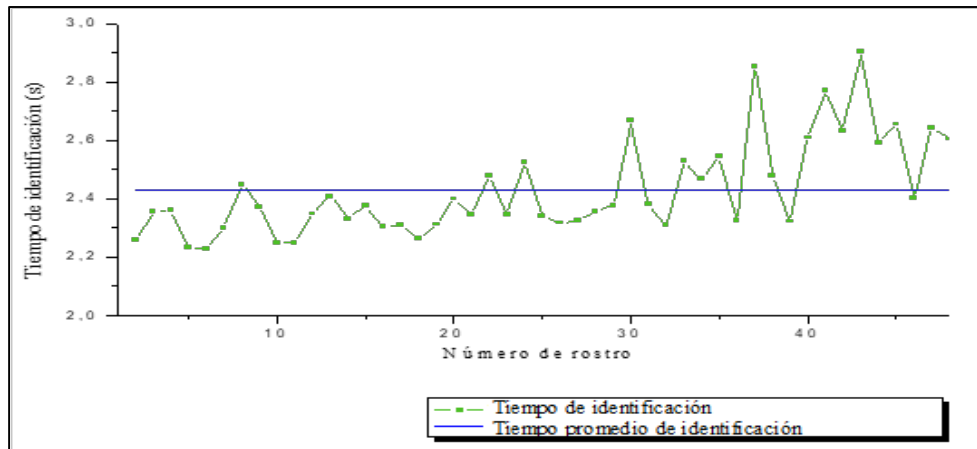


Figura 11.- Ejecución en segundos de la técnica Fisherfaces

b) Identificación facial con *Fisherfaces* cuando la imagen de test se extrae de la BD de rostros. Mediante la gráfica de la figura 12 se describe el resultado de fiabilidad del algoritmo *Fisherfaces* cuando la imagen de test cambia para cada sujeto, por una de las 9 imágenes que los 48 individuos tienen dentro de la BD. Como efecto, el nivel de eficiencia en relación a la identificación facial con *Fisherfaces* incrementa en más del 50% manteniendo un tiempo de 2.5 segundos.

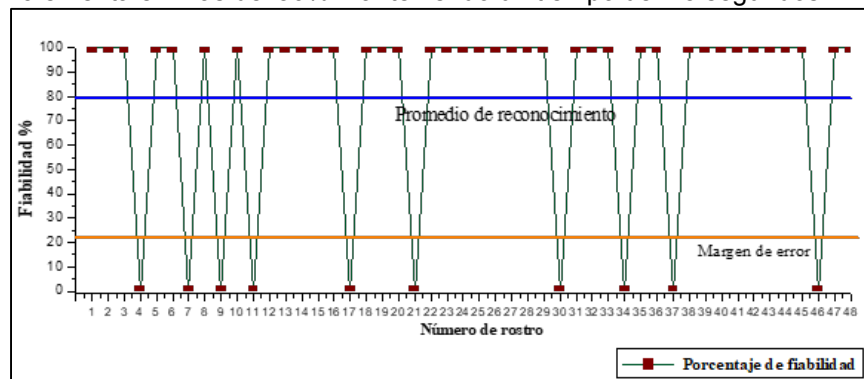


Figura 12.- Porcentaje de fiabilidad del algoritmo Fisherfaces

La figura 13 presenta una tabla que contiene las especificaciones del ordenador con el cual se desarrollaron las pruebas respectivas a los algoritmos de identificación facial *Eigenfaces* y *Fisherfaces*.

Atributo	Descripción
Procesador	Intel(R) Core(TM) i3 CPU M 380, 2.53 GHz
RAM Instalado	4 GB
Tipo de sistema	64-bit para sistema operativo, base del procesador x64
Edición	Windows 10 Home
Versión	1709.

Figura 13.- Características del dispositivo

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se establece que, la técnica de *Fisherfaces*, muestra serias dificultades y limitaciones que impiden un reconocimiento de rostros eficiente mientras que el proceso que realiza *Eigenfaces* es simple, demostrando que esta técnica de identificación facial

presenta un porcentaje de verificación eficaz. Si se habla del costo computacional que presenta cada una de estas técnicas, *Fisherfaces* mantiene el tiempo en un rango de 2 a 2.5 segundos para llevar a cabo la identificación de un rostro en tanto, el algoritmo *Eigenfaces* mostró variaciones que van desde los 5.4 a los 7.5 segundos.

En base a la sección denominada resultados del algoritmo *Eigenfaces* específicamente de los incisos "a" y "b" se adquiere como deducción que el test "b" con la técnica *Eigenfaces* disminuye su eficiencia de identificación cuando las imágenes de prueba son sustituidas por otra fotografía diferente, a las 9 que se encuentran almacenadas en la BD de los 48 rostros, con una equivalencia del 60% de autenticación facial, además se expresa que esta evaluación se efectuó en un periodo de 5.5 segundos por el contrario el test "a" señala un rendimiento de 5.4 segundos manejando un promedio de efectividad del 80% para la identificación facial. En cuanto al límite de error que manifiesta esta técnica de identificación facial es del 30%, dato calculado de los experimentos ejecutadas.

Por otra parte, la técnica de reconocimiento facial *Fisherfaces* presenta una eficacia de identificación del 17%, cuando las imágenes de prueba son diferentes a las que se encuentran en la BD por lo que el 83% hace referencia a un resultado denominado falsos positivos. En cambio, cuando se hace uso de una fotografía de los 48 individuos que conforman la BD el efecto de verificación facial incrementa en más de un 50%, convirtiéndose en un porcentaje de identificación aceptable. Es importante señalar que los test anteriormente citados lograron efectuar el reconocimiento de un rostro en 2.5 segundos.

Al seleccionar estos algoritmos, *Eigenfaces* denoto una eficacia para llevar a cabo el reconocimiento facial pero no es lo suficientemente atractivo en aspectos de tiempo, en cambio *Fisherfaces* manifiesta un tiempo de reconocimiento relativamente rápido y estable aunque su nivel de eficiencia en cuanto a la verificación se encuentra en un rango promedio. El desenlace de las pruebas y los resultados podrían variar si se empleará una BD propia, adquiriendo las fotografías de los rostros en una gama a color mediante un dispositivo de alta resolución y bajo un espacio de iluminación controlado.

BIBLIOGRAFÍA

1. G. P. Martinsanz, "Inteligencia artificial e ingeniería del conocimiento", México: Alfaomega, 2006.
2. G. Douglas, "Breve historia de Internet", 12 Junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.escuelaweb.com.mx/historia.htm>. [Último acceso: 17 Noviembre 2017].
3. F. G. C. Julián, "Reconocimiento facial por el método de eigenfaces", Pistas Educativas (CITEC), n° 127, pp. 16, 2017.
4. H. G. Roger, "Estudio de tecnicas de reconocimiento facial", Mayo 2010. [En línea]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9782/PFC_RogerGimeno.pdf. [Último acceso: 12 Febrero 2018].
5. L. Cambridge, "The Database of faces", Laboratories, Inc , 2002. [En línea]. Available: http://www.cl.cam.ac.uk/Research/DTG/attarchive/pub/data/att_faces.zip. [Último acceso: 14 Noviembre 2017].
6. OpenCV, "Face recognition whith OpenCV", 14 07 2017. [En línea]. Available: https://docs.opencv.org/2.4/modules/contrib/doc/facerec/facerec_tutorial.html#fisherfaces. [Último acceso: 15 Febrero 2018].
7. N. C. Navio, "Sistema de identificación de personas mediante reconocimiento facial aplicado a videovigilancia", *Universidad politecnica de valencia* , n° 46, p. 46, 2017.

ESTUDIO ESTADÍSTICO SOBRE PILAS PRIMARIAS DESECHADAS Y RECOLECTADAS.

Angélica Horta-Mendez ¹, María Maldonado-Santoyo ², Dellanira Mendez-Valencia¹,
Celso Moisés Bautista-Rodríguez^{2*}

¹ Universidad Politécnica del Bicentenario. Ingeniería en Agrotecnología. Carretera Estatal Silao – Romita Km 2. Col. San Juan de los Durán, CP. 36283. Silao, Guanajuato, México.

² Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC). Dirección de Investigación, Posgrado y Capacitación, Omega 201, Industrial Delta, P.O. Box 37545, León, Guanajuato, México. * E-mail autor correspondiente: cbautista@ciatec.mx

RESUMEN

Las pilas domésticas primarias son residuos de manejo especial, debido a que presentan características CRETIB. Contienen elementos químicos en su interior como: cadmio, mercurio, manganeso y litio, además de soluciones ácidas o alcalinas entre otros. Su disposición final genera una cadena de contaminación ya que no cuenta con una gestión apropiada como residuos de manejo especial. México. Las pilas son desechadas o tienen disposición final en rellenos e incluso en jardines o lagos. Estos desechos representan una fuente potencial de contaminación para el agua, suelo, flora y fauna, además pueden incorporarse a la cadena alimenticia humana. La presente investigación tiene como objetivo medir la energía en pilas desechadas por consumidores para verificar si existe un agotamiento total. En la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), se recolectó una muestra de 3,171 pilas bajo el programa de gestión de pilas desechadas GAE.CellBatt-05. Se agruparon por tamaño D, C, 9V, 12V, AA, AAA, botón, Li, Ni-Cd entre otras, La agrupación con mayor número de muestra corresponde al tamaño “AA” alcanzando el 69.3 % de la muestra total, posteriormente se clasificó por marcas, identificando 28 distintas, la marca con mayor presencia en la muestra fue Duracell con 15.2 %. Se midió y registró el voltaje residual presente. Se observó que solo el 9 % de las pilas analizadas contaban con valores en un intervalo de 0 a 0.1 volts. Por otra parte, el 66 % registró valores entre 1.0 y 1.6 volts, es decir la mayor parte de las pilas desechadas contienen una cantidad de energía acumulada importante aún sin agotar. Estos resultados ponen en evidencia el mal uso de las pilas domésticas primarias además sugieren el requerimiento de procedimientos que indiquen la manera adecuada de aprovechar al máximo de toda la energía contenida en estos dispositivos.

INTRODUCCIÓN

Las pilas domésticas primarias son aquellas que no permiten su recarga, una vez agotados los componentes son desechados y son considerados residuos peligrosos debido a que presentan características CRETIB. Contienen elementos químicos en su interior como; Mercurio, Manganeso y Litio, además de soluciones ácidas o alcalinas entre otros, estas sustancias ocasionan un riesgo para el medio ambiente, recursos naturales y la salud humana. De acuerdo con sus componentes se clasifican en Alcalinas, Carbón-Zinc y Óxido de Mercurio, donde las pilas de mayor grado de toxicidad son las pilas de Óxido de Mercurio ya que presentan un 33% de mercurio (Hg) sobre su peso [1]. El mercurio es un elemento que se presenta de manera inorgánica y es muy fácil de mezclarse con otros elementos como el oxígeno y azufre, por ejemplo, cuando el mercurio es impregnado a suelos provocando anomalías como germinación anormal en semillas de plantas e inflamación en raíces [2]. En el medio acuático cientos de bacterias son capaces de transformar el mercurio (forma inorgánica) a Metil-Mercurio (forma orgánica) este es el compuesto más tóxico para los seres humanos, pues al ser ingerido mediante productos pesqueros, agrícolas y pecuarios. Trayendo consecuencias a la salud, algunas enfermedades causadas por el metil-mercurio son: insuficiencia renal, trastornos mentales, colapso en aparato digestivo y cáncer de hígado, vejiga, cerebro y sangre (leucemia). La sociedad está expuesta a estos productos tóxicos, al ingerir ciertos alimentos por un largo tiempo, se tiene una mayor probabilidad de por lo menos contraer estas enfermedades[4].

Usualmente, cuando un aparato electrónico que requiere pilas primarias deja de funcionar, el usuario considera que la energía de las pilas ha sido completamente agotada, por lo cual las pilas usadas son desechadas y reemplazadas por otras nuevas, sin realizar una previa verificación del nivel de energía residual en las pilas “agotadas”. Al ser estos dispositivos energéticos, desechados

inapropiadamente, bajo circunstancias naturales como lluvia y corrosión bacteriana, impactará al ambiente. Algunos de los lugares inapropiados que se usan para su desecho son; jardines, suelo, mantos acuíferos y rellenos sanitarios. La sociedad debe tener presente que algunos cultivos de interés económico pueden absorber grandes cantidades de metales pesados debido a que en los agentes quelantes impregnan metales pesados [2 – 3,5 – 6], posteriormente estos productos primarios son comercializados para su consumo humano o para forraje, es decir la disposición final de estos metales pesados generan una cadena de contaminación.

Actualmente México cuenta con: La Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-212-SCFI-2016 Pilas y Baterías Primarias, establece y define *las características de las pilas y baterías, su clasificación por tecnología del sistema electroquímico, los límites máximos permisibles de metales pesados (Mercurio y Cadmio) y obligaciones de etiquetado* [7], Es decir únicamente especifica las concentraciones de Mercurio y Cadmio en pilas primarias que resulten un riesgo para la salud humana y medio ambiente. En cambio la ley general para la prevención y gestión integral de residuos (LGPGIR) fracción 10 establece: *Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final, conforme a las siguientes facultades* [8] Es decir cada entidad tiene la responsabilidad de generar sus propios programas de recolección y tratamiento de residuos peligrosos, en esta última se involucran las pilas primarias, algunas ciudades cuentan con programas de recolección; la problemática surge cuando algunas de las pilas primarias se desechan cuando no se obtiene su máximo agotamiento de energía, en el presente estudio se demuestra que la mayor parte de las pilas desechadas contienen gran cantidad de energía acumulada importante aun sin agotar, es decir se genera un desperdicio de producto y así mismo se genera y un mayor consumo.

TEORÍA

Las pilas no recargables son dispositivos que convierten la energía química a energía eléctrica por medio de reacciones de Oxidación - Reducción (REDOX). Este tipo de reacción implica la transferencia de electrones de un material a otro por un circuito eléctrico. Cuando los dispositivos electroquímicos convierten la energía química en energía eléctrica no están sujetos “como en la combustión”, a las limitaciones del ciclo de Carnot dictado por la segunda ley de termodinámica y, por lo tanto, son capaces de tener eficiencias más altas en la conversión de energía [9].

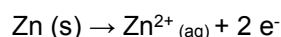
La estructura fundamental de una pila, consiste en dos terminales que representan un polo positivo y uno negativo, dichas terminales constituyen dos electrodos, cátodo y ánodo respectivamente; ambos se mantienen en contacto por un medio de conducción interna llamado electrolito [1]. El uso popular considera a la batería y no a la pila como el producto que se vende y es proporcionado al usuario por lo que el término celda se usa cuando se desea describir la celda componente de la batería y su química. Mientras que, el término batería se usa comúnmente cuando se presentan características de desempeño del producto, es decir, una batería es un circuito eléctrico o electrónico formado por dos o más pilas [9].

Cuando la pila primaria es instalada a un circuito eléctrico cerrado, se desarrolla una diferencia de potencial entre los electrodos dando origen a semi-reacciones químicas que aportan un flujo de electrones, es decir, reacciones electroquímicas; estos electrones ceden su energía para el servicio requerido y regresan “agotados” al sistema de la pila para culminar las reacciones [1].

Las pilas primarias se clasifican en pilas de Carbón-Zinc (C-Zn), alcalinas, Óxido de mercurio (HgO), donde las reacciones químicas son completamente distintas para cada una de esta clasificación.

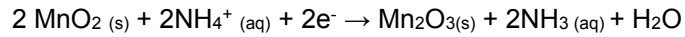
Una pila ácida contiene un ánodo activo de Zinc contiene una mezcla de MnO_2 y una pasta electrolítica ácida, que consiste en NH_4Cl , $ZnCl_2$, H_2O y el grafito en polvo de almidón mejora la conductividad. El cátodo inactivo es una varilla de grafito.

Ánodo (oxidación):

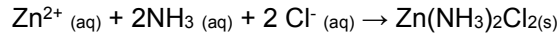


Cátodo (Reducción):

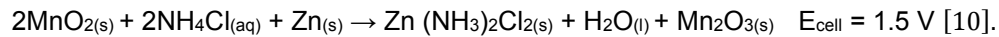
La media reacción catódica es compleja e incluso hoy en día es objeto de estudio en distintas investigaciones. El $MnO_2 (s)$ se reduce a $Mn_2O_3 (s)$ a través de una serie de pasos que pueden implicar la presencia de Mn^{2+} y una base ácida reacción entre NH_4^+ y OH^- :



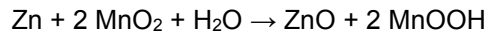
El amoníaco, algunos de los cuales pueden ser gaseosos, forma un ion complejo con Zn^{2+} , que cristaliza en contacto Cl^- ion:



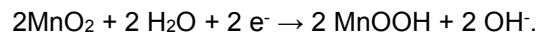
Reacción general de la pila:



Una batería alcalina produce electricidad cuando el cátodo de Dióxido de manganeso se reduce y el Zinc el ánodo se oxida. La ecuación para una reacción simple de pilas alcalinas es la siguiente:



Durante esta reacción, se consume agua (H_2O), mientras que iones Hidroxilo (OH^-) son producidos por el cátodo de MnO_2 bajo la siguiente reacción:



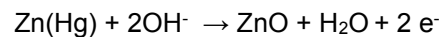
Al mismo tiempo, el ánodo consume iones Hidroxilo y produce agua:



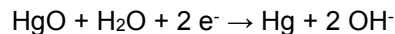
Los electrones (e^-) generados durante la reacción se usan para alimentar dispositivos. La velocidad de la reacción depende de la calidad de las materias primas y de la disponibilidad de agua e iones hidroxilo durante la reacción [11].

En las pilas de Óxido de mercurio no existen cambios en la composición del electrolito ya que en la reacción global solo involucran sólidos y elementos, la batería suministra un voltaje más constante por lo que cuenta con una vida más larga [12].

Electrodo negativo:



Electrodo positivo:



Por otro lado, es importante hablar sobre la legislación mexicana, Actualmente el proyecto de norma PROY-NOM-212-SCFI-2016 Pilas y baterías primarias, límites máximos permisibles de mercurio y cadmio, especificaciones, métodos de prueba y etiquetado. Reporta los límites máximos permisibles en pilas y baterías primarias que indican el porcentaje de 0.0005% en peso de mercurio (5 mg/kg de Hg) y 0.0020% en peso de cadmio (20 mg/ kg de Cd), Mencionando que el presente proyecto de norma no especifica los límites permitidos de plomo presentes en pilas domésticas primarias.

Metales pesados	Tolerancia de Metales Pesados en Pilas Primarias según Normatividad Internacional					
	Proyecto de Norma Mexicana (% w)	Norma Europea (% w)	Norma Brasileña (% w)	Norma Norte Americana (% w)	Norma Canadiense (% w)	Norma Japonesa (% w)
Mercurio	< 2% en peso solo en pilas de botón.	< 0,0005% en otras	< 0,005% en otras	< 0,0005% en otras	< 0 % en otras	0%
	Hasta 0,0005% en otras.			< 2% en peso solo en pilas de botón.	< 2% en peso solo en pilas de botón.	
Cadmio	Hasta 0,0020 %	< 0.025 %	<0,010% en otras	no indica	no indica	no indica
Plomo	No Indica	< 0.04%	< 0,1%	no indica	no indica	no indica

Tabla 1. Comparación de límites de concentración permitidos en metales pesados contenidos en pilas de baterías según las normas indicadas.

Comparando las concentraciones de Mercurio y cadmio permitidos en otros países como Brasil, Estados Unidos, Canadá, Japón, y la Unión Europea. En la tabla 1. Se muestra la comparación de metales pesados en pilas primarias según la normatividad internacional de algunos países.

METODOLOGÍA:

Una población de 3,171 pilas domésticas primarias obtenidas a partir del programa titulado GAE-Cellbatt-05 realizado en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Debido a la gran cantidad de dispositivos recolectados, se realizaron 3 tipos de clasificaciones: características físicas, es decir, por tamaño, marca comercial y por características eléctricas, como, voltaje, donde se realizó el conteo de cada una de las clasificaciones.

Se propuso una primera clasificación por tamaño y se obtuvieron las siguientes categorías: D, C, 9V, 12V, AA, AAA, botón, Li, Ni-Cd entre otras. Para la selección de las categorías se implementó un dispositivo que selecciona cada una de las pilas recolectadas, se trata de un dispositivo desarrollado por el grupo e investigación Alter-Energías el cual seleccionaba las pilas de acuerdo con sus características geométricas.

Posteriormente se realizó la clasificación de pilas por tipo de marca comercial, identificando 28 distintas, de las cuales las marcas más comerciales encontradas en este estudio fueron Duracell, Duracell ultra, Mitsubishi, Eveready, Energy Varta, Tectron, Energizer, Panasonic ultra entre otras.

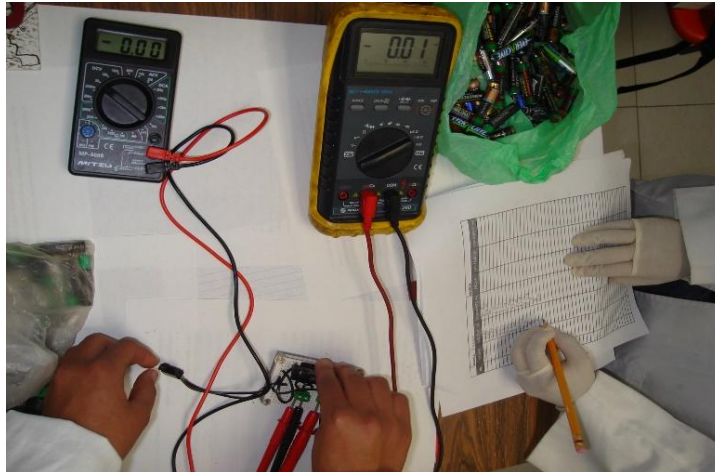


Ilustración 1. Mediciones de voltaje residual.

Finalmente se realizó la clasificación por características eléctricas (voltaje) donde con ayuda de un circuito que contenía una resistencia de 1 Ohm y con auxilio de un multímetro se midió la cantidad de energía residual en pilas domésticas primarias. En la ilustración 1, se muestra evidencia de mediciones de voltaje residual presente en pilas primarias desechadas, donde con los datos recabados durante el programa, se realizó el análisis estadístico.

RESULTADOS

El análisis estadístico del programa GAE-Cellbatt-05 elaborado en la BUAP, en primer lugar mostró que el 69.3% de la muestra de pilas correspondían a la clasificación de pilas "AA", es decir cerca de 2,197 pilas correspondían a esta categoría, la clasificación de pilas "AAA" alcanzó cerca del 21.3 % de la población, es decir, 675 pilas, el resto corresponde a diferentes categorías como: D,C, 9V,12V, Botón, Li, Ni-Cd donde: el 9.2% de la muestra total corresponde a esta categoría. En la ilustración 2, se muestra la gráfica general de clasificación de pilas por características físicas es decir por tamaño.

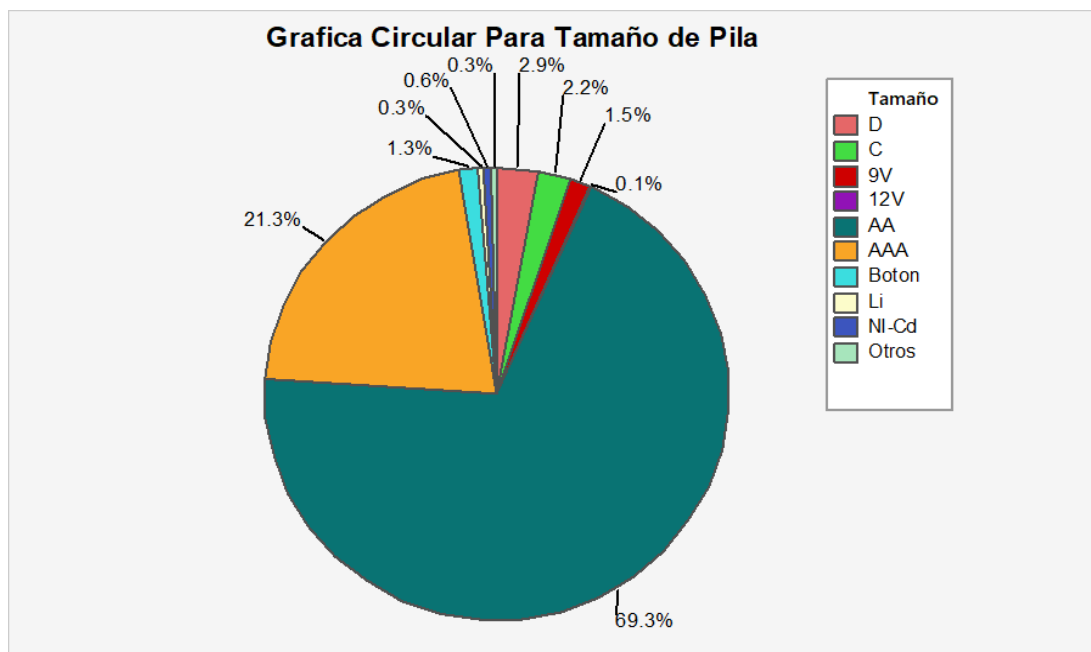


Ilustración 2. Gráfica circular de pilas desechadas por tamaño.

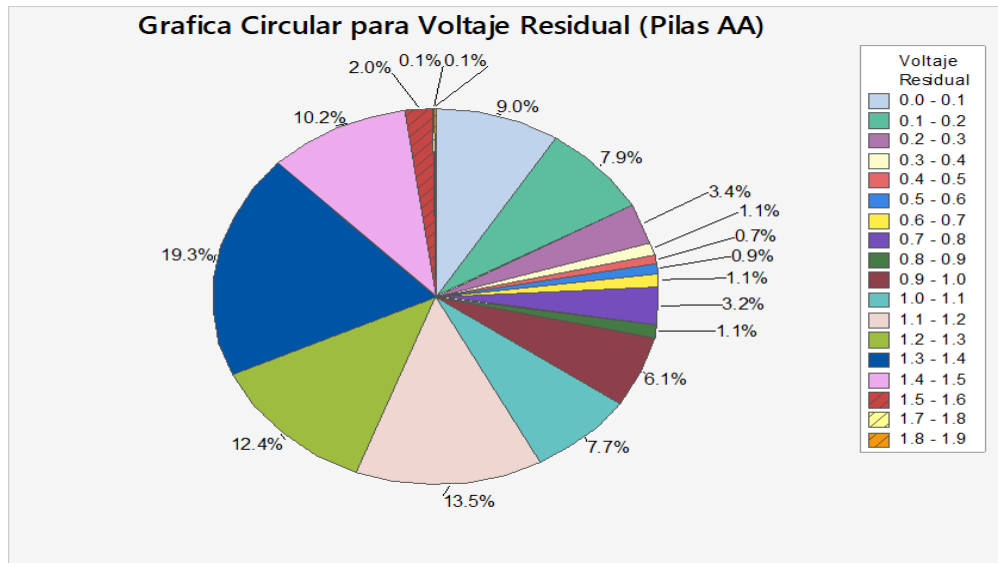


Ilustración 4. Gráfica circular de pilas alcalinas AA desechadas por voltaje.

De manera general se puede considerar que una pila es desechada cuando ésta no alcanza el voltaje requerido por un aparato eléctrico, sin embargo, en esta investigación se demostró que el 52.9 % de la muestra oscila entre 1.0 y 1.4 Volts. Es decir, cerca de 1163 pilas desechadas contienen una cantidad de energía acumulada importante aún sin agotar. El resto oscilo entre los valores de 0.0 V a 0.9 V siendo un porcentaje de 37.2% sobre la muestra.

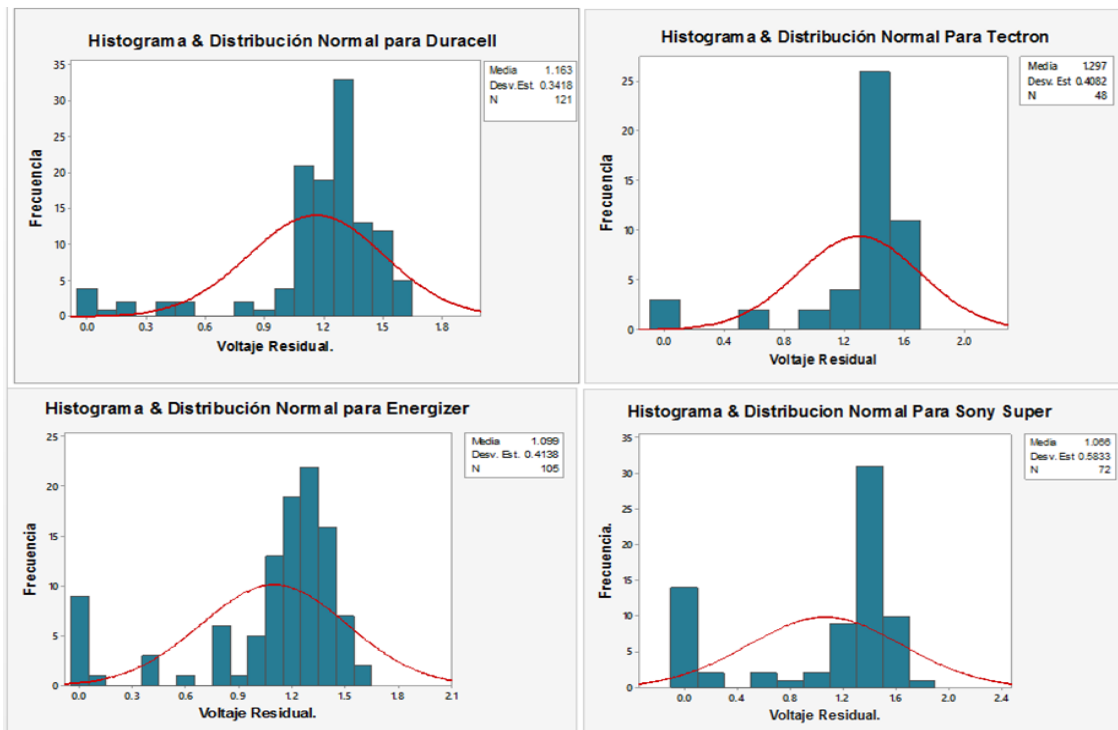


Ilustración 5. Distribución Normal para Voltaje Residual en muestras agrupadas por marcas comerciales

La muestra de pilas “AA” recolectadas por marca comercial, durante el periodo de recolección indicó que la distribución normal de pilas muestra un sesgo a valores altos de voltaje entre los valores de 1.0 volts a 1.2 volts, lo cual indica que la mayoría de la muestra se quedan con energía residual, En la ilustración 5, se muestra la distribución normal de voltaje residual presente en las muestras agrupadas por marca comercial.

Es importante mencionar que algunas ciudades no cuentan con sistemas apropiados de recolección y reciclaje; Uno de los métodos más utilizados para el almacenamiento de estos residuos es el encapsulamiento de pilas, estas son colocadas en mezclas de cemento donde se estima que aproximadamente pueden durar alrededor de 400 años, esta es una de las prácticas más utilizadas pero el problema surgirá a futuro [13].

La mejor gestión de estos residuos es aprovechar los materiales de las pilas y generar instrumentos a partir de los mismos; Algunos países como Canadá cuentan con programas de recolección y reciclaje uno de esos programas. El programa call2recycle ® donde se recuperan elementos como Cobalto, Plomo, Níquel, Hierro, Cadmio, y Cinc. Después son aprovechados para la fabricación de espátulas, vasijas, palos de golf y nuevas pilas secundarias [14].

CONCLUSIÓN

En México actualmente solo cuenta con el proyecto de norma oficial mexicana que se encuentra en consulta pública por lo que es necesario que este proyecto sea aprobado como Norma Oficial Mexicana (NOM) para que sea de carácter obligatorio y promover el consumo responsable, así como la adecuada disposición de estos productos con la finalidad de reducir el impacto ecológico que ocasionan.

Por otra parte, los análisis estadísticos realizados sugieren que el porcentaje de voltaje residual encontrado en las pilas recolectadas pone en evidencia el mal uso de las pilas domésticas primarias. Este voltaje se considera como un desperdicio y si bien se puede justificar debido a que la demanda de energía que requieren los dispositivos eléctricos más usados es muy alta, sin duda se deben realizar acciones para aprovechar el máximo de energía antes de que sean desechadas. Es importante concientizar a los consumidores para realizar un buen uso de este producto altamente consumido. Se debe estar consciente de los impactos ambientales y económicos que implica un mal uso de las pilas.

Es necesario realizar una adecuada gestión para la disposición final de las pilas primarias, así mismo implementar el sistema recolección-reciclaje, fomentar la sustentabilidad a través de programas federales de tal forma que se generen beneficios tanto para el medio ambiente y concientizar al consumidor para hacer buen uso de este producto durante su vida útil mencionando que esto resulta impactos a sobre la economía social, manifestando el impacto ambiental que se genera al ser enviados a rellenos sanitarios, ríos, mares y mantos acuíferos.

AGRADECIMIENTOS

El autor correspondiente agradece a la Facultad de Ingeniería Química de la BUAP por las facilidades e instalaciones para el desarrollo del programa GAE-CellBatt-05.

REFERENCIAS

1. Bautista-Rodríguez, Rivera-Márquez, Tepale-Ochoa, Romero-Zepeda. “pilas a combustible frente a pilas convencionales: toxicidad, legislación y sus implicaciones en la reforma energética mexicana. Ciencia, Ingeniería y sustentabilidad ambiental, 2011. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla pp 1-37.
2. C.M. Bautista-Rodríguez, A.Perez, D. Cruz (2014) Efecto de la contaminación en suelo por pilas domesticas desechadas sobre el desarrollo de Phaseolus Vulgaris, Parte 1: Estudio correlacional. Tlamati, 5(2). pp. 5-17.
3. C.M. Bautista-Rodríguez, A.Perez, D. Cruz y J.Arriola (2014) Efecto de la contaminación en suelo por pilas domesticas desechadas sobre el desarrollo de Phaseolus Vulgaris, Parte 2: Estudio correlacional. Tlamati, 5(4) . pp. 28-35
4. A.M Jiménez Gómez. Interacción del mercurio con los componentes de las aguas residuales (2005), Pp. 23 Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ing. y arquitectura,

- Departamento de Ing. Química. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1125/1/angelicamariajimenezgomez.2005.pdf>
5. H. Lokeshwari and G.T. Chandrappa (2006) Impact of heavy metal contamination of Bellandur Lake on soil and cultivated vegetation, current science, vol. 91, no. 5, pp. 622-627. Department of Chemistry, Central College Campus, Bangalore University, Bangalore 560 001, India.
 6. Ahmed K. Salama and Mohamed A. Radwan (2005) Heavy metals (Cd,Pb) and trace elements (Cu,Zn) contents in some foodstuffs from the Egyptian market. Emir. J. Agric. Sci. 2005. 17 pp. 34-42. Department of Pesticide Chemistry and Toxicology, Faculty of Agriculture, University of Alexandria, Egypt. Disponible en: <http://www.cfa.uaeu.ac.ae/Research/EJAS.htm>
 7. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-212-SCFI-2016, Pilas y baterías primarias-Límites máximos permisibles de mercurio y cadmio-Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5465033
 8. Ley general para prevención y gestión integral de los residuos. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf
 9. David Linden, Thomas B. Reddy. (2001) Handbook of batteries, third edition McGraw Hill Professional, . Electrochemical Principles And Reactions Chapter.
 10. H- ABDUL-ZEHRA. University of Babylon, FUEL CELLS AND BATTERIES, lecture No. 18 "ZINC-CARBON BATTERIES (Leclanche´ and Zinc Chloride Cell Systems) " Disponible en: http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/paper_4_22488_736.pdf
 11. Alkaline Manganese Dioxide, Handbook and Application Manual, 2018 Energizer Brands, LLC. Pp. 3 disponible en: http://data.energizer.com/pdfs/alkaline_appman.pdf.
 12. Gómez Sosa G. Facultad de química UNAM algunas aplicaciones de las reacciones redox: Baterías.año 2010. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/07.Baterias_8803.pdf
 13. La pila: gran contaminante ambiental. Disponible en <http://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/PEJ04.pdf>
 14. Call2Recycle® Leading the charge for recycling, Canadá ¿What happens to recycle materials? Disponible en: <https://www.call2recycle.ca/flow-chart/>
 15. V. Gaytán Cruz, A. B. Tapia Pachuca, C. M. Bautista Rodríguez, J. A. Rivera Márquez. J. I. Castillo Velázquez. (2008) Legislación Mexicana Frente al Tema de las Pilas Domésticas Desechadas. XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales.
 16. Yulieth C. Reyes, Inés Vergara, Omar E. Torres Mercedes Díaz, Edgar E. González. Contaminación Por Metales Pesados: Implicaciones En Salud, Ambiente Y Seguridad Alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, Julio - Diciembre 2016, pp. 66-77, Sogamoso-Boyacá. Colombia.

CARACTERIZACIÓN DE BIOSORCIÓN DE RESIDUOS GALVANOPLÁSTICOS MEDIANTE *LOLIUM PERENNE*, EN SUELO.

María José Contreras Hernández, Aline Hernández García, Luis Roberto Fischer Sánchez, Natalia Loera Quintos y Diana Fernanda Sánchez Pacheco

Facultad de Ingeniería, Universidad Anáhuac México, Naucalpan, Estado de México, 52786.

Mail:mariajchdez@gmail.com

RESUMEN

El tratamiento de revestimiento de metales de la industria galvanoplástica, dan como resultado residuos tóxicos donde mayormente se encuentran metales pesados, tales como: Níquel (Ni), Cobalto(Co) y Hierro(Fe). Algunos metales son indispensables en bajas concentraciones para el equilibrio del ambiente, sin embargo, en exceso tienen efectos negativos sobre la salud de los seres humanos, así como en la biodiversidad del ecosistema donde se encuentren contenidos. Debido a la persistencia de estos contaminantes, y de su alto impacto ambiental, es importante optimizar técnicas de biorremediación, ya que, son económicamente más viables y sus residuos secundarios son mínimos o inexistentes basados en los principios de la química verde. En el caso del presente trabajo se tomaron muestras de suelo donde ocurrió un incidente de contaminación por derrame de tina galvanoplástica. A dicho suelo se desea aplicar una fitoextracción con la especie *Lolium perenne*, ya que tiene un crecimiento relativamente rápido, lo cual agiliza la biorremediación de un suelo contaminado.

Para el monitoreo de biosorción, de los diversos metales pesados, mediante *Lolium perenne*, se realizaron muestreos 2 veces por semana, se hicieron preparaciones histológicas vegetales para MEB (Microscopía Electrónica de Barrido), y se analizó porcentajes de metales pesados empleando AA (Espectroscopia de Absorción Atómica). La especie vegetal, *Lolium perenne*, presento la ventaja de poder germinar directamente en este tipo de sustrato, lo que ahorra tiempo de aplicación, en comparación de otras especies vegetales que se debe plantar la plántula. La saturación de adsorbatos en las fronteras de la epidermis limita la migración de iones y compuestos metálicos en la planta. Sin embargo, se encontraron evidencias de la biosorción en las células vegetales, de raíz y hoja. El tiempo de estadía óptimo de *Lolium perenne* fue de 4 semanas.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de suelos por metales pesados es una problemática global que amenaza al ambiente y la salud de los seres vivos. Debido a esto se implementan tecnologías para remediar el suelo contaminado, en el caso de la presente investigación, el sustrato fue alterado por un derrame de residuos galvanoplásticos de una empresa en Ocoyoacac, Estado de México. La industria galvanoplástica se dedica al recubrimiento de tornillería y varillas, sus depósitos principalmente contienen níquel (Ni), cobalto (Co) y hierro (Fe), y de acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-2005 los residuos de esta industria son peligrosos, y por tanto tóxicos para los seres vivos. Estos metales tienen una alta permanencia en el medio, aunado a la acumulación de estos metales que presentan los organismos; para el humano la exposición a largo plazo provoca enfermedades en los sistemas viscerales y sistema circulatorio, causando enfermedades cardiorrespiratorias, distintos tipos de cáncer, y mutaciones. Por lo cual es indispensable remediar el sustrato, la biorremediación ofrece tecnologías cuya efectividad garantiza la mínima producción de derivados.

La fitoextracción es una técnica en la cual se lleva a cabo la translocación de contaminantes inorgánicos del suelo a la planta, siendo bioacumulados en su sistema vascular, en raíz y plántula, sin afectar la composición del suelo. Es por los ácidos carboxílicos que existe una carga negativa en las células de la raíz, estos ácidos ayudan a que los metales se acumulen debido al intercambio catiónico con las cargas positivas que poseen los metales, gracias a esto se crea un equilibrio dinámico para la entrada de los elementos al interior de la célula. Este método se sustenta en los principios de química verde, asegurando su eficacia para suelos contaminados por metales pesados, además de tener un bajo costo para su aplicación. En pruebas anteriores se ha demostrado que este método es efectivo para metales pesado como el aluminio (Al), cadmio (Cd), mercurio (Hg), cobre (Cu), níquel (Ni), cromo (Cr) y zinc (Zn). El *Lolium perenne* es un pasto cuyo crecimiento es relativamente rápido, posee la capacidad de adaptarse a un amplio rango de suelos, y es una especie

hiperacumuladora, soporta fuertes condiciones en el medio pero es susceptible a encharcamientos y sequías. En el presente trabajo veremos la eficacia del *Lolium perenne* para sustraer los siguientes metales pesados: níquel (Ni), hierro (Fe), cobalto (Co), titanio (Ti), cromo (Cr), molibdeno (Mo), plata (Ag), cobre (Cu) y zinc (Zn), para disminuir su concentración en el suelo. De igual manera podemos repetir el proceso hasta alcanzar los límites permisibles que indica la NOM-004-SEMARNAT-2002. Para la recuperación de metales se procede a podarlas, para disponer de ellas de manera controlada una vez que la planta complete su desarrollo vegetativo. Por medio de la incineración de pueden recuperar los metales de la biomasa, y disponerse para diferentes usos.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Delimitamos la zona afectada por el derrame de residuos galvanoplásticos, donde se recuperaron muestras del sustrato de un terreno en Ocoyoacac, Estado de México. Posteriormente fueron separadas en 7 contenedores de acrílico (560.8 g cada uno), en las cuales fueron plantadas 6 g de semilla de *Lolium perenne*, y mantenidas en un invernadero a temperaturas de 24-30°C. Se regaron con solución de 0.01 M de CaCl_2 , lo cual estimula el intercambio catiónico y evita la contaminación por agua de la llave.

Se tomaron muestras de raíz, hoja y sustrato, utilizando alcohol etílico como fijador, dos veces por semana, por cuatro semanas. Se realizaron cortes histológicos de raíz y hoja, después se colocaron en un portamuestra usando resina Entellan para la adherencia de estas, y así poder realizar el análisis en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) de marca Zeiss modelo EVO MA10, a presión variable. Al identificar las zonas contaminadas se procedió a un microanálisis (EDS-RX), con el microanalizador marca Bruker-NANO GmbH, en cuál se analizaron los metales a continuación: Ni, Co, Mo, Fe, Ti, Cr, Zn, Cu y Ag. Para las pruebas de EAA, se pesa 1 gramo de material seco de las muestras y se disuelven en 20 mL de ácido nítrico, concentrado, a una temperatura de 70°C, después de 24 horas de agregan 10 mL de peróxido de hidrógeno al 20%v, una vez transparente, se filtra y se disuelve a un aforo de 100 mL, para analizarlo en un Espectrómetro de Absorción Atómica iCE™ 3300.

RESULTADOS

Debido a que el *Lolium perenne* germinó directamente en el sustrato contaminado, la planta presentó acumulación desde el principio. Es por eso que en la *Figura 1* podemos observar como el floema y el xilema tienen conglomeraciones de metales obstruyendo sus vasos, además de que, en la epidermis se aprecian metales que aún no entran en el sistema vascular. Ya que el xilema se encarga del transporte de sales inorgánicas y agua, permitiendo la entrada de los metales a la planta.

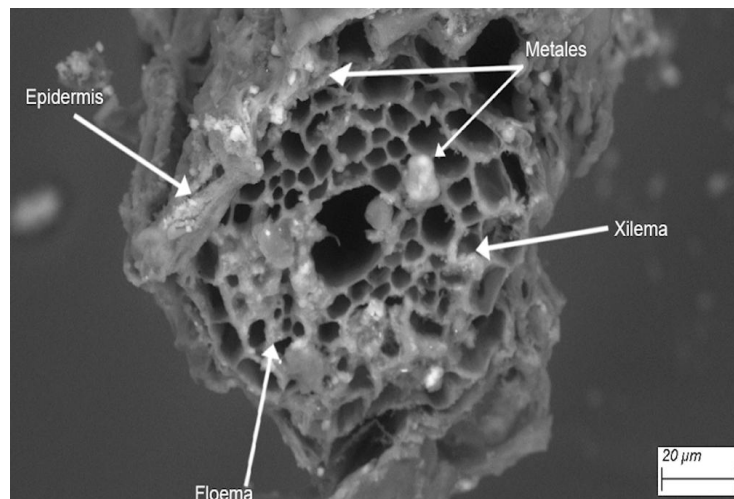


Figura 1. Muestreo 1 de raíz a 1500X en MEB. (Corte transversal)

En la *Figura 1*, podemos ver el xilema central, y floema obstruido por partículas que se encuentran en un rango de 5 a 10 μm .

En el muestreo 7 en raíz, se encontraron partículas metálicas de 5 a 12 μm como se muestra en la *Figura 2*. A comparación del muestreo 1, en la epidermis no se ve acumulado los metales, y en muestreo 8 se ve más acumulaciones en la epidermis. Debido al tamaño de las partículas, es fácil su transportación a la hoja, ya que los conductos del xilema y floema van de 2 a 24 μm .

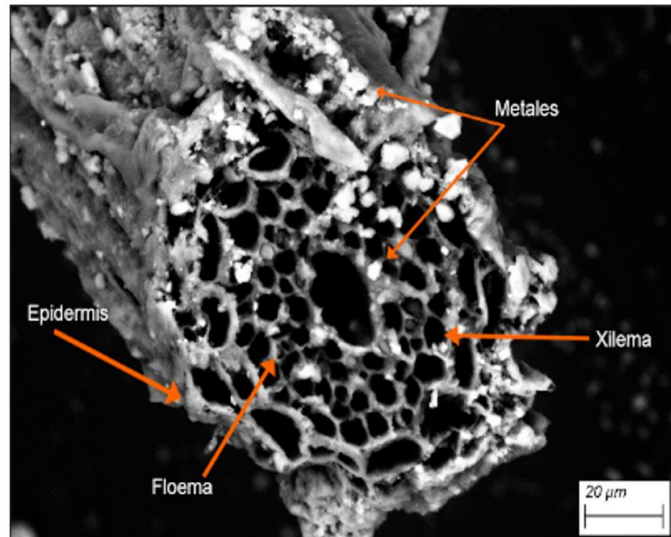


Figura 2. Muestreo 7 de raíz en MEB a 1500X. (Corte transversal)

En la *Figura 3* se ven los metales en la hoja, correspondiente al muestreo 1, con partículas de 2 a 10 μm , tomando en cuenta el tamaño de los conductos de xilema, que miden 20 μm aproximadamente, nos damos cuenta de que el paso de los metales por el xilema es más fácil, mientras que en el floema es más susceptible a obstruirse.

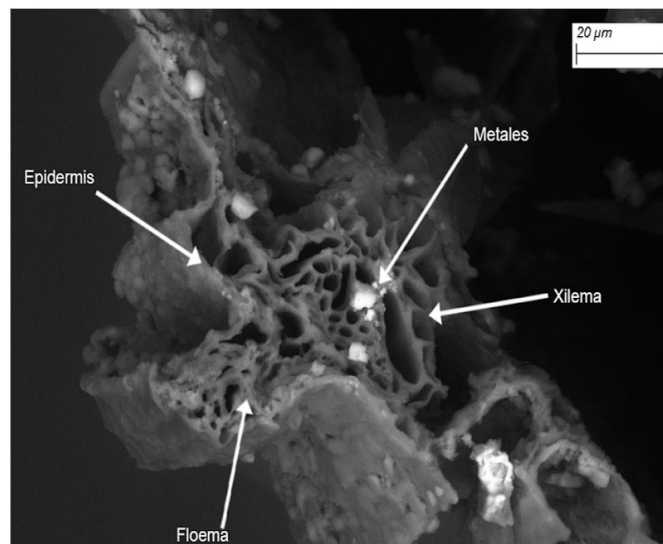


Figura 3. Muestreo 1 de hoja en MEB 2000X.

En la *Figura 4* se observan conglomerados de hasta 20 μm , y también pequeñas partículas en la epidermis de aproximadamente 2 μm . Además de algunos conductos de floema obstruidos por metales.

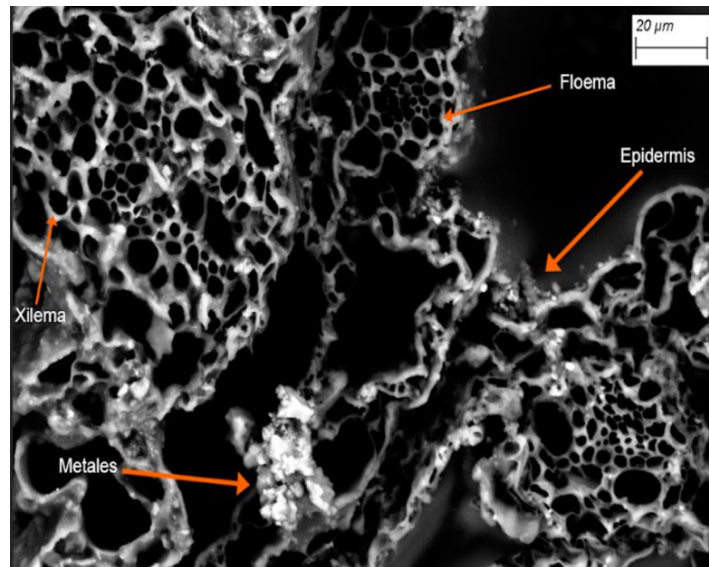
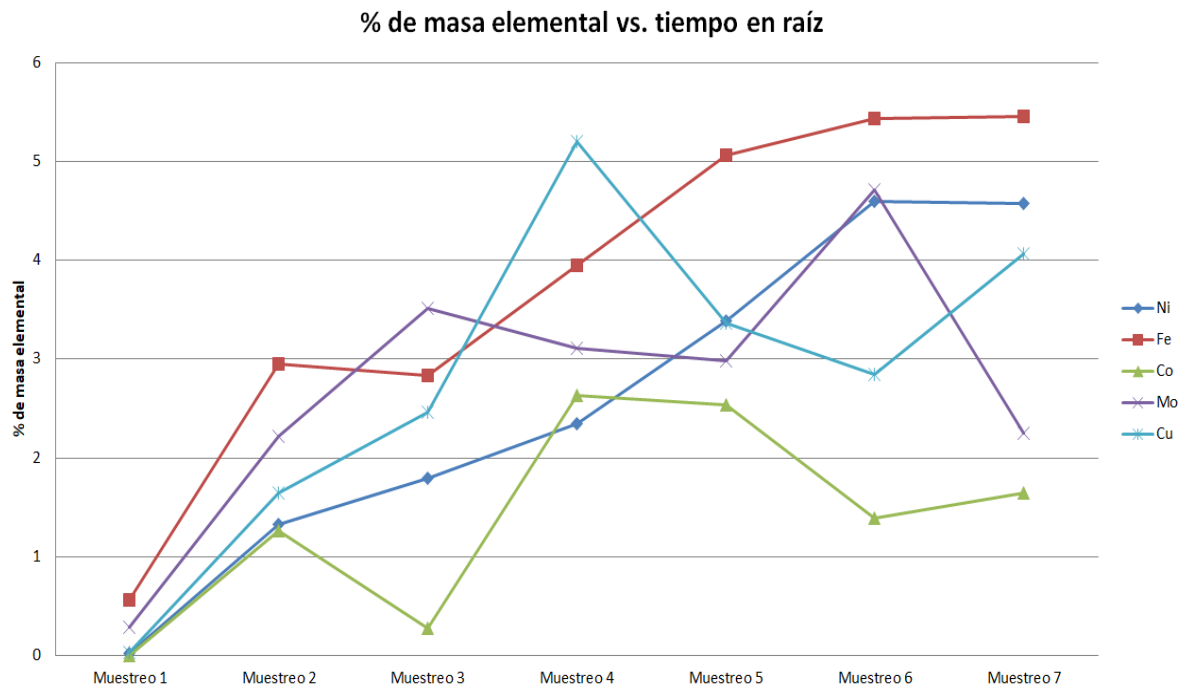


Figura 4. Muestreo 7 de hoja MEB a 1500X.

Los porcentajes en % masa de metales bisorbidos, existentes en los tejidos de los especímenes vegetales, se muestran en el gráfico 1 y 2.



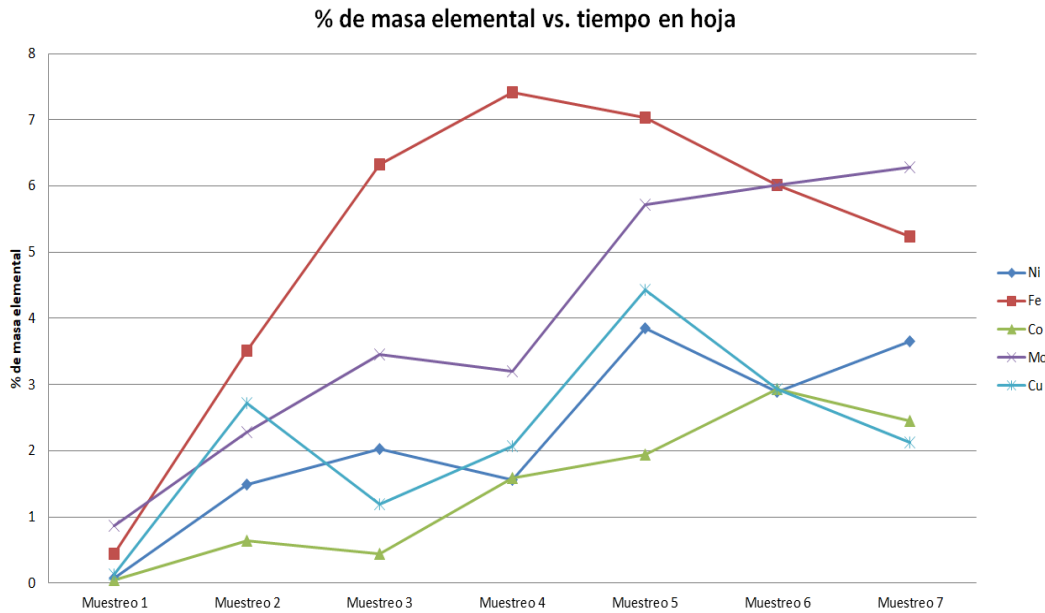


Gráfico 2. % Masa Elementales mediante EDS-RX, en Hoja

Los porcentajes obtenidos y representados en los Gráficos 1 y 2, se concentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de % masa mediante EDS-RX.

	Ni en Hoja	Ni en Raíz	Fe en Hoja	Fe en Raíz	Co en Hoja	Co en Raíz	Mo en Hoja	Mo en Raíz	Cu en Hoja	Cu en Raíz
M1	0.07	0.02	0.44	0.56	0.04	0.00	0.86	0.29	0.13	0.03
M2	1.49	1.33	3.51	2.95	0.64	1.26	2.28	2.22	2.72	1.65
M3	1.56	1.80	6.01	2.84	0.44	0.28	3.45	3.51	1.19	2.46
M4	3.85	2.35	5.23	3.95	1.59	2.63	3.20	3.11	2.07	5.20
M5	3.85	3.39	6.33	5.06	1.94	2.54	5.72	2.98	2.93	3.37
M6	2.89	4.60	7.42	5.43	2.93	1.39	6.02	4.71	2.13	2.85
M7	3.65	4.57	7.03	5.45	2.45	1.65	6.28	2.25	4.43	4.07

Si analizamos, en el Gráfico 1, se puede observar el % de masa elemental en raíz, y vemos algunas variaciones. El Fe si aumenta, al igual que el Ni, pero oscilan el Cu, Mo y Co. Anteriormente mencionamos la afinidad del *Lolium perenne* hacia el Ni, de igual forma que para el Fe se muestran en grandes cantidades biosorbidas, sin embargo, se debe a que el Fe es un micronutriente esencial para el crecimiento por lo cual pasa a través del floema. Aun así, su alta presencia significa que la planta no la ha usado en su totalidad como nutriente, sino que lo ha ido acumulando.

En cambio, en el Gráfico 2, vemos más la presencia del Mo y Fe, la concentración de Cu bajo a comparación de la raíz. Mayormente se concentran en la hoja, como se observa en la Tabla 1, el % de masa elemental muestra que hay más presencia de los elementos en hoja, con excepción del Ni, que se encuentra más en raíz. Sin embargo, esto nos muestra que el sistema del *Lolium perenne*, deja pasar los metales por el xilema y floema para acumularse en las hojas, como instancia tenemos que las partículas que pasan por los conductos son más pequeñas y pasan fácilmente antes de obstruirlos. En la tierra encontramos que el Ni disminuyó de 3.2 ppm a 1.5 ppm, que se obtuvo por absorción atómica, siendo efectiva la fitoextracción ya que disminuye el 46.8% en menos de un mes.

Algunos de los porcentajes, disminuyen, porque el sistema excretor de la planta, ante la presencia en exceso de los metales pesados, intenta sacarlos de su sistema, para poder sobrevivir. Estas secreciones, se pueden quedar en las vacuolas de las hojas o bien en la parte externa de la epidermis.

CONCLUSIÓN

La fitoextracción por medio de *Lolium perenne* es una alternativa viable para el tratamiento de suelos (sustratos) contaminados por residuos galvanoplásticos, como lo son el Ni, Fe y Co, además de sustraer Mo y Cu de manera eficaz, siendo metales secundarios. Esta especie ha demostrado ser una opción para la remediación de suelos, ya que incluso aquellos que son micronutrientes no son completamente utilizados para su crecimiento, sino que lo bioacumula en sus paredes celulares, donde se encontraron conglomerados de hasta 20 μm .

En la raíz, se apreció, un aumento de Ni del 227.5% de su estado inicial en la muestra 1 a la muestra 7, mientras que el Fe bajo las mismas condiciones solo tuvo aumento de 8.73%, aun cuando es el más presente en la raíz. En el caso de la hoja los metales con mayor concentración son el Fe y Mo, pero los metales que tuvieron un porcentaje de aumento mayor fueron el Co, Ni y Cu, con 60.25%, 51.14% y 33.07% respectivamente, comparado con el 6.30% del Fe y 14.97% de Mo. A pesar de que ciertos metales tienen mayor presencia, la tasa de aumento es mayor para aquellos que tuvieron menor porcentaje de masa elemental inicial. Es necesario un estudio de la capacidad de bioacumulación de la planta para la posterior recuperación de metales, una vez que termine su ciclo vegetativo. El porcentaje de Ni en sustrato disminuyó un 46.8% en 3 semanas.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. Delgadillo, C. G. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
2. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2004). Reseña Toxicológica del Cobalto (en inglés). *Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública*.
3. J. Alonso, J. P.-C. (2004). Absorción y Acumulación de Metales Pesados en Tres Especies Vegetales en Suelos enmendados con Lodos Depuradora. *International Meeting on Environmental Biotechnology and Engineering*, 1-13.
4. Jianwei W. Huang, M. J. (1998). Phytoremediation of Uranium-Contaminated Soils: Role of Organic Acids in Triggering Uranium Hyperaccumulation in Plants. *Environmental Science & Technology Vol. 32, No. 13*, 2004-2008.
5. Kai Wang, H. H. (2013). Phytoextraction of Metal and Rhizoremediation of PAHs in Co-contaminated Soil by Co-planting of *Sedum alfredii* with Ryegrass (*Lolium perenne*) or Castor (*Ricinus Communis*). *International Journal of Phytoremediation Vol. 15*, 283-298.
6. L. Erdei, G. M. (2005). Phytoremediation as a program for decontamination of heavy-metal polluted environment. *Acta Biol Szeged*.
7. Lasat, M. (2000). Phytoextraction of metals from contaminated soil: A review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *J. Hazard Sub. Res. 2*, 1-25.
8. P.B.A. Nanda Kumar, V. D. (1995). Phytoextraction: The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Soils. *Environmental Science & Technology Vol. 29 No. 5*, 1232-1238.
9. S. Altamura, M. M. (2009). Iron toxicity in disease of aging: Alzheimer's disease, Parkinson's disease and atherosclerosis. *Journal of Alzheimer's disease: JAD vol. 16, no. 4*, 879-895.
10. S. Clemens, M. P. (1997). A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. *Trends in Plant Science 7*, 309-315.
11. Sarkar, B. (2002). Heavy metals in the Environment. *Marcel Dekkar, Inc. United States of America*.

DETERMINACIÓN DE MATERIAL SOLUBLE EN DIGESTIÓN ALCALINA EN MADERA TERMOTRATADA DE *ACACIA MANGIUM WILD*

Miriam Sedano Mendoza, Elitania Perez Alanis y Raúl Espinoza Herrera

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Unidad Profesional de Ciudad Hidalgo.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESUMEN

La madera es un material versátil con propiedades que ningún otro material puede dar como aislante y ligero pero resistente a la deformación respecto a su peso, lo que la ubica en los mejores materiales para la construcción (Vignote y Jiménez, 2000; Gonzales y Serrano, 2004; Espinoza, 2015). Existen tipos de madera como la *Acacia mangium Wild*. con alto contenido de azúcares y almidones libres, que favorecen el ataque de microorganismo tales como insectos, hongos y bacterias además es susceptible a la degradación por agentes climatológicos, lluvia, sol y aire (Panshin y Zeeuw, 1980; Espinoza, 2015). La modificación térmica de la madera es reconocida cada vez más como una técnica respetuosa del medio ambiente para mejorar ciertas propiedades sin utilizar agentes químicos (Altgen et al. 2012; Pelaez et al. 2013), razón importante a considerar en el desarrollo de investigaciones en este sentido. El presente estudio consistió en modificar la estructura de la madera de *Acacia mangium Wild*. mediante termotratamiento para después determinar la cantidad de sustancias solubles mediante digestión alcalina, un parámetro vital en el desarrollo de hongos y medición directa del grado de deterioro por condiciones climatológicas. La albura con una humedad del 8.8%, presentó una solubilidad del 5.23%; después del tratamiento, con una humedad del 5.8%, dio una solubilidad del 3.13%. La cantidad de materiales solubles disminuyó en un 2.1% por efecto del termotratamiento. El duramen, con una humedad del 9.1%, presentó una solubilidad del 4.18%; después del tratamiento, con una humedad del 4.69%, una solubilidad del 4.04%. La cantidad de materiales solubles disminuyó en un 0.14%. Esto nos indica que el termotratamiento afecta directamente a las sustancias solubles en medio alcalino, tales sustancias son las hemicelulosas, los almidones y los azúcares libres presentes en la madera.

INTRODUCCIÓN

La *Acacia mangium* es una especie arbórea utilizada ampliamente en el mundo para la producción de papel, no obstante desde hace una década comenzó a venderse como madera sólida para la industria del mueble y la construcción. Sin embargo, esta madera es muy susceptible al ataque de hongos de la pudrición e insectos por la cantidad tan alta de hemicelulosas, almidones y azúcares libres presentes. Estas características pueden llegar a limitar el uso de la madera en exteriores ó en condiciones de altas humedades (Espinoza, 2015). Por lo que se pudiera recomendar aplicarles un termotratamiento para reducir la higroscopicidad y aumentar su durabilidad biológico. Este proceso consiste en calentar la madera a altas temperaturas que van desde los 120 a 280°C, por tiempos de 15 minutos a 24 horas, con el fin de eliminar las hemicelulosas, que son sustancias químicas de la madera fácilmente hidrolizables por hongos de pudrición.

La digestión alcalina es un proceso de solubilidad de sustancias afines a este medio. Compuestos como almidones, hemicelulosas de bajo peso molecular, celulosas degradadas y azúcares libres son eliminadas en este medio ya que son compuestos químicamente afines (ASTM D1109-84). Este proceso es un método indirecto del grado de susceptibilidad que tiene una madera al ser degradada por agentes ambientales como agua, luz, calor y por agentes patógenos como los hongos (TAPPI T 212 os-76). La determinación de la cantidad de sustancias solubles en digestión alcalina de la *Acacia mangium* es un parámetro cuantitativo para contabilizar el porcentaje de cambio en la estructura química que sufrió la madera después de realizar el termotratamiento.

PARTE EXPERIMENTAL

La madera de *Acacia mangium*, es proveniente del estado de Veracruz, se cortó en pequeños listones y se identificó la albura y el duramen. Posteriormente se dimensionó y seleccionaron tiras de cada zona para el control y para el termotratamiento (Figura 1). Ambas muestras se cepillaron hasta obtener partículas pequeñas, se molió y se clasificó el material con malla 40.

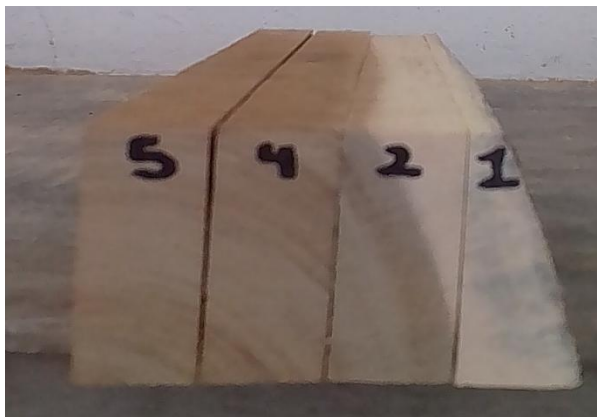


Figura 1. Madera de Acacia Mangium

Posteriormente, el material se llevó a digestión alcalina mediante la prueba estándar para solubilidad en hidróxido de sodio de madera al 1% (D1109 – 84 reprobada 2013). Las muestras se colocaron en vasos de 200 ml de altura y se agregó 100 ml de solución de NaOH (1%) medido cuidadosamente. Inmediatamente después se dejaron en baño de agua por 1 hora, revolviendo el contenido tres veces, en períodos de 10, 15 y 25 minutos. Al finalizar el tiempo, se filtró el contenido por succión en un crisol tarado. Se lavó el aserrín con 100 ml de agua caliente, luego con 50 ml de ácido acético (10%) y luego con agua caliente. Se secó el crisol y el contenido a un peso constante de 100 a 105 ° C, posteriormente se enfrió en un desecador y se pesó en un frasco de pesaje tapado. La determinación de la cantidad de materia soluble se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Materiasoluble} = \frac{\text{Peso inicial de madera libre de humedad} - \text{Peso final de madera libre de humedad}}{\text{Peso inicial de madera libre de humedad}} \times 100$$

RESULTADOS

La solubilidad en digestión alcalina de la madera de *Acacia mangium* se muestra en la tabla 1

Tabla 1. Solubilidad en digestión alcalina de *Acacia mangium*.

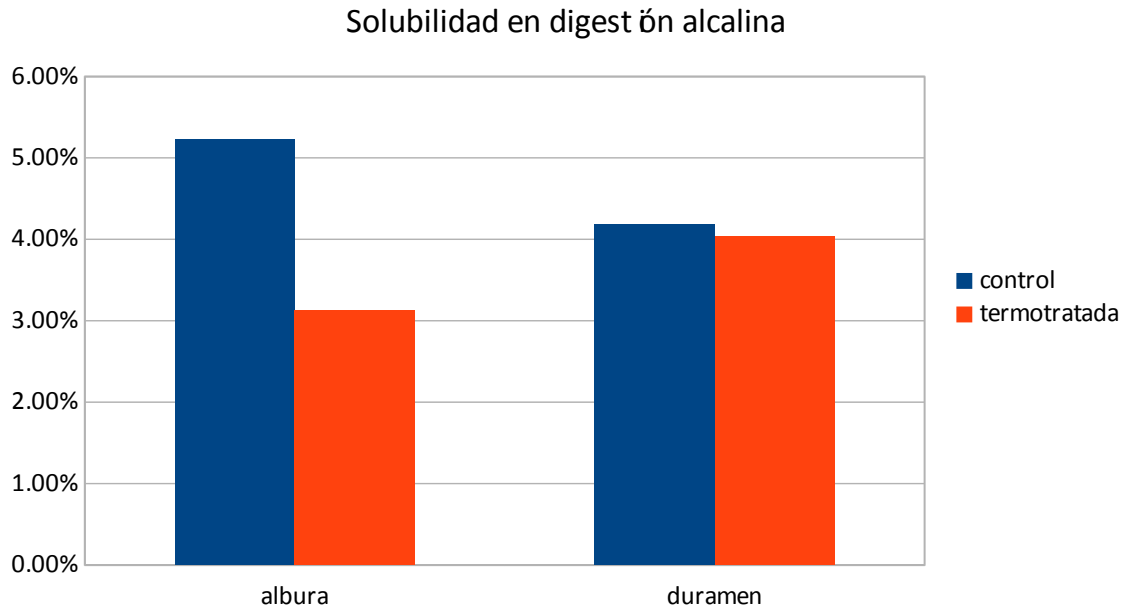
Zona	Muestra control	Muestra termotratada
Albura	5.23%	3.13%
Duramen	4.18%	4.04%

Los resultados de solubilidad de la tabla 1, presentan que la albura en la muestra control de *Acacia mangium* que a pesar de tratarse de una especie de latifoliada, están cerca de los rangos encontrados en otras especies de coníferas tales como el *Pinus montezumae*, el *P. pseudostrobus*, y el *P. leiophylla* con porcentajes entre 5.77 a 5.84 y para *Abies religiosa* de 6.14. Los resultados en el duramen también corresponden al rango reportado para las mismas especies, de 4.63- a 5.98% (Lima, 2013; Bernabé et al. 2013).

La figura 2 muestra que la madera de *Acacia mangium* presenta una reducción de sustancias solubles en digestión alcalina, debido al termotratamiento. El termotratamiento afecta directamente a las estructuras hemicelulósicas, celulosas degradadas y azúcares libres, sustancias que son extraídas por este medio. En estudios similares demuestran que la cantidad de sustancias extraídas en digestión alcalina es un parámetro importante en la medición del grado de susceptibilidad de la madera a pudrición por hongos o al deterioro por luz, calor y oxidación (Ávila, 2011). El

termotratamiento contrarresta esta susceptibilidad al reducir hasta un 2.1% la cantidad de dichas sustancias prometiendo una mayor durabilidad en tales condiciones.

Figura 2. Solubilidad en digestión alcalina de *Acacia mangium*.



CONCLUSIONES

La determinación de las sustancias solubles en digestión alcalina es un parámetro importante para las maderas susceptibles al deterioro por hongos y agentes ambientales. La albura de la madera de *Acacia mangium* que fue termotrada tiene una reducción del 2.1% con respecto a la muestra control mientras que el duramen 0.14%. El termotratamiento modifica la composición estructural de la madera de *Acacia mangium* principalmente a la albura, lo que pudiera aumentar la resistencia a ser biodegradada y ampliar el rango de uso de esta madera.

BIBLIOGRAFÍA

1. Altgen M, Adamopoulos S, Viikari J A, Hukka A, Tetri T y Militz H. (2012). Factors Influencing the Crack Formation in Thermally Modified Wood. In: Session Three: Thermal modification 1 Proceedings / The Sixth European Conference on Wood Modification, Ljubljana, Slovenia, pp. 149-158. Brum, K. M.; Azevedo, P. C.; Rodríguez, S. C. (2003). *Acacia mangium*. Embrapa. Manaus. Brasil. 9-10 pp.
2. ASTM (American Society for Testing and Materials). (2000). Annual Book of ASTM Standards. Section 4: Construction. Volume 04.10: Wood. Conshohocken, Philadelphia.
3. ASTM (American Society for Testing and Materials). (2015). Standard Test Method for 1 % Sodium Hydroxide Solubility of Wood. D1109 – 84 (Reapproved 2013)
4. Ávila-Calderón L.E. (2013). Evaluación de los componentes químicos básicos de la madera de *Pinus pringlei* infectada por el muérdago *Psittacanthus macrantherus*. Ciencia Nicolaita No. 54. pp 7-16.
5. Bernabé-Santiago R., Ávila-Calderón L.E. y Rutiaga-Quiñones J.G. (2013). Componentes Químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, Michoacán. Madera y bosques. Vol. 19 No. 2. Xalapa
6. Espinoza H.R. (2015). Lectura Científica Media Superior. Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán (CECTI).39- 40pp.

7. Gonzales, G y Serrano, M. R. (2004). Propiedades y Utilizaciones de la Madera de (Gmelina arborea Robx) melina Procedente de Árboles Plantados en Costa Rica. Revista Forestal Kurú. Instituto Tecnológico de Costa Rica. (1) 1-2 pp.
8. Lima-Rojas L. (2013). Evaluación de la composición química y propiedades físicas de la madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de bioenergía. Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autonoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Nuevo León.
9. Panshin, A y De Zeeuw, C. (1980). Textbook of wood technology. McGraw-Hill Book Company. 722p.
10. Pelaez S, M. R., Yadama, V., Lowell, E., y Espinoza H, R. (2013). A review of wood thermal pretreatments to improve wood composite properties. Wood Science and Technology, 47(6), 1285-1319.
11. TAPPI (Technical Association for Pulp and Paper Industry). (2000). TAPPI test methods (2000-2001). TAPPI Press. Atlanta.
12. Vignote, P. S y Jimenez, P. F. (2000). Tecnología de la Madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 109-121 pp.

OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ARILLOS METÁLICOS EN LÍNEA DE ENSAMBLE AUTOMOTRIZ.

Adelaida Yebra Jaime, Luis Armando Torres Pérez y María Guadalupe de Lourdes Acosta Castillo

Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato

RESUMEN

La línea de ensamble automotriz en cuestión produce un sello de caucho conformado por un arillo de metal, el cual debe cumplir especificaciones mecánicas para formar parte del sistema de frenado de vehículos compactos. Los arillos de metal deben ser utilizados de forma correcta en el proceso, ya que, si se mantienen fuera de su empaque por demasiado tiempo antes de procesarlos, estos pueden deteriorar sus recubrimientos metálicos y perder las propiedades de adhesión requeridas para el proceso de vulcanización.

Antes de la implementación del proyecto de optimización de consumo, el proceso de fabricación de los sellos tenía un desperdicio del 10% en arillos metálicos, un índice demasiado alto para la Industria Automotriz.

La metodología utilizada en el proyecto incluyó herramientas de Manufactura Esbelta, las cuales buscan la eliminación de desperdicio en la manufactura. Particularmente se realizaron estudios de tiempos y el mapeo de la cadena de valor para determinar la cantidad adecuada de consumo de arillos metálicos por hora y por turno de producción, así como las medidas de estandarización necesarias que permitieran alcanzar la reducción de su desperdicio.

Al término de la implementación del proyecto, se disminuyó el desperdicio hasta obtener un 2%, con un ahorro de \$10,000.00 MXN semanales en el costo de arillos metálicos.

Lo anterior comprueba la utilidad de las herramientas de Manufactura Esbelta y abre la oportunidad para la implementación de mejoras en otras áreas.

INTRODUCCIÓN

El proyecto utilizó un promedio de piezas producidas por día en la empresa durante el mes de agosto de 2017, lo cual fue de utilidad para conocer la cantidad aproximada de arillos metálicos que se utilizan por turno. Además, se registró el desperdicio de arillos metálicos por semana y se llevó a cabo un estudio de tiempos y movimientos utilizando un cronómetro y una cámara de video.

En el proceso productivo de vulcanizado del sello automotriz, el operador ordena alrededor de 10 columnas de arillos los cuales en ocasiones no utiliza durante el ciclo en el que realizó la columna, esto genera que el recubrimiento del metal se deteriore y pierda las propiedades de adhesión requeridas cuando se utilice en el proceso posterior de vulcanización. Debido a lo anterior, es importante calcular el número de columnas de arillos necesarios en la maquinaria para evitar que pierdan sus propiedades y para evitar el desperdicio de material.

TEORÍA

Los estudios de tiempos representan un papel importante en la productividad de las empresas, ya que ayudan en el cálculo de los costos, contratos, programaciones y planes para la realización de actividades en empresas competitivas. Los estudios de tiempos miden el tiempo que requiere un trabajador con la calificación necesaria para trabajar en un nivel normal de desempeño y de acuerdo a un método específico (Hodson, 2001).

Aunque existen un conjunto de técnicas utilizadas para el estudio de tiempos, la técnica con mayor utilización incluye la utilización de un cronómetro (Niebel, 1990).

El procedimiento para el estudio de tiempos inicia con cronometrar una muestra de las actividades a realizar y utilizarlas para establecer un estándar de trabajo (Heizer y Render, 2007).

PARTE EXPERIMENTAL

Proceso de vulcanización

El área de producción cuenta con dos máquinas que procesan el sello automotriz de acuerdo al diagrama de flujo mostrado en la Figura 1. Por otro lado, la producción de cada una de las máquinas de presenta en la Figura 2.

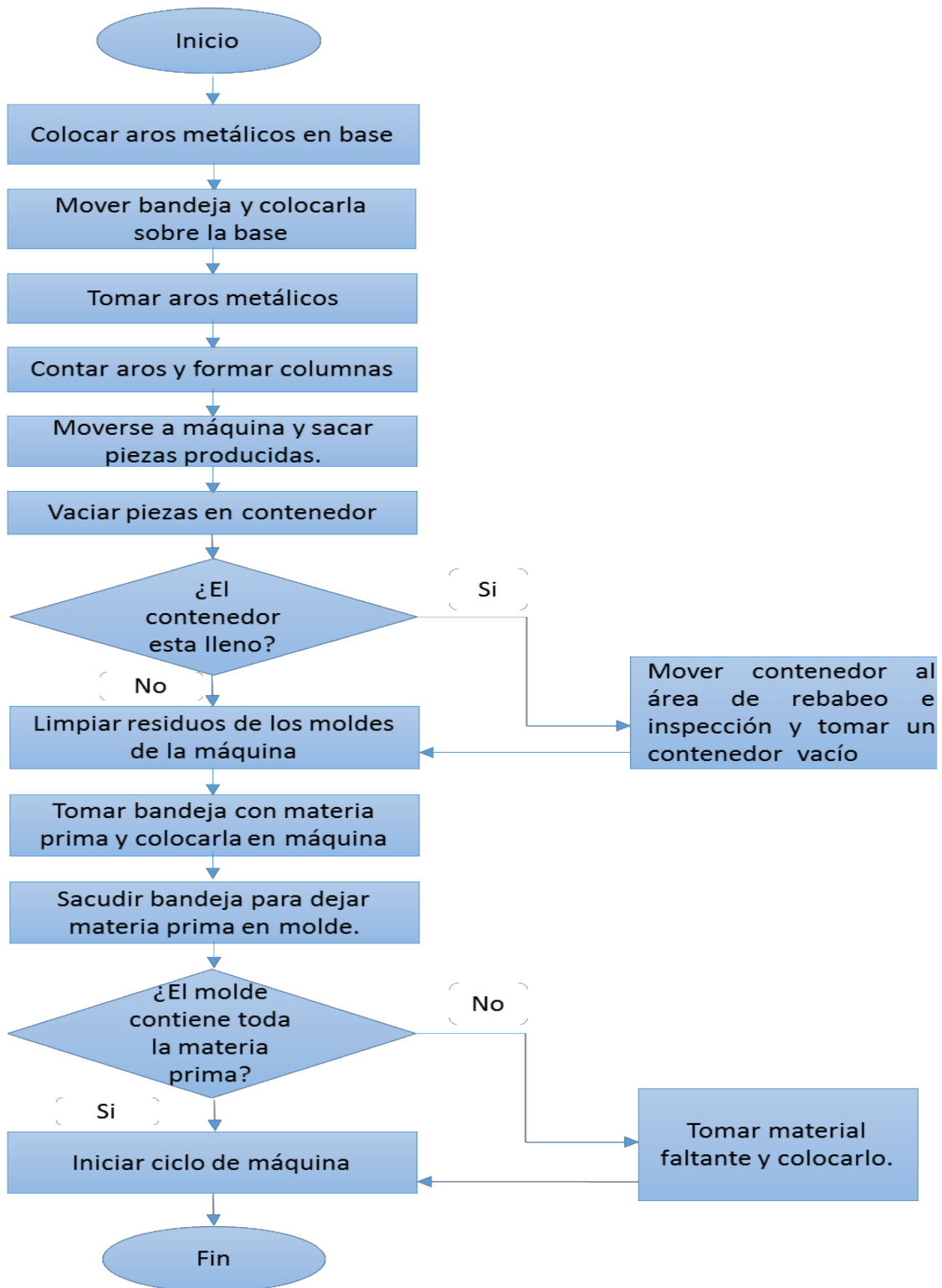


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso de vulcanización.

	Primera máquina 3000-5600	Segunda máquina 5000-7000
Por día (tres turnos)		
Semana (un turno)	3811	6248
Mes (un turno)	4160	6240

Figura 2. Promedio de piezas producidas en el mes de agosto de 2017.

Estudio de tiempos y movimientos.

De acuerdo al estudio de tiempos y movimientos realizado por el equipo de ingeniería de la empresa, la primera máquina tiene un tiempo de ciclo de 2.43 minutos y la segunda un tiempo de ciclo de 2.37 minutos

Minutos efectivos.

Las empresas ya establecidas por lo regular se encuentran trabajando con un 80 a 90% de eficiencia y en una planta nueva se considera que está trabajando un 70% de su eficiencia.

La empresa DATWYLER trabaja con una eficacia del 90%, con turnos de 8 hrs.

Calculo de minutos efectivos:

$$\text{Minutos efectivos} = \text{hrs por turno} * 60 \text{ min} = \text{min por turno} * \text{Eficacia}$$

Donde:

Eficacia= Impacto dentro de la actividad diaria de la empresa manejado en porcentaje.

$$8 \text{ hrs} * 60 \text{ min} = 480 \text{ min} * 90\% = 432 \text{ min}$$

En esta ecuación se transformaron las horas del turno a minutos, se le resta el tiempo de los que factores afectan la productividad, en este caso no se le resta ningún factor debido a que las máquinas no se detienen durante los turnos de producción, a menos de que se encuentren en mantenimiento, ajuste o cambio de materia prima y esto va implícito en la eficacia la cual es de 90%. 432 min efectivos equivalen a 7.2 horas.

Ciclos de máquina por turno.

Los ciclos varían de acuerdo a como se desempeña cada operador, normalmente los ciclos de las máquinas oscilan entre 170 y 185 ciclos por turno.

Tiempo de ciclo de primera máquina: 2.43 min

Tiempo de ciclo de segunda máquina: 2.37 min

$$\text{Ciclos por turno} = \text{Minutos efectivos por turno} / \text{tiempo ciclo de máquina}$$

Ciclos por turno primera máquina = 432 min / 2.43 min = 177 ciclos por turno

Ciclos por turno segunda máquina = 432 min / 2.37 min = 182 ciclos por turno

El proceso productivo de sello solo necesita de un arillo metálico por pieza por lo cual se sabe que el total de arillos a utilizar es igual al promedio de piezas producidas.

Desperdicio de aros por semana.

Los análisis del porcentaje de desperdicio en las máquinas por semana se presentan en las Figuras 3 y 4.

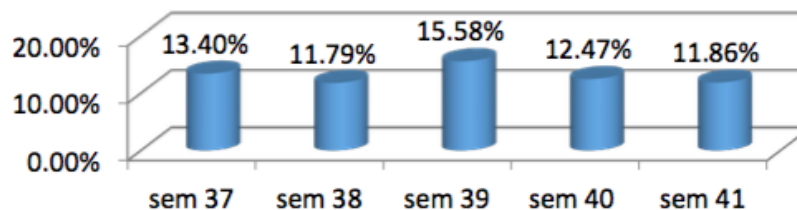


Figura 3. Desperdicio de arillos primera máquina.

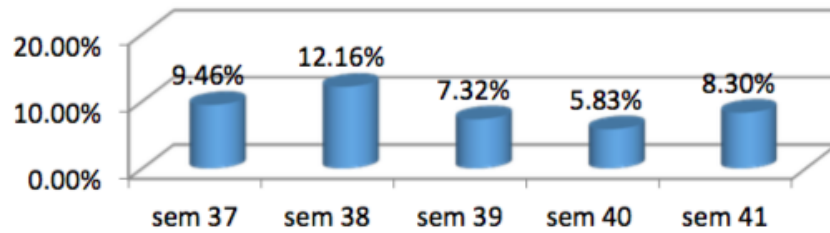


Figura 4. Desperdicio de arillos segunda máquina.

RESULTADOS

Resultados en la disminución del desperdicio en la primera máquina.

Un ciclo de la primera máquina ocupa 30 aros metálicos. Ciclos por turno 177 (*ciclos de máquina por turno 7.4*)

El dispositivo contenedor de la máquina cuenta con 3 columnas, cada columna del dispositivo tiene capacidad para 80 arillos metálicos.

Se ocupan 2 ciclos para llenar las 3 columnas del contenedor.

De acuerdo a la producción promedio de 4160 piezas en esta máquina; el operador cada 8 ciclos termina sus 3 columnas de arillos.

Por lo cual:

$Aros\ por\ turno = aros\ por\ ciclo * ciclos\ por\ turno$
 $Aros\ por\ turno = 30\ aros * 177\ ciclos = 5310\ aros\ por\ turno$

Un ciclo de la segunda máquina ocupa 35 aros metálicos. Ciclos por turno 182 (*ciclos de máquina por turno 7.4*)

El dispositivo contenedor cuenta con 3 columnas, cada columna del dispositivo tiene capacidad para 80 arillos metálicos.

Se ocupan 2 ciclos para llenar las 3 columnas del contenedor.

De acuerdo a la producción promedio de 6,240 piezas en esta máquina; el operador cada 6 ciclos termina sus 3 columnas de arillos.

Por lo cual:

$Aros\ por\ turno = aros\ por\ ciclo * ciclos\ por\ turno$
 $Aros\ por\ turno = 35\ aros * 182\ ciclos = 6370\ aros\ por\ turno$

Las figuras 7 y 8 presentan la disminución en desperdicio de arillos metálicos en las semanas siguientes a la implementación del cálculo de aros por turno a utilizar en las máquinas.

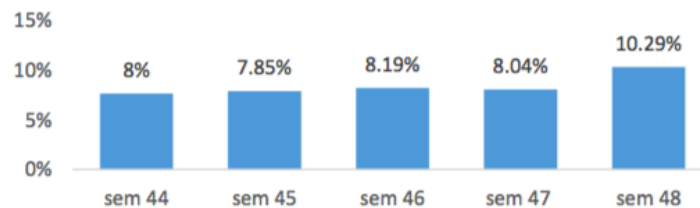


Figura 7. Desperdicio de arillos después de la estandarización de cantidad de aros por turno en la primera máquina.

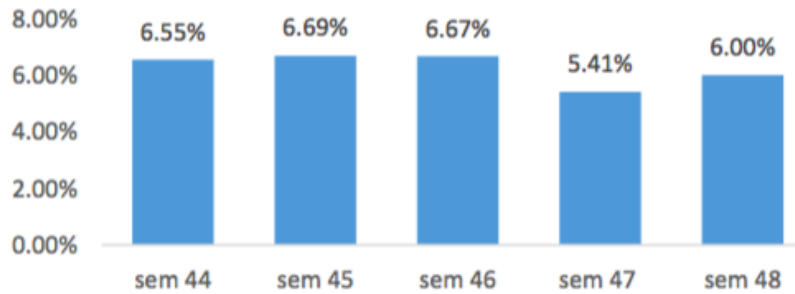


Figura 8. Desperdicio de arillos después de la estandarización de cantidad de aros por turno en la segunda máquina.

CONCLUSIONES

El estudio de tiempos y movimientos forma parte de la estandarización de actividades, con lo cual el operador tendrá el tiempo adecuado para realizar actividades tales como; el llenado de formatos de producción, llenado de contenedor de aros metálicos, entre otras actividades, revisar el proceso productivo fue de gran ayuda, da información relevante sobre el área de oportunidad, ayuda a detectar las posibles soluciones.

Por otro lado, la disminución en desperdicio semanal de arillos representa alrededor de \$500 USD o \$10,000.00 MXN, dependiendo del tipo de cambio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Heizer, J., Render, B. (2007). Dirección de la producción y operaciones. Decisiones estratégicas. Madrid: Pearson Educación.
2. Hodson W. K. (2001). Manual del Ingeniero Industrial, México: Mc Graw Hill.
3. Niebel B. (1990). Ingeniería Industrial, métodos, tiempos y movimientos. España: Alfaomega.

IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO CAPAZ DE IDENTIFICAR PATRONES FACIALES DEL CONDUCTOR A CONSECUENCIA DEL ALCOHOL ETILICO INGERIDO

Eva Oliva Barrera Martínez¹, María Cecilia Fernández Nuñez¹, Sara Leticia Ramiro Ortiz¹, Marco Antonio Betanzos Torres²

¹Universidad Tecnológica de Puebla (Sistemas Automotrices), ²Benemerita Universidad Autónoma de Puebla.

RESUMEN

Cuando se consume determinado nivel de alcohol, los riesgos de sufrir un accidente automovilístico aumentan notablemente, ante esta problemática y como medida de prevención se ha desarrollado un sistema que permite detectar el nivel de alcohol ingerido por la persona detrás del volante, impidiendo poner en marcha al vehículo, cuando este en estado de ebriedad. Este sistema se activa en el momento de sentarse e introducir y girar la llave puesta en on, tardando aproximadamente 15s para permitir o no, el accionamiento del motor. Con lo antes dicho el sistema se basa en dos bloques importante: 1) La identificación de patrones faciales del conductor y 2) Sensor de alcohol etílico. En este trabajo se presentan resultados del reconocimiento de patrones faciales, el cual opera mediante una cámara web que compara una imagen del usuario (conductor) previamente guardada con una imagen tomada en el momento en el que se acciona el sistema. La cámara es colocada en la visera del automóvil con un ángulo aproximadamente de 10 grados. El procesamiento y el algoritmo son llevados a cabo mediante una computadora y utilizando Matlab como primera propuesta. Finalmente la conclusión de esta investigación, es que este sistema es de suma importancia ya que puede disminuir el porcentaje de accidentes. Por otro lado se desea en un futuro que el sistema sea implementado en un dispositivo embebido de tal forma que sea más óptimo en cuanto al tamaño y la colocación dentro del automóvil.

INTRODUCCIÓN

México ocupa el 7º Lugar de accidentes viales entre los días jueves, viernes y sábados por las noches, ya que las personas conducen en estado alcohólico. Como medida preventiva se han implementado operativos en puntos estratégicos de las ciudades para minimizar esta problemática de riesgo, estos sistemas mediante la detección del nivel de alcohol sean capaz de reducir hasta un 30% aproximadamente en los accidentes [1]. Para tal efecto se desarrollara un sistema de detección de nivel de alcohol dentro del vehículo, el cual será capaz de evaluar la concentración de alcohol del conductor. El Sistema Detector de Alcohol se divide en cuatro subsistemas: El sistema sensorial de gas, el sistema de procesamiento y control y; el Sistema de alimentación. El Sistema sensorial de gas está provisto de tres diferentes equipos para detectar que el conductor se encuentra en estado de ebriedad, tomando en consideración su propiedad para hablar, el semblante que demuestra y la cantidad de alcohol que puede emanar de su respiración. De ésta manera, se puede inhabilitar el sistema de ignición del vehículo y así evitar un posible accidente automovilístico.

Este Sistema se basa en la norma mexicana NMX-Z-055-IMNC-1997, Metrología, para la detección de alcohol ya que sin estas medidas no se contaría con un nivel de referencia y por ende el subsistema sensorial carecería de una medida veraz [2].

Existen diferentes tipos de sistemas de reconocimiento facial como en [3, 4], donde el proceso y el algoritmo son más robustos. El sistema solo operara ante la presencia del conductor, y los sensores tendrán que estar en lugar que no obstaculicen al conductor para un buen sentido. Por otro lado este sistema funcionara siempre y cuando tenga un suministro de energía proveniente de la pila del automóvil. En cuanto al subsistema de control se basa en una computadora y un arduino Mega como interface. Para la instalación del sistema se recomienda que lo realice un ingeniero especialista en electrónica del automóvil ya que cualquier conexión errónea puede causar daños en el automóvil.

TEORÍA

Hay tres enfoques predominantes en el problema de reconocimiento facial: a) Geométrico.- basado en los rasgos, b) Fotométrico.- basado en lo visual, y c) La combinación de los dos enfoques anteriores.

Por lo tanto a que interés se enfoque el reconocimiento facial, se han desarrollado muchos algoritmos diferentes, a lo cual se debe destacar tres de ellos, los cuales han sido estudiados en la literatura de reconocimiento facial por ejemplo:

- Correspondencia entre agrupación de grafos elásticos por sus siglas en inglés EBGM.
- Modelo de apariencia activa, (Active Appearance Model, AAM).
- Modelo de forma activa (Active Shape Model, ASM).

Con lo antes dicho se utiliza el algoritmo EBGM [5] el cual fue diseñado para realizar tareas de reconocimiento facial, utilizando solamente algunos puntos de interés y no la cara en su totalidad. La técnica de EBGM se desarrolla básicamente en dos etapas: la primera consiste en ajustar un grafo de puntos principales a la cara del individuo, utilizando para ello un modelo estadístico de dicho grafo; la segunda etapa extrae características locales en dichos puntos y halla la distancia entre el grafo obtenido y sus descriptores al grafo almacenado de la persona a identificar. Dependiendo de la distancia encontrada, se ratifica o no la identidad del individuo.

El primer paso, antes de la utilización de este algoritmo, es la normalización de las imágenes. En este proceso se reduce el tamaño de las imágenes y se realizan transformaciones geométricas que ubican las coordenadas de los ojos del individuo en posiciones predeterminadas.

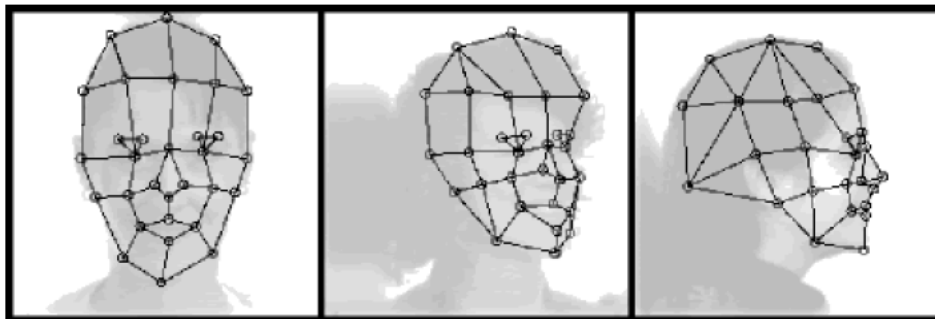


Figura 1. Correspondencia entre agrupación de grafos elásticos.

Por otra parte en este trabajo se utilizó el algoritmo de Matlab, el cual permite realizar

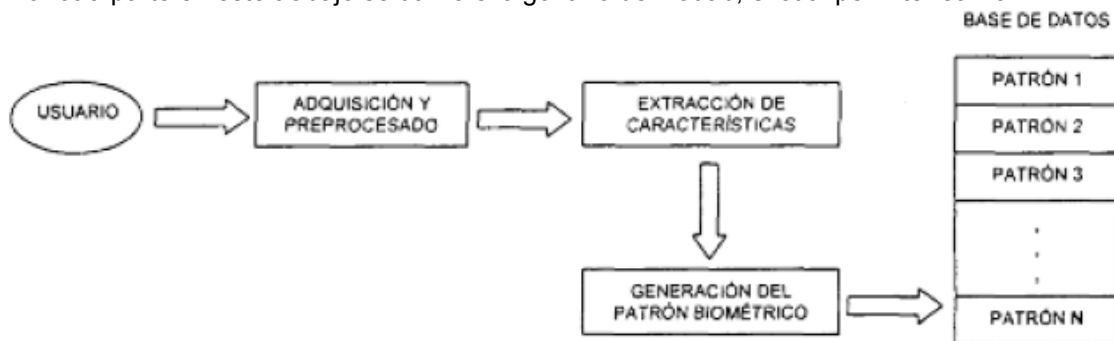


Figura 2. Diagrama a bloques de sistema de adquisición

PARTE EXPERIMENTAL

El Sistema Detector de Alcohol se divide en cuatro subsistemas: El sistema sensorial de gas, el sistema de procesamiento y control y; el Sistema de alimentación. El Sistema sensorial de gas está provisto de tres diferentes equipos para detectar que el conductor se encuentra en estado de ebriedad, tomando en consideración su propiedad para hablar, el semblante que demuestra y la cantidad de alcohol que puede emanar de su respiración. De ésta manera, se puede inhabilitar el sistema de ignición del vehículo y así evitar un posible accidente automovilístico.

Las principales funciones del Sistema de detección de nivel de alcohol son:

- Es subsistemas de detección de alcohol etílico es capaz de cuantificar la concentración mediante el soplido del conductor y enviar la información al Subsistema de control.

- El subsistema de detección de voz es capaz de identificar patrones relacionados con un nivel de alcohol que lo verifiquen.
 - El subsistema de detección facial es capaz de identificar patrones relacionados con aspectos faciales en el conductor para determinar un estado étlico, y enviar una señal al sistema de control.
 - El Subsistema de Control y Procesamiento es capaz de procesar la información proveniente de los subsistemas sensoriales para determinar la acción de arranque on/off.
 - El subsistema on/off de ignición es el encargado mediante la señal proveniente del subsistema de control la liberación del arranque del vehículo dependiendo del nivel de alcohol.
 - El subsistema de suministro de energía es el que suministra la corriente necesaria (12 y 5 Volts) a todos los subsistemas.
- Para este trabajo solo se presentara la parte del reconocimiento facial con líneas punteadas, como se ve en la Figura 3

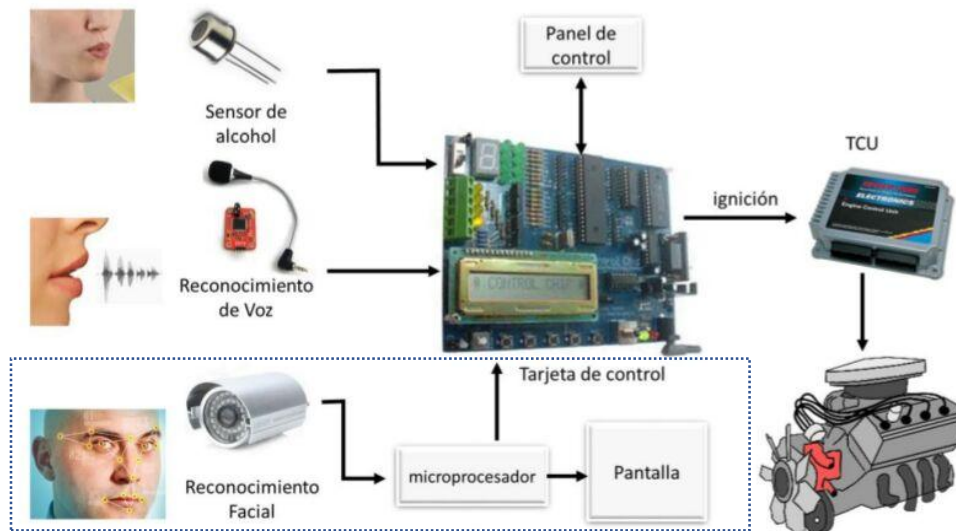


Figura 3. Se muestra el diagrama general del sistema.

RESULTADOS

El sistema de detección de alcohol utilizara un subsistema de monitoreo a través de un una tarjeta de programación lógica en la cual se programaran ciertas condiciones de monitoreo como la detección facial con una cámara que detectará ciertos patrones y que se programaran en la tarjeta arduino como tarjeta de interface para un posible estado inconveniente del conductor. Dicho programador se conectara a un puerto usb 2.0 para programar las diferentes condiciones de monitoreo así también para futuras actualizaciones que requiera el sistema garantizando el buen desempeño y confiabilidad.

En la detección facial, al tomar una muestra la cámara de una cara se realiza la búsqueda en una base de datos y según sea el resultado esté será validado junto con otras comparativas.

Se considera importante programar el timbre de la voz porque esta puede cambiar en base a la edad y el género masculino y femenino para determinar un patrón deseable de estado normal de una persona. Los subsistemas de monitoreo cuentan con los componentes necesarios como: sonda de gases, cámara, micrófono, tarjetas de programación, subsistemas de funcionamiento del automóvil en el cual se inhabilita el arranque del vehículo terminado la evaluación del conductor al estar en estado inconveniente . Además de la colocación estratégica de los de dichos componentes para su efectividad de detección.

El sistema detección de alcohol cuenta con una centralita que tendrá el control de los subsistemas de monitoreo, a su vez está conectada directamente a algunos sensores y en otros casos a través de un protocolo de comunicación para intercambio de datos con el vehículo con una línea de datos

seriados que cumple con las especificaciones de la norma ISO 9141, SAE J1850 VPW . CAN BUS [6].

La centralita programada proporcionará la fuente de alimentación a los sensores con una tensión a 5v, retorno y un circuito de señal.

La comunicación entre los subsistemas involucrados es a través de señales analógicas y digitales dependiendo de los tipos componentes empleados así como la codificación de mensajes binarios que se formaran en la transferencia de datos entre la centralita y los sensores.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó la parte de reconocimiento facial, cabe señalar que este sistema está en una etapa inicial y por ende se utilizó una computadora con cámara para el reconocimiento facial, la cual realiza el procesamiento, y después enviar el comando hacia el arduino para obtener una de las señales que activara al vehículo.

Por otro lado uno de los problemas que se presenta durante la ejecución del sistema es el tiempo de retardo entre los sensores utilizados, y la ubicación de los mismos. Por otra parte para la detección del rostro en cuanto al tiempo para encontrar patrones es complejo ya que el tiempo de muestreo retardaría al sistema.

Finalmente este sistema se pretende transferirlo a un sistema embebido, la cual brindara optimización en cuanto al tamaño del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, "Digital Image Processing using Matlab", Prince Hall, 2005.
2. J. Goldstein, L. D. Harmon, and A. B. Lesk, "Identification of Human Faces", Proc. IEEE, May 1971, Vol. 59, No. 5, 748-760.
3. Google (reconocimiento facial).
4. Manual Matlab.
5. Laurenz Wiskott, Jean-Marc Felloues, Norbert Krüger, Christoph Von Der Malsburg, "Face recognition by Elastic Bunch Graph Matching". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp. 775-779, Julio de 1997.
6. Google (norma ISO 9141, SAE J1850 VPW . CAN BUS).

ADSORCIÓN DE METALES POR CEPAS BACTERIANAS AISLADAS DE RESIDUOS MINEROS

Berenice Noriega Luna, Karen Adriana García Ramírez, Carlos Hilario Martínez Rangel, Alma Hortensia Serafín Muñoz, Norma Leticia Gutierrez Ortega, Luis Enrique, Mendoza Puga

Universidad de Guanajuato

RESUMEN

La minería es una de las principales actividades económicas en nuestro país, no obstante, la extracción de minerales genera grandes cantidades de residuos, conocidos como jales mineros. Estos residuos generalmente contienen sulfuros metálicos residuales como pirita, pirrotita, galena, esfalerita, calcopirita y arsenopirita que son fuente de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) como arsénico, cadmio, plomo, cobre, zinc, hierro, entre otros. Por lo tanto, los EPTs presentes en los jales, representan un riesgo ambiental por su lixiviación e incorporación a cuerpos de agua, así como su movilización a otros ecosistemas por dispersión eólica o hídrica. La biorremediación es una opción que ofrece la posibilidad de controlar contaminantes tóxicos haciendo uso de la actividad biológica de diferentes microorganismos. Además, las técnicas de biorremediación son más económicas que los métodos tradicionales, como la incineración o tratamientos fisicoquímicos. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue aislar y caracterizar cepas bacterianas de residuos mineros con potencial aplicación en tecnologías para la remoción de metales pesados.

INTRODUCCIÓN

En las áreas mineras frecuentemente se determinan altas concentraciones de metales pesados en agua y suelo lo cual representa un riesgo ambiental importante. Desafortunadamente, los microorganismos son los primeros que experimenta los efectos de los metales pesados cuando éstos se encuentran en su forma disponible en la solución del suelo o adsorbidos en las coloides del suelo [1,2]. No obstante, la supervivencia microbiana en suelos contaminados depende de propiedades bioquímicas y estructurales intrínsecas, de la adaptación fisiológica y/o genética incluyendo cambios morfológicos de las células, así como modificaciones ambientales en la especiación del metal [3]. Afortunadamente, los microorganismos desarrollan varios mecanismos de resistencia en respuesta a los metales pesados, estos mecanismos pueden ser codificados por genes cromosómicos, sin embargo, la mayoría de los sistemas de resistencia parecen estar asociados con plásmidos [4]. Generalmente, los efectos de los metales sobre los microorganismos se traducen en la reducción de su número, de su actividad bioquímica, de su diversidad y de cambios en la estructura de la comunidad [5]. Sin embargo, en algunos casos la exposición a metales conduce al establecimiento de poblaciones microbianas tolerantes a menudo representadas por microorganismos Gram positivos y Gram negativos [6]. En sitios contaminados, estas poblaciones son capaces de alterar la movilidad de los metales a través de su reducción, acumulación e inmovilización *in situ* por precipitación extracelular.

Particularmente el Distrito minero de Guanajuato es considerado uno de los más grandes del mundo, con una longitud aproximada de 20 Km, un ancho promedio de 16 Km que cubre un área de 320 Km², se considera un sistema epitermal clásico de baja sulfuración [7]. Conformado por 126 localidades, de las cuales 87 son yacimientos de minerales metálicos que explotan principalmente oro, plata, plomo, zinc y cobre. Después de la concentración de minerales que contienen los metales con valor comercial, el residuo de la trituración y molienda es vertido en depósitos, de los cuales el municipio de Guanajuato tiene 31, que cubren una superficie de 81.9 ha y contienen 40.3 millones de toneladas de jal. Once depósitos contienen jales que se generaron en procesos de cianuración, construidos entre 1905 y 1946 y actualmente cuatro de ellos están muy erosionados; el resto son presas de jales procedentes de procesos de flotación [8,9]. Las bacterias tolerantes a metales que sobreviven en estos hábitats pueden aislarse, identificarse y seleccionarse para su aplicación en tecnologías de remoción de metales pesados en sitios contaminados. El objetivo del estudio fue determinar la abundancia de poblaciones tolerantes a metales pesados en terreros mineros del Distrito de Guanajuato.

TEORIA

Debido a la presión selectiva que han sufrido las comunidades microbianas en los residuos mineros se espera encontrar una baja riqueza específica de microorganismos resistentes a metales pesados.

PARTE EXPERIMENTAL

Muestreo.

Para aislar las bacterias se recolectaron muestras de agua, jal y sedimento en una zona que se ubica entre las minas de Valenciana, Mellado y Cata, en el estado de Guanajuato. Las muestras de agua fueron recolectadas en frascos de vidrio de boca ancha previamente esterilizados. Las muestras de jal y sedimento se colectaron en tubos estériles con una espátula esterilizada.

Aislamiento de bacterias resistentes a metales pesados.

Se tomó 1 mL de agua o sedimento ó 1 g de jal, dependiendo de la muestra a estudiar, se aforó a 10 ml con solución isotónica de cloruro de sodio (NaCl) al 0.9%. Con las muestras se realizaron diluciones decimales seriadas desde 10^{-1} has 10^{-10} utilizando como diluyente NaCl 0.9%. Después se sembraron alícuotas de 1 mL de las diluciones en agar nutritivo enriquecido con arsenito de sodio (NaAsO_2) 4.0, 6.0 y 12.0 mM o nitrato mercurioso ($\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 0.1, 0.5 y 1.0 mM durante 48 horas. Los aislados fueron seleccionados según tamaño, color, elevación y forma en las colonias bacterianas.

Crecimiento microbiano. Se evaluó el crecimiento en cultivos expuestos a NaAsO_2 a concentraciones de 4, 6 y 12 mM y en cultivos expuestos a $\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a concentraciones de 0.1, 0.5 y 1 mM. Se realizaron lecturas de absorbancia a una longitud de onda de 600 nm en cultivos de 48 horas.

RESULTADOS

La zona de estudio se ubica entre las minas de Valenciana, Mellado y Cata. Este sitio es de interés de estudio por la presencia de pasivos ambientales. Todos los puntos de interés se encuentran cerca de las Minas de Valencia y Cata. El primer punto de muestreo (M1) se ubica dentro de una cueva que corresponde a una bocamina. El segundo punto de muestreo (M2) corresponde a la entrada de una cueva, en donde se observa flujo de agua y filtraciones. El tercer punto de muestreo (M3) es una escorrentía ubicada por encima de la cueva, en donde el agua presenta coloración anaranjada y la formación de un tapete microbiano. El cuarto punto de muestreo corresponde a la zona de pasivos ambientales constituidos por un terrero de baja ley. El quinto punto de muestreo (M5) corresponde a la zona de referencia, donde se observa presencia de vegetación. En la figura 1A se muestra una imagen satelital del sitio de estudio y en la figura 1B se pueden apreciar los puntos de muestreo.



Figura 1. Imágenes satelitales de la zona de estudio a) localización del depósito de jales mineros en Guanajuato, Gto., México; b) puntos de muestreo. Fuente: Imágenes obtenidas del Software Google Earth.

Cada uno de los puntos de muestreo presentó características particulares. El punto M1 es una zona fresca y oscura, con menor latitud que los otros puntos; el punto M2 se localiza en una zona parcialmente oscura, en donde el sol ilumina una pequeña área. La temperatura en los puntos M1 y M2 es baja debido a la escasez de luz solar y el alto contenido de humedad por encontrarse en una cueva, donde el clima se conserva. El punto M3 se ubica en una zona en donde la luz solar tampoco hace contacto directo, sin embargo, a diferencia de los puntos M1 y M2 es un lugar abierto, en donde el clima es consecuencia de la variedad de flora que existe alrededor de la escorrentía. Finalmente, el punto M4 es una zona abierta, en donde el sol tiene contacto directo con los jales mineros, aumentando considerablemente la temperatura. Las características de temperatura, iluminación y localización de los puntos de muestreo se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen de las características de los puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Clave	Temperatura (°C)	Iluminación	Coordenadas	
				Latitud Norte	Longitud Oeste
Cueva adentro	M1	15.5	Oscuro	21°2'0.92"	101°15'14"
Entrada a la cueva	M2	17	Sombreado/Oscuro	21°2'0.87"	101°15'7.19"
Escorrentía	M3	22	Sombreado	21°2'1.05"	101°15'7.31"
Jales	M4	34	Área abierta, totalmente soleada	21°2'1.70"	101°15'7.54"

El análisis químico de las muestras ambientales, sedimento y jal, realizado mediante la técnica de Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) reveló concentraciones interesantes de arsénico y mercurio para las muestras de los puntos M3 y M4, los valores se muestran en la tabla 2. Por lo tanto, se analizó únicamente la diversidad bacteriana en las muestras M3 y M4.

Tabla 2. Análisis químico de muestras ambientales.

	Cr Ppm	Cu ppm	Pb pm	Zn Ppm	As ppm	Hg Ppm	pH
M3	7.0	100	6.0	120	1100	280	4.5
M4	230	79	5.0	500	3200	250	3.5

M3= muestra de sedimento, M4 = muestra de jal

Las diluciones decimales seriadas de las muestras M3 y M4 sembradas en agar nutritivo enriquecido con NaAsO_2 4.0, 6.0 y 12.0 mM o $\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.1, 0.5 y 1.0 mM mostraron crecimiento de microorganismos en un lapso de 48 horas, el crecimiento y la diversidad en la morfología colonial se puede apreciar en la figura 2. Asimismo, analizando el número de unidades formadoras de colonias (UFC) en las diferentes condiciones de cultivo se definió que las muestras de jal, M4, exhibían un mayor número de UFC respecto a las muestras de sedimento, M3, como se muestra en la tabla 3. Por lo tanto, la selección, aislamiento e identificación morfológica de bacterias se realizó sobre las muestras de jal.

Tabla 3. Unidades formadoras de colonia en diferentes condiciones de cultivo después de 48 horas de incubación a 37°C.

Medio de cultivo	Muestra	Dilución	UFC
Agar nutritivo	M4	1×10^{-1}	341
Agar nutritivo enriquecido con $\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	M3	1×10^{-1}	43
Agar nutritivo enriquecido con $\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	M4	1×10^{-1}	81
Agar nutritivo enriquecido con NaAsO_2	M3	1×10^{-1}	29
Agar nutritivo enriquecido con NaAsO_2	M4	1×10^{-1}	56

M3= muestra de sedimento, M4 = muestra de jal

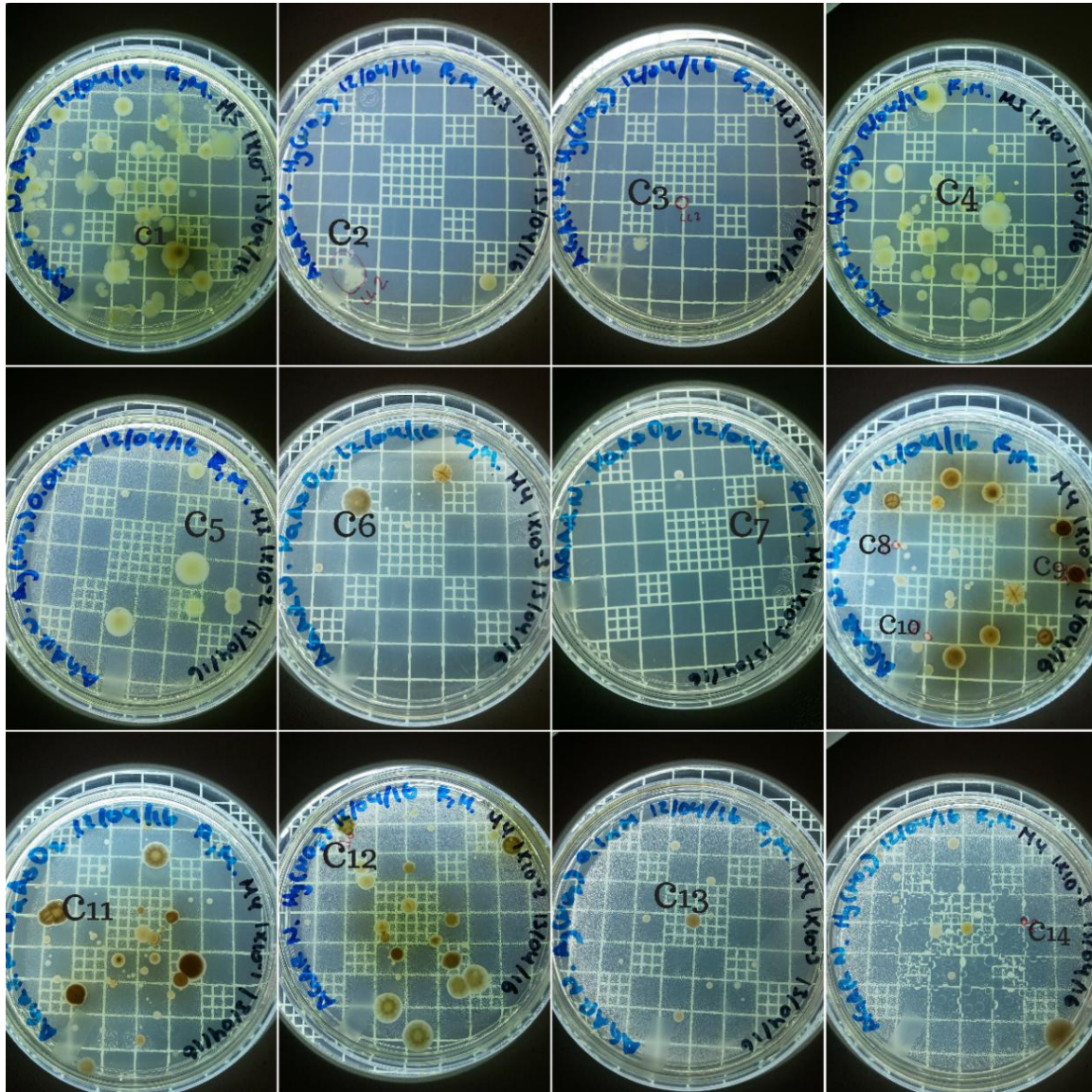


Figura 2. Crecimiento de microorganismos en medio enriquecido con arsénico y mercurio

De las colonias que crecieron en la dilución 1×10^{-1} en las muestras de jal se seleccionaron 14. La mayoría de las colonias crecen con formas circulares e irregulares. En cuanto a las características del borde, se observaron enteros, ondulados y lobulados. Se registraron elevaciones planas y convexas. Respecto a la coloración se observan colonias amarillas, blancas, café, crema, gris y

anaranjadas. Las características de cada colonia se resumen en la tabla 4. El análisis morfológico bacteriano demostró la presencia de diferentes grupos bacterianos como bacilos, cocos y filamentos. En la tabla 5 se describe las morfologías bacterianas.

Tabla 4. Características de las colonias aisladas de jales mineros.

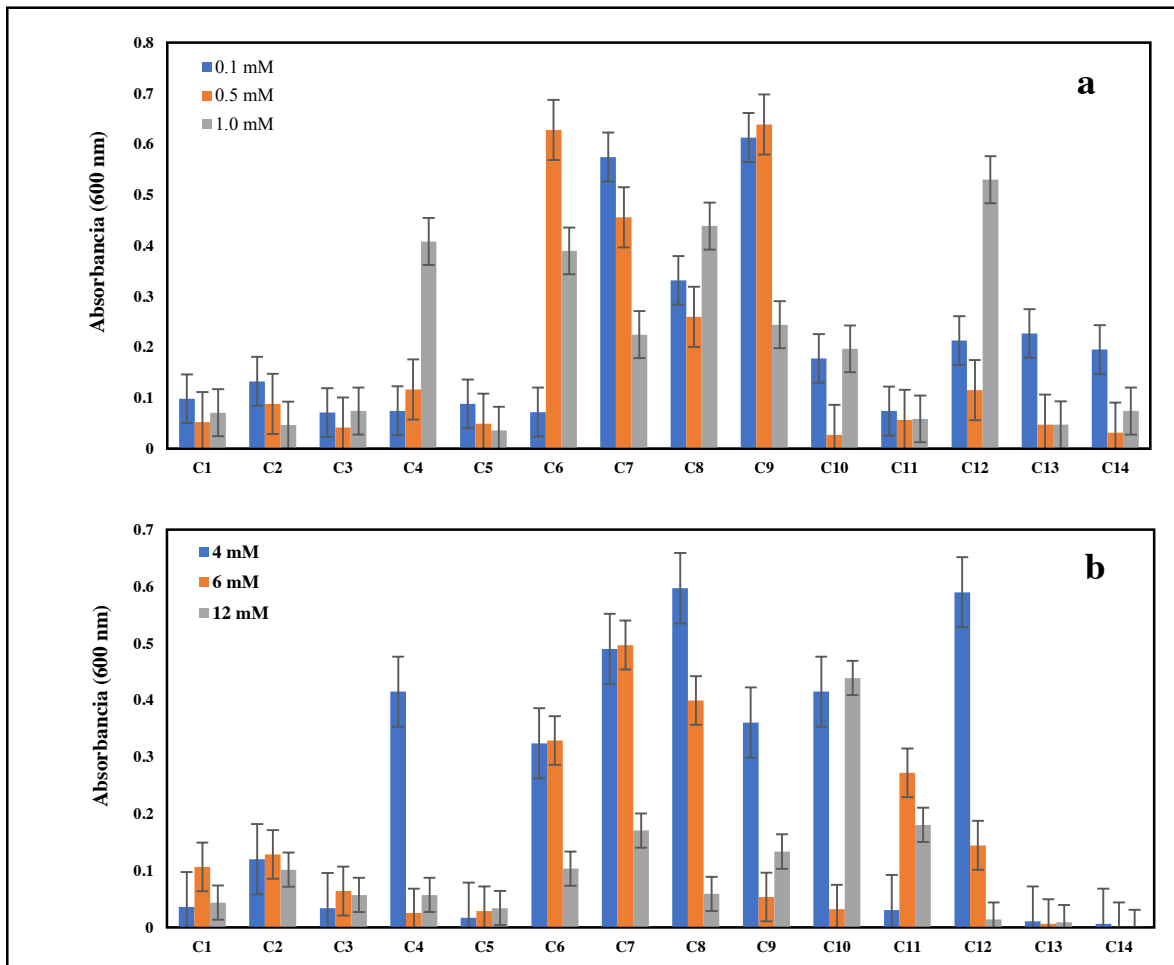
Clave	Características de las colonias bacterianas				
	Forma	Borde	Color del margen	Elevación	Color de la colonia
C1	Sin forma definida	Entero	Amarillo	Plana	Amarillo
C2	Circular	Ondulado	Blanco	Plana	Blanco
C3	Circular	Entero	Blanco	Convexa	Crema
C4	Circular	Entero	Anaranjado	Convexa	Anaranjado
C5	Circular	Entero	Blanco	Cóncava	Café
C6	Circular	Entero	Amarillo	Plana	Amarillo
C7	Circular	Entero	Amarillo	Cóncava	Blanco
C8	Circular	Entero	Amarillo	Plana	Café
C9	Circular	Entero	Blanco	Plana	Amarillo
C10	Circular	Entero	Gris	Cóncava	Café
C11	Circular	Entero	Blanco	Cóncava	Blanco
C12	Puntiforme	Lobulado	Amarillo	Plana	Amarillo
C13	Circular	Entero	Amarillo	Convexa	Amarillo
C14	Circular	Entero	Transparente	Cóncava	Café

Tabla 5. Morfología bacteriana de colonias aisladas de jales mineros.

Clave	Morfología bacteriana	
	Morfología	Tinción Gram
C1	Filamento	Positiva
C2	Filamento	Negativa
C3	Bacilos y filamentos	Negativa
C4	Filamento	Positiva
C5	Filamento	Negativa
C6	Filamento	Negativa
C7	Bacilos	Positiva
C8	Estreptobacilo	Negativa
C9	Filamento	Negativa
C10	Coco	Positiva
C11	Coco	Negativa
C12	Bacilo	Negativa
C13	Bacilo	Negativa
C14	Bacilo	Negativa

Respecto a la cinética de crecimiento es posible predecir que se tienen cepas bacterianas con resistencia a metales pesados en base a los resultados obtenidos. Por ejemplo, en la figura 3a se observa que a las 48 horas de cultivo las cepas C7, C8 y C9 tienen un mejor crecimiento cuando se exponen a $\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.1 mM a diferencia del resto de las cepas. Por otro lado, cuando el cultivo se expone a $\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.5 mM, las cepas C6, C7, C8 y C9 registran un mayor desarrollo celular. Finalmente, en cultivos expuestos a $\text{HgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1.0 mM las cepas C4, C6, C8 y C12 muestran mayor resistencia a la presencia de mercurio. En el mismo contexto, en el caso de cultivos expuestos a NaAsO_2 , figura 3b, se tienen los siguientes resultados, los cultivos expuestos a NaAsO_2 4.0 mM con mayor crecimiento celular son las cepas C4, C6, C7, C8, C9, C10 y C12. En condiciones de NaAsO_2 6.0 mM solamente las cepas C6, C7 y C8 tienen mayor capacidad de tolerancia al arsénico.

Finalmente, cuando la concentración de NaAsO_2 se incrementa hasta 12.0 mM la cepa más resistente es la C12.



CONCLUSIONES

Se demostró la presencia de grupos bacterianos presentes en las muestras de sedimento y jal. Se encontraron algunas formas filamentosas positivas para la tinción de Gram, lo que sugiere la posible presencia de actinobacterias. No obstante, se obtuvo una baja comunidad microbiana debido a los altos niveles de contaminación en el sitio de estudio. Se identificaron 4 cepas tolerantes a mercurio y 4 cepas tolerantes a arsénico. Una vez conocida la composición de la comunidad microbiana cultivable se llevará a cabo el análisis de su metagenoma y posteriormente se investigará el potencial de estos microorganismos en técnicas para la recuperación de metales.

BIBLIOGRFÍA

1. Brookes, P.C. 1995. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fertil. Soils* 19, 269-279.
2. Giller, K.E., Witter, E., McGrath, S.P. 1998. Toxicity of heavy metals to microorganismis and microbial processes in agricultural soils: a review. *Soil Biol. Biochem.* 30, 1389-1414.
3. Ehrlich, H.L. 197. *Microbes and metals*. *Appl. Microbial. Biotechnol.* 48, 687-692.
4. Nies, D.H. 2003. Efflux-mediated heavy metal resistance in prokaryotes. *FEMS Microbiol. Rev.* 27, 313-339.

5. Ellis, R.J., Morgan, P., Weightman, A.J., Fry, J.C. 2003. Cultivation-dependent approaches for determining bacterial diversity in heavy-metal-contaminated soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 3223-3230.
6. Kozdrój, J., van Elsas, J.D., 2001b. structural diversity of microorganisms in chemically perturbed soil assessed by molecular and cytochemical approaches. *J. microbiol. Methods.* 43, 197-212.
7. Heald P., Foley N.K. y Hayba D.O. 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite types. *Economic Geology.* 82, 1-26.
8. Ramos-Arroyo J.R. y Siebe-Grabach D. 2006. Estrategia para identificar jales con potencial de riesgo ambiental en un distrito minero: estudio de caso en el Distrito de Guanajuato México. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 23, 54-74
9. Mendoza Amézquita E., Armienta M.A., Ayora C., Soler A. y Ramos E. 2006. Potencial lixiviación de elementos traza en jales de las minas La Asunción y Las Torres, en el distrito minero de Guanajuato, México. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 23, 75-83.

EVALUACIÓN DE PROVEEDORES UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ABC EN UNA PEQUEÑA EMPRESA UBICADA EN EL SUR DEL ESTADO DE GUANAJUATO

María Guadalupe García López, Roberto Baeza Serrato

Departamento de Estudios Multidisciplinarios, Universidad de Guanajuato

RESUMEN

El objetivo de este artículo es la evaluación de los proveedores de la empresa Mini Súper Rodríguez, ubicada en el sur del estado de Guanajuato utilizando la metodología ABC y el principio "80, 20". Se realizó un análisis del marco teórico y estado del arte de la metodología ABC y el principio "80, 20". Se obtuvo la información de compras de cada proveedor (140 proveedores) en un periodo de 9 meses, creando así una tabla en Excel con los cálculos totales, acumulados y sus respectivos porcentajes. Aplicando la metodología ABC, para la clasificación de proveedores y realizando la comprobación del principio "80, 20" finalmente se elaboró una representación gráfica a través del diagrama de Pareto. Al aplicar la metodología ABC se determinó una clasificación A, con un total de 21 proveedores a los que le corresponden el 74% de las compras, para el grupo B un total de 59 proveedores correspondiente al 23% de las compras y por último para la clasificación C se obtuvieron un total de 60 proveedores correspondiente al 3% de compras totales. Por lo anterior, se aprecia que se cumple con el principio teórico "80, 20" que acompaña la metodología ABC. Es decir, alrededor del 80% de las compras, en este caso el 74% es adquirido del 15% de los proveedores. Está investigación propone una clasificación de los proveedores de la organización en el que se identifican aquellos que generan un alto impacto dentro de la misma, buscando generar estrategias que le otorguen una ventaja competitiva a la empresa. Siendo la presente investigación una aplicación práctica y real en MiPyMes de la región.

Palabras clave: 1. Proveedores; 2. Compras; 3. Clasificación; 4. Aplicación; 5. Competitividad.

INTRODUCCIÓN

En consecuencia, de los cambios tecnológicos, socioculturales y políticos producidos desde los años 80, los entornos en los que se mueven las organizaciones son cada vez más globales, dinámicos y competitivos. Siendo la formulación de nuevas estrategias el resultado fundamental que asegura el desarrollo y supervivencia empresarial [1]. Sin embargo, no todas las organizaciones están obteniendo estas ventajas competitivas debido a que sus directivos dependen de sistemas de información diseñados para una era tecnológica más sencilla. Tal es el caso de las MYPIMES (Micro, pequeñas y medianas empresas) las cuales juegan un rol muy importante para el desarrollo socioeconómico de México, según estimaciones de la *Secretaría de Economía* de los cuatro millones de empresas existentes en el país, casi el 99% pertenecen a este rubro generando así, una fuerza laboral del 72% y contribuyendo con la producción de alrededor el 52% del PIB del país [2]. Las empresas líderes utilizan sistemas de costes tanto para detectar donde hay que realizar mejoras continuas, eficiencia y rapidez en sus actividades de aprendizaje; hasta para la toma de decisiones entre proveedores alternativos, entre muchas otras actividades estratégicas. Siendo los sistemas ABC factibles para establecer prioridades en las actividades de mejora de procesos que ayudan a los directivos en la toma de decisiones a largo plazo [3]. El interés por introducir una precisión rigurosa mediante la identificación de cada elemento analizado en el lugar que le corresponde, permite clasificar estos por orden de importancia cuando los artículos a tratar son muy numerosos y su incidencia es una característica bastante dispar [4]. El análisis ABC no es una fórmula que resuelve problemas, lo único que hace es detectar una situación para que el analista, a partir de la misma, pueda buscar las mejores soluciones de una manera visual y concreta, con apoyo de la herramienta que acompaña al análisis ABC, conocido como principio de Pareto, el cual como menciona Koch se fundamenta en la observación estadística de un patrón probado, sólido, cuantitativo y fiable el cual parte del principio de que el 20% de las causas producen el 80% de los efectos, permitiendo identificar la parte esencial de una actividad. Por lo que la utilidad de la metodología ABC se extiende a diferentes campos del sector empresarial siempre que se pretenda priorizar en relación con una variable definida [5].

El caso de estudio que se presenta en esta investigación es el de la empresa "Mini Súper Rodríguez", un pequeño supermercado familiar con más de treinta años en el servicio, el cual cuenta con dos

sucursales ubicadas en la ciudad de Yuriria, Guanajuato. Y se dedica a la comercialización de abarrotes, frutas y verduras. Su mercado meta está centralizado en los habitantes del municipio y sus comunidades aledañas, fungiendo a su vez como proveedor de micro negocios de la región. El objetivo de la presente investigación es utilizar el sistema ABC para clasificar en función de su volumen de compras a los 142 proveedores con los que cuenta la empresa, detectando a aquellos proveedores que generan mayor rentabilidad a la organización y así establecer prioridades en las actividades de mejora, generando nuevas estrategias que ayuden a los directivos en la toma de decisiones.

ESTADO DE ARTE

La metodología ABC es una herramienta sencilla y adaptable a diferentes ámbitos empresariales, se ha realizado un gran número de trabajos, por lo que a continuación se destacan algunos de ellos:

Ramos y Flores (2013) Realizaron un análisis y propuesta de implementación de pronósticos, gestión de inventarios y almacenes en una comercializadora de vidrios y aluminios. Utilizando la metodología ABC para identificar los ítems (artículos) que deben tomar prioridad, bajo el indicador costo - beneficio. Obteniendo como resultado que de los 1307 ítems con los que cuenta la empresa, existen 34 ítems que deben ser tratados en forma especial y prioritaria para la empresa, debido al margen costo-beneficios que les representan.

Robles (2015) realizó un análisis de costos para generar una propuesta de un sistema de costeo ABC en la empresa de panadería y pastelería productos Ottone SAC. Obteniendo que, de los tres productos analizados, el 82.95% de costos indirectos de fabricación unitario lo posee el producto denominado "keke" y solo el 8.38% se incurren en el producto "aviador" por lo que la empresa debe analizar en forma detallada los resultados obtenidos evitando los sobrecostos y pérdidas futura.

Verdesoto (2015) implementó un Sistema de Costeo ABC en el área de empaque secundario de un operador logístico en la ciudad de Quito. Obteniendo como resultado que al clasificar el total de los objetos con los que cuenta la empresa, se observa que en algunos de los objetos de 56 costos se trabajaban a pérdida, sin embargo, los precios de los procesos más significativos cubren estas pérdidas que cuantitativamente son mínimas por el número de unidades que se procesan.

Rojas (2015) aplicó un Sistema de Gestión de Inventarios en la empresa CN TECHNOLOGY, en la que a través de la metodología ABC identificó 36 productos relevantes o tipo A, a cuyos datos históricos de la demanda se les realizó una prueba de bondad de ajuste, con el fin de seleccionar el sistema de inventarios más adecuado para su control, siendo los 36 productos encontrados bajo este análisis el foco de atención de la organización.

Huerta (2017) realizó una aplicación de costos ABC en la empresa textil Manager EIRL del Distrito Ate Vitarte la cual no contaba con información real de la rentabilidad de cada producto. Por lo que la implementación de los costos ABC le permitió a la empresa tener un control de todas las actividades, evaluando cuantitativamente cada una de ellas y relacionándolos con los objetivos de la empresa para facilitar las decisiones administrativas, otorgando el conocimiento necesario para el mejoramiento y la optimización de los procesos.

Torres y Delgado (2017) implementaron un sistema de costeo en la industria panadera utilizando el método ABC, obteniendo como principal conclusión que con la aplicación del enfoque ABC se demuestra que los costos bajo la aplicación del sistema de costeo tradicional, están sub valorados respecto de los costos reales de producción para tres tipos de productos típicos comercializados por la empresa, por lo que al utilizar el análisis ABC estos fueron canalizados y monitoreados.

Molina (2017) realizó una propuesta para optimizar el proceso de control y planificación de inventarios de la bodega de suministros para contratos de outsourcing utilizando la metodología de categorización ABC. Proponiendo así una nueva política para el manejo de inventarios en la cual los materiales tipo A tendrán un stock de seguridad, los materiales tipo B y C se comprarán bajo pedido de acuerdo a la necesidad del cliente. Al mantener en stock únicamente los materiales tipo A se hace innecesario mantener dos bodegas, proponiendo tener una sola bodega, aspecto que genera un ahorro anual para la empresa.

Herrera y Chiriboga (2018) Realizaron una propuesta de costeo ABC para la etapa funcional de Subtransmisión en la empresa eléctrica Regional Centro Sur C.A. Determinando con la aplicación de la metodología ABC que las actividades de mantenimiento son las que más recursos consumen;

representando un 84% del costo total para el año 2015 y 2016, por lo que se deben formular estrategias que reduzcan estos costos.

Sánchez y Paul (2018) Realizaron una propuesta de mejora en los procesos de almacén para reducir costos operativos utilizando la metodología ABC en la empresa Plásticos Santo Domingo S.A.C. por lo que determinaron cuales productos tienen mayor rotación y cuáles tienen menor rotación, siendo esta la base de la formulación de estrategias en aquellos que poseen menor rotación.

Los trabajos citados en este apartado, al igual que el caso de estudio que se presenta en este artículo utilizan la metodología ABC como estrategia de diagnóstico para detectar en tiempo real situaciones o problemas dentro de una empresa, siendo la base para la generación de propuestas de valor por parte de los directivos de las organizaciones.

TEORIA

A medida que aumentaba la competencia y a medida que las bases de la misma se alejaban de la utilización eficiente de la mano de obra directa y de las maquinas, los directivos requerían información más fiel respecto a los costes de proceso, productos, clientes y proveedores de los que se podían obtener a través del sistema utilizado en ese momento. Los sistemas de costes basados en actividades ABC emergieron a mediados de los años 80 para satisfacer la necesidad de información fidedigna respecto al coste de los recursos asignables a los productos, clientes y canales de distribución. Los sistemas ABC permitieron que los costes indirectos y de estructuras fueran conducidos primero hasta las actividades y procesos y luego a los productos, servicios y clientes. Estos sistemas proporcionaron a los directivos una imagen mucho más clara de sus operaciones. (Kaplan & Cooper, 2003)

ANÁLISIS ABC: Sirve para la clasificación principalmente de inventarios disponibles en tres grupos (A-B-C) en función de su volumen anual. Acompañada de una aplicación a los inventarios que se conoce como el principio de Pareto. El principio de Pareto afirma que “hay unos pocos críticos y muchos irrelevantes”. La idea consiste en definir políticas de inventario que encaminen los recursos hacia unos pocos artículos críticos y no en los muchos tribales. No es razonable hacer un seguimiento de los artículos baratos con la misma intensidad que de los que son costosos. Para determinar el volumen anual en cantidades monetarias de cada artículo para el análisis ABC, se multiplica la demanda anual de cada artículo del inventario por su coste unitario. Siendo los artículos de clase A aquellos que tienen un volumen anual en cantidades monetarias muy alto, aunque estos artículos pueden representar únicamente sobre un 15 por ciento del total de artículos en inventario, representando el 70 u 80 por ciento del consumo total en cantidades monetarias. Los artículos de la clase B son lo que tienen un volumen anual en cantidades monetarias medio. Estos artículos pueden representar alrededor de un 30 por ciento de todos los artículos en inventario entre un 15 y un 25 por ciento del valor total. Aquellos con un volumen anual en unidades monetarias bajo constituye la clase C, que pueden representar tan solo un 5 por ciento en volumen anual en cantidades monetarias, pero alrededor del 55 por ciento del total de los artículos en inventario. (Heizer & Render, 2008) El porcentaje exacto de artículos en cada clase variará de un conjunto de inventarios a otro. Los factores importantes son los extremos: un número reducido de artículos que son significativos y un alto número de ellos que son relativamente insignificantes. Es decir, la mayor parte del consumo del inventario (80%) puede controlarse si se vigilan rigurosamente los artículos A (20%). Para esto debe utilizarse un riguroso sistema de control, incluyendo una revisión continua de los niveles del inventario, una menor cantidad de inventarios de seguridad y una estrecha atención a la exactitud de los registros. (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2010)

GRAFICOS DE PARETO: Es una gráfica de dos dimensiones que se construye al listar las causas de un problema en el eje horizontal, a partir de la izquierda para colocar aquellas que tienen mayor efecto sobre el problema, de manera que disminuyan en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto propiciado por las causas, mientras que el lado derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas, a partir de la mayor magnitud. (Cantú, 1997)

VENTAJAS DE CLASIFICACIÓN ABC: La ventaja de clasificar los artículos del inventario en grupos es que se pueden establecer diferentes políticas y controles para las diversas clases de artículos. Algunas de las políticas que se pueden adoptar en función de análisis ABC son las siguientes:

1. Los recursos de compra dedicados al desarrollo de proveedores deben ser muy superiores en el caso de los artículos de la clase A que en el de los de la clase C.
2. Los artículos de la clase A deben estar sometidos a criterios de control físico más estrictos que los de las clases B y C; quizá convenga guardarlos en un lugar más seguro y comprobar la exactitud de los registros de inventarios de estos artículos con mayor frecuencia.
3. La previsión de artículos de la clase A puede justificar más atención que la de los demás artículos.

De unas apropiadas políticas de gestión de inventarios puede obtenerse como resultado una mejor previsión, un mejor control físico, mayor fiabilidad de los proveedores y reducir drásticamente el stock de seguridad. El análisis ABC sirve de guía para el desarrollo de estas políticas. (Heizer & Render, 2008)

PARTE EXPERIMENTAL

La figura 1. Describe la metodología utilizada en la presente investigación, la cual inicio con una revisión de la literatura y estado del arte de la metodología ABC y el Diagrama de Pareto. Posteriormente se obtuvieron las listas de las compras de los 142 proveedores en un periodo de 9 meses, realizando los cálculos del importe de compras individual, total y acumulado y sus respectivos porcentajes a través de una hoja de cálculo en Excel. Con lo anterior se realizó la clasificación de acuerdo a lo señalado por la metodología ABC y se hizo la comprobación del principio "80, 20" que acompaña esta metodología.

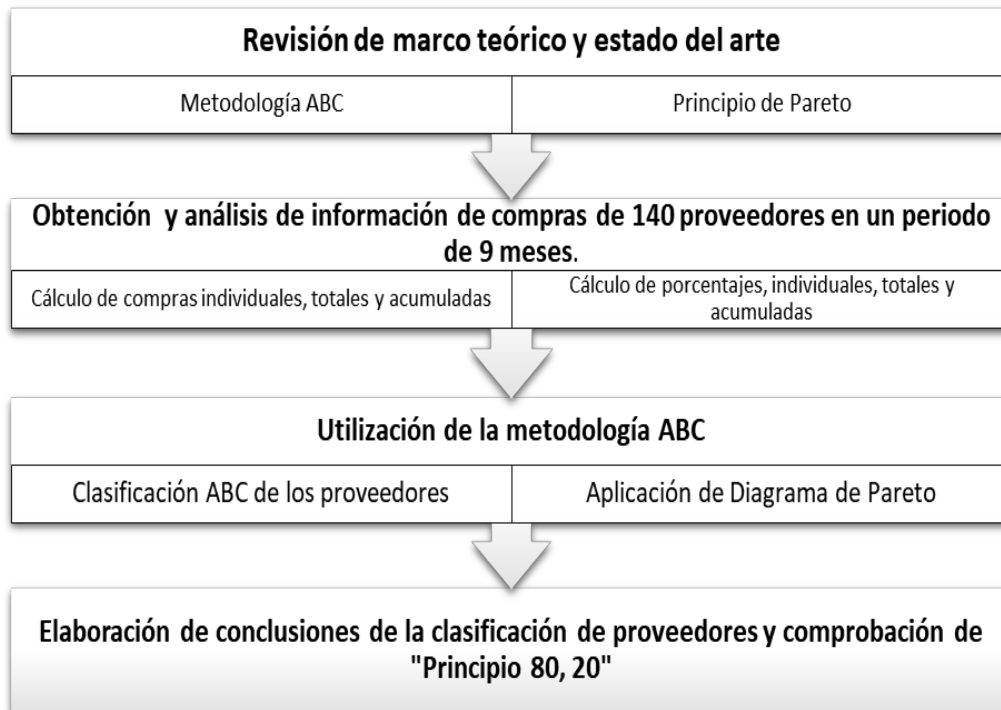


Figura 1. Metodología. Caso de estudio Mini Súper Rodríguez

RESULTADOS

Al acudir a la empresa, el dueño Sr. Carlos Rodríguez autorizó el acceso a su sistema operativo Compucaja. Se obtuvieron las listas con el importe total de la compra a cada proveedor en un periodo de nueve meses, por lo que se calculó su representación en porcentaje y sus respectivos valores acumulados. Siendo esta la base de la determinación de la metodología ABC.

En la figura 2. se muestran los 142 proveedores clasificados en orden de importancia siendo los primeros 21 los pertenecientes a la clasificación A al poseer el mayor volumen de compras teniendo como porcentaje acumulado 74.35%, subsecuentemente se muestran los proveedores pertenecientes a la clasificación B y C.

ABC			Hoja :	1
Nombre	Importe %	Tot	Importe Acum. %	Acum
COMERCIAL TACAMBA, S.A. DE C.V.	20,308,654.07	22.58	\$ 20,308,654.07	22.58
FABRICA DE JABON LA CORONA, S.A. DE C.V.	5,369,709.74	5.97	\$ 25,678,363.81	28.55
DESARROLLO COMERCIAL ABARR. S.A DE C.V.	5,038,642.29	5.6	\$ 30,717,006.10	34.15
PROPIMEX S.A DE C.V	4,344,044.02	4.82	\$ 35,061,050.12	38.98
ABARROTÉS LA VIOLETA, S.A. DE C.V.	3,953,930.82	4.39	\$ 39,014,980.94	43.37
IMPULSORA SAHUAYO, S.A. DE C.V.	3,826,354.09	4.25	\$ 42,841,335.03	47.63
ABARROTERA DEL DUERO, S.A. DE C.V.	2,946,903.91	3.27	\$ 45,788,238.94	50.91
COMERCIO AL DETALLE PARA GTO. S.A. DE C.V	2,871,487.99	3.19	\$ 48,659,726.93	54.1
DISTRIBUIDORA DE BASICOS DEL CENTRO S.A	2,165,618.04	2.4	\$ 50,825,344.97	56.51
BODEGAS LUISA MARIA, S.A. DE C.V.	1,969,978.82	2.19	\$ 52,795,323.79	58.7
PROVEEDORES DE VERDURAS Y FRUTAS	1,859,004.59	2.06	\$ 54,654,328.38	60.76
BIMBO S,A DE C.V	1,673,023.96	1.86	\$ 56,327,352.34	62.62
SIGMA ALIMENTOS COMERCIAL S.A. DE C.V.	1,562,705.51	1.73	\$ 57,890,057.85	64.36
DISTRIBUCIONES Y REPRES. KARE SA DE CV	1,551,097.68	1.72	\$ 59,441,155.53	66.09
MANUEL LEMUS MEDINA	1,377,106.42	1.53	\$ 60,818,261.95	67.62
DISTRIBUCIONES AYARI S.A. DE C.V.	1,149,435.03	1.27	\$ 61,967,696.98	68.89
ESTELA PADILLA BARROTERAN	1,110,812.58	1.23	\$ 63,078,509.56	70.13
PRODUCTOS DE CONSUMO Z, S.A. DE C.V.	1,030,936.84	1.14	\$ 64,109,446.40	71.28
JUANA CAROLINA GALINDO MUÑOZ	940,043.98	1.04	\$ 65,049,490.38	72.32
ROMAN DIST. DE PROD. FARM. S.A. DE C.V.	927,863.57	1.03	\$ 65,977,353.95	73.35
LACTOMARK S.A. DE C.V.	908,055.16	1	\$ 66,885,409.11	74.36
BODEGAS MIRANDA HERMANOS S.A DE C.V	868,112.95	0.96	\$ 67,753,522.06	75.33
FILIBERTO MENDOZA LEON	833,619.25	0.92	\$ 68,587,141.31	76.25
PROD. Y DIST. DE PAPAS HNOS. CASTRO SCP	761,053.79	0.84	\$ 69,348,195.10	77.1
NORMA ADRIANA GONZALEZ ZAVALA	755,576.99	0.84	\$ 70,103,772.09	77.94
RUBEN DARIO GOMEZ BAUTISTA	687,628.08	0.76	\$ 70,791,400.17	78.71
EMPACADORA "GUZA" S.A. DE C.V.	666,705.01	0.74	\$ 71,458,105.18	79.45
EMPACADORA CELAYA, S.A. DE C.V.	649,179.31	0.72	\$ 72,107,284.49	80.17
COSPOR DISTRIBUCIONES, S.A. DE C.V.	604,709.80	0.67	\$ 72,711,994.29	80.84
COMERCIALIZADORA DE LACTEOS Y DERIVADOS	587,017.89	0.65	\$ 73,299,012.18	81.49
DANONE DE MEXICO S.A. DE C.V.	569,452.35	0.63	\$ 73,868,464.53	82.13
CONSERVAS LA COSTEÑA, S.A. DE C.V.	559,984.90	0.62	\$ 74,428,449.43	82.75
REPRESENTACIONES VELMAR S.A. DE C.V.	555,760.47	0.61	\$ 74,984,209.90	83.37
DISTRIBUCIONES JASPO S.A. DE C.V.	545,192.13	0.6	\$ 75,529,402.03	83.97
DISTRIBUIDORA KEDSAL S.A. DE C.V.	534,921.43	0.59	\$ 76,064,323.46	84.57
EMPACADORA JUPASA S DE R.L. DE C.V.	503,620.60	0.55	\$ 76,567,944.06	85.13
JAIME GALLARDO ZAVALA	495,860.16	0.55	\$ 77,063,804.22	85.68
PASTEURIZADORA DE AGUASCALIE N.S.A. DE C.V.	444,428.69	0.49	\$ 77,508,232.91	86.17
BRITISH AMERICAN TABACO DE MEXICO	414,194.94	0.46	\$ 77,922,427.85	86.63
PROVEEDORES DIVERSOS	413,574.05	0.45	\$ 78,336,001.90	87.09
GRUPO ABARROTERO LOPEZ VILLANUEVA	405,717.60	0.45	\$ 78,741,719.50	87.55
ARTICULOS DE LIMPIEZA AGUILAR	405,015.01	0.45	\$ 79,146,734.51	88
PEPSICO MEXICO S. DE R.L DE C.V	386,530.71	0.42	\$ 79,533,265.22	88.43
ACEITES,GRASAS Y DERIVADOS, S.A. DE C.V.	382,607.93	0.42	\$ 79,915,873.15	88.85
COALIMEXSA ALIMENTOS S.A DE C.V	360,156.38	0.4	\$ 80,276,029.53	89.25
RAQUEL TORRES LUNA	349,221.05	0.38	\$ 80,625,250.58	89.64
GANADEROS PRD. DE LECHE ALPURA S.A.	345,080.95	0.38	\$ 80,970,331.53	90.02

GANADEROS PRD. DE LECHE ALPURA S.A.	345,080.95	0.38	\$	80,970,331.53	90.02
LAURA LOPEZ CAMACHO (QUESO ORO)	339,133.99	0.37	\$	81,309,465.52	90.4
PLATANOS FARIAS	335,758.82	0.37	\$	81,645,224.34	90.77
ROSA MARIA GUTIERRES GARCIA (CHILES ROSY	320,266.72	0.35	\$	81,965,491.06	91.13
CARMEN CERVANTES (JITOMATE)	318,799.71	0.35	\$	82,284,290.77	91.48
LACTEOS DICA S.A. DE C.V.	307,631.93	0.34	\$	82,591,922.70	91.83
NEZE COMERCIALIZADORA, S.A. DE C.V.	289,529.53	0.32	\$	82,881,452.23	92.15
PHILIP MORRIS MEXICO, S.A. DE C.V.	272,907.77	0.3	\$	83,154,360.00	92.45
SABRITAS S. DE R.L. DE CV.	263,897.77	0.29	\$	83,418,257.77	92.74
JORGE ANTONIO SAAVEDRA GUERRERO	251,094.67	0.27	\$	83,669,352.44	93.02
HERLINDA ZAMORA NERI	250,143.10	0.27	\$	83,919,495.54	93.3
CARLOS RODRIGUEZ GUZMAN	242,168.26	0.26	\$	84,161,663.80	93.57
ABARROTES DEL CENTRO GUERRERO SA DE CV	238,117.39	0.26	\$	84,399,781.19	93.84
AITOR GALARZA GOLDARAZ	237,859.84	0.26	\$	84,637,641.03	94.1
MARTHA ELENA VEGA VILLASEÑOR	229,264.43	0.25	\$	84,866,905.46	94.36
CENTRO ABARROTERO DEL BAJIO S.A. DE C.V.	204,300.39	0.22	\$	85,071,205.85	94.58
SOFIA PADILLA GUZMAN	200,957.13	0.22	\$	85,272,162.98	94.81
MA. SOCORRO BEDOLLA GUZMAN	189,643.12	0.21	\$	85,461,806.10	95.02
CANDIDA BALANDRA TAVARES	187,603.20	0.2	\$	85,649,409.30	95.23
CUETARA DISTRIBUCION S.A. DE C.V.	174,607.65	0.19	\$	85,824,016.95	95.42
HECTOR GIL HUILA *ZANAHORIA*	164,428.56	0.18	\$	85,988,445.51	95.6
BONAFONT S.A. DE C.V.	159,007.11	0.17	\$	86,147,452.62	95.78
SALSA DON VASCO S.A. DE C.V.	152,917.12	0.17	\$	86,300,369.74	95.95
DTS MEXICO S DE RL DE CV	148,282.40	0.16	\$	86,448,652.14	96.11
INDUSTRIAL LA FAMA, S.A. DE C.V.	132,447.31	0.14	\$	86,581,099.45	96.26
LACTIGURT DE MEXICO S.A. DE C.V.	117,584.04	0.13	\$	86,698,683.49	96.39
YAKULT S.A. DE C.V.	114,951.81	0.12	\$	86,813,635.30	96.52
ENVASADORA LA SUPREMA S.A DE C.V	110,535.92	0.12	\$	86,924,171.22	96.64
YLIANA VACA RAMOS	105,677.17	0.11	\$	87,029,848.39	96.76
QUIMICOS ESPECIALIZADOS MAQUISAS.A.DEC.V	105,216.73	0.11	\$	87,135,065.12	96.88
ARTICULOS DE LIMPIEZA TINOCO	100,804.67	0.11	\$	87,235,869.79	96.99
GEUSA DE OCCIDENTE S.A. DE C.V.	100,520.51	0.11	\$	87,336,390.30	97.1
PRODUCTOS LACTEOS BLANQUITA, S.A. DE C.V	96,386.60	0.1	\$	87,432,776.90	97.21
VICTOR MADRIGAL ESPINO	95,250.00	0.1	\$	87,528,026.90	97.31
AFRIMA DE MICHOACAN S. DE R.L. DE C.V.	91,363.83	0.1	\$	87,619,390.73	97.42
MIL ENVASES S.A. DE C.V.	89,701.10	0.09	\$	87,709,091.83	97.52
JOSE BENJAMIN RAMOS GUZMAN	79,212.08	0.08	\$	87,788,303.91	97.6
MIGUEL VILLAGOMEZ RODRIGUEZ	75,592.74	0.08	\$	87,863,896.65	97.69
BARCEL, S.A. DE C.V.	74,618.27	0.08	\$	87,938,514.92	97.77
ROSARIO DIAZ VAZQUEZ (ALU BAG)	68,988.67	0.07	\$	88,007,503.59	97.85
OPERADORA DE SURTIDO ABARROTERO SA DE CV	68,818.19	0.07	\$	88,076,321.78	97.92
MARQUEZ BROTHERS INTERNATIONAL SA DE CV	66,707.09	0.07	\$	88,143,028.87	98
ALMACENADORA FEVASA S.A. DE C.V.	65,536.19	0.07	\$	88,208,565.06	98.07
FERRETERIA RIPOLL HERMANOS S.A. DE C.V.	64,990.94	0.07	\$	88,273,556.00	98.14
CESAR FRANCISCO URIBE	62,287.98	0.06	\$	88,335,843.98	98.21
ALEJANDRO RICO MANRRIQUEZ	61,401.00	0.06	\$	88,397,244.98	98.28
CADBURY ADAMS S. DE R.L. DE C.V.	61,105.11	0.06	\$	88,458,350.09	98.35
JAIME SOTO LOPEZ	58,270.06	0.06	\$	88,516,620.15	98.41
OMEX ALIMENTARIA S.A. DE C.V.	57,677.63	0.06	\$	88,574,297.78	98.48
DISTRIMICH S.A. DE C.V.	56,635.91	0.06	\$	88,630,933.69	98.54
FERNANDO TAPIA ZENTENO	54,581.46	0.06	\$	88,685,515.15	98.6
CECILIA ESPINOZA VAZQUES *LIMON*	49,922.69	0.05	\$	88,735,437.84	98.66
VIRIDIANA OROZCO CINTORA	48,724.73	0.05	\$	88,784,162.57	98.71

DESARROLLO CIENTÍFICO EN MÉXICO

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ÓPTICA

GRUPO INDUSTRIAL VIDA S.A. DE C.V.	42,978.71	0.04	\$	88,827,141.28	98.76
AGUACATE (ALDO)	42,462.90	0.04	\$	88,869,604.18	98.81
SOC.COO. TRABAJADORES DE PASCUAL, S.C.L.	41,920.63	0.04	\$	88,911,524.81	98.85
MARCELA GODOY LAGUNAS	39,616.56	0.04	\$	88,951,141.37	98.9
PRODUCTOS REGIONALES DEL BAJIO S.A.DEC.V	39,586.03	0.04	\$	88,990,727.40	98.94
EFRAIN CORTEZ ORTIZ	38,685.10	0.04	\$	89,029,412.50	98.98
SUPER PAPELERA S.A. DE C.V.	38,249.45	0.04	\$	89,067,661.95	99.03
ROLY MR	35,737.50	0.03	\$	89,103,399.45	99.07
AGENCIA CORONA EN MOROLEON S.A. DE C.V.	33,543.86	0.03	\$	89,136,943.31	99.1
GAREY AGUAS MINERALES S.A. DE C.V.	31,602.99	0.03	\$	89,168,546.30	99.14
LAURA ALEJANDRA SANCHEZ ZAVALA	29,414.71	0.03	\$	89,197,961.01	99.17
SANDRA ELISA HERNANDEZ CARDOZO	27,638.63	0.03	\$	89,225,599.64	99.2
INDUSTRIA ACEITERA, S.A. DE C.V.	27,433.20	0.03	\$	89,253,032.84	99.23
QUIMICA FRANCO MEXICANA NORDIN SA DE CV	27,279.17	0.03	\$	89,280,312.01	99.26
FABIOLA RODRIGUEZ MIRANDA	27,247.36	0.03	\$	89,307,559.37	99.29
MARIA DEL SAGRARIO MORALES RUIZ	26,986.14	0.03	\$	89,334,545.51	99.32
ROMYC INDUSTRIAL S.A. DE C.V.	26,305.00	0.02	\$	89,360,850.51	99.35
CECILIA LUNA (PAPAYA MARADOL)	25,150.30	0.02	\$	89,386,000.81	99.38
PEDRO RAMIREZ ZAVALA	23,931.00	0.02	\$	89,409,931.81	99.41
EXOTIC MARKETING GROUP S.A. DE C.V.	22,995.99	0.02	\$	89,432,927.80	99.43
ALIMENTOS INTEGRALES VIBRA	22,805.25	0.02	\$	89,455,733.05	99.46
GALLETAS CARMELITA S.A. DE C.V.	22,501.80	0.02	\$	89,478,234.85	99.48
DI KELLOO, S.A. DE C.V.	22,334.47	0.02	\$	89,500,569.32	99.51
COMERCIALIZADORA LOGITECH	22,134.00	0.02	\$	89,522,703.32	99.53
CHOCOLATERA DE NAYARIT, S.A. DE C.V.	21,772.94	0.02	\$	89,544,476.26	99.56
JOSE LUIS GARCIA BOYZO (MELONES CHINO)	21,447.93	0.02	\$	89,565,924.19	99.58
MARISELA MEZA GARCIA	21,160.50	0.02	\$	89,587,084.69	99.6
ROMPOPE CORONADO, S.A. DE C.V.	20,664.59	0.02	\$	89,607,749.28	99.63
COMERCIAL AMERICA DE ZAMORA SA	19,621.61	0.02	\$	89,627,370.89	99.65
MARTIN TENORIO LOPEZ	18,910.30	0.02	\$	89,646,281.19	99.67
NATURAL DE ALIMENTOS S.A. DE C.V.	18,893.25	0.02	\$	89,665,174.44	99.69
PASTEURIZADORA DE LEON S.A. DE C.V.	16,098.11	0.01	\$	89,681,272.55	99.71
PRODUCTOS FIGUEROA SANCHEZ S.A. DE C.V.	15,639.88	0.01	\$	89,696,912.43	99.73
COMERSAL S.A. DE C.V.	15,481.22	0.01	\$	89,712,393.65	99.74
ZZABARROTERA DE PATZCUARO, S.A. DE C.V.	15,360.00	0.01	\$	89,727,753.65	99.76
IMPULSORA COMERCIAL DE IRAPUATO	15,267.57	0.01	\$	89,743,021.22	99.78
MA. DEL ROSARIO CERVANTES GUTIERREZ	13,175.28	0.01	\$	89,756,196.50	99.79
INDUSTRIAL TRINIDAD S.A.	12,778.00	0.01	\$	89,768,974.50	99.81
JOSE GUADALUPE VARGAS	11,405.00	0.01	\$	89,780,379.50	99.82
PLASTIQUICK, S.A. DE C.V.	10,950.74	0.01	\$	89,791,330.24	99.83
VERA DEL BAJIO S.A. DE C.V.	9,298.56	0.01	\$	89,800,628.80	99.84
JUAN DIEGO SOTO LUNA (LIMON)	9,056.05	0.01	\$	89,809,684.85	99.85
TOTALES	89,818,276.83	99.21			

Figura 2. Clasificación de proveedores a través de la metodología ABC

En la siguiente figura se observa de manera sintetiza la relación entre la cantidad de proveedores y su representación monetaria. Respecto a la clasificación A se obtuvieron un total de 21 proveedores a los que le corresponden el 74% de las compras, para el grupo B un total de 60 proveedores correspondiente al 23% de las compras y por ultimo para la clasificación C se obtuvieron un total de 61 proveedores correspondiente al 3% de compras.

PROVEEDORES CLASIFICADOS	NO. PROVEEDORES	% PROV	CANTIDAD EN UNIDADES MONETARIAS	% REPRESENTACIÓN
TOTAL PROV. ACTIVOS	140	100%	\$89,849,684.85	100%
A	21	15%	\$66,885,409.11	74%
B	59	42%	\$20,773,981.62	23%
C	60	43%	\$2,190294.12	3%

Figura 3. Síntesis de resultados de aplicación ABC.

Apoyada de la herramienta que acompaña a la metodología ABC, se aprecia que se cumple con el principio teórico "80, 20". Es decir, alrededor del 80% de las compras, en este caso el 74% es adquirido del 15% de los proveedores. Lo anterior se aprecia de manera gráfica a través del Diagrama de Pareto que se muestra en la Figura 4. En donde se observa del lado izquierdo a los

proveedores con mayor grado de importancia y su disminución en grado de importancia acorde a su nivel de compras. En el eje del lado derecho se refleja el porcentaje acumulado del total de las compras 100% a partir del de mayor magnitud.

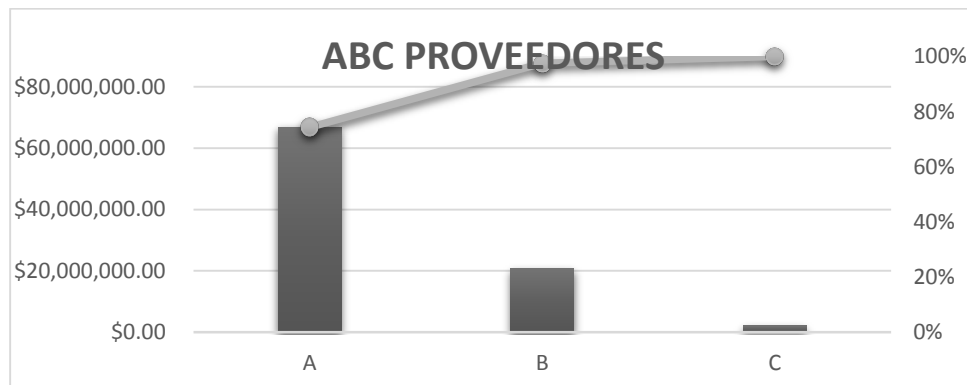


Figura 4. Diagrama de Pareto, Proveedores de Mini Súper Rodríguez

CONCLUSIONES

Al realizar la clasificación de proveedores a través de la metodología ABC, se identificó un nivel A de 21 proveedores representados por el 74% del total de las adquisiciones, para el grupo B un total de 60 proveedores correspondiente al 23% de las compras y por último para la clasificación C se obtuvieron un total de 61 proveedores correspondiente al 3% de compras. Obteniendo como conclusión que los proveedores pertenecientes a la clasificación A son a quienes se les debe tomar un mayor grado de importancia dentro de la organización, pues representan el 74% de las adquisiciones totales del Mini Súper Rodríguez. Se propone a los dueños del negocio el reforzar una relación positiva con dichos proveedores, generado a la par convenios y alianzas que beneficien a ambas partes y que generen una ventaja competitiva para la empresa. Por otro lado, se destaca la participación del personal de la empresa, pues tanto el dueño como el personal correspondiente brindaron la asesoría y el libre acceso a los datos requeridos para el desarrollo del presente artículo. Además de que dicha clasificación ABC sirve de apoyo en otros procesos logísticos como lo es la estructuración de la cadena de suministros de la empresa.

Aplicar conocimiento científico como el que se muestra a lo largo de este artículo dentro de una pequeña empresa regional, pretende generar una implicación práctica y real que resulte fácil de comprender y de reproducir en diversas áreas y organizaciones. Incentivando así el desarrollo empresarial de organizaciones que trabajan con un alto grado de empirismo en sus procesos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amo Baraybar, F. (2011). *El cuadro de Mando Integral*. Madrid: ESIC EDITORIAL.
2. De la Fuente García, D. (2008). *Ingeniería de organización en la empresa: Dirección de Operaciones*. Oviedo Asturias: Ediciones de la Universidad de Oviedo.
3. INEGI. (2017). *Programas Sectoriales*. México: SEGOB.
4. Kaplan, R., & Cooper, R. (2003). *Coste y Efecto*. México: Gestión 2000.
5. Koch, R. (2015). *El principio 80/20 El secreto de lograr más con menos*. España: PAIDÓS.
6. IBLIOGRAPHY Herrera, E., & Chiriboga, D. (2018). Propuesta de costeo ABC para la etapa funcional de Subtransmisión en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A. *Universidad de Cuenca*, 1- 201.
7. Molina, A. (2017). Optimización del proceso de control y planificación de inventarios mediante el método de categorización de inventarios abc, caso de estudios adexus s.a. empresa de soluciones innovadoras. *UDLA*, 1 - 106.
8. Rojas, J. (2015). Desarrollo un Sistema de Gestión de Inventarios en la empresa CN TECHNOLOGY. *Facultad de Ingenierías*, 1 - 82.

9. Ramos Mendez, K., & Flores Aliaga, E. (2013). Análisis y propuesta de implementación de pronósticos, gestión de inventarios y almacenes en una comercializadora de vidrios y aluminios. *Pontificia Universidad Católica de Perú*, -.
10. Robles Chávez, P. V. (2015). Análisis de los costos y propuesta de un sistema de costeo ABC para la empresa de panadería y pastelería productos Ottone SAC. *Universidad Cesar Vallejo*, -.
11. Verdesoto Gaibor, A. (2015). Análisis de costos por actividades (Costeo ABC) para el área de empaque secundario de un operador logístico en la ciudad de Quito. *UASB- DIGITAL*, -.
12. Huerta Alvino, M., & Chu Estrada, W. (2017). Aplicación de los costos ABC y su influencia en la gestión empresarial de la empresa textil Manager EIRL del Distrito Ate Vitarte. *Autónoma*, -.
13. Torres Navarro, C., Waltrick, M., & Delgado Vizcarra, C. (2017). Costeo de productos en la industria panadera utilizando el método ABC. *INVERCIENCIA*, -.
14. Sánchez, M., & Paul, J. (2018). Propuesta de mejora en los procesos de almacén para reducir costos operativos utilizando la metodología ABC en la empresa Plásticos Santo Domingo S.A.C. *UPNBOC*, -.
15. Cantú, H. (1997). *Desarrollo de una cultura de la calidad*. México: Edamsa Impresiones S.A. de C.V.

MODELO GENERAL SEMÁNTICO PARA LA OFERTA Y CONSUMO AUTÓNOMO DE SERVICIOS

J. Guadalupe Ramos Díaz¹, Saúl Alcaraz Orozco¹, Isela Navarro Alatorre¹, Jorge Zuñiga Ramos² y Guillermo Ascencio Rodríguez¹

¹Instituto Tecnológico de La Piedad, ²Tecnológico Nacional de México .

RESUMEN

La oferta de diversos servicios a través de medios digitales como la Web, para el consumo por usuarios es cada día más grande. Hoy en día es posible reservar un cuarto de hotel, pedir un taxi, encargar comida, hacer una compra, entre otras cosas. Sin embargo cada una de estas operaciones tiene que ser realizada de manera manual por una persona, creemos que estas tareas podrían ser delegadas a agentes de software inteligentes autónomos capaces de realizar interacciones de datos, inclusive, entre proveedores distintos de servicios.

Si bien, hoy en día la interoperabilidad entre proveedores de diferentes servicios no es posible porque cada uno maneja sus propios estándares, consideramos que la definición de un modelo global con protocolos comunes de interacción de datos puede hacerlo posible.

En ese sentido, en este trabajo presentamos un modelo general de software necesario para la creación de agentes consumidores de servicios y por ello autónomos.

El modelo se compone de clientes, que originan peticiones de servicios, servidores intermediarios (middleware) que poseen la localización de servicios, proveedores de servicios (los que de verdad venden un servicio) y protocolos que permiten mecanizar la solicitud de un servicio. Explicamos también, la función de cada uno de los componentes y mostramos los pasos que tendría que seguir un agente de software para consumir los servicios de manera autónoma. Así pues, la ilustración de casos de uso del modelo de software permite concluir la utilidad del modelo y la aportación del mismo en el contexto de ciudades inteligentes.

INTRODUCCIÓN

La Web ha evolucionado notablemente. La Web 1.0 se destacó por la posibilidad de publicar información en sitios de Internet por parte de un proveedor de información y la limitación de interacción escrita con los usuarios observadores. En contraste la Web 2.0 permitió que cualquier persona generara contenido y lo adjuntara a sitios, inclusive en tiempo real, de manera que todo mundo podía contribuir a la generación de información y también, todo mundo podía leerla. En esta generación surge la Wikipedia y toda una oleada de sitios web ofreciendo contenido incrustado por la propia gente. La Web 3.0 se caracterizó por la aparición de un conjunto de lenguajes, mediante los cuales las fuentes de información (empresas y sus sitios web) generaban información estructurada misma que es accesible a los usuarios a través de poderosas consultas, aquí podemos citar a DBPedia como un esfuerzo global por publicar información estructurada.

Sin embargo sigue haciendo falta la confección de herramientas que sirvan como asistentes personales y que provean a las personas de mecanismos de recuperación de información de interés o bien que realicen tareas por los humanos de manera inteligente. Justamente este es el papel que esperamos que realice la Web futura, se espera, que sea la Web 4.0 quien nos ofrezca el tan esperado avance [5].

En lo que sigue presentamos la definición de la Web 4.0, citamos ciertos elementos teóricos en cuanto a lenguajes semánticos, después presentamos un modelo para posibilitar agentes independientes y finalmente concluimos.

TEORÍA

Web 4.0

No hay una definición completamente estándar de la Web 4.0 [2], pero sin duda la evolución esperada se refiere a la posibilidad de tener una interacción más inteligente con la Web. Por inteligente se refiere al hecho de que se tenga un diálogo con la Web para que haga algo por nosotros. Por ejemplo, un usuario podría decir que quiere hacer un viaje. La interfaz con la Web (no necesariamente el navegador) debería investigarnos los posibles proveedores de promociones de

viaje, debería contrastarlos con nuestros gustos e intenciones y finalmente, a partir de un diálogo con el usuario, debería realizarnos una reserva.

El escenario descrito requiere para su implementación la presencia de agentes con capacidad de búsqueda, la inteligencia para la discriminación y la organización de la información conveniente.

En esta concepción la Web se convierte en el cerebro de la humanidad con el que se dialogará para obtener información y para ordenar acciones de interés cotidiano como compras, reservaciones, aprendizajes, solución de dudas, etc.

En los términos de (Paradigma, 2014 [6]) “La Web 4.0 propone un nuevo modelo de interacción con el usuario más completo y personalizado, no limitándose simplemente a mostrar información, sino comportándose como un espejo mágico que de soluciones concretas a las necesidades el usuario”.
Lenguajes semánticos.

La Web 4.0 emplea elementos de la Web 3.0, también conocida como Web Semántica [1]. Algunos de sus lenguajes formales son los siguientes: a) RDF (Resource Description Framework), es un lenguaje de descripción de recursos análogo al HTML de la Web 1.0, b) RDFS (RDF-Schema) un lenguaje para describir conceptos y atributos, y c) OWL (Ontology Web Language) [3], también para describir abstracciones y atributos, con la posibilidad de especificar propiedades lógicas que posibilitan la inferencia de conocimiento. Ellos, proporcionan mecanismos sólidos para la presentación de la información de manera estructurada, sin ambigüedad y por otro lado permite la recuperación de la información a través del lenguaje de consulta SPARQL [4].

Para etiquetar información, al estilo de la Web Semántica, se define un conjunto de conceptos y atributos, un vocabulario, de manera que sea posible describir profusamente un contexto. Dichos conceptos y atributos constituyen lo que se conoce como “ontología”, que después se emplea para escribir oraciones. Por ejemplo:

```
<rdfs:Class rdf:about="http://www.itlapiedad.edu.mx/taller#Monitor">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Electronicos"/>
</rdfs:Class>
<rdf:Property rdf:about="#marca">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Monitor"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Marca"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="#precio">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Monitor"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
</rdf:Property>
```

Es un código que define el concepto “Monitor”, el cual contiene dos atributos: “marca” y “precio”. Esta abstracción es similar a la programación orientada a objetos, donde se definen clases y sus correspondientes atributos. El código constituye una ontología, y lo que sigue;

```
<rdf:Description rdf:about="#Mon_id1">
  <rdf:type rdf:resource="#Monitor" />
  <teclp:marca>acer</teclp:marca>
  <teclp:precio>2250</teclp:precio>
</rdf:Description>
```

Conforma tres enunciados escritos mediante el lenguaje de marcado RDF. Tales enunciados pueden ser recuperados mediante una consulta SPARQL. Todos los enunciados en Web Semántica se componen de sujeto, atributo y valor, por ello se les denomina triplets o triples. Los enunciados de manera simplificada son:

```
<"#Mon_id1"><rdf:type><"#Monitor">, Mon_id1 es un monitor que ostenta la marca acer, esto es:
<"#Mon_id1"><teclp:marca><acer>, y finalmente hay un precio asociado al objeto, el cual es 2250:
<"#Mon_id1"><teclp:precio><2250>.
```

Estos enunciados poseen información a partir de que se empleó la ontología “electrónicos” y pueden estar almacenados como archivos RDF en cualquier servidor Web. Los enunciados al seguir un formato estándar pueden consultarse de manera manual o automática con garantía de precisión. Ciertamente etiquetar la información implica un esfuerzo al producir contenido, sin embargo, la recompensa se obtiene con la garantía de que la información recibida es la deseada, en contraparte

por ejemplo a la Web tradicional en la que se extraen métodos probabilísticos para extraer la semántica implícita en los textos.

PARTE EXPERIMENTAL

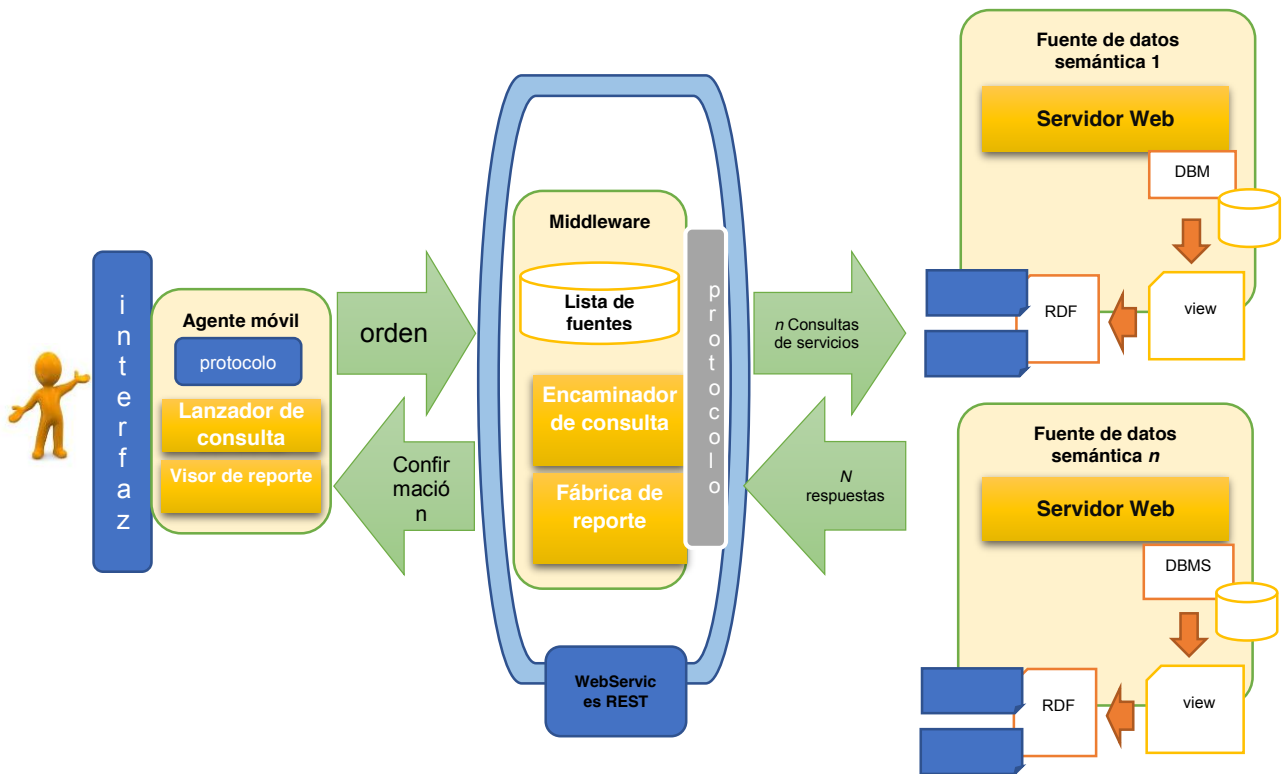
A continuación presentamos nuestro modelo general autónomo para el consumo de servicios. El objeto es permitir que agentes inteligentes realicen tareas por nosotros a partir de cierta infraestructura y condiciones algorítmicas. Los componentes del modelo son los siguientes:

a) Agente inteligente: El agente se compone de un protocolo, un lanzador de consulta y un visor de reporte. El protocolo contiene una serie de tiempos definidos en los que debe lanzar una consulta. Para esto, el agente tiene una misión específica, de modo tal que a cierta hora, debe lanzar una petición al servidor específica, que puede ser por ejemplo, una solicitud de reserva de un restaurante. Quien invoca la consulta es el lanzador y cuando hay una respuesta el visor de reporte se encarga de presentarla.

b) Middleware: Este componente es un componente temático, esto quiere decir, que solamente se encarga de recibir peticiones de un tipo determinado, por ejemplo de reservas a restaurantes. Cuando el middleware recibe una orden, lo primero que hace es revisar su lista de proveedores de datos. Una vez que obtiene la lista de proveedores de datos lanza la petición de información de sitios disponibles para reserva, las fuentes de datos regresan las listas de sus espacios para reserva. Hay que hacer notar que las fuentes de datos regresan datos de reserva (propiedades) así como las órdenes concretas que hay que invocar en términos de llamadas a web services. El middleware consulta su protocolo para saber cuáles son los criterios de atención a un usuario cuando hay más de una posibilidad. Con base al protocolo el middleware decide qué servicio seleccionar, invoca el servicio de consulta y concluye su operación devolviendo un reporte del resultado.

El protocolo está asociado a una ontología, esto es, si bien sabemos que existe una ontología que posee atributos, es necesario, que asociemos direcciones de servicios que sean localizables a partir de la propia ontología. Metafóricamente hablando, sabemos dónde hay información de un restaurante y también sabemos cómo acceder a un servicio público asociado al restaurante.

c) Fuentes de datos semánticas: Contienen información típica de la Web Semántica, esto es, propiedades o atributos y sus valores. En este caso y con fin de que permitir que entes inteligentes artificiales tomen decisiones, se publica de manera paralela los mecanismos de operación, esto es, los servicios web que se deben invocar para gestionar una reserva. Las fuentes de datos semánticas son fundamentalmente sitios web que ofertan datos relativos a un vocabulario, formalmente, a una ontología, y que están distribuidas a lo largo de Internet. En términos coloquiales, y en el contexto de restaurantes, se publicaría las horas disponibles en conjunto con el mecanismo de software para hacer una reserva. Evidentemente, para tener un conjunto de fuentes de datos debe haber un número de empresas ofertando su información.



Etapas de un servicio.

Un servicio típico, como realizar la reserva de un restaurante sigue las etapas siguientes: 1) petición del servicio, esta tarea la realiza el agente con base en el protocolo. 2) localización del servicio, esta tarea le corresponde al middleware, 3) selección del proveedor específico a partir del protocolo, esto lo realiza el middleware, 4) aplicación de la reserva, la propia fuente de datos cuando se invoca uno de sus servicios, lleva a cabo la acción correspondiente, 5) gestión del reporte, el middleware recoge resultados de la gestión y los encamina al agente.

RESULTADOS

En este punto hemos desarrollado los principios de diseño necesarios para ubicar cada uno de los componentes de un modelo distribuido para permitir la creación de agentes autónomos que realicen tareas específicas para el ser humano, por ejemplo, para hacer una reserva en un restaurante. Consideramos que cada proveedor debe tener sus propios mecanismos de consumo de servicios. También creemos que es necesario que el agente posea un lenguaje propio para enlazar sucesos. En el caso de ejemplo hemos dicho acerca de reserva de restaurantes, pero podríamos pensar que a ese suceso le siguiese la petición de un taxi.

CONCLUSIONES

Creemos que la posibilidad de emplear un ente de software para realizar tareas que antes las delegaríamos solamente a un asistente humano personal, está cerca de materializarse. Aquí hemos presentado los esbozos de un modelo general para permitir justamente la solicitud de servicios de manera autónoma. Los 3 componentes permiten llevar a cabo cada una de las etapas propias de la petición de un servicio. Creemos que el modelo es sólido y que se puede emplear perfectamente para la construcción de agentes autónomos, mismos que cambiarán sustancialmente la forma de realizar operaciones secretariales.

BIBLIOGRAFÍA

1. T. Berners-Lee, J. Hendler, O Lassila, "The Semantic Web", Scientific American, May 2001.
2. Karan Patel, Incremental Journey for World Wide Web: Introduced with Web 1.0 to Recent Web 5.0 – A Survey Paper. Research Paper. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. Smt Chandaben Mohanbhai Patel Institute of Computer Science and Applications, CHARUSAT University, Charusat Campus - Changa 388421 Gujarat, India.
3. L. Yu. A Developer's Guide to the Semantic Web. Springer, 2011.
4. World Wide Web Consortium. SPARQL Query Language for RDF. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>, 2008.
5. J. Guadalupe Ramos Díaz, Informe de año sabático, Tecnológico Nacional de México, AS-1-101/2014.
6. Paradigma, 2014. Paradigma Tecnológico, Yell Publicidad, Sicaman, Idea Informática y Universidad Politécnica de Madrid. <http://www.paradigmatecnologico.com/portfolio/web-4-0/>

PROTOTIPO DE SECADO (FORMACIÓN DE COSTRA) POR CONVECCIÓN DE UN DULCE TRADICIONAL DE CONFITERÍA (JAMONCILLO DE LECHE) PARA ESTANDARIZAR SU PROCESO Y EL PRODUCTO

José David Contreras Becerra, Lilia García Azpeitia

Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henriquez.

RESUMEN

En proyectos vinculados entre el Tecnológico y Empresas productoras de confitería se ha detectado que en la etapa de secado tradicional “llamado formación de costra” del jamoncillo de leche éste tiene una duración de 18 horas en promedio y se realiza en espacios físicos bajo condiciones ambientales cambiantes según sea la época del año estas condiciones no están controladas. Esta etapa del proceso de producción del jamoncillo tiene la finalidad de formar en los dulces una costra que permita su manipulación para el envasado, sin alterar tanto su contenido de humedad en el interior, así como de los factores sensoriales del producto.

De acuerdo con estudios preliminares dentro de esta etapa del proceso, se analizaron diversos métodos que pudieran ser aplicados y se seleccionó el más oportuno, siendo el de secado por convección, se realizaron pruebas con el fin de obtener parámetros que intervienen en el proceso para poder lograr los resultados deseados (un dulce seco sólo en la superficie).

La finalidad es desarrollar un prototipo en fase de pruebas para acelerar el secado (maduración y costreo) de un alimento de confitería tradicional. Para en un proyecto posterior hacer el escalamiento para el desarrollo de una planta piloto que permita disminuir el tiempo de secado en sólo minutos logrando incrementar la eficiencia del proceso de producción

Se demostró que el prototipo “Acelerador de Secado (formación de Costra) de un Alimento de Confitería Tradicional” podría establecerse mediante un sistema de control automático para las variables temperatura, Humedad Relativa, Velocidad de aire a contracorriente y tiempo de exposición con un control tipo PID implementado con PLC, se desarrollaron y comprobaron circuitos de disparo para el control de los elementos de carga como lo serían una resistencia eléctrica, un deshumidificador, ventilador y la velocidad de un motor de ca para generar el desplazamiento de la cinta transportadora, mediante la simulación en software especializado se comprobó el correcto funcionamiento entre la adquisición de datos de las variables a controlar y los dispositivos controladores, se programaron dispositivos para establecer controles del tipo PID obteniendo los resultados deseados, un control automático de las variables en tiempo real y de forma oportuna.

INTRODUCCIÓN

Uno de los sectores industriales principales en la región y del país es la agroindustria, principalmente la referente a la producción de leche y sus derivados, lo que incluye desde negocios familiares hasta la mediana empresa en las cuales mayormente la producción se realiza de forma artesanal, sin contar con un sistema de control automático de producción que valide los estándares de calidad e inocuidad mínimos necesarios para la elaboración de sus productos en algunas ocasiones cuentan con sistemas obsoletos, incompletos e ineficientes, siendo una excelente área de oportunidad para innovar y mejorar sus sistemas, equipos y métodos de producción, todo esto bajo un estudio estadísticamente detallado del caso a través del desarrollo de experimentos y análisis de las variables que influyen directamente en la calidad del producto.

Actualmente la principal actividad en los Altos de Jalisco es la producción ganadera, enfocada sobre todo a la lechera y complementada con la avícola, cárnicos de bovino y porcino, y de aceites vegetales.

Dentro de las actividades agropecuarias e industriales, es el estado de mayor producción de lácteos a nivel nacional, y Lagos de Moreno encabeza la producción, así como de la transformación en sus derivados como el queso, yogurt y la dulcería típica (confitería tradicional a base de leche).

En proyectos vinculados con el sector de confitería tradicional se ha experimentado la necesidad de desarrollar un prototipo de maduración para el dulce denominado “jamoncillo de leche” y que nos permita en una etapa posterior el escalamiento para el desarrollo de un equipo industrial que cubra esta necesidad, tanto para empresas regionales como en otros estados donde este producto se manufactura.

El desarrollo de este prototipo se establece como una etapa previa para el desarrollo de equipo piloto, que permitiría coadyuvar a la estandarizar en el proceso y el producto dentro de las empresas agroindustriales dedicadas a la elaboración de este dulce, disminuyendo costos de almacenamiento, eliminando el riesgo de contaminación en esta etapa del proceso, e incluso se podría incrementar la eficiencia del uso de recursos al estandarizar el proceso con el correspondiente cuidado del medio ambiente.

Si el sistema actual contara con un sistema de secado acelerado entonces su proceso de producción pasaría de 18 horas en promedio a 5 horas aproximadamente, por lote, impactando de manera favorable en el tiempo, invertido, y, por lo tanto, en el volumen de producción, lo cual representaría un importante beneficio para las empresas de este alimento.

TEORÍA

La extracción de humedad en los alimentos se debe hacer de tal manera que estos no pierdan las propiedades internas que los componen, por tanto, hay diversos métodos que se pueden emplear y según su función debe ser la selección del método (Kutz, 2007).

Los métodos de secado se clasifican en:

Directos: Gravimétricos, Secado en horno, Termogravimétrico, Desechado químico, Liofilización

Destilación

Químicos

Indirectos: Eléctricos-electrónicos, Espectroscópicos

Métodos gravimétricos (por secado o evaporación)

Métodos por secado con calor: Hornos de convección o con flujo de aire, Hornos al vacío, Hornos de microondas, Lámparas de secado infrarrojas.

Liofilización: Sublimación del agua, Paso de sólido a gas.

En el secado de frutos por convección forzada, se identifican dos etapas: 1 y 2 están influenciados por factores tales como el tamaño de partícula del alimento, la temperatura del aire de secado, el %RH del sistema y el aire de secado, el tiempo de aplicación y la velocidad del aire de secado (Bussiere y Sperlloni, 1985).



Figura 1. Etapas de secado por convección forzada para frutos

Referente a los Sistemas de Simulación Virtual, LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un sistema de desarrollo basado en la programación gráfica orientado a desarrollar aplicaciones para instrumentación, que presenta una característica que lo hace diferente a los programas basados en programación textual con miles de líneas para crear un código (Holgúin, 2002). LabVIEW utiliza un lenguaje gráfico de programación que contiene librerías y funciones para desarrollar tareas sencillas y tan complejas como se requiera en el desarrollo de algún sistema, además incluye librerías para la adquisición, presentación, análisis y almacenamiento de datos, incluye también herramientas para depuración, animaciones para la ejecución y observación de cómo cambian los datos dentro del programa, o la realización de pasos uno a uno para establecer

que se visualicen el intercambio de datos y las condiciones del sistema desarrollado en su entorno de programación.

Los programas en LabView son llamados instrumentos virtuales (VI), porque su apariencia y operación pueden imitar la instrumentación actual. LabView promueve y adhiere el concepto de programación modular (Cardona, 2004). Se puede dividir una aplicación compleja en varias tareas, que a su vez se pueden dividir en subtareas, se construye un VI para cada subtarea y se unen dentro de otro VI, el proceso se repite hasta lograr la aplicación principal. Como cada subVI puede ejecutarse independientemente, el *debugging* (la depuración) es muy fácil. Además, muchos subVIs desempeñan aplicaciones que son comunes en diferentes programas, se puede entonces desarrollar un conjunto especializado de subVIs adaptados a aplicaciones que son frecuentemente requeridas. *Referente a Sistemas de Control y Automatización.* El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. Con el paso de los años, la industria en general ha alcanzado un alto grado de automatización por lo que se ha vuelto una parte muy importante e integral de los procesos modernos industriales y de manufactura (Mandado, 2009).

Dentro del área de automatización se desarrollan las actividades educativas de investigación, desarrollo y de extensión, en el área de sistemas dinámicos y sus aplicaciones al control automático, teoría de señales, identificación, modelamiento e instrumentación.

Dentro del control de procesos industriales abarca desde la teoría de control básica de realimentación y acción PID, la instrumentación de control (Sensores, actuadores, dispositivos electrónicos, etc.), la aplicación a procesos industriales, las diversas arquitecturas de control (centralizado, distribuido), las estructuras de control (retroalimentación, alimentación directa, cascada, etc.) y la teoría de control avanzada (control predictivo, control adaptativo, control multivariante, etc.), como los más relevantes.

Sistemas de Control: Un *sistema de control* es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporciona una respuesta deseada (Paraskevopoulos, 2002).

Un *sistema de control en lazo abierto* utiliza un regulador o actuador de control para obtener la respuesta deseada. Un sistema en lazo abierto es un sistema sin realimentación (vea la Figura 2).

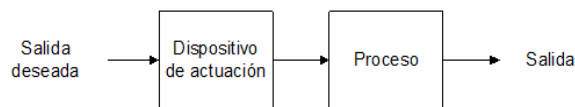


Figura 2. Diagrama de flujo de un sistema de control en lazo abierto.

Un *sistema de control en lazo cerrado* utiliza una medida adicional de la salida real, para compararla con la respuesta de la salida deseada, como se ilustra en la Figura 3. La medida de la salida se denomina señal de realimentación (Dorf, 2005).

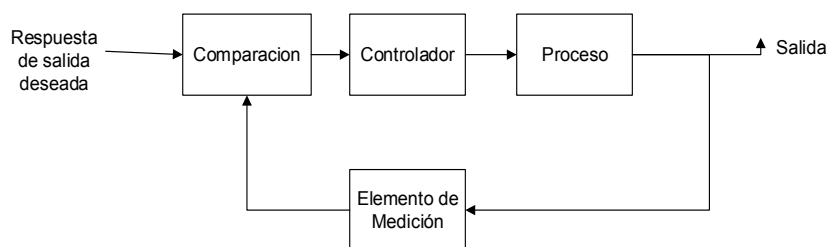


Figura 3. Diagrama de Flujo de un Sistema de Control en Lazo Cerrado.

Una ventaja del sistema de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema. Por tanto, es posible usar componentes relativamente precisos y baratos para obtener el control adecuado de una planta determinada, en tanto que hacer eso es imposible en el caso de un sistema de lazo abierto (Ogata, 2010).

Desde un punto de vista moderno, el control se encarga de observar la realimentación como una herramienta para mitigar las incertidumbres. Al medir el funcionamiento de un sistema, comparándolo con una referencia y ajustando las variables de control disponibles. Hoy en día, se puede hacer que el sistema responda correctamente, incluso si su comportamiento dinámico no se conoce con exactitud o en presencia de las perturbaciones externas tienden a causar que el sistema responda de forma errática. Esta es una característica esencial de los sistemas dado que estos sistemas deben operar de forma confiable y eficiente bajo una variedad de condiciones.

Es precisamente este aspecto del control una condición necesaria para garantizar la robustez e incertidumbre y lo que explica el por qué los sistemas de control realimentado están cada día más en este moderno mundo tecnológico.

Un controlador PID (Proporcional Integrativo Derivativo) es un mecanismo de control genérico sobre una realimentación de lazo cerrado, ampliamente usado en la industria para el control de sistemas. El PID es un sistema al que le entra un *error* calculado a partir de la salida deseada menos la salida obtenida y su salida es utilizada como entrada en el sistema que se quiere controlar. El controlador intenta minimizar el error ajustando la entrada del sistema (Ogata, 2010).

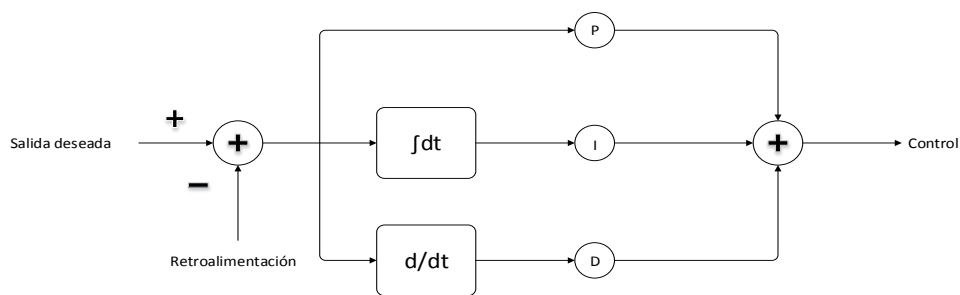


Figura 4. Diagrama de un controlador PID.

Análisis sensorial: El análisis sensorial es una ciencia que surge durante la Segunda Guerra Mundial. El gran auge se produce cuando la industria alimenticia comienza a preparar las raciones alimentarias para los soldados, y se ve la necesidad de que éstas sean apetecibles. Es en ese momento cuando se desarrollan distintas técnicas y se avanza sobre la normalización y el conocimiento de la percepción humana (Benvenuto, 2014).

Si se desea obtener resultados confiables y válidos en los estudios sensoriales, en el panel, el panel debe ser tratado como un instrumento científico. Toda prueba que incluya paneles sensoriales debe llevarse a cabo en condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados. Solamente de esta manera el análisis sensorial podría producir resultados consistentes y reproducibles.

Conformación del panel: El panel es el instrumento primordial en la evaluación sensorial. Su valor depende de la objetividad, precisión y reproductibilidad del juicio de los panelistas. La calificación de los panelistas depende del tipo de prueba que se va a realizar.

Tipo de análisis sensorial.: Se habla de tres grandes grupos: descriptivo, discriminativo y del consumidor.

Análisis descriptivo: Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). *"Es el más completo. Para la primera etapa tratamos de ver qué nos recuerda y cómo se describe cada olor (por lo general usamos sustancias químicas). A medida que transcurre el entrenamiento, la persona reconoce ese olor e inmediatamente lo describe. Es decir, se agiliza el proceso mental 'estímulo respuesta'"*. En esa fase se comienza a trabajar con el producto que será objeto de la evaluación, y se desarrolla un vocabulario de ocho a quince palabras para describirlo.

Análisis discriminativo: Es utilizado para comprobar si hay diferencias entre productos, y la consulta al panel es cuánto difiere de un control o producto típico, pero no sus propiedades o atributos. *"Se hace un juicio global. Por ejemplo, ante una muestra A y una B, se pregunta cuál es la más dulce, o ante A, B y C, donde dos son iguales y una tercera es diferente, cuál es distinta"*.

Test del consumidor y sus diferencias con respecto a 1 y 2: También llamado test hedónico, en este caso se trabaja con evaluadores no entrenados, y la pregunta es si les agrada o no el producto. *"El consumidor debe actuar como tal. Lo que sí se requiere, según la circunstancia, es que sea consumidor habitual del producto que está en evaluación"*. Contrariamente, a los Evaluadores que realizan control de calidad nunca se les consulta si el producto es de su agrado. *"Tiene Que decir si son distintos, si no difieren, si son dulces, si son amargos. El hedonismo se deja aparte, porque ellos actúan como un instrumento de medición"*.

PARTE EXPERIMENTAL

Se Determinaron los parámetros del secado tradicional para obtener la "maduración y costreo" deseados: tiempo de exposición a flujo de corriente de aire a contracorriente, temperatura, velocidad del aire a contracorriente y humedad relativa.

Se investigo y se analizó el diseño del modelo teórico para el secado por convección.

Se realizo la simulación del proceso de secado por convección previo a la fabricación del prototipo con LabVIEW analizando variantes en el diseño del sistema de control del prototipo que validaron las respuestas a las condiciones generales de trabajo.

Se realizan pruebas de control tipo PID para algunas de las variables que se determinaron como los parámetros que favorecen la maduración del dulce mediante dispositivos programables de bajo costo demostrando así que se podría hacer uso de algún controlador lógico programable (PLC), sensores adecuados y elementos finales de control para escalar el prototipo a una fase industrial, donde se realizarían pruebas de control tipo proporcional-integral-derivativo (PID) que caractericen las condiciones requeridas para la obtención del producto, y se establezcan los rangos de operación de los sistemas y el controlador PID para su correcto funcionamiento de acuerdo a las condiciones planteadas, y se puedan efectuar pruebas de programación de diagrama tipo escalera donde se vean involucradas todas las variables del sistema buscando la mejor alternativa de diseño a las condiciones y proceso de producción, una vez realizadas las pruebas y validación del sistema de control se comenzaría a desarrollar una planta piloto con el "Método de secado por convección que simule un túnel de efecto de calor mediante recirculación de aire caliente a contracorriente al movimiento del producto, con una humedad específica del aire a la entrada del elemento calefactor, especificando el tiempo de exposición del producto a la temperatura y velocidad del flujo del aire caliente". Todo lo anterior bajo la consideración de las variables del proceso obtenidas en la caracterización del producto.

Se elige un control tipo PID debido a su gran flexibilidad para la regulación de los parámetros de control y su exactitud, los ajustes de parámetros se realizarán dentro de la programación del PLC por lo que no se tiene necesidad de cambiar el hardware, cableado, sensores ni dispositivos finales de control, cabe hacer mención que dentro de la industria actual es el tipo de control en más uso debido a su alta confiabilidad ante perturbaciones externas al proceso o sistema controlado.

Termina el prototipo para el secado por convección y elaborar una primera producción para caracterización cuantitativa y cualitativa comparando con la referencia.

Se pondrá en marcha el prototipo de prueba para el secado por convección y se validarán sus resultados realizando mediciones de calidad en el producto y en caso de ser necesario se realizarían ajustes al sistema de control de las variables físicas del sistema y así limitar los errores a la no modelación de parámetros en el proceso de producción o incertidumbres del producto.

RESULTADOS

Caracterización del producto (análisis fisicoquímico básico) bajo el secado tradicional: La característica porcentual de humedad encontrada tiene un valor de 8.0% - 9.0%, el NOM-185-SSA1-2002, "jamoncillo" como un producto de baja humedad (menos del 12%) como caramelo, chicloso.

Especificaciones	Limite Máximo
Coliformes totales UFC/g	10
<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	<100
<i>Salmonella spp</i> ** en 25 g	Ausencias

Figura 5. Tabla de las características de humedad bajo NOM-185-SSA1-2002

Estudió de la pérdida de peso durante el secado convencional: En promedio durante 25 horas, fue aproximadamente del 0,75% por pieza de jamoncillo. Pieza de aproximadamente 19 gramos, la pérdida de peso fue de 0.144.

Caracterizar sensorialmente el producto bajo el secado tradicional: Se llevo a cabo la eelaboración del Despliegue de Funciones de Calidad (QFD), como una herramienta de ingeniería industrial para detectar las necesidades del cliente interno.



Figura 6. Esquema de la Matriz QFD

Evaluación sensorial del producto final "jamoncillo" en las fábricas.

Parámetros	Requerimiento
Apariencia	Opaca
Color	Color café claro
Olor	Olor característico
Sabor	Sabor a dulce de leche, con notas a alcohol
Consistencia	Semi-solida

Figura 7. Factores de la evaluación sensorial

La evaluación técnica sensorial: para llevar a cabo esta evaluación se diseñaron los instrumentos para la selección de jueces semi entrenados y así poder llevar a cabo la evaluación sensorial del dulce tradicional de leche tipo jamoncillo.

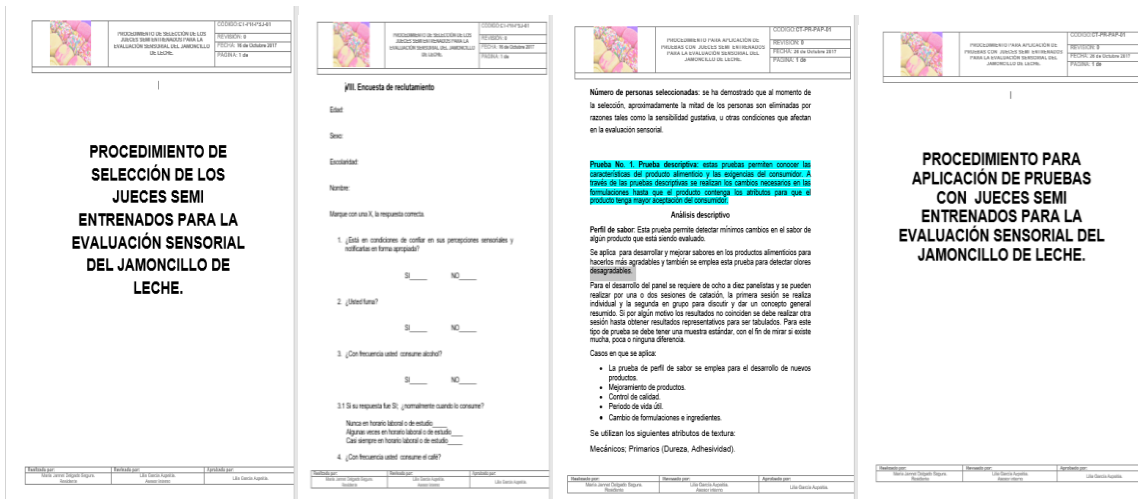


Figura 8. Instrumentos diseñados para la evaluación sensorial

Para la etapa de control de las variables se realizó el diseño e implementación de un control de potencia para una carga de ca por ángulo de disparo mediante un TRIAC con la tarjeta de desarrollo de Arduino.

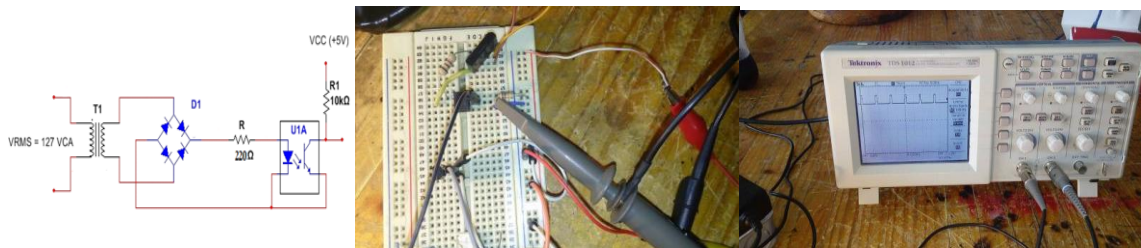


Figura 9. Circuito implementado para la detección de cruce por cero.

Una vez que se detecta un cruce por cero, el TRIAC permanece apagado durante un tiempo controlado. Cuánto más largo sea éste, menor será la potencia que reciba el circuito de CA. La señal de CA es de 60 Hz, lo que esto significa es que la señal de CA cruza por cero, alcanza el pico de voltaje positivo, cruza por cero, alcanza el voltaje negativo máximo y vuelve a cero 60 veces cada segundo. El período es de 1/60 o 0.01667 segundos (16,67 milisegundos). Un ciclo medio (el tiempo entre dos cruces por cero) ocurre en 8,33 milisegundos.

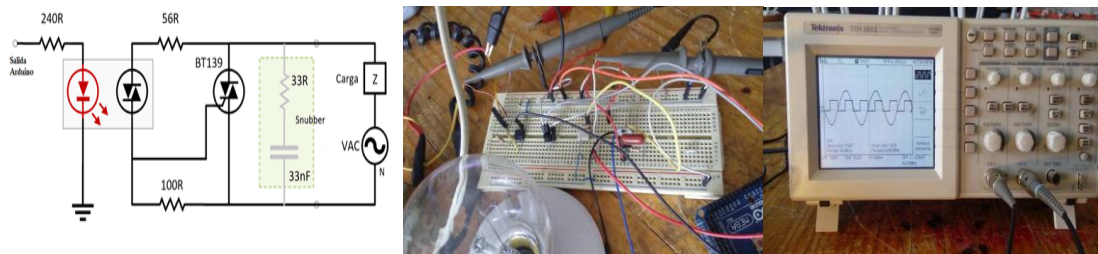


Figura 10. Circuito implementado para el control de la carga.

Implementación de Control tipo PID con Arduino para el control de las variables (Temperatura, Humedad y Velocidad del aire): Una vez logrado el control de potencia para una carga mediante el disparo de la compuerta de un TRIAC se utilizó este circuito en conjunto con la tarjeta de desarrollo Arduino para implementar un control tipo PID mediante el uso de las librerías específicas y lograr un ajuste preciso de las variables a controlar, como fuente de calor se utilizó una bombilla incandescente

(carga), para la medición de la variables físicas temperatura, se usó el sensor de temperatura LM35 y se programó en el sketch de Arduino para convertir estas lecturas de variación de corriente a grados centígrados como la variable de entrada en nuestra planta, se establecieron algunos puntos de referencia dentro del programa y se hicieron variar las ganancias del sistema de control PID (K_p , K_d y K_i) observándose el comportamiento del sistema para mantener una regulación óptima y precisa. Este ejercicio sirvió de base para escalar el equipo con el uso de los debidos sensores para el control de las variables que contribuyen a la maduración “formación de costra” del dulce “jamoncillo de leche”.



Figura 11. Implementación de un control PID con tarjeta Arduino.

Se concluyó esta etapa con la simulación mediante los instrumentos virtuales desarrollados para el proceso completo del túnel de secado por convección: se diseñaron nuevos controles para simular un ventilador como el dispositivo para generar la velocidad de aire a contra corriente, el control para la resistencia eléctrica, el control correspondiente a una banda transportadora, así como el control para el deshumidificador, se implementaron controladores tipo PID para cada una de las variables, comprobando su correcto funcionamiento.

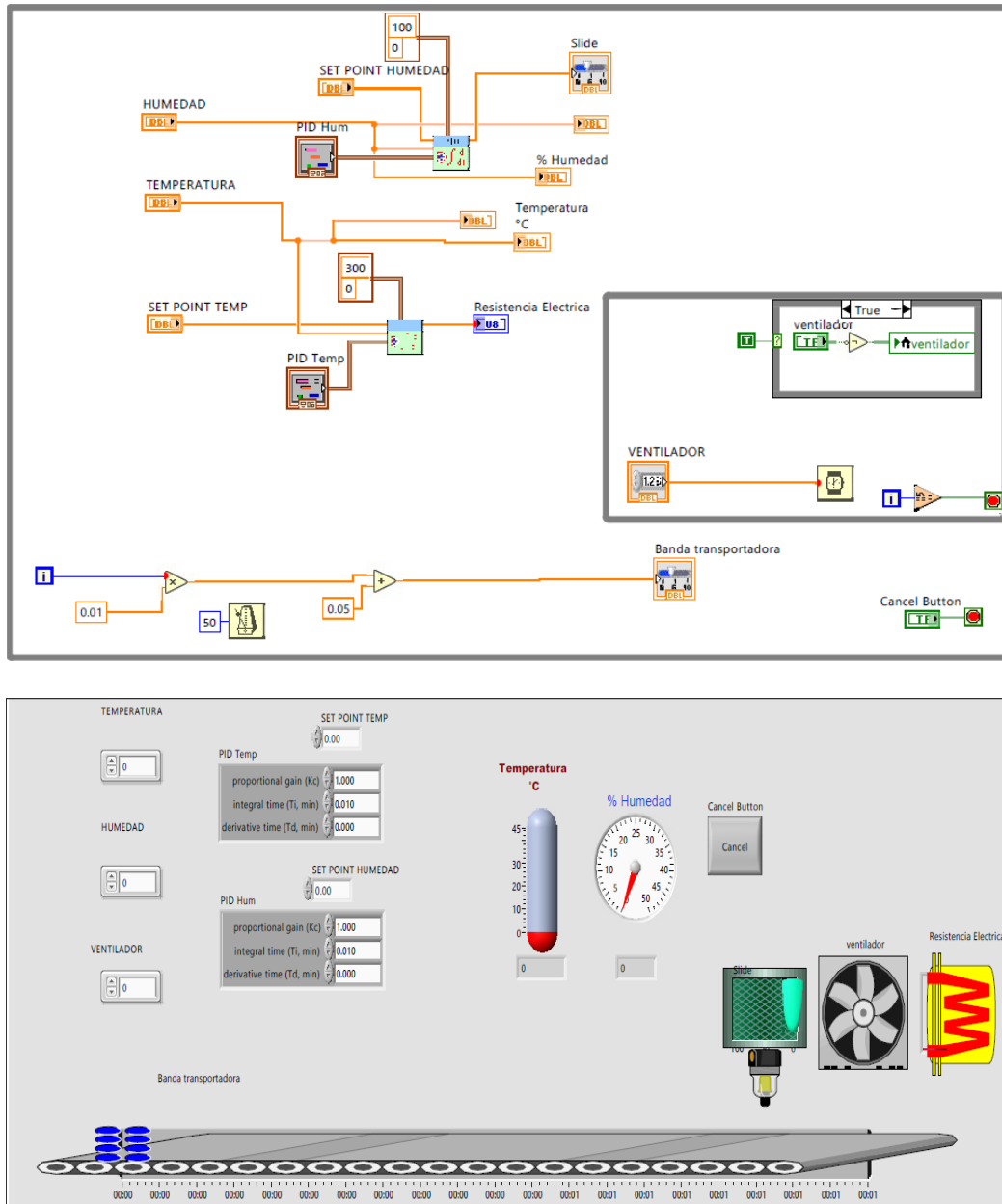


Figura 12. Simulación del proceso completo en LabView

CONCLUSIONES

La construcción del prototipo parte de una necesidad para mejorar y estandarizar la producción de dulces de leche típicos de la región abriendo la oportunidad de generar y crear nuevas máquinas que conlleven a disminuir o eliminar procesos o técnicas que generan pérdidas para los productores aunado a ello la calidad de su producto para beneplácito del consumidor. En base a análisis de la situación que se pretende mejorar y un diagnóstico de lo realizado a través de la vinculación Instituto-Empresa se puede plantear la hipótesis que pueda dar solución a esta problemática.

El mismo parte de una investigación previa donde se analizaron diversos métodos que pudieran ser aplicados, y se seleccionó el más oportuno, mediante pruebas realizadas se obtuvieron las variables y sus parámetros que deben intervenir en el proceso para que se logren los resultados deseados (un dulce seco solo en la superficie), para que este pueda ser empaquetado en un tiempo mínimo después de su elaboración en una sola línea de producción, sin el tiempo muerto de 24 horas de

espera para que se seque bajo las condiciones ambientales no controladas que se tienen con el método tradicional de maduración y costreo empleado actualmente.

En el desarrollo de esta investigación se ha demostrado que el prototipo “Acelerador de Secado (formación de Costra) de un Alimento de Confitería Tradicional” podría establecerse mediante un sistema de control automático para las variables temperatura, Humedad Relativa, Velocidad de aire a contracorriente y tiempo de exposición con un control tipo PID implementado con PLC, se desarrollaron y comprobaron circuitos de disparo para el control de los elementos de carga como lo serían una resistencia eléctrica, un deshumidificador, ventilador y la velocidad de un motor de ca para generar el desplazamiento de la cinta transportadora, mediante la simulación en software especializado se comprobó el correcto funcionamiento entre la adquisición de datos de las variables a controlar y los dispositivos controladores, se programaron dispositivos para establecer controles del tipo PID obteniendo los resultados deseados, un control automático de las variables en tiempo real y de forma oportuna, con lo que se espera estandarizar el producto y su proceso de producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. Benvenuto M.A., Ahuja S., Duncan T.V., Noonan G.O., Roberts-Kirchhoff E.S., Chemistry of Food, Food Supplements, and Food Contact Materials: From Production to Plate, American Chemical Society, 2014.
2. Cardona J.E.A., Programación en LabVIEW, Universidad del Quindío, Febrero 2004.
3. Holguín Londoño G.A., Pérez Londoño S.M., Orozco Gutiérrez A.A., Curso Básico de LabVIEW 6i, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2002.
4. Kandray D.E., Programmable Automation Technologies: An Introduction to CNC, Robotics and PLCs, Industrial Press, United States of America, 2010.
5. Kutz M., Handbook of Farm, Dairy, and Food Machinery, William Andrew, United States of America, 2007.
6. Mandado Pérez E., Acevedo J. M., Fernández Silva C., Armesto Quiroga J.I., Autómatas programables y sistemas de automatización, 2ª Edición, Editorial Marcombo, Barcelona, España 2009.
7. Mengual P., STEP 7 una manera fácil de programar PLC de Siemens, 1ª Edición, Marcombo, Barcelona, España, 2009.
8. Ogata K., Modern Control Engineering, Fifth Edition, Prentice Hall, United States of America, 2010.
9. Paraskevopoulos P.N., Modern Control Engineering, Marcel Dekker, United States of America, 2002.
10. Bspackman, C.C.W .; Schmidt, S.J. (2010). Caracterizar el estado físico y la estabilidad textural de las pastas de goma de azúcar. Química de Alimentos, 119: 490-499.
11. Ergun, R; Lietha, R .; Harte, R.W. (2010). Humedad y vida útil en los dulces de azúcar. Revisiones críticas en Food science and Nutrition, 50: 162-192.

DEGRADACIÓN ACCELERADA DE POLIPROPILENO EN TRATAMIENTOS DE ELECTRODEPOSICIÓN

Eugenia Josefina Aldeco Pérez, Ma. Lourdes Montoya García

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.(CIDETEQU)

RESUMEN

El polipropileno es considerado un polímero de uso común en la industria, ya que posee propiedades de gran resistencia al ataque químico, a la temperatura y presenta una duración prolongada.

Se han realizado estudios de su degradación, pero no en condiciones de trabajo de tratamientos de electrodeposición, donde además de la acidez, intervienen otros factores, como lo es la corriente aplicada.

Siendo este un tema de interés en el área industrial, se estudiaron las condiciones de trabajo y algunos componentes importantes involucrados en un proceso de electrodeposición real, donde mediante algunas pruebas de análisis, se logra percibir el inicio de lo que aparentemente es una degradación polimérica.

Se llevaron a cabo análisis de espectroscopia de infrarrojo, análisis térmico, microscopía y análisis de resistencia mecánica para evaluar los cambios en las propiedades.

Los análisis térmicos de las muestras tratadas en ambientes similares al del proceso de electrodeposición mostraron la presencia de materia de origen orgánico e inorgánico, proveniente de los componentes presentes en el medio. Los datos de resistencia mecánica y de microscopía, nos muestran cierta tendencia a la acumulación de material ajeno al polímero, lo cual seguramente provoca su debilitación y cambio de morfología.

La degradación del polipropileno se debe a varios factores actuando sinérgicamente, los cuales promueven que los eventos que la generan se den lugar aceleradamente como lo muestran los resultados. La presencia de compuestos orgánicos o aditivos, se considera el factor con más influencia.

INTRODUCCIÓN

Los materiales de tipo polimérico son susceptibles a la degradación cuando son sometidos a agentes que promuevan la ruptura de enlaces u oxidación, lo que lleva a un desgaste físico del mismo, disminuyendo su tiempo de vida útil.

A pesar de que el polipropileno es recomendado por proveedores del ramo industrial para ser el componente principal de tinas y accesorios expuestos a agentes químicos y condiciones extremas de trabajo, con el tiempo y ciertos factores que implican algunos procesos industriales, como lo son la industria de la electrodeposición, se pueden ver afectadas la estructura interna y propiedades finales del material, como se ha estado reportando en la literatura.

La electrodeposición es una de las técnicas de uso extensivo en el sector automotriz y aeronáutico, es por eso que la resistencia de los materiales utilizados para contención y filtrado de las soluciones implicadas tiene alta importancia económica y, a nivel investigación, abre un nuevo campo de exploración para el desarrollo de nuevos materiales.

Partiendo de esta información, se estudiarán en este trabajo varios de los factores que afectan la integridad de un material polimérico ante ciertas variables, para poder concluir sobre la duración del mismo en condiciones de electrodeposición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las estrategias utilizadas para determinar los efectos de la degradación, incluyeron análisis en los grupos funcionales, propiedades térmicas, morfología y propiedades mecánicas de resistencia.

En la Tabla 1, se resumen los resultados de los análisis de las muestras utilizadas en este estudio, en donde M1 es el polipropileno antes de ser sometido a desgaste, M2 es una muestra que ha sido sometida 3 meses en condiciones industriales, M3 polipropileno sometido a aditivo A, por 60 horas; M4 polipropileno sometido a aditivo B, por 60 horas; y M5 polipropileno sometido a aditivo C, por 68 horas.

Tabla 1 Resultados de caracterización de todas las muestras

Muestra	Descripción	FT-IR	Microscopía	TGA	Elongación y fuerza tensil
M1	Polipropileno	Se observa un solo componente que corresponde a polipropileno	Las imágenes muestran un material compuesto de fibras uniformes.	Temperatura: 431.75°C, pérdida en peso 99.15%, residuo 0.85%	Tensión (N): 1828.64, 667.31 Elongación (%): 48.19, 31.88
M2	Polipropileno con tres meses de uso industrial	Se observan señales adicionales a las del polipropileno	Sample at 500X shows crystals embedded in fibers.	Temperatura: 438.83°C, pérdida en peso 98.27, residuo 1.73%	Tensión (N): 85.86, 7.05 Elongación (%): 7.78, 2.92
M3	Polipropileno sometido a aditivo A.	Se observan señales de agua, principalmente	No realizado	Temperatura: 4432.79°C, pérdida en peso 100, sin residuos	Tensión (N): 1867.72, 695.23 Elongación (%): 47.96, 35.69
M4	Polipropileno sometido a aditivo B	Se observan señales de agua, principalmente	A 500X se aprecia material depositado en la superficie de la fibra	Temperatura: 433.78°C, pérdida en peso 99.65, residuo 0.35%	Tensión (N): 1756.38, 615.21 Elongación (%): 47.58, 32.73
M5	Polipropileno sometido a aditivo C	Se observan señales de agua, principalmente	A 500X se observa material depositado en la fibra, así como fibras dañadas	Temperatura: 423.43°C, pérdida en peso 99.87, residuo 0.13%	Tensión (N): 1900.94, 664.70 Elongación (%): 49.72, 32

La muestra M1 es el polipropileno sin tratamiento alguno, M2 es una muestra proporcionada por la industria de la electrodeposición, con tres meses de exposición a un baño de uso diario.

Los aditivos A-C provienen de una marca registrada comercial, la cual solo difiere un poco en su composición. Los fragmentos de polipropileno sin uso, fueron sometidos a una interacción directa con cada uno de ellos por separado, a 60°C, y con una corriente de 5-9 V.

Los datos analizados nos dan una idea de las razones por las cuales el polipropileno muestra cierto estado de degradación y el motivo es un exceso de aditivos.

Antes que nada, demostramos con los experimentos realizados que la muestra M2, muestra humedad, material cristalizado en su superficie y un contenido de 1.73% de residuos orgánicos o impurezas, así como fue extremadamente frágil ante la elongación y tensión. Con ello, podemos responsabilizar a los diferentes tipos de aditivos que son utilizados en estos baños, de que cambien las propiedades del polímero, lo cual fue comprobado con las muestras M3-M5.

CONCLUSIONES

Para la muestra M3, fue evidente que el aditivo A, no tiene efecto en la degradación del polipropileno, ya que los valores son muy similares a los correspondientes al material sin tratamiento.

Para la muestra M4, se observa por microscopía que hay material depositado en la superficie de la fibra, así como una disminución en los valores de resistencia a la tensión y a la elongación, así como la presencia de 0.35% de impurezas de origen orgánico. Comparado con la muestra M2, se puede hacer la conclusión de que existe relación en el uso del aditivo A en los baños de electrodeposición. En la muestra M5, se observa también degradación de los componentes, principalmente a nivel microscópico, donde la imagen revela fibras dañadas y desprendimiento de la superficie del polipropileno. Adicionalmente, se presentan efectos en la resistencia mecánica, específicamente en una de las direcciones. Se detectaron impurezas en un 0.13 %.

En resumen, la degradación del polipropileno debe tratarse como un efecto sinérgico, donde todos los factores presentes en los baños de uso industrial contribuyen. Con las pruebas realizadas en este estudio, se puede concluir que existe un evento asociado a la presencia de los aditivos (sobre todo B y C), los cuales aceleran la deterioración del polímero y que un exceso presentado en los tanques de uso industrial, podría promover su degradación acelerada.

BIBLIOGRAFÍA

1. a) Barbes, L.; Radulescu, C.; Stihl, C. ATR-FTIR Spectrometry Characterization of Polymeric Materials. *Rom. Reports in Physics*, 66, 3, 765-777, 2014. b) Young, R.J.; Lovell, P.A., *Introduction to polymers*, 3rd. Ed., CRC Press, BocaRaton, 2011.
2. a) *Trouble in your tank? Handbook for solving plating problems*. Durney, L. J. 3rd. Ed., Hanser Gardner Publications, E.U.A., 1996. b) Tremmel, R.A., *Semi-bright nickel plating bath and method of using same*. Patent Application Publication US 2011/0114498 A1, May 19, 2011. c) Passal, F. *Semi-bright nickel plating*, United States Patent Office, 3846989, Dec. 30, 1969.
3. a) Cygan, S. P.; Laghari, J. R.; *Effects of Multistress Aging (Radiation, Thermal, Electrical) on Polypropylene*. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 38, 3, 1991. b) Rashidi, A.M.; Amadeh, A. *The effect of saccharin addition and bath temperature on the grain size of nanocrystalline nickel coatings*. *Surface and Coatings Technology*, 204, 2009, 353-358. c) Montagna, L.S.; De Camargo Forte, M.M.; Campomanes Santana, R.M. *Induced Degradation of Polypropylene with an Organic Pro-Degradant Additive*. *J. Mat. Sc. and Eng. A*, 3, 2, 2013, 123-131. d) Mockute, D.; Bernotiene, G.; Vilkaite, R. *Reaction Mechanism of some benzene sulfonamide and saccharin derivatives during nickel electrodeposition in Watts-type electrolyte*, *Surface & Coatings Technology*, 160, 152-157, 2002. e) Mockute, D.; Bernotiene, G. *The interaction of additives with the cathode in a mixture of saccharin, 2-butyn-1,4-diol and phthalimide during nickel electrodeposition in a Watts-type electrolyte*. *Surface & Coatings Technology*, 135, 42-47, 2000.
4. Gosse, B.; Gosse, J. P.; Said, S; Gadoum, A., Némamcha, M. *Electrical Degradation of Polypropylene: A Study by FTIR Microspectroscopy*. *Journal of Applied Polymer Science*, 46, 1121, 1992.
5. Rubin, I.I. *Materiales plásticos Propiedades y aplicaciones*, Limusa, 1999, México D.F., 1999.
6. Lampman, Steve. *Characterization and Failure Analysis of Plastics*. ASM International the Materials Information Society, 2003, E.U.A.

TECNOLOGÍA CLÚSTERING PARA EL MEJORAMIENTO DE SERVICIOS ACADÉMICOS

Juan Antonio Magdaleno Zavala, Dennise Ivonne Gallardo Alvarez, Nestor León Vega

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

Las Tecnologías de Información (TIC) engloban diversos recursos para la agrupación, almacenamiento, procesamiento, transmisión y presentación de datos o información al sector académico en distintos formatos. En el campo de la docencia, las transformaciones tecnológicas imponen el reto, la necesidad y sobre todo la posibilidad de renovar las técnicas de enseñanza y el tipo de material docente que se pone a disposición de los estudiantes y maestros; el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato no es una excepción, ya que la plataforma Moodle es utilizada como una herramienta de apoyo a la docencia para mejorar la interacción maestro-alumno así como alumno-asignatura, además de brindar una opción adicional de información para los estudiantes. En el instituto, actualmente se brinda atención a alrededor de 3500 usuarios, lo cual ha traído retos en la administración de los servidores institucionales que se encargan de la gestión de información, ya que estos solo estaban preparados para atender un rango de 1000 a 1500 estudiantes, lo que ocasionaba que en periodos de exámenes o fines de semana, el congestionamiento de peticiones al servidor lo saturaran, además de ralentizar el tiempo de respuesta a cada usuario provocando errores, disgustos o negación a la utilización de la plataforma. Por ello, la presente investigación se centró en el estudio y aplicación de la tecnología Clustering dentro de un entorno de software libre como herramienta de apoyo para la solución de problemas de ciencia, ingeniería, académicas, entre otras, logrando que mediante la implementación de un clúster de alta disponibilidad y uno web con balanceo de cargas, se aumentara la capacidad de atención a usuarios en un 200%, evitando la saturación del servicio así como mejorando la velocidad de respuesta que reciben los mismos.

INTRODUCCIÓN

La educación tiene como finalidad llevar al individuo a formar su personalidad, ser competitivo y superar a los demás en su entorno, por esta razón, la necesidad de aprender ha incitado el desarrollo de nuevos sistemas de enseñanza-aprendizaje. En 1972 al interior de la UNAM se creó el Sistema Universidad Abierta, el cual empleó y lo sigue haciendo, guías de estudio, antologías de lectura, cuadernos de trabajo, apoyos audiovisuales, entre otros, para guiar el aprendizaje independiente del estudiante.

La educación no es un tema aislado; en la última recta del siglo XX, entre 1985 y 1995, se integraron las telecomunicaciones con medios educativos. Estos avances han sido de gran apoyo en la educación ya que las instituciones académicas han adoptado métodos de enseñanza-aprendizaje, como los entornos virtuales, que sobrepasan barreras de espacio y tiempo utilizando las TIC y el acceso al máximo potencial que ofrece Internet para llevar a cabo una educación de calidad y al alcance de todos. Los entornos virtuales de aprendizaje presentan un modelo de formación en línea dinámico y flexible con un carácter innovador, son ahora uno de los instrumentos más potentes en el presente y futuro para la formación inicial y permanente del individuo.

El Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI) cuenta con diferentes modalidades, el Departamento de Educación a Distancia (EaD) es una de ellas; esta modalidad permite a los alumnos y docentes involucrados, conectarse y utilizar sus servicios. Educación a Distancia ofrece una herramienta de código abierto que permite crear un entorno virtual de aprendizaje, y a su vez provee una infraestructura y recursos de formación necesarios para la docencia.

En ITESI, los usuarios que trabajan bajo esta modalidad son: 2500 usuarios nacionales de tutores o docentes, 3000 usuarios presenciales para tutorías u otras carreras y 300 usuarios cien por ciento virtuales correspondientes a las Ingenierías Industrial y Sistemas Computacionales. Esta demanda conlleva grandes retos para el personal encargado de la administración de servicios de la infraestructura tecnológica, ya que la cantidad de peticiones que el servidor tiene que procesar, disminuye el rendimiento del sistema por la insuficiente capacidad que existe en hardware, pues solo una unidad de procesamiento es la que trabaja las solicitudes de todos los usuarios, haciendo que el sistema no responda de manera correcta y niegue los servicios simultáneos, generando una

sobrecarga de procesamiento de datos en la red, ocupando todo el ancho de banda disponible, imposibilitando el acceso de los usuarios en el servicio y provocando que este no sea apto para la consulta y mucho menos para compartir o realizar tareas de manera óptima.

Dados los problemas anteriormente mencionados, en el Departamento de EaD de ITESI surge la necesidad de implementar alguna herramienta que aumente y procese la transmisión de los datos de una manera más fluida para ofrecer servicios de calidad a la comunidad estudiantil de la institución. Por ello, a través de este proyecto, se ha implementado la tecnología Clustering, que permite la administración de los datos que trafican en la red.

Para la realización de este proyecto, se utilizó el ciclo de vida Cisco. El enfoque principal de esta metodología es definir las actividades mínimas requeridas, por tecnología y complejidad de la red, que permitan asesorar de la mejor manera posible a los clientes y lograr optimizar su desempeño. A esta metodología se le conoce como PPDIOO por las iniciales de sus fases: Preparación, Planeación, Diseño, Implementación, Operación y Optimización (Cisco Systems, 2017).

Con respecto al presente proyecto, durante las primeras dos fases se identificaron las herramientas de hardware y software para la implementación de la tecnología clustering. En la tercera fase se diseñó la topología para visualizar la interconexión del clúster. Tanto en la fase de implementación como en la fase de operación se llevó a cabo la instalación y configuración del equipo de cómputo que forma parte del cluster. Finalmente, en la fase de optimización, se realizaron diversas pruebas para identificar el impacto de la tecnología clustering ya implementada.

TEORÍA

Al hablar de Clustering se hace referencia a la técnica que permite combinar múltiples sistemas para que trabajen en paralelo y se comporten como un recurso informático unificado para: servir a un grupo de tareas, proporcionar tolerancia a fallos y tener disponibilidad continua (Revista UNAM, 2017). Por su parte, un clúster es el conjunto de computadoras que utilizan componentes comunes y actúan como si fuese un solo sistema u ordenador (Silberschatz, Baer, & Gagne, 2013).

Durante el desarrollo de este proyecto se utilizan dos tipos de clúster, uno de alta disponibilidad y uno de balanceo de carga, ambos con la finalidad de solucionar los problemas de concurrencia presentes en el servicio de EaD del ITESI. Un clúster de alta disponibilidad es un conjunto de dos o más máquinas que se caracterizan por mantener una serie de servicios compartidos y por estar constantemente monitorizándose entre sí (Kerberos Networks Solutions, 2017). Un clúster de balanceo de carga es el que permite que un conjunto de servidores compartan la carga de trabajo y de tráfico a sus clientes; está compuesto por uno o más ordenadores (llamados nodos) que actúan como front-end del clúster y se ocupa de repartir las peticiones de servicio que reciba el clúster a otros ordenadores que forman su back-end (Sinisterra, Díaz Henao, & Ruiz López, 2012). La concurrencia es cuando dos o más procesos se ejecutan al mismo tiempo, es decir, que para que un proceso se cumpla no hace falta que se haya ejecutado el otro (Velázquez Álvarez, 2017).

¿Cómo funciona un clúster?

Desde un punto de vista general, un clúster consta de dos partes. La primera es el software, un sistema operativo confeccionado especialmente para esta tarea (por ejemplo un Kernel Linux modificado). El segundo componente es la interconexión hardware entre las máquinas (nodos) del clúster. Se han desarrollado interfaces de interconexión especiales muy eficientes; sin embargo, es común realizar las interconexiones mediante una red Ethernet dedicada de alta velocidad. Gracias a esta red de interconexión los nodos del clúster intercambian entre sí las tareas, las actualizaciones de estado y los datos del programa (Sinisterra, Díaz Henao, & Ruiz López, 2012).

PARTE EXPERIMENTAL

Debido a los problemas presentados en el servicio que ofrece EaD dentro de ITESI se tomaron varios aspectos en consideración para la realización de este proyecto:

Requerimiento de más equipo de cómputo para ofrecer un servicio óptimo. Se tiene un único servidor que ofrece dicho servicio y no es suficiente para la distribución del flujo de datos que tiene que procesar.

Gestionar el flujo de datos que el servidor procesa.

Brindar servicio a más de 3000 usuarios con una navegación satisfactoria.

Proporcionar velocidad, seguridad y estabilidad de la plataforma para los usuarios.

El desarrollo se basó en las fases de la metodología PPDIIO; durante las fases de preparación y planeación se revisó la infraestructura de red y se decidió sobre las herramientas tecnológicas de software y hardware a utilizar; dichas herramientas se resumen en la tabla 1:

	Herramienta	Función
Software	Centos	Sistema operativo
	Piranha	Balancedor de carga
	LVS	Gestor del balanceo de carga
Hardware	Cajas blancas	Equipos de cómputo con características menores a un servidor

Tabla 1. Herramientas de software y hardware

Centos es un sistema operativo empresarial comunitario (Community Enterprise Operating System) basado en Linux, que ofrece mayor estabilidad operacional, mayor velocidad y mayor confiabilidad. Piranha es un paquete incluido en la familia Red Hat el cual se utilizó dentro de la configuración del clúster ya que permite administrar los servicios web mediante una interfaz gráfica. LVS (*Linux Virtual Server*) sirve para implementar un servidor virtual altamente escalable y de alta disponibilidad. Respecto a las cajas blancas, es importante enfatizar que aunque no tienen las características de un servidor, para el fin requerido cumplen las funciones de uno y estos son equipos con los que ya cuenta la institución.

En la etapa de diseño se definió el esquema de conectividad del clúster, es decir, la ubicación del mismo sobre la infraestructura de red del instituto. En el ITESI se tiene una topología tipo estrella con una zona desmilitarizada; todas las estaciones están conectadas a un punto central y todas las comunicaciones se hacen a través de este; la ventaja de tener una topología de este tipo es que es fácil agregar estaciones y reconfigurar la arquitectura de la red, por ello, considerando estas características se determinó que el sitio del clúster debe ir después en la zona desmilitarizada debido a que por medio de una IP virtual, entra en comunicación con los nodos que hacen la función de balanceadores de cargas, para después mandar las solicitudes de los usuarios al servidor web que es el que proporciona la plataforma donde los usuarios trabajan. En la figura 1 se muestra la topología de la red con el clúster implementado.

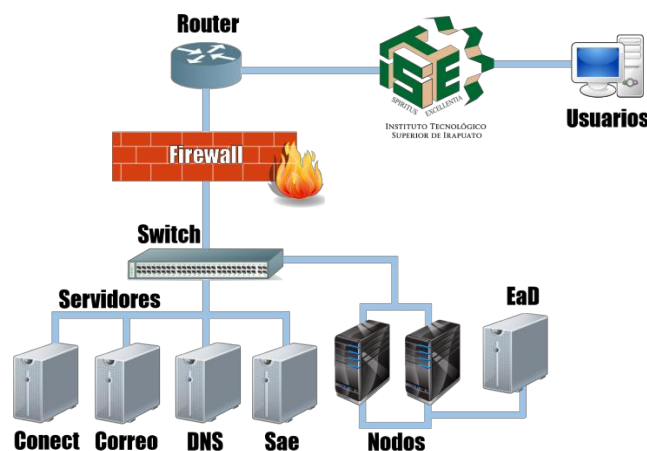


Figura 1. Topología de red con clúster implementado

Las etapas de implementación y operación se centraron en la puesta de marcha de dos nodos para iniciar con el clúster de alta disponibilidad, una de las principales características de este diseño es que el servidor que tiene el servicio envía "latidos" o pings con los que verifican si el servidor principal está disponible o no. El cliente se conecta a una IP virtual que comparten ambos nodos, y

dependiendo como se tenga configurado, uno recibiría la petición y en caso de que se detecte que no funciona correctamente, el otro nodo esclavo obtiene el control del servicio en segundos. Esto se logra mediante la instalación de heartbeat y php, así como en la configuración en la que se indicara cuál de las dos computadoras entrara en relevo del servidor en caso de su caída y la forma de copiar los datos una vez que se restablezca el servidor principal; las máquinas de alta disponibilidad quedan a la escucha de la IP virtual. El esquema de la red es el mostrado en la figura 2:

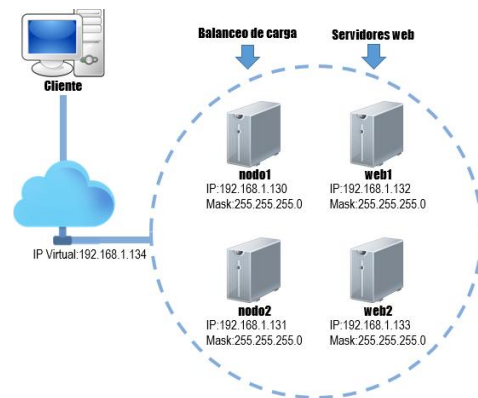
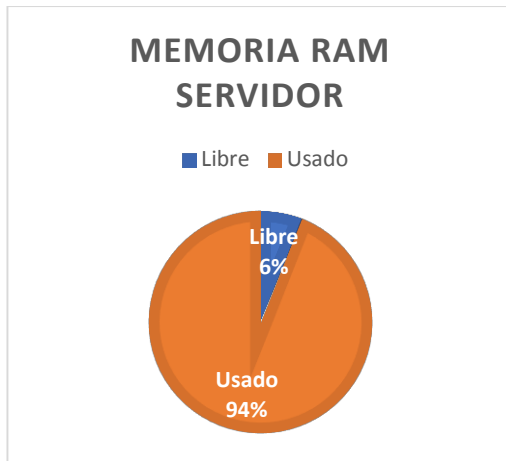


Figura 2. Esquema de la red para balanceo de carga

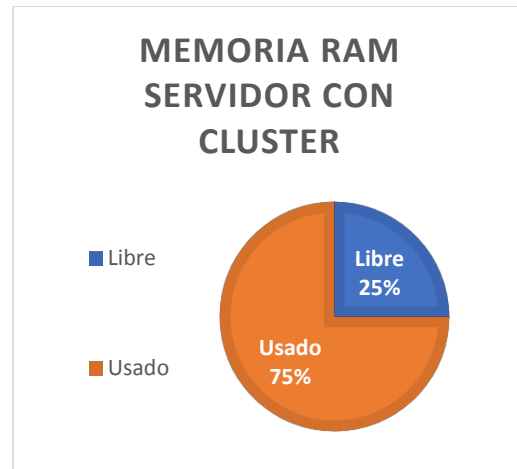
El funcionamiento del clúster de balanceo de carga al igual que el de alta disponibilidad requiere la instalación y configuración de Piranha. A diferencia de la configuración de alta disponibilidad Piranha se basa en una configuración por interfaz gráfica. Es importante que previamente se tengan los servidores de alta disponibilidad configurados ya que se hace referencia a ellos, es decir, los equipos que actuaran como balanceadores de carga no solo funcionarían para el servidor principal sino también para los servidores espejo cuando estos actúen como principal.

En la fase de optimización se identificó el impacto positivo al implementar un clúster de balanceo de carga al servicio de EaD en ITESI. En las siguientes gráficas se muestran los cambios en el uso de algunos recursos al momento de implementar dicha tecnología.

Las gráficas 1 y 2 muestran la comparativa del uso de la memoria RAM del servidor que se tiene en EaD, con y sin la implementación del Clúster. En la gráfica 1, se observa que el servidor consume un 94% de los recursos de la memoria RAM al estar procesando las peticiones de los usuarios dejando solamente el 6% libre para otros procesos. Por su parte, la gráfica 2 muestra que al implementar la tecnología clustering, el servidor hace uso del 75% de la memoria RAM para el procesamiento de peticiones de los usuarios, el cual corresponde un 37,5% a los dos nodos que hacen la función de balanceo dejando el 25% libre para otros procesos.

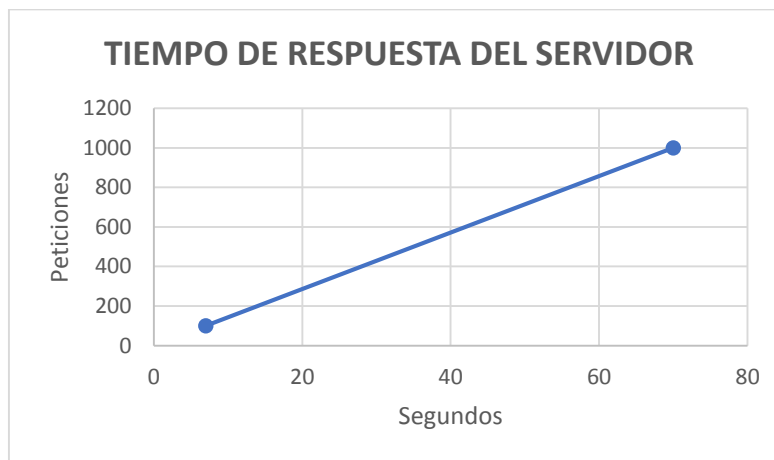


Gráfica 1. RAM usada sin implementación de clúster

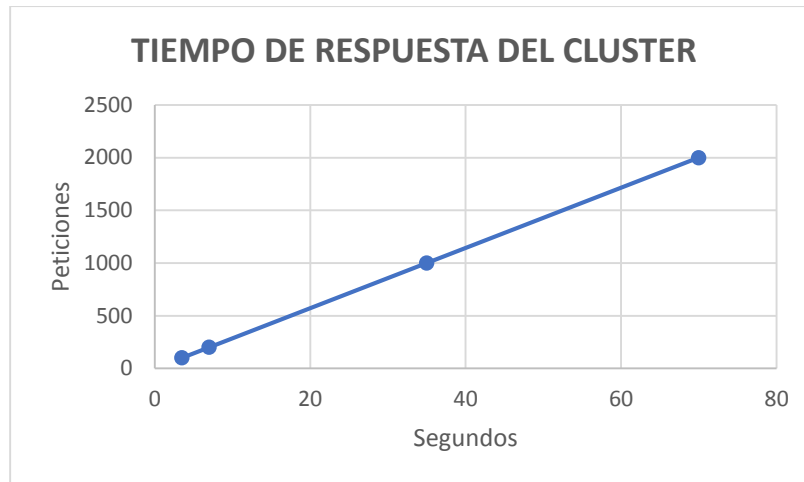


Gráfica 2. RAM usada con implementación del clúster

De igual forma se muestra el tiempo de respuesta del servidor antes y después de la implementación del clúster. El tiempo de respuesta es muy importante en este proyecto, con el clúster se pretende agilizar el flujo de datos en la red. Antes de la implementación el tiempo era de 7 segundos por 1000 solicitudes, como se puede ver en la gráfica 3. Con la implementación del clúster de balanceo de carga se puede notar la diferencia en el tiempo de respuesta, reduciéndolo en un 50% como se muestra en la gráfica 4.



Gráfica 3. Tiempo de respuesta del servidor antes de la implementación del clúster



Gráfica 4. Tiempo de respuesta del servidor con la implementación del clúster

RESULTADOS

Después de la implementación de los servidores de alta disponibilidad y de balanceo de carga a los servidores de Educación a Distancia en el ITESI se obtuvieron los siguientes resultados:

Se disminuyó el congestionamiento en el servicio gracias al balanceo de cargas ya que este permite procesar simultáneamente varias tareas.

Se agilizó el tiempo de respuesta del servidor.

Se logró tener una disponibilidad del 95% por parte del servidor, quedando como trabajo futuro el lograr un 99.9% que es lo estipulado por los estándares de alta disponibilidad.

Institucionalmente se creó un antecedente en el aprendizaje sobre los servicios virtuales que puede considerarse como punto de partida para la administración y configuración de estos servicios debido a que estos pueden resultar complejos para los encargados del departamento.

CONCLUSIONES

Dado que las TIC están transformando los métodos de enseñanza-aprendizaje de manera notable, las instituciones educativas tienen ante sí la responsabilidad de adoptar herramientas tecnológicas que brinden un servicio educativo de calidad y más si se habla de una modalidad de educación a distancia.

Con la implementación de la tecnología clustering durante este proyecto se puede concluir que los clúster de alta disponibilidad y de balanceo de carga, sin lugar a dudas, ayudan a la optimización de servicios de los sistemas informáticos.

Los clúster hoy en día han tomado mucha importancia en la resolución de problemas de alto nivel de dificultad y son una alternativa más económica de adquirir no solo por su bajo precio sino también por su fácil mantenimiento y fácil diseño o construcción ya que se puede hacer uso de PC's sin necesidad de un hardware específico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cisco Systems. (2017). *Cisco Systems*. Obtenido de <https://www.cisco.com/cisco/web/docs/iam/unified/ipcc611/pdfs/01home.pdf>
2. Kerberos Networks Solutions. (2017). *Clusters*. Obtenido de <https://kerberosns.com/index.php/clusters/>
3. Revista UNAM. (2017). *¿Qué es el clúster?* Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.4/num2/art3/cluster.htm>
4. Silberschatz, A., Baer, P., & Gagne, G. (2013). *Operating System Concepts*. Guadalajara, Mexico: John Wiley & Sons. Recuperado el 29 de Octubre de 2015, de http://cgti.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/cluster_alto_rendimiento2.pdf

5. Sinisterra, M. M., Díaz Henao, T. M., & Ruiz López, E. G. (2012). *Clúster de balanceo de carga* y. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4364562.pdf>
6. Velázquez Álvarez, D. (2017). *Concurrencia de procesos*. Obtenido de <http://www.webprogramacion.com/43/sistemas-operativos/concurrencia-de-procesos.aspx>

ESTUDIO DE LA EFICIENCIA TÉRMICA DE UNA TURBINA DE VAPOR COMPUESTA POR DOS TURBINAS, UN CONDENSADOR, UNA BOMBA Y UNA CALDERA

Andrea Isabel Delgado Pérez ¹, Francisco Javier Ortega Herrera ², José Miguel García Guzmán², Guillermo Tapia Tinoco², Juan Pablo Razón González²

¹ Estudiante de ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

²Profesor de la Coordinación de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad estudiar el efecto que tiene la eficiencia isentrópica de las dos turbinas que componen a un sistema de turbina de vapor, para determinar la mejor ubicación de las turbinas que permitan obtener la mayor eficiencia térmica total. El sistema está formado por una bomba, dos turbinas, una caldera y un condensador. El sistema es analizado mediante el método de calores específicos variables y modelado bajo el ciclo Rankine. Los resultados muestran que la mayor eficiencia total se obtiene cuando la turbina con menor eficiencia se coloca al principio del sistema, si se considera que las eficiencias de ambas turbinas son diferentes y una es mayor que otra. Este acomodo de turbinas ocasiona que al final del sistema se encuentren las menores pérdidas para mantener una mayor cantidad de trabajo en el sistema, permitiendo tener la mejor eficiencia térmica de la turbina de vapor y tener una menor pérdida de energía en forma de calor. De esta manera se puede determinar que este acomodo permite el mayor aprovechamiento del vapor expandido en la segunda turbina.

INTRODUCCIÓN

Una turbina de vapor es una máquina motora que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo y los alabes de una turbina. Existen diferentes tipos de estas y su utilización es muy variada pero la más común es para la producción de energía eléctrica. En 1884 Sir Charles Parsons patentó la primera turbina de vapor cuyo primer modelo fue conectado a una dinamo que generaba 7.5 kW (10 hp) de potencia. Ya que la generación de energía eléctrica mediante la turbina de vapor resultaba rentable se ha ido modificando y mejorando de tal manera que se busca tener un mayor aprovechamiento de energético y eficiencia de ellas. Algunos ejemplos de esto son investigaciones y proyectos como:

Zaragoza (2005) que tiene como fin el estudio de las turbinas de vapor cuando se encuentran en operación y cuando salen a un mantenimiento mayor, con lo cual se pueden analizar las causas que afectan las eficiencias de las turbinas, que se pueden clasificar en dos: causas internas y causas externas, por su parte, Gonzalez (2014) realiza un estudio que consiste en valorar la calidad del agua, los tratamientos empleados y las consecuencias de un ciclo agua-vapor con impurezas, es decir, todos los problemas creados y los fallos de los mecanismos a los que lleva, tener un tratamiento incorrecto del agua. Mientras tanto Muñoz (2008) presentan un nuevo sistema de aprovechamiento de energía solar térmica de concentración mediante un novedoso sistema bautizado como Caldera Solar. Finalmente Mazur, Kubialo y Hernández (1999) realizan un trabajo en el cual se presenta un análisis de daños típicos en rotores de turbinas de vapor y de gas fabricados con aceros de baja aleación al Cr-Mo-V, partiendo de las causas y modos de presentación de los fallos y el deterioro del material de los rotores durante la operación de la turbina, se lleva a cabo un análisis de la soldabilidad de los aceros al Cr-Mo-V y se presenta una clasificación de los posibles tipos de reparaciones de los rotores de turbinas. Con base en los daños presentados en el rotor de la turbina de gas de 20,65 MW, se presenta el desarrollo de la tecnología de reparación por soldadura llevada a cabo in situ.

Salazar Pereyra et al. (2011) muestran el comportamiento y variación del trabajo motor, eficiencia térmica, el consumo térmico unitario, consumo específico de vapor, consumo específico de combustible, el rango de operación de la presión de recalentamiento, entre otras cosas. Mencionan que al incrementar la presión y la temperatura del vapor vivo se debe modificar la presión de recalentamiento, para que el vapor al final de expansión tenga la calidad mayor o igual a 0.88, para la presión de condensación dada. Otros autores como Fushimi et al. (2007) muestran que los ciclos

convencionales de vapor a condensación son ineficientes, lo que termodinámicamente se explica por los reducidos valores de exergía del vapor que alimenta a la turbina, respecto a la entalpía demandada por el generador de vapor. Existiendo pues una pérdida irreversible para la producción de trabajo. Mencionan que la utilización calórica de la energía térmica se obtiene con saltos cualitativos favorables de gran magnitud en eficiencia energética.

Ferreiro Garcia et al. (2012) exponen la mejora de la eficiencia térmica del ciclo Rankine mediante la asociación de mejoras basadas en la reducción de pérdidas energéticas en el condensador por realizarse la condensación en condiciones cuasicríticas, recuperación de la energía residual mediante regeneración y elección de fluidos de trabajo adecuados operando bajo diversas estructuras del ciclo Rankine en condiciones transcíticas con elevada eficiencia, mencionan que el incremento de la diferencia entre la temperatura superior del ciclo de vapor y la temperatura inferior del ciclo determina la cantidad de energía que puede ser convertida en trabajo por la turbina de vapor, y por lo tanto la eficiencia del ciclo, además concluyen que en un ciclo Rankine de vapor las etapas últimas de la turbina operan en la región de cambios de fase a baja temperatura, lo que conlleva a una transferencia ineficiente de trabajo en la turbina de baja presión en la propuesta basada en condensación cuasi-crítica.

El análisis de la eficiencia del ciclo Rankine ha resultado muy favorable en sistemas, como lo marca Ghafarri et al. (2008) quien muestra la capacidad, la aplicación y el rendimiento deseado, con un nivel diferente de complejidad se ofrece para la estructura de turbinas de vapor. Señala que para aplicaciones de plantas de energía, turbinas de vapor generalmente tienen una característica compleja y se componen de expansión de vapor de múltiples etapas para aumentar la eficiencia térmica. De manera similar A. Bejan et al. (2009) evidencia la distribución de tamaño en turbinas de vapor, de tal manera que el rendimiento global de la planta de energía es máxima. Señala la aplicación de trenes de turbinas en el ciclo Rankine, obteniendo por ende una relación muy clara entre el rendimiento termodinámico y el tamaño, sistemas más grandes operan más cerca del límite de Carnot que las plantas más pequeñas.

En el presente trabajo se estudia la influencia de las eficiencias que tienen las turbinas en la eficiencia térmica global de un sistema de turbina de vapor que funciona bajo el ciclo Rankine y está formada, dos turbinas, un condensador, una caldera, una bomba.

TEORÍA

La nomenclatura utilizada para el desarrollo del modelo matemático del presente caso estudio se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Nomenclatura utilizada

Símbolo	Significado	Unidades
H	Entalpía	kJ/kg
P	Presión	kPa
T	Temperatura del estado especificado	°C
S	Entropía	kJ/kg·K
q_{en}	Calor de entrada al sistema	KJ
W_b	Trabajo total de la bomba	kJ
W_{neto}	Trabajo total del sistema	kJ
W_t	Trabajo total de las turbinas	kJ
η_{t1}	Eficiencia de la turbina 1	
η_{t2}	Eficiencia de la turbina 2	
η_{total}	Eficiencia térmica total del ciclo	
X	Calidad	
[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10] y [11]	Estado termodinámico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 respectivamente	

En el presente trabajo se analiza un sistema de turbina de vapor que está formado por una bomba, dos turbinas, un condensador y una caldera con diferentes eficiencias térmicas en las turbinas. La Figura 1 presenta el diagrama esquemático del sistema analizado y la Figura 2 muestra el diagrama termodinámico Temperatura-Entropía.

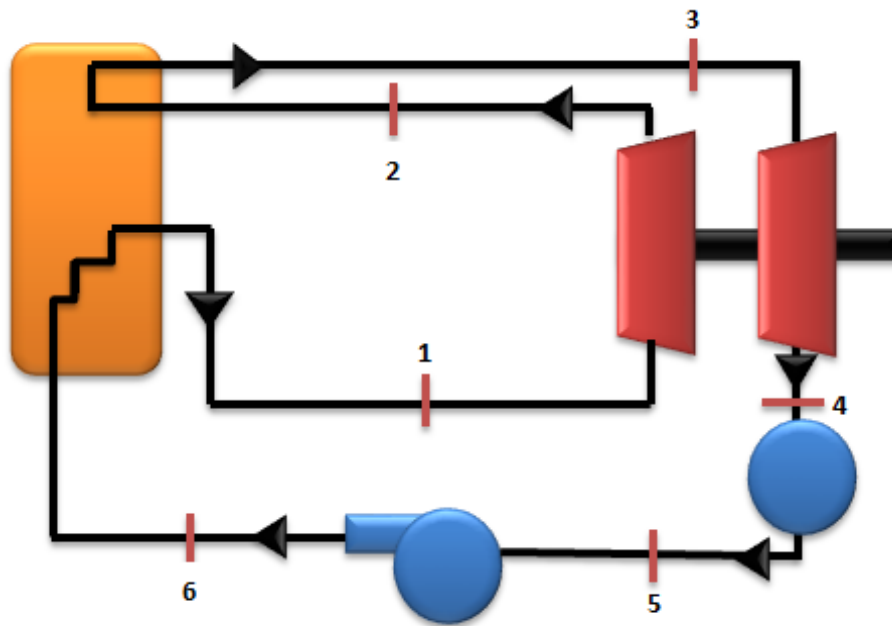


Figura 1. Sistema de turbina de vapor analizada

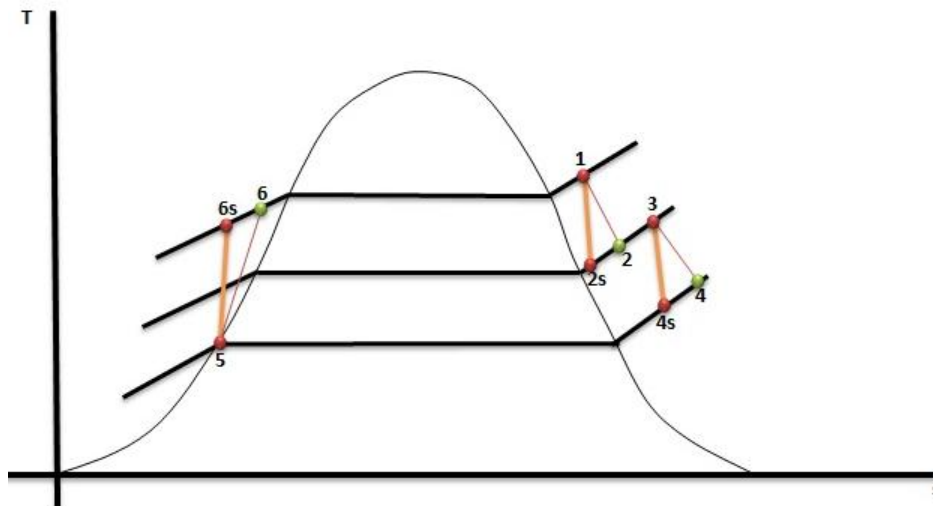


Figura 2. Diagrama T – s

Partiendo de la Figura 2, se obtienen las ecuaciones (1) - (6) las cuales describen el comportamiento de los procesos isobáricos presentes en el sistema.

$$P[1] = P[6] \quad (1)$$

$$P_s[6] = P[6] \quad (2)$$

$$P_s[2] = P[2] \quad (3)$$

$$P_s[2] = P[3] \quad (4)$$

$$P_s[4] = P[4] \quad (5)$$

$$P_s[4] = P[5] \quad (6)$$

Las ecuaciones (7) - (8) describen los procesos isoentrópicos del sistema.

$$Ss[2] = S[1] \quad (7)$$

$$Ss[4] = S[3] \quad (8)$$

La Ecuación (9) determina el trabajo de la bomba y las Ecuaciones (10) - (11) determinan el trabajo de las turbinas

$$w_b = (h[6] - h[5]) \quad (9)$$

$$w_t1 = (h[1] - h[2]) \quad (10)$$

$$w_t2 = (h[3] - h[4]) \quad (11)$$

Mientras tanto, las ecuaciones (12) y (13) determinan la eficiencia de las turbinas y la Ecuación (14) calcular la eficiencia de la bomba

$$\eta t1 = \frac{h[1] - h[2]}{h[1] - h[2]_{s[2]}} \quad (12)$$

$$\eta t2 = \frac{h[3] - h[4]}{h[3] - h[4]_{s[4]}} \quad (13)$$

$$\eta b = \frac{h[6] - h[5]}{h[6] - h[5]_{s[6]}} \quad (14)$$

Las ecuaciones (15) – (17) determinan el cálculo de entalpías

$$h[6] = h[5] - \left(\frac{h[5] - h[5]_{s[6]}}{\eta b} \right) \quad (15)$$

$$h[2] = h[1] - (\eta t1)(h[1] - h[2]_{s[2]}) \quad (16)$$

$$h[4] = h[3] - (\eta t2)(h[3] - h[4]_{s[4]}) \quad (17)$$

La Ecuación (18) calcula el trabajo de las turbinas, la Ecuación (19) permite obtener el trabajo neto del sistema, con la Ecuación (20) se obtiene el calor que entra al sistema, finalmente la eficiencia térmica del sistema se determina por la Ecuación (21).

$$w_turbinas = (h[1] - h[2]) + (h[3] - h[4]) \quad (18)$$

$$w_neto = (w_t) - (w_b) \quad (19)$$

$$q_entra = (h[1] - h[6]) + (h[3] - h[2]) \quad (20)$$

$$\eta_{termica} = \frac{w_neto}{q_entra} \quad (21)$$

Las Ecuaciones (1) – (21) forman el modelo matemático que permite determinar la eficiencia térmica del sistema analizado en este trabajo.

PARTE EXPERIMENTAL

El modelo matemático desarrollado en la sección anterior es resuelto numéricamente bajo el ciclo Rankine, mediante el método de calores específicos variables y con ayuda del software EES para una turbina de vapor compuesta por una caldera, dos turbinas, una bomba y un condensador realizando variaciones en las eficiencias térmicas de las turbinas de 1 a 0.6, variando la temperatura de la caldera de 150 ° C a 720 ° C. Los parámetros utilizados para la realización de esta investigación fueron los siguientes: El fluido de trabajo en el ciclo es agua. El vapor sobrecalentado entra en la primera etapa de la turbina a 8 MPa y se expande hasta que la presión es de 0.7 MPa, en la segunda etapa de la turbina se expande el vapor hasta la presión del condensador de 8 KPa, La bomba trabaja con una eficiencia del 80%.

RESULTADOS

Los resultados numéricos obtenidos al variar en el sistema la temperatura de la caldera de 150°C a 720°C en lo que se refiere a la repercusión que tendrá el aumento de temperatura en la eficiencia total del sistema, en el trabajo de las turbinas y finalmente en el trabajo total se presentan en la Tabla 2. En la Figura 3 se encuentra la representación gráfica del efecto que tiene el aumento de temperatura en la eficiencia total del sistema en donde se puede observar su comportamiento exponencial al inicio y finalmente el crecimiento lineal.

Tabla 2. Resultados obtenidos al variar la temperatura de 150°C a 720°C

ntotal	T1	Wb	Wneto	Wt	ntotal	T1	Wb	Wneto	Wt
0.262	150	9.159	854.9	864.1	0.36	450	9.159	1355	1364
0.2623	180	9.159	856	865.2	0.3646	480	9.159	1382	1391
0.264	210	9.159	863.5	872.7	0.3693	510	9.159	1410	1419
0.2672	240	9.159	878.1	887.3	0.347	540	9.159	1355	1364
0.2721	270	9.159	900	909.2	0.3783	570	9.159	1465	1474
0.3364	300	9.159	1221	1230	0.3826	600	9.159	1492	1501
0.3417	330	9.159	1250	1259	0.3868	630	9.159	1519	1528
0.3464	360	9.159	1276	1285	0.3909	660	9.159	1545	1554
0.351	390	9.159	1302	1311	0.3949	690	9.159	1572	1581
0.3555	420	9.159	1328	1337	0.3989	720	9.159	1598	1607

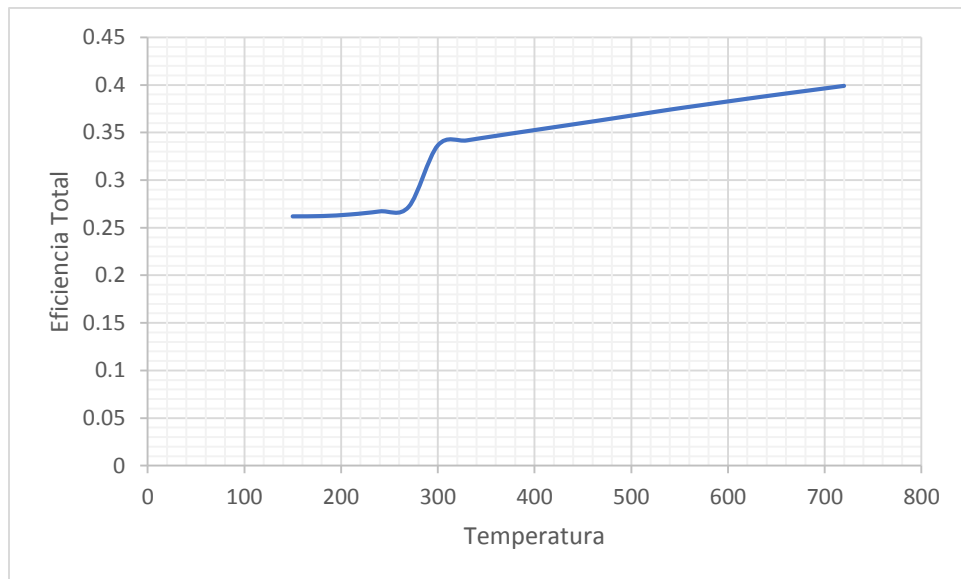


Figura 3. Gráfica temperatura contra eficiencia total

En la Tabla 3 se presenta el resultado obtenidos al variar las eficiencias térmicas de las turbinas de 1 hasta 0.6.

Tabla3. Resultados obtenidos al variar las eficiencias de las turbinas de 1- 0.6

nb	ntd	ntotal	ntu	wb	wnet o	wt	nb	ntd	ntotal	ntu	wb	wnet o	wt
1	1	0.4071	1	8.06	1573	1581	1	1	0.4071	1	8.06	1573	1581
1	1	0.3976	0.9	8.06	1512	1520	1	0.9	0.3818	1	8.06	1475	1483
1	1	0.3878	0.8	8.06	1451	1459	1	0.8	0.3566	1	8.06	1378	1386
1	1	0.3777	0.7	8.06	1391	1399	1	0.7	0.3314	1	8.06	1281	1289
1	1	0.3673	0.6	8.06	1330	1338	1	0.6	0.3062	1	8.06	1183	1191
1	0.9	0.3818	1	8.06	1475	1483	1	1	0.3976	0.9	8.06	1512	1520
1	0.9	0.372	0.9	8.06	1415	1423	1	0.9	0.372	0.9	8.06	1415	1423
1	0.9	0.3618	0.8	8.06	1354	1362	1	0.8	0.3464	0.9	8.06	1317	1325
1	0.9	0.3513	0.7	8.06	1293	1301	1	0.7	0.3248	0.9	8.06	1220	1228
1	0.9	0.3404	0.6	8.06	1233	1241	1	0.6	0.2952	0.9	8.06	1123	1131
1	0.8	0.3566	1	8.06	1378	1386	1	1	0.3818	0.8	8.06	1451	1459
1	0.8	0.3464	0.9	8.06	1317	1325	1	0.9	0.3618	0.8	8.06	1354	1362
1	0.8	0.3358	0.8	8.06	1257	1265	1	0.8	0.3358	0.8	8.06	1257	1265
1	0.8	0.3248	0.7	8.06	1196	1204	1	0.7	0.3097	0.8	8.06	1159	1167
1	0.8	0.3135	0.6	8.06	1135	1143	1	0.6	0.2837	0.8	8.06	1062	1070
1	0.7	0.3314	1	8.06	1281	1289	1	1	0.3777	0.7	8.06	1391	1399
1	0.7	0.3208	0.9	8.06	1220	1228	1	0.9	0.3513	0.7	8.06	1293	1301
1	0.7	0.3097	0.8	8.06	1159	1167	1	0.8	0.3208	0.7	8.06	1196	1204
1	0.7	0.2984	0.7	8.06	1099	1107	1	0.7	0.2984	0.7	8.06	1099	1107
1	0.7	0.2866	0.6	8.06	1038	1046	1	0.6	0.2719	0.7	8.06	1001	1009
1	0.6	0.3062	1	8.06	1183	1191	1	1	0.3673	0.6	8.06	1330	1338
1	0.6	0.2952	0.9	8.06	1123	1131	1	0.9	0.3404	0.6	8.06	1233	1241
1	0.6	0.2837	0.8	8.06	1062	1070	1	0.8	0.3135	0.6	8.06	1135	1143
1	0.6	0.2719	0.7	8.06	1001	1009	1	0.7	0.2866	0.6	8.06	1038	1046
1	0.6	0.2597	0.6	8.06	940.	948.	1	0.6	0.2597	0.6	8.06	940.	948.
					4	5						4	5

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran:

- 1) El acomodo de las turbinas más eficiente consiste en colocar al principio la turbina con menor eficiencia y al final la turbina con mayor eficiencia.
- 2) Si se trabaja con el 100% de la eficiencia de ambas turbinas o ambas turbinas tiene la misma eficiencia no importa su acomodo
- 3) Si las eficiencias de las turbinas son iguales y van disminuyendo su eficiencia de 10 en 10% la disminución del trabajo total será lineal y será de 110 unidades para las condiciones iniciales establecidas.
- 4) Si la eficiencia de las turbinas es menor o disminuye, la eficiencia térmica total también disminuye
- 5) Si se mantiene constante la eficiencia de una de las turbinas y eficiencia de la otra turbina es menor o disminuye, la eficiencia térmica total disminuye.
- 6) Conforme aumente la temperatura de la caldera la eficiencia térmica total del sistema aumentara y por consiguiente el trabajo obtenido de la turbina también lo hará.
- 7) El aumento de temperatura no aumenta linealmente la eficiencia térmica del sistema y por lo tanto tampoco al trabajo obtenido de la turbina.
- 8) Cuando la temperatura aumenta linealmente al principio la eficiencia total del sistema aumenta exponencialmente y finalmente como se puede observar en la Figura 3 aumenta linealmente.
- 9) El aumento de temperatura gradual determino que en algún momento se llega a un punto de saturación donde aunque se aumente la temperatura de manera excesiva el aumento de la eficiencia térmica no será significativo y por lo tanto en lugar de representar una ganancia de trabajo al sistema se convertiría en pérdidas innecesarias de energía en forma de calor.

En este trabajo investigativo se estudió la eficiencia térmica en una turbina de vapor con dos turbinas. Los resultados de la investigación incluyen un sistema modelado bajo el ciclo Rankine analizado mediante el método de calores específicos variables. En el presente trabajo se llegó a la conclusión de que el mejor acomodo de las turbinas de vapor debe de llevarse acabo de acuerdo a sus eficiencias térmicas colocando en último orden o último lugar aquella turbina que tuvieran una mayor eficiencia y que esta aprovecharía de cierta forma más el vapor expandido.

Los resultados demuestran que un adecuado acomodo de las turbinas dentro del ciclo de turbina de vapor determinara una mayor o menor eficiencia al momento de llevar a cabo su trabajo. Es indispensable tomar en cuenta cada una de las eficiencias térmicas de cada uno de los componentes del ciclo, ya sean bombas, turbinas, calderas, condensadores, etc. La ausencia del conocimiento de sus eficiencias térmicas y su repercusión en el sistema podría llegar a causar pérdidas de trabajo en forma de calor, a mayor trabajo menor energía expulsada en forma de calor. Fue quizás inesperado el haber encontrado que el aumento de temperatura lineal no aumenta el trabajo, ni la eficiencia térmica de todo el sistema de la misma manera.

BIBLIOGRAFÍA

1. Zaragoza Garcia, "Análisis de las desviaciones en el comportamiento termodinámico en las turbinas de vapor", Instituto Politécnico Nacional, Querétaro. 2005
2. G. González Martín, "Influencia de la Calidad del Agua en Plantas de Potencia de Turbinas de Vapor", Universidad de Sevilla, Sevilla. 2014.
3. J. Muñoz Antón, "Sistemas de generación eléctrica mediante calderas de vapor energizadas por radiación solar concentrada", Universidad Politécnica de Madrid, 2008.
4. Z. Mazur, J. Kubialo y A. Hernández, "Reparación por soldadura de rotores de turbinas de vapor y de gas fabricados con aceros al Cr-Mo-V", Instituto de Investigaciones Eléctricas, México, 1999.
5. Salazar Pereyra M., Lugo Leyte R., Zamora Mata J. M., Ruiz-Ramírez O. A. y González Oropeza R. "Análisis termodinámico de los ciclos Rankine supercríticos y subcríticos", CIBIM 10, Oporto, Portugal, 2011. Consulta por internet el 10 de agosto 2016.

6. Ferreiro García R., Romero Gómez J., Romero Gómez M. y DeMiguel Catoira A. "El efecto positivo de las condiciones de condensación cuasi-críticas aplicadas a ciclos Rankine", 2011. Consulta por internet el 5 de agosto de 2016.
7. Fushimi A., Zarate L., Díaz de Quintana G., Moreda M., Fernández J. P. y Hall M. "Análisis de la mejora de la eficiencia energética de los ciclos de vapor por utilización del calor de baja exergía", Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 11, 2007. Impreso en Argentina. ISSN 0329-5184. Consulta por internet 15 de agosto de 2011.
8. Ghafarri A. y Chaibakhsh A. "Steam turbine model", Simulation Modelling Practice and Theory Vol. 16, Numero 19, 2008. Consulta por internet 5 de septiembre de 2016.
9. Bejan A., Lorente S. y Kim Sung Y. "Distribution of size in steam turbine power plants", International Journal of Energy Research Wiley InterScience, 2011. Consulta por internet 8 de septiembre de 2016. Dirección de internet: <https://www.researchgate.net>

ESTUDIO ESTRUCTURAL Y LUMINISCENTE DE HAP: EU³⁺ PARA SU USO EN LA FORMULACIÓN DE UN COLORANTE LUMINISCENTE A BASE DE ÁCIDO CARMÍNICO

Michelle Jacqueline Galán Luna, Aristeo Garrido Hernandez, Leticia Flores-Alatorre Hernández, Maribel Quezada Cruz, Lorena Elizabeth Chávez Guitrón y Luisa Juliana Monteagudo Lemus

Universidad Tecnológica de Tecámac, UTTEC, Carretera Federal México, Pachuca Km 37.5, CP 55740, Col. Sierra Hermosa, Tecámac, Estado de México, México.

RESUMEN

Hoy en día la hidroxiapatita (HAp) ha sido estudiada por sus múltiples aplicaciones industriales; catálisis, biomateriales, etc. Las propiedades finales de HAp dependen del tamaño de partícula, morfología y porosidad. La HAp dopada con tierras raras presentan propiedades luminiscentes que potencializan su aplicación en iluminación de estado sólido aunado a esto, por tratarse de un material basado en calcio ha mostrado ventajas de importancia como matriz de materiales dopantes, como mayor intensidad de emisión en comparación con matrices basadas con el fósforo haciéndolo idóneo para su uso como biomarcador. En este trabajo se prepararon polvos de HAp:Eu³⁺ por vía hidrotermal. Las propiedades estructurales y morfológicas de HAp se analizaron mediante DRX, FT-IR, Espectroscopia de fotoluminiscencia y MEB. Los resultados FT-IR muestran bandas de absorción 1030 cm⁻¹ corresponden a vibraciones PO₄³⁻. Los DRX de HAp presentan excelente cristalización en la fase hexagonal de acuerdo a la carta de difracción JCPDS 09-432. La morfología evidenciada por MEB se aprecia tamaños de partícula en el orden nanométrico. Los espectros de luminiscencia confirman que es un buen candidato para ser usado para formulación de un colorante a base de ácido carmínico. Se realizará la tinción de protozoarios utilizando que el ácido carmínico obtenido de la grana cochinilla, para obtener una formulación con las nanopartículas de HAp:Eu a base de ácido carmínico para obtener un colorante luminiscente.

INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, los colores se han utilizado para reconocer sustancias químicas en diferentes materiales; al lograr reemplazar el ojo humano por otros detectores de radiación, es posible estudiar con más claridad la absorción de sustancias, no solamente en la zona del espectro visible (400 nm-700 nm) sino también desde la ultravioleta hasta la infrarroja. Existen polvos de origen orgánico conocidos como colorantes que son sustancias capaces de dar color a las células, tejidos, fibras y demás; de acuerdo con su origen, se dividen en naturales y artificiales, donde los primeros son obtenidos de plantas y animales como lo es el ácido carmínico (Ac).

El Ac es considerado una antraquinona polihidroxilada con resto carboxílico [1] conocida como una sustancia química utilizada como colorante natural; esta, es extraída de la grana cochinilla y es utilizada para dar coloración a cosméticos (color carmín), en la industria alimentaria (E-120) y en la textil principalmente [2]. Su estructura química es compleja, siendo su fórmula molecular: C₂₂H₂₀O₁₃ y apareciendo en estado de agregación sólido con una masa molar de 492.39 g/mol, muy soluble en agua. Este colorante se une con un metal como Aluminio o Calcio en la mayoría de las veces, dependiendo de la aplicación que vaya a tener para aumentar su estabilidad ya que es un colorante sensible al cambio de pH, cambiando la tonalidad o el color que imprime[2]

Para especificaciones de la biología molecular, el Ac se junta con ácido acético (en un mayor porcentaje que el colorante), con el fin de ver proteínas sobre membranas de nitrocelulosa[3]. Por lo tanto, es un colorante muy utilizado en esta área, gracias a que puede decolorarse con facilidad debido a este ácido (CH₃COOH) con metanol (CH₄O), pudiendo ser visualizadas posteriormente con un anticuerpo[4]. Por otro lado, la nanociencia es considerada como el estudio de la materia a nivel del nanométrico (1x10⁻⁹ m), escala en la cual, las propiedades físicas y químicas de los sistemas difieren de las de los sistemas macroscópicos, convirtiéndolas en únicas [5]

El potencial de la nanotecnología, no sólo se basa en obtener la misma función con elementos más pequeños, si no en aprovechar el hecho de que algunas propiedades cambien drásticamente al reducir su tamaño. En la actualidad, los nanomateriales se están desarrollando en gran medida dentro de la industria médica en relación con los componentes celulares, ya que se puede tener una gran incidencia tanto en terapia como en el transporte selectivo de fármacos y ubicación temprana de cáncer[6], tanto en el cuerpo humano como fuera de este[5]. Uno de los materiales de mayor

interés debido a su alta biocompatibilidad es la hidroxiapatita. La Hidroxiapatita (HAp), $(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2)$ ha sido ampliamente utilizado como un sustituto óseo debido a sus propiedades mecánicas adecuadas y la composición similar al mineral óseo. Además, se ha comprobado que las propiedades finales de la HAp son dependientes de su tamaño de partícula, morfología y propiedades de superficie[7], también ha sido investigadas sus posibles aplicaciones como transporte de fármacos, debido a su biocompatibilidad, osteoconductividad, propiedades no tóxicas y no inflamatorias[8]. En general, las nanopartículas de HAp tienen un gran potencial para revolucionar el campo de la ingeniería de tejidos duros, comenzando con la reparación ósea y el aumento a sistemas controlados de administración de fármacos[9].

Para la realización de nanopartículas, se eligió la síntesis hidrotermal por sus diferentes ventajas y beneficios, siendo uno de los métodos más versátiles para la obtención de fosfatos de metales de transición. Para ello, se utiliza una combinación de temperaturas y presiones moderadas, en medio acuoso[5]

Entre las propiedades más interesantes de los cationes Eu^{3+} , destaca la capacidad de la mayor parte de ellos de emitir luz cuando se irradian con luz ultravioleta o infrarroja, a través de un proceso de fotoluminiscencia convencional o “*down-conversion*” en el que la energía de los fotones emitidos es menor que la de los absorbidos [6]. Debido a que los fosfatos de tierras raras presentan propiedades luminiscentes mejoradas respecto a los óxidos simples cuando son obtenidos por el método hidrotermal, estos resultan ser susceptibles a aplicaciones ópticas [10]

Este trabajo explora la posibilidad de usar ácido carmínico (Ac), como sustituto de tinciones artificiales, que en combinación con un compuesto luminiscente como la HAP:Eu³⁺, es capaz de potencializar la fluorescencia haciendo más efectiva su aplicación para la identificación de estructuras celulares en tejidos.

PARTE EXPERIMENTAL

En las síntesis HA: Eu por vía hidrotermal, se usaron como precursores nitrato de calcio ($\text{CaNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Mallinckrodt 99%) e hidrógeno fosfato de di-amonio $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (Baker Analyzed 98.7%). Como dopante se utilizó óxido de europio Eu_2O_3 en un 10% molar. Para la síntesis primero, se añadió gota a gota solución de $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ a 0,5 M a la solución de $\text{CaNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ a 0,5 M, durante la adición la solución de Ca se mantuvo bajo agitación a 50 °C. A continuación, la solución final se ajustó a pH = 11 usando una solución de NaOH (1,5 M).

Posteriormente, la solución final se vertió en una autoclave forrada con Teflon® a 200 °C durante 15 horas. Una vez que terminó la reacción hidrotermal, la autoclave se retiró del horno y se enfrió a temperatura ambiente. Los polvos obtenidos se lavaron con agua destilada usando una centrifuga (10000 rpm, 15 minutos cada lavado). Finalmente, estos polvos se secaron en un horno a 120 °C durante 15 horas.

Para la obtención del ácido carminico se pesó y macero el polvo de grana cochinilla (previamente limpiada de grasas como la coxenina), el polvo se disolvió en agua destilada, esta solución se agito a velocidad constante de 750 rpm a 90 °C por 15 min. Posteriormente se someterá la solución a un proceso de centrifugación durante 15 min y una velocidad de 4500 rpm la solución se esteriliza durante 15 min, una presión de 1.2 atm y una temperatura de 121 °C.

La extracción del Ácido Carminico se realizó a partir de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus*) mediante el siguiente procedimiento:

1. Se lava la grana cochinilla seca con alcohol de 96°, repitiendo 3 veces para retirar la grasa (coccerina).
2. Se deja secar en estufa bacteriológica a 50°C durante dos horas.
3. Se muele finamente la grana en mortero cerámico.
4. Se pesan 5 gr. de polvo de grana cochinilla en una balanza analítica.
5. Se vacía el polvo a un vaso de precipitados y se agregan 100 ml de agua destilada.
6. Esta solución mantiene en agitación constante y a una temperatura de 90°C por 15 minutos.
7. Posteriormente se someterá la solución a un proceso de centrifugación a una velocidad de 4500 rpm durante 15 minutos.
8. El producto obtenido se filtrará con papel Whatman 50 p y lo resultante se vacía en frascos ámbar y esterilizará con calor húmedo (autoclave a 121°C, 1.2 atm de presión, 15 minutos).

Al tener lista la extracción de ácido carmínico (Ac) y el polvo de HAp:Eu³⁺, se procederá a incorporar este último en un porcentaje de 2%, 3% y 6% en el Ac con ayuda de etanol a partir del siguiente procedimiento:

- 1.- Medir 250 µl de Ac con una micropipeta y se diluye en 250 µl de etanol que cumple la función de un disolvente para el Ac mejorando la posterior dispersión del HAp:Eu³⁺.
- 2.- Añadir al volumen resultante, el 2%, 3% y 6% respectivamente de HAp:Eu³⁺.
- 3.- Introducir la mezcla obtenida a un ultrasonificador por 30 minutos a 60°C, para mejorar la dispersión y disolución del polvo, favoreciendo su homogeneización.



Figura 3. Dispersión de Ácido Carmínico/ HAp:Eu en Etanol

Al terminar, se extraerá una pequeña muestra de cada concentración final para depositarla sobre una superficie oscura para observar su fluorescencia utilizando una lámpara UV bajo la longitud de onda de 254 nm; posteriormente se buscará evaluar en el microscopio óptico, donde se combinará con una longitud de onda de 365 nm para excitar a las partículas con el fin de obtener un tinte selectivo y funcional que pueda ser aplicable a la tinción de tejidos.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el estructural análisis según la carta de difracción JCPDS n° 09-348 la síntesis de hidroxiapatita vía hidrotérmica muestra una correcta cristalización del material en su fase hexagonal después de un tratamiento térmico a 750° C por 180 minutos. En la muestra tratada térmicamente se observa el crecimiento de los picos representativos de la hidroxiapatita como efecto del acomodo atómico en la red, los picos representativos de Eu no se perciben por la baja concentración de dopaje, el que no existan fases secundarias de la hidroxiapatita ayudara a que todo su potencial de emisión sea explotado[11].

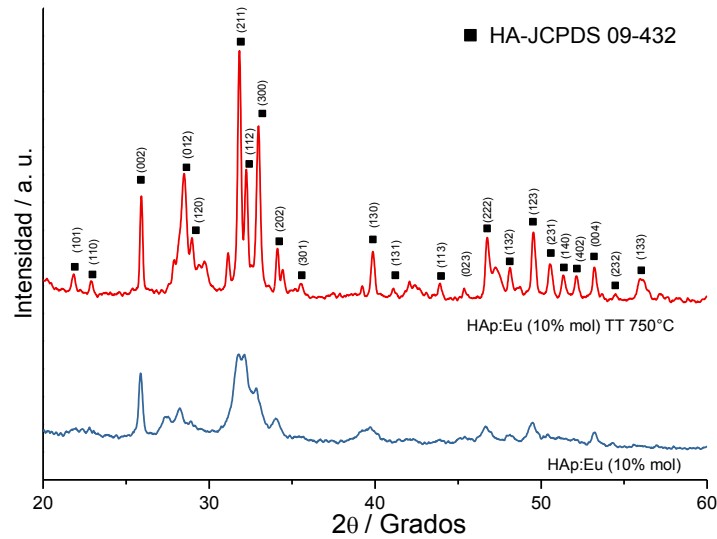


Figura 4. Patrones de difracción de hidroxiapatita dopado con europio (sin y con tratamiento térmico)

Los espectros infrarrojos en la Figura 2 presentan espectros ATR-FTIR de muestras HAp: Eu y HAp:Eu tratada térmicamente respectivamente, las bandas de absorción se asignan a las vibraciones del grupo fosfato y se ubican alrededor de 1090 y 1022 cm^{-1} (ν_3), 961 cm^{-1} (ν_1), 602 y 560 cm^{-1} (ν_4) [12]. Las bandas de absorción centradas a 630 cm^{-1} se atribuyen al modo de vibración del grupo hidroxilo. El tratamiento térmico elimina una banda de contaminación presente alrededor de los 1416 cm^{-1} además de refinar las bandas de absorción sin afectar la intensidad.

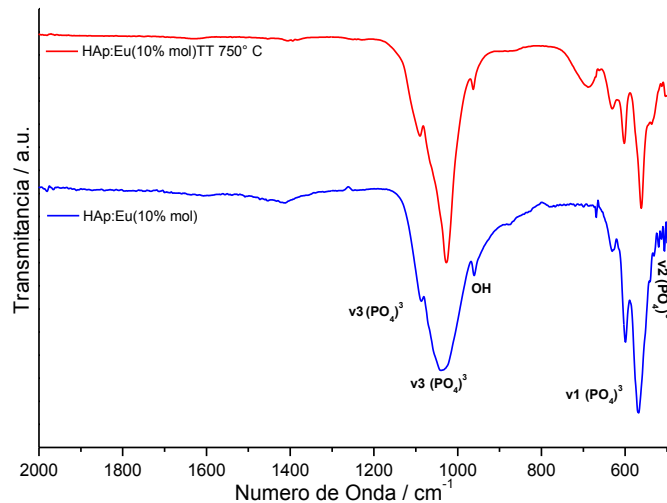


Figura 5. Espectroscopia de Infrarrojo de hidroxiapatita dopado con europio (sin y con tratamiento térmico)

Las propiedades de fotoluminiscencia de las muestras se caracterizaron adicionalmente por los espectros de excitación y emisión, como se muestra en la Figura 3. El espectro de emisión del polvo fue excitado con una longitud de onda de 394 nm . El polvo presenta las bandas de emisión características del Eu^{3+} , estas bandas son causadas por debido las transiciones ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_{0-4}$ de Eu^{3+} . HAp tratado térmicamente: Eu presenta dos picos de emisión amplios centrados a 592 nm y 616 nm . Estos picos corresponden a las transiciones típicas ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_1$ y ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$. Estas bandas de emisión características son consistentes con el ion de europio que ocupa el sitio Ca^{2+} [11][13]

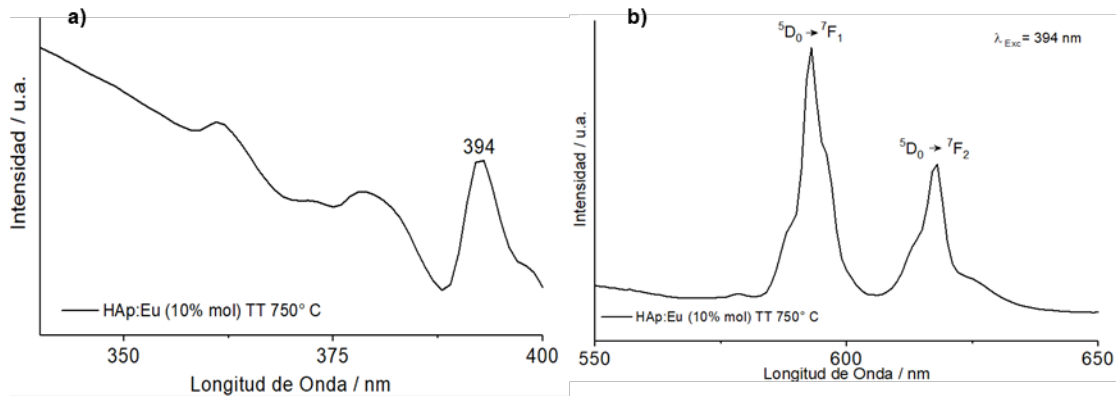


Figura 6. Espectro a) Excitación, b) Emisión, de polvo de hidroxiapatita dopado con europio con tratamiento térmico

La Figura 5 muestra la micrografía de HAp:Eu (10%mol) se observa que los tamaños de partícula pequeños, sin embargo se presentan aglomeraciones al orden de micras, el tamaño de la partícula es muy importante debido a que a menor tamaño de las partículas en el recubrimiento mayor será la superficie de contacto y las propiedades se potencializaran.

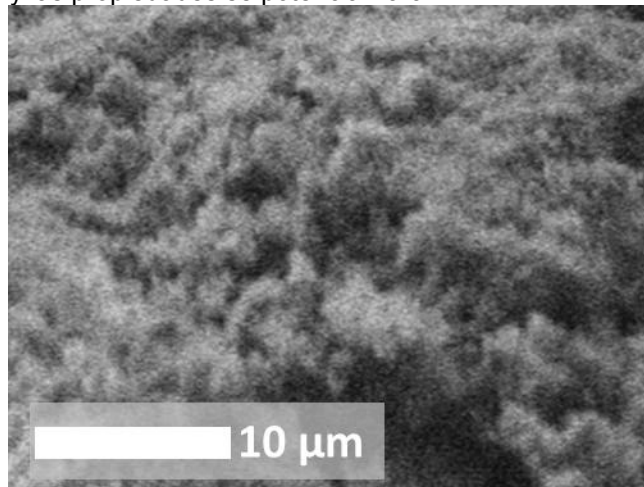


Figura 7..Micrografía de polvo HAp:Eu (10 %mol)

CONCLUSIONES

Se sintetizaron polvos de hidroxiapatita dopada con Eu^{3+} por método hidrotermal. Las condiciones de síntesis fueron evaluadas. Los enlaces característicos de las HAp se evidenciaron por la espectroscopia de infrarrojo, la estructura cristalina se demostró mediante la difracción de rayos X, la morfología se mostró mediante MEB y la luminiscencia estudiada por espectroscopia de fotoluminiscencia nuestro emisión con alta intensidad causada por el método de síntesis. La extracción del ácido carminico a partir de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus*). Si se dispersa hidroxiapatita dopado con Europio (HAp:Eu³⁺) en ácido carmínico (Ac), se podrá mejorar la tinción de cortes histológicos de muestras de tejidos animales y vegetales, la cual será más intensa y fluorescente.

BIBLIOGRAFÍA

1. F. D. E. I. Química, "Escuela Profesional de Ingeniería Química," pp. 1–328, 2009.
2. L. López-Jácome, M. Hernández, A. Colín- Castro, S. Ortega, G. Cerón, and R. Franco, "Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología," *Investig. en discapacidades*, vol. 3, no.

- 1, pp. 10–18, 2014.
3. “No Title,” 2013.
4. G. Y. Mamani Martínez and I. E. Humani Zuñiga, “EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS MÉTODOS THORPE Y FRANCÉS PARA LA OBTENCIÓN DE CARMÍN A PARTIR DE LA COCHINILLA (*Dactylopius Coccus* Costa) EN EL DISTRITO DE LA JOYA,” pp. 1–117, 2001.
5. A. O. HESSISEN, “Full-Text,” p. 30, 2016.
6. U. De and N. Y. De, *Trabajo Fin de Grado Síntesis y caracterización de nanopartículas luminiscentes (Synthesis and characterization of Graduada en Ingeniería Química. .*
7. Y. Wang, S. Zhang, K. Wei, N. Zhao, J. Chen, and X. Wang, “Hydrothermal synthesis of hydroxyapatite nanopowders using cationic surfactant as a template,” *Mater. Lett.*, vol. 60, no. 12, pp. 1484–1487, 2006.
8. “IMPROVEMENT OF THE BONE PIN INTERFACE STRENGTH IN OSTEOPOROTIC BONE USING HYDROXYAPATITE- COATED TAPERED EXTERNAL FIXATION PINS . A PROSPECTIVE RANDOMIZED CLINICAL STUDY IN WRIST,” p. 6366581, 2000.
9. R. Eia, “INGENIERÍA DE TEJIDO ÓSEO : Consideraciones Básicas,” pp. 93–100, 2006.
10. Y. Ortega, N. Martínez, and J. Agapito, “Código de barras de ADN en *Dactylopius coccus* Costa ‘ cochinilla del carmín ’ (Hemíptera : Dactylopiidae): Estudio preliminar,” vol. 13, pp. 25–30, 2013.
11. R. J. Wiglusz, A. Kedziora, A. Lukowiak, W. Doroszkiewicz, and W. Strek, “Hydroxyapatites and Europium(III) doped hydroxyapatites as a carrier of silver nanoparticles and their antimicrobial activity,” *J. Biomed. Nanotechnol.*, vol. 8, no. 4, pp. 605–612, 2012.
12. J. H. Kim, S. H. Kim, H. K. Kim, T. Akaike, and S. C. Kim, “Synthesis and characterization of hydroxyapatite crystals: A review study on the analytical methods,” *J. Biomed. Mater. Res.*, vol. 62, no. 4, pp. 600–612, 2002.
13. F. R. O. Silva, N. B. De Lima, A. H. A. Bressiani, L. C. Courrol, and L. Gomes, “Synthesis, characterization and luminescence properties of Eu³⁺-doped hydroxyapatite nanocrystal and the thermal treatment effects,” *Opt. Mater. (Amst)*, vol. 47, pp. 135–142, 2015.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE TERMOFORMADO DE POLÍMEROS PEAD.

Ramón Hernández Sánchez, Salvador Benítez Villasana, Micaela Sánchez Salas, Carlos Arturo García Castañeda, María Luisa Yolanda Girón Ramírez

Programa Educativo de Ingeniería en Metal Mecánica, Universidad Tecnológica de la Costa Grande de Guerrero (UTCGG), Carretera Nacional Acapulco – Zihuatanejo Kilómetro 201, Ejido el Cocotero, Petatlán, Guerrero, 40830, México.

RESUMEN

La contaminación del medio ambiente es un problema que día a día toma mayor importancia dado que el desarrollo moderno fomenta el consumo de productos envasados en materiales sintéticos de difícil degradación, la mayoría de los plásticos sintéticos al contrario que la madera, el papel, las fibras naturales o incluso el vidrio, no se oxidan ni se descomponen con el transcurso del tiempo, aunque actualmente se han desarrollado algunos plásticos biodegradables, ninguno ha demostrado ser válido para las condiciones requeridas en cuanto a volumen en vertederos de basura [1], debido que al generarse incendios, estos generan gases tóxicos provocando contaminación al medio y con ello la generación de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global.

INTRODUCCIÓN

La construcción del prototipo experimental para el proceso de termoformado de polietileno de alta densidad (PEAD), está diseñado para contribuir a la disminución de la contaminación por desechos sólidos, actualmente el volumen por desechos plásticos en la región y el resto del país, se ha convertido en un problema que día con día toma mayor relevancia dado que el desarrollo moderno fomenta el consumo de productos envasados sintéticos de difícil degradación. El municipio de Zihuatanejo de Azueta clasificado como un destino eminentemente turístico con un incremento anual de población del 4.22%, presenta en la generación de desechos plásticos PEAD, un gran problema de contaminación. En la cabecera municipal se generan 200 toneladas de basura diarias, aproximadamente el 5% corresponde a plásticos susceptibles de ser reciclados PEAD [2]. Este trabajo pretende generar un subproducto de madera plástica como sustituto de madera que en México y el mundo es latente la tala inmoderada de árboles factor principal en la erosión y cambio climático. Por medio de una estructura metálica de acero estructural y haciendo uso del accionamiento de un pistón neumático y resistencias eléctricas se pretende obtener el proceso de termoformado en el plástico PEAD (*previamente triturado*), para obtener así, placas de diferentes espesores para múltiples funciones.

TEORÍA

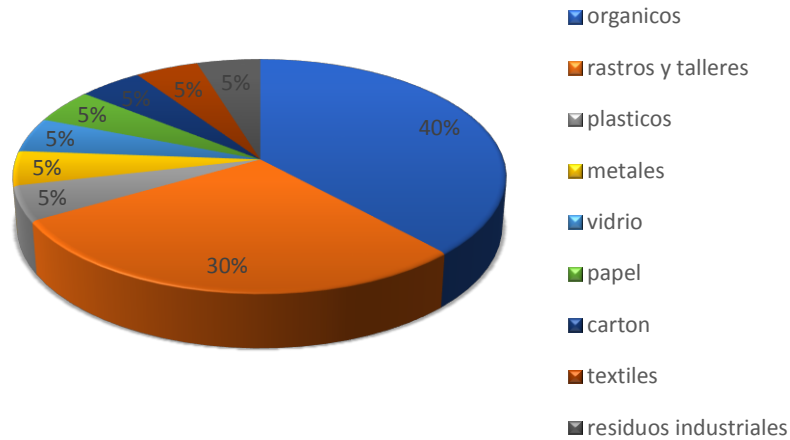
La aparición del primer plástico sintético, se pretende fue a mediados de 1900, durante el fin de la segunda guerra mundial, cuando apareciera el polietileno de baja densidad y con él la actual industria del plástico.

Los plásticos se clasifican en:

- Termoplásticos: son plásticos reciclables ya que se funden cuando se calientan y por tanto se pueden moldear repetidas veces sin que sus propiedades originales se alteren demasiado. Los termoplásticos más conocidos son: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, EPS y PC.
- Termoestables: son difíciles de reciclar ya que están formados por polímeros con cadenas ligadas químicamente (con enlaces transversales) que hacen necesaria la destrucción de su estructura molecular para poder fundirlos y esto conlleva a una alteración grande de sus propiedades originales. Existen distintos termoestables como, por ejemplo: resinas fenólicas, resinas ureicas, etc. [3].

Plástico, proviene del griego PLASTIKÓS, que significa susceptible de ser moldeado o modelado [4]. El municipio de Zihuatanejo de Azueta lugar altamente turístico, presenta en la generación de desechos un gran problema de contaminación generando 200 toneladas de basura diarias, superando la media nacional de producción de basura por persona, la cual se estima de un kilogramo de basura por persona, de acuerdo a los datos del último censo de población del INEGI en el año

2015. Entre la cabecera municipal (Zihuatanejo de Azueta) e Ixtapa se generan de 200 a 250 toneladas de basura al día, de las cuales 40% corresponde a desechos orgánicos, 30% corresponde a desechos de rastros y talleres, mientras que los residuos como plásticos, metales, vidrios, papel, cartón, textiles y residuos industriales, le corresponde a cada uno el 5% respectivamente, como se ilustra en la Gráfica 1.



Gráfica 1. Estadística de producción de basura que se genera en el municipio de Zihuatanejo de Azueta.

PARTE EXPERIMENTAL

Se llevaron a cabo simulaciones en análisis modal, estático estructural y transiente térmico, pertinentes mediante el empleo del paquete de computación ANSYS Workbench®, se realizaron geometrías utilizando material para la aplicación de la estructura acero estructural con bajo contenido de carbono, esta estructura contiene: ángulo estructural en 50.8 mm x 6.35 mm, solera estructural de 50.8 mm x 6.35 mm, soportadas sobre un perfil tubular rectangular (PTR), de 25.4 mm x 25.4 mm, empotrado un cilindro neumático de doble efecto con diámetro de 32 mm y un vástago de 10 mm. Como se muestra en la Figura 1.

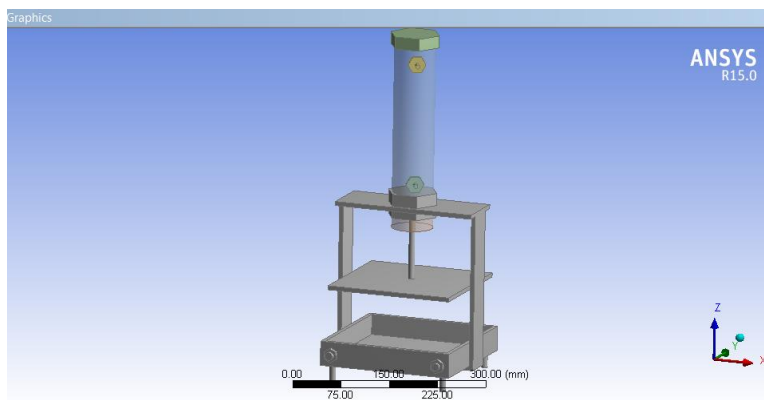


Figura 1. Geometría de prototipo.

Actualmente se están llevando a cabo pruebas experimentales haciendo uso del prototipo con la mayoría de plásticos que se generan en la propia universidad, generando un centro de acopio en el taller del Programa Educativo de Ingeniería en Metal Mecánica de la Universidad Tecnológica de la Costa Grande de Guerrero (UTCGG), haciendo uso exclusivamente de aceites en las diferentes

presentaciones de los diferentes distribuidores en el mercado nacional, como se ilustra en la siguiente Figura 2.



Figura 2. Gama de principales lubricantes en México.

Mediante el uso de resistencias eléctricas conectadas en serie se pretende alcanzar una temperatura de transformación para el PEAD de 140° C, esto con la finalidad de moldear y mediante una presión ejercida con el pistón neumático de doble efecto obtener el proceso de termo formado de este material.

RESULTADOS

Como hasta ahora se ha venido manejando, el proyecto consiste en un prototipo experimental y los productos hasta hoy obtenidos, constan de dimensiones de 300 X 300 mm y espesores de 12.7 mm con 380 gramos de plástico PEAD triturado en la caja de moldeo y de 300 X 300 mm X 19 mm de espesor con una cantidad de 570 gramos de PEAD triturado. Por otra parte, se está trabajando simultáneamente con un mecanismo con control electrónico para realizar pruebas de tracción a probetas con dimensiones estándar acorde a dimensiones de la norma. Cabe destacar los procedimientos de temperatura y presión que se consideran constantes para la obtención de las diferentes características del producto obtenido como termo formado.

CONCLUSIONES

- Se obtuvieron productos con las pruebas experimentales que se pueden proponer como alternativos para el uso como sustituto de madera en sus diferentes aplicaciones.
- Este producto resultado de las pruebas experimentales se está utilizando actualmente en el interior de la universidad como reparaciones en las butacas como paleta de apoyo para útiles escolares.
- Es proceso de triturado del plástico PEAD, actualmente se realiza de manera manual para alimentar la caja de moldeo donde se lleva a cabo el proceso de termo formado para los diferentes espesores.
- Para obtener las propiedades mecánicas del termo formado de PEAD, se tiene un mecanismo para las pruebas de tracción compresión y poder así proponer con fundamento un sustituto de madera plástica.
- En un futuro próximo se trabajará en el proceso de trituración, aunque se estudia el comportamiento de la granulometría que nos puede afectar al momento de triturar el PEAD con alta o baja velocidad.

BIBLIOGRAFÍA.

1. L.R. Romero. "Proyecto de investigación de la DIT", capítulo 1, pp 18-19.
2. Censo de Población y vivienda INEGI 2015.
3. Morton-Jones. "Procesamiento de Plásticos" capítulo 1, pp 13-15.
4. IMPI, S.C. "Enciclopedia del Plástico", capítulo 1, pp 3-6.

PROPUESTA DE REDISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN EL ALMACÉN DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE IRAPUATO, GUANAJUATO.

María del Carmen Chacón Olivares, Francisco Javier Ortega Herrera, Mariana Rico Chagollan, Juan Carlos Rodríguez Campos, Patricia Villagómez Cuellar

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

En la actualidad todas las empresas deben establecer sus procesos con estándares de calidad que les permitan ser competitivos, una de las áreas que presentan mayor grado de complejidad es el almacén, que indiscutiblemente dentro de cualquier empresa manufacturera es de vital importancia, ya que allí es el lugar donde se resguardan diferentes tipos de materiales como: refacciones para maquinaria, materia prima y producto terminado.

En la empresa objeto de estudio del municipio de Irapuato Guanajuato, existen diversos problemas en el almacén, por lo cual, se realizó un diagrama causa efecto de oportunidades, mediante el cual se determinó que presenta falta de organización en un 90%, además de indicadores de control para la ubicación de los productos.

Mediante una investigación documental y de campo se obtuvieron y se realizó un análisis de información, que permitió determinar que el más conveniente es el sistema ABC, esto de acuerdo a las características de los sistemas de clasificación en el almacén y a las del producto tales como: obsolescencia, rotación y costo.

El presente trabajo tiene como objetivo reducir e implementar estrategias que impacten en los costos y rendimiento sobre la inversión de la empresa, además de disminuir tiempos muertos en la búsqueda de los productos.

Al implementar el sistema se obtuvieron los siguientes resultados: ubicación de los productos de acuerdo a su tipología en un 100% y por su rotación en un 80%.

En consecuencia, se determinó que la elección de un buen sistema de clasificación del producto es vital para cualquier organización porque impacta en el rendimiento económico y trazabilidad del producto, además de establecer indicadores de medición en la actividad logística, también se observó que los materiales organizados por tipología permiten un consumo efectivo, debido a la certeza dentro del inventario y una reducción de tiempo en el traslado del material.

INTRODUCCIÓN

El departamento de almacén para cualquier empresa sea cual sea su giro es de vital importancia en la determinación de la estrategia financiera, ya que genera utilidades al custodiar la materia prima o producto, aunque esto es considerado como un gasto.

“Los inventarios son artículos acumulados (materia prima, componentes, productos semi-acabados y productos terminados) que esperan a ser procesados, transportados o usados en cualquier punto de la cadena de suministro” (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004)

En la organización objeto de estudio se encuentra el almacén general, en este almacén existe una falta de orden y organización, lo antes mencionado se originó por la falta de espacio en los racks además del establecimiento ineficiente de políticas de acomodo y el material específico para cada proyecto que se está realizando dentro de la empresa ocasionando que exista un exceso de material. En base a este descontrol surge la idea de comenzar con un reacomodo dentro de esta área de la empresa, se realizó una investigación preliminar y de observación donde se detectó lo siguiente:

1. Obsolescencia de productos.
2. Mercancía con falta de registro.
3. Extravió de material.
4. Mala ubicación de material asignado a cada proyecto.
5. Material ubicado en el piso.

En base a lo anterior, se puede identificar que existe una mala distribución de las mercancías en los racks a consecuencia de la mezcla de diferentes materiales para los proyectos que se están llevando actualmente. Algunos racks tienen sobrante de materiales de proyectos que ya fueron terminados, material consumible, material de seguridad e higiene y material de consigna. Actualmente el almacén cuenta con 13 racks y 4 anaqueles en una extensión de 20 metros de largo además se observa

material en los pasillos y otros objetos que incluso pueden ocasionar accidentes, no se respeta la NOM-006-STPS-2014 (Establecer las condiciones de seguridad y salud en el trabajo que se deberán cumplir en los centros de trabajo para evitar riesgos a los trabajadores y daños a las instalaciones por las actividades de manejo y almacenamiento de materiales, mediante el uso de maquinaria o de manera manual), ya que no se cuenta con un documento o un manual de políticas y organización donde se determinen las estrategias adecuadas dentro del almacén. Esto trae como consecuencia pérdida económica, de tiempo y una mayor cantidad de movimientos innecesarios para la obtención del material de cada proyecto.

Lo antes mencionado impactará en las finanzas de la empresa y tendrá como resultado directo el rendimiento sobre la inversión y generación de utilidad, además de establecer políticas de control que permitan la correcta identificación de espacios y materiales.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta de reacomodo mediante el método ABC para la gestión de los materiales dentro del almacén general en la empresa.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar las características del material que se maneja en el almacén general.
- Clasificar el material mediante el sistema ABC de acuerdo al valor de la mercancía y facilidad de movimiento en el almacén general.
- Diseñar un layout en AutoCAD del reacomodo de los materiales dentro del almacén general.

El presente proyecto establece las actividades para realizar un reacomodo de materiales utilizando el sistema ABC, ya que actualmente en los racks se observa que se cuenta con la distribución correcta de ellos, para dicho reacomodo serán utilizados los vales diarios de consumo ya que en base a estos podemos saber cuál material es; consumible, consigna y de seguridad e higiene, ya estos representan el 80% de rotación dentro del almacén. Llevando a cabo estas estrategias desde el reacomodo se impactará de una manera directa en los tiempos de entrega en cuanto a material específico en cada proyecto y el tiempo de respuesta dentro del almacén, así como establecer las políticas de operación que sirvan como directrices en la organización del departamento.

TEORIA

Método ABC: De acuerdo a Morillo, se le llama así a este método para controlar el stock, sin embargo también se le llama análisis de Pareto, y se basa en el principio de la ley 20/80, es decir, el 20% de los productos de un almacén generan unas ventas de un 80%, el método ABC establece tres categorías de producto. (Murillo, 2015)

Por otro lado, el autor (Ballou, 2004), menciona que existe una desproporción entre el porcentaje de los artículos en el inventario y el porcentaje de ventas generado, y a esto se ha llamado en general "el principio 20/80", el cual sirve como base para la clasificación ABC de los artículos.

Sistema ABC

De acuerdo con el autor (Escudero Serrano, 2014), el sistema de clasificación ABC, conocido también como análisis de Pareto, se basa en el principio de la ley 80/20: << el 20% de los productos generan el 80% de las ventas >>. Aplicado este principio de las mercancías almacenadas, el 80% de la inversión en stocks está concentrado en el 20% de los productos, así pues, debemos establecer tres categorías de productos (A, B, C) y aplicar un tratamiento diferente a cada uno.

La clasificación ABC nos permite conocer los productos que generan mayor actividad; para ello se hace un análisis del stock total, utilizando variables como: existencias medias, frecuencias de salida, número de pedidos o volumen de ventas y se clasifican en tres categorías: Clase <<A>>, clase <>, clase <<C>>.

La clase A: está formada por el 20% de los artículos almacenados, pero su actividad es grande y representan el 80% de las salidas. Estos artículos se almacenan en la zona de alta rotación, para tener mayor acceso y realizar las entradas- salidas en menos tiempo.

La clase B: la forman el 30% de los artículos en stock, pero generan el 15% de la actividad que se realiza en el almacén. Este grupo de stocks se almacena en la Zona de media rotación, pues el número de salidas no es tan frecuente como los artículos de clase A.

La clase C: la componen el 50% de los productos, pero la actividad que mueven es muy pequeña, el 5% sobre el total. Estos artículos se almacenan en la zona de baja rotación, pues no se precisa gran accesibilidad. (Escudero Serrano, 2014)

Entonces podemos establecer en base a lo anterior que es una herramienta de control de inventarios que permite hacer una relación entre, el precio unitario y su demanda, con el afán de determinar el valor y priorizarlos en orden descendente. Se seleccionan de mayor a menor y su importancia será conforme al valor, ayudando a su administración y mejorando la toma de decisiones.

En el caso de un sistema ABC, lo que se suele hacer es, definir como:

Clase A: es el porcentaje de (productos) que representa el 80% de los resultados, Clase B: es el porcentaje de (productos), sin considerar la clase A, que representa el 15% de los resultados restante. Clase C: el resto del porcentaje de (productos) sin considerar las clases A y B que representará el resultado restante: el 5%.

Cuando se tienen muchas referencias es fundamental definir un ABC de manera que:

Las referencias A que producen el 80% de las líneas de salida estén en lugares de rápida y fácil (ergonomía) accesibilidad. (Por ejemplo, estanterías dinámicas con Pick-to-light). Las referencias B, accesibilidad media. Las referencias C, suelen ser un número muy alto que solo produce el 5% de las salidas y que se suelen poner en una zona aparte, con estanterías convencionales de picking (minimizando la inversión) y donde lo que se suele buscar es minimizar el espacio ocupado (LRM Consultoría Logística, 2010).

PARTE EXPERIMENTAL

En las siguientes Tabla 2, ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y Tabla 3 se muestra la clasificación de la mercancía de acuerdo a la frecuencia de consumo (vales de consumible), mediante el método ABC, es decir, el material con mayor frecuencia (Clase A), material con frecuencia (Clase B) y material con poca frecuencia (Clase C) así como material de tornillería y material sobrante fueron clasificados de acuerdo con su consumo y de esta manera se tiene un control en el almacén

Tabla 2 - Materiales clase A

Imagen	Producto	Imagen	Producto
	FIBRA VERDE SCOTH BRITE		BROCASIERRAS BIMETALICAS IRWIN 1" y 5/8
	MARCADOR ROJO MARKAL		AVELLANADOR 1/2" y 3/4" SURTEK
	MARCADOR VERDE MARKAL		ROLLO DE EMPLAYER
	MARCADOR AZUL MARKAL		BROCHA 1" Y 2"
	BROCASIERRAS BIMETALICAS IRWIN 2"		CINTILLO NYLON NEGRA 2.4 X 10 CMS
	BROCASIERRAS BIMETALICAS IRWIN 1 1/2"		CINTILLO NYLON NEGRA 3.6 X 20 CMS
	BROCASIERRAS BIMETALICAS IRWIN 1 1/4"		CINTILLO NYLON NEGRA 3.73 X 30 CMS
	DECAPANTE UTP		DISCO LAMINADO 4 1/2X7/8 IN GRANO 120 MARCA AUS
	WD40/ANTIOXIDANTE		DISCO DESBASTE A. INOXIDABLE DE 4 1/2"
	CINTA TRANSPARENTE		CINTA MASKING 2" 3M

Tabla 2- Materiales clase B

Imagen	Producto	Imagen	Producto
	MANDRIL CORTACIRCULO BIMETALICO 3/8" Y 7/16"		BROCA CENTRO N°3
	CERAMICA PARA FILTRO DEL N°6		CLAVIJA 220V
	CERÁMICA PARA FILTRO DEL N°5		MORDAZA DE 3/32
	CERÁMICA PARA FILTRO DEL N°7		BROCA DE CENTRO #5
	BOQUILLAS N°5		PORTA JABONSILLO
	BOQUILLAS N°6		PORTA MORDAZA 3/32
	BOQUILLAS N°7		GIS DE JABON PARA SOLDADURA
	CRISTAL PEQUEÑO TRANSPARENTE PARA CARETA		DISCO DE FIBRA FINO AZUL 4-1/2 X 7/8 " AUS
	CRISTAL PARA CARETA SOMBRA 11		DISCO DE FIBRA MARRÓN 4 1/2 X 7/8" AUS
	CONTACTO 110		HOJA DE LIJA NEGRA 220
	GLÁNDULA M16		HOJA DE LIJA ROJA 120
	GLÁNDULA M25		GLÁNDULA M20
	MATERIAL NEUMÁTICO		CLAVIJA 110
	MATERIAL ELÉCTRICO		

Tabla 3 - Materiales clase C

Producto	Imagen	Producto	Imagen
	SOLDADURA E-6010S		FUSIL 500 A 250V
	SOLDADURA PUNTA NARANJA		BURIL IZQUIERDO DE PASTILLA 1/2
	SOLDADURA NARANJA 6010		REGULADOR DE ARGON C/FLUJOMETRO FLAME TECH
	DISCO PARA MINI SUHNER A54		ANTORCHA TIG 200 AMP 25 FT FLEX C/VALV ENF/AIR 1 CABLE
	CARTUCHO DE ETIQUETAS		RUEDA FLAP 150X50X25.4 #80
	RUEDA FLAP DE FELPA CHICA		RUEDA FLAP DE FELPA 115X5X22.2
	TERMINAL DE OJILLO 6 STR		COLILLA LARGA PARA TIG TORCH
	TERMINAL PLANA 16-14		COLILLA CORTA PARA TIG TORCH

RESULTADOS

Al finalizar el proyecto de diseño de una propuesta dentro del área de almacenamiento de material con sus componentes físicos, se puede observar un acomodo completo de los materiales, organizados por tipología, esto permite un consumo efectivo debido a la certeza dentro de nuestro inventario y una reducción de tiempo de traslado del material.

La propuesta de un diseño, mediante un sistema ABC para el acomodo del material, nos permite el control de entradas y salidas de material, también nos permite reducir tiempos y eliminar movimientos innecesarios, como lo muestra la Figura 8



Figura 8 - Almacén después de la implementación del Sistema

El reacomodar el material trajo beneficios para la empresa, comenzado por la identificación del material dentro del almacén y la cantidad con la que se cuenta.

Gracias a estos beneficios podemos concluir que el reacomodo de un almacén mediante la metodología ABC, puede generar una gran efectividad al disminuir tiempos, eliminación de movimientos innecesarios, por lo cual la correcta implementación de un sistema de acuerdo a las necesidades de nuestro almacén puede ser la diferencia entre ganar o perder.

Aunado a esto, se diseñó en AutoCAD un layout (Figura 9) del reacomodo de materiales del almacén general de la empresa, con la finalidad de denotar un orden y control en las instalaciones para todo el personal que está laborando en ella. En la

Tabla 4 y

Tabla 5, en donde se puede apreciar la ubicación del rack y el tipo de material que contiene.

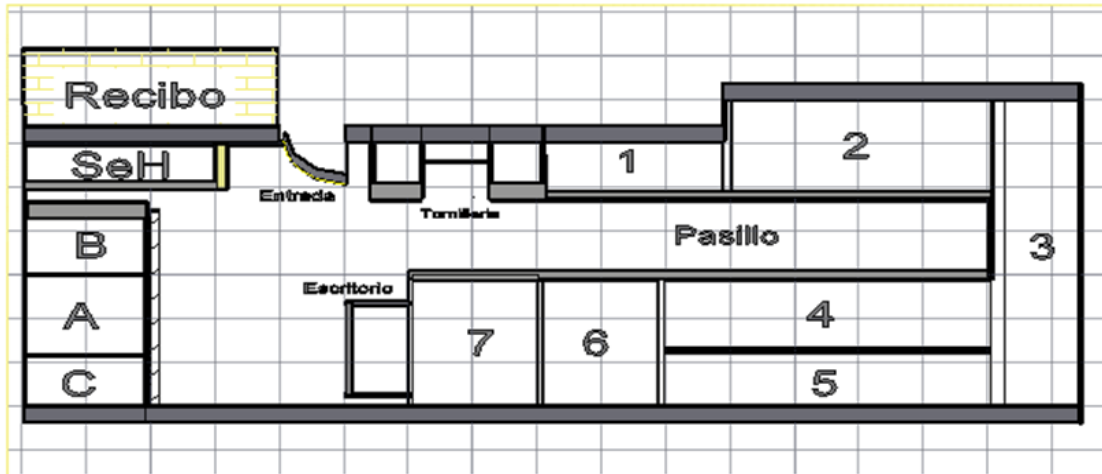


Figura 9 - Diseño del Layout con el reacomodo del Almacén General de la empresa manufacturera caso de estudio

Tabla 4 -Unidades de medida del Layout

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Layout del Almacén General de la empresa manufacturera			
Unidad		Nombre	Fecha
Mts.	Dibujado	J. Arreguin	08/05/2017
Escala	Revisado	C. Chacón	17/05/2017
1:1			

Tabla 5 - Identificación pos zonas establecidas en el diseño del almacén

Rack	Material
SeH	Material de Seguridad e Higiene
A	Material consumible clase A
B	Material consumible clase B
C	Material consumible clase C
Tornillería	Anaqueles de tornillería
1	Material para proyecto
2	Sobrante de material neumático
3	Mallas
4	Sobrante de material eléctrico
5	Sobrante de material mecánico
6	Material para proyecto
7	Material para proyecto
Recibo	Recibo de material

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para que el proyecto pueda generar mejores resultados en el control del material, se propone el uso de la tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia) y lectores tipo portales instalados en las entradas y salidas de los productos en resguardo dentro del almacén, se requiere que previamente sean instaladas las etiquetas RFID en el material, esto probablemente incremente el precio de los costos de operación, pero será un valor agregado.

El costo será mínimo comparado al beneficio que se pretende obtener, ya que proporcionará un control aún más eficiente de las salidas del material, ya que automáticamente se descontaran del inventario actual, aunado a esto se registrarán las entradas de material con menos tiempo de espera, registrándolas mediante el lector tipo portal instalado previamente en la entrada del almacén.

En base al desarrollo se puede concluir que el proyecto realizado dentro del almacén general de la empresa representó grandes beneficios para la operatividad interna del almacén, es decir, se lograron reducir los tiempos de respuesta y la mejor ubicación del material.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson.
2. Cantu, A. G. (2010). *ALMACENES. Planeacion, Organizacion y Control*. MEXICO: Editorial Trillas, S.A. de C.V.
3. Escudero Serrano, M. (2014). *Logistica de Almacenamiento*. Madrid: Paraninfo.
4. Ghiani, M., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to logistics systems, planning and control* . England: John Wiley and Sons.
5. Jose, E. S. (2014). *Logística de Almacenamiento*. Paraninfo.
6. Murillo, A. (2015). *Gestión de stock*. España: Paraninfo.
7. SISTEMASFIFOLIFO. (21 de Noviembre de 2013). *Administracion de la Produccion* . Obtenido de <https://sistemasfifolifo.wordpress.com/2013/11/21/ventajas-y-desventajas-de-la-herramienta-2/>

EL ABORDAJE DEL ABANDONO ESCOLAR DESDE EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EL ITESI

María Karla Fernández Santoyo, María Magdalena Carpio Hernández, Rosa Noemi Aldaco Linares.

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.

RESUMEN

El Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI) establece en su misión institucional el formar profesionales, generar investigación y ser un eslabón en la cadena productiva del país. Para ello, desde el Sistema de Gestión de Calidad al Proceso Educativo como el eje del sistema, al conocimiento generado en el egresado e investigadores como el producto generado y a la sociedad como el cliente externo. El sistema define como producto no conforme al estudiante que no culmina sus estudios o no cumple con los perfiles de egreso.

El abandono de los estudios es el principal elemento para el incumplimiento del Sistema de Calidad, llevando con ello a no atender la misión institucional y las finalidades sociales encomendadas a la Institución de Educación Superior.

Por atender la situación, se ha establecido el presente estudio cuyo objetivo del estudio determinar el impacto de las acciones correctivas y preventivas en la permanencia de los estudiantes de primer ingreso del nivel licenciatura del ITESI.

Los sujetos de estudio son los estudiantes de primer ingreso del Instituto. Se define como un estudio causal, prospectivo, cuasiexperimental y cuantitativo. Las técnicas utilizadas fueron herramientas de gestión de la calidad para la identificación de las fallas como el diagrama Ishikawa y entrevistas semidirigidas. El procedimiento de investigación consiste en la medición de la deserción en el año 2016, la detección de las fallas utilizando el diagrama de Pareto, seguido de estrategias de orden académico, vocacional y económico, y la medición de la deserción en 2017. El análisis de los resultados se realiza mediante estadística no paramétrica con chi-cuadrada en tanto la deserción y los motivos del mismo para verificar los cambios.

Como resultado se observa una disminución estadísticamente significativa de la deserción y de los motivos del mismo.

Se concluye que la detección de las causales de un producto no conforme, en este caso de los elementos académicos, vocacionales y económicos, con estrategias orientadas a esos elementos, se logra una disminución de generación de producto no conforme en la deserción primer año.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda el análisis del Sistema de Gestión de Calidad en una Institución de Educación Superior Pública, el caso ITESI. Este tipo de sistema es una herramienta utilizada en las organizaciones con el fin de alcanzar la misión y objetivos de la organización, evaluando cada una de las actividades realizadas durante el proceso.

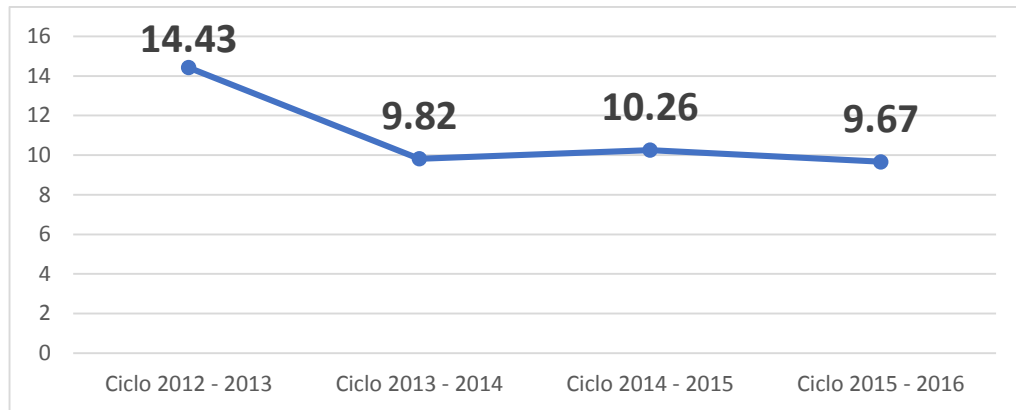
Una organización crece en la medida que se consolida su Sistema de Gestión, que ayuda a alinear esfuerzos hacia una misma dirección. En ITESI se ha detectado que el número de estudiantes desertores ha aumentado, lo que implica un incumplimiento de su misión y que refleja un área de oportunidad en el logro de la calidad en el proceso formativo.

Para abordarlo, es importante ubicar las causales que derivan en que un estudiante no culmine su educación profesional. Lo anterior, para definir acciones correctivas y preventivas, utilizando herramientas de Gestión de Calidad que disminuya la deserción de los estudiantes y aminorar su impacto en diferentes ámbitos como son el familiar, económico, social, cultural y personal.

El Sistema de Gestión de Calidad del ITESI tiene definido como su cliente a la sociedad, y como producto las competencias (conocimientos, habilidades y actitudes) generadas en el egresado que se pone a su disposición para favorecer un desarrollo económico y social.

En el Instituto se ha registrado en los últimos cuatro años el abandono baja y aumenta, sin tener una tendencia clara a su disminución, tal como se puede apreciar en la tabla 1, por lo que es relevante implementar estrategias de prevención del abandono escolar y establecer una tendencia a la disminución del fenómeno.

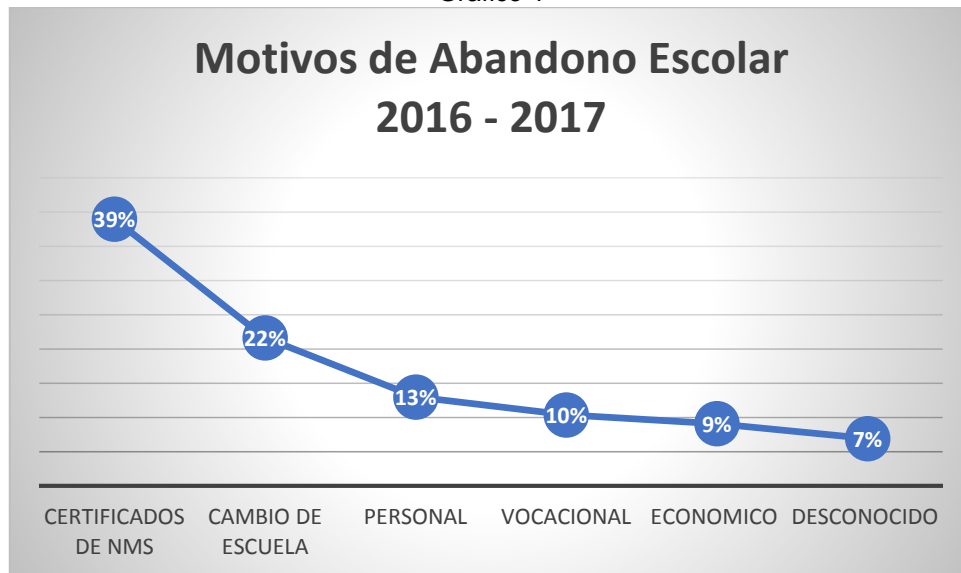
Tabla 1
Porcentaje de abandono escolar en estudiantes del nivel licenciatura del ITESI



Fuente. Dirección de Planeación y Evaluación ITESI

Para verificar las causas del fenómeno, se realizó un seguimiento de los motivos del abandono declarados por los estudiantes en las entrevistas realizadas por el área de tutorías del Instituto, en el gráfico 1 se presenta el resultado de los mismos, que reflejan como áreas de oportunidad lo relativo a la entrega de certificados de los estudiantes ante adeudos de asignaturas en Media Superior, los cambios de escuela por cuestiones de identidad institucional y percepción de prestigio de otras Instituciones y finalmente la cuestión personal y de vocación.

Gráfico 1



Fuente. Departamento de Tutorías ITESI

Con la información presentada, el Sistema de Gestión de Calidad instrumentó un conjunto de acciones para apoyar la retención de los estudiantes en el marco de reforzar la identidad e integración con el Tecnológico, apoyar los procesos vocacionales, mejorar el proceso administrativo de inscripción y reforzar la incorporación en programas de becas.

De acuerdo con lo anterior el presente estudio tiene como objetivo determinar el impacto de las acciones correctivas y preventivas en la permanencia de los estudiantes de primer ingreso del nivel licenciatura del ITESI. Se responderá para ello la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el

impacto de las acciones correctivas y preventivas en la permanencia de los estudiantes de primer ingreso del nivel licenciatura del ITESI?

TEORÍA

Calidad

La calidad es considerada como una cualidad innata, una característica absoluta y universalmente reconocida. Se considera trabajo de gran calidad aquello que está por encima de las modas, cuya imagen de calidad perdura en el tiempo. (1)

Para fines de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) se retoma la elaborada por Edward Deming, misma que la define calidad como “el grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo y que es adecuado a las necesidades de los clientes” (Edward Deming)

Desde esta perspectiva, implica la satisfacción de las necesidades de los clientes y aspirar a superar sus expectativas sobre un producto o servicio. (2)

Los SGC se fundamentan en una filosofía establecida por Deming que se resume en el mejoramiento de los procesos. La filosofía está descrita en catorce puntos, mimos que se enuncia a continuación:

1) Crear constancia en el propósito de mejorar el producto y el servicio, 2) Adoptar la nueva filosofía, 3) Dejar de depender de la inspección para lograr la calidad, 4) Acabar con la práctica de hacer negocios sobre la base del precio solamente. En vez de ello, minimizar el costo total trabajando con un solo proveedor, 5) Mejorar constante y continuamente todos los procesos de planeación, producción y servicio, 6) Instituir la formación en el trabajo, 7) Adoptar e instituir el liderazgo, 8) Desechar el miedo, 9) Derribar las barreras entre las áreas del staff, 10) Eliminar los “slogans”, exhortaciones y metas para la mano de obra, 11) Eliminar las tasas numéricas para la mano de obra y los objetivos numéricos para la dirección, 12) Eliminar las barreras que impiden a las personas sentirse orgullosas de su trabajo. Eliminar la calificación anual o el sistema de calificación de méritos, 13) Instituir un programa vigoroso de educación y auto-mejora para todo el mundo y 14) Poner a trabajar a todas las personas de la empresa para conseguir la transformación. (3)

El Sistema de Gestión de Calidad es un enfoque que permite la calificación, evaluación, auditoría, acreditamiento, certificación y homologación de sistemas, procesos, productos, laboratorios, pruebas y, en algunos aspectos, del personal. Se apoya en las aportaciones del aseguramiento de la calidad como la confiabilidad – mantenibilidad y el control estadístico de procesos.

La utilidad de un Sistema de Gestión de Calidad debe evaluarse atendiendo a los incrementos reales de seguridad, confiabilidad, reducción de fallas, satisfacción de necesidades y en función de la reducción de costos.

El SGC tiene los siguientes elementos: la estrategia organizacional, los procesos que marcan la ruta a seguir, las funciones y responsabilidades del recurso humano, un sistema de información y tecnología y el recurso humano definido en el organigrama.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha promovido el establecimiento de SGC. Para ello, elabora las normas internacionales a través de un comité técnico integrado por organizaciones internacionales públicas y privadas. La norma que establece las directrices del aseguramiento de la calidad es la ISO 9001, que se adopta por una organización que necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los legales reglamentarios aplicables; así como aspirar a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.

Abandono escolar y motivos

Se ha tratado de definir el abandono escolar como la salida del sistema escolar por aquellas personas que no han podido resolver sus problemas, de diversa naturaleza, y que debido a ello optan o deciden de ese modo. (5)

Diferentes fuentes expresan que existen diversos motivos para que se presente el fenómeno, como se mencionan a continuación:

1. Personales: uno de los principales problemas que anteceden el abandono es la baja motivación; asimismo, se consideran que las personas que abandona las instituciones educativas es porque no quieren o no les gusta estudiar; para Álvarez (2009), Balfanz y Mac (2007), Zúñiga (2006) y Espindola y León (2002) la reprobación de asignaturas es uno de los principales factores asociados

causas y consecuencias de abandono escolar, la Secretaría Educación Pública (SEP) (2012) enfatiza que el principal factor es que el discente se convierta en padre o madre.

2. Económicos: Diversas investigaciones concluyen que, el factor económico derivado de la insuficiencia de ingresos en los hogares, es un factor decisivo para tomar la decisión de abandonar la escuela, para Valdez, et al. (2008) los factores económicos incluyen la falta de recursos para enfrentar los gastos de la asistencia a la escuela, por lo que se incrementa la necesidad de trabajar y por ende el abandono escolar.

3. Familiares. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación y la Cultura (UNESCO, 2010) han destacado que los factores familiares están relacionados con la falta de apoyo familiar para continuar estudiando por parte de padres y madres y otros parientes

4. Otros factores que se mencionan son: Sociales, Estereotipos de género baja asignación presupuestal para la educación pública (La UNESCO, 2008 y La OCDE, 2007), factores escolares como la insuficiencia de material académico, nivel cultural y origen étnico. (6)

MATERIAL Y METODOS

Los sujetos de estudio fueron 1221 estudiantes de primer ingreso de ITESI en el Campus Irapuato, que cursan las carreras de Ing. Industrial, Ing. Sistemas Computacionales, Ing. Electromecánica, Ing. Electrónica, Ing. Bioquímica, Ing. Materiales, Ing. Mecatrónica, Lic. Biología, Ing. Aeronáutica, Ing. Gestión Empresarial, Ing. Informática, Ing. Logística e Ing. Sistemas Automotrices. Es un estudio de tipo cualitativo, prospectivo, observacional, comparativo, cuasiexperimental.

Las técnicas utilizadas para la medición del abandono fueron las de seguimiento de trayectoria escolar, del cual se desprende el siguiente algoritmo:

$$\text{Deserción} = \frac{N^{\circ} \text{ de Inscritos Desertores}}{N^{\circ} \text{ de Inscritos}} * (100)$$

Adicionalmente, para la descripción del motivo del abandono, se utilizaron entrevistas presenciales o telefónicas semi – estructuradas con los estudiantes que manifestaban su deseo de retirarse de la Institución; o bien, que no se inscribieron al periodo escolar subsecuente al Instituto. La entrevista estaba estructurada en tres ejes: a) tiempo de haber dejado de asistir a la escuela, b) motivos de su retiro y c) actividades actuales que desempeña.

El procedimiento seguido fue inicialmente con la revisión de las causales de abandono escolar del 2016 a partir de los motivos que tuvieron los estudiantes de abandonar la institución, mismas que se agruparon en las categorías cambio de escuela, económico, vocacional, personal, certificado de nivel medio superior y desconocido. Posteriormente, se realizó un diagrama de Pareto para determinar las causas que se serían abordadas.

Habiendo definido las causales, se paso a definir las actividades preventivas y correctivas, las cuales se agruparon en tres líneas de acción las cuales consistieron en: 1. Fortalecimiento al apego e identidad institucional, como medio para reforzar la permanencia ante los cambios de escuela en instituciones afines, 2. Reforzar el sistema de becas institucionales y la vinculación con las instancias municipales, estatales y federales con mismos fines, y 3. Apoyar el aprendizaje de las competencias establecidas en el Programa Educativo, particularmente las de alta reprobación como son las materias de ciencias básicas y ciencias computacionales.(4)

De acuerdo con las líneas de acción, se han generado las siguientes acciones:

En cambio de escuela y cambio de carrera se llevan a cabo visitas domiciliarias verificando los motivos por los que se hace el cambio de Institución. Se ha actualizado un manual de inducción denominado Kit de Supervivencia y se tiene una jornada de manejos administrativos y normativos bajo casos prácticos y visitas guiadas en las áreas de atención.

Para abordar las situaciones socio – económicas se realiza un diagnóstico mediante la aplicación de encuesta socioeconómica en línea, que permite identificar a los estudiantes en condiciones de bajo ingreso y se les apoya mediante becas de inscripción, becas alimentarias y de manutención.

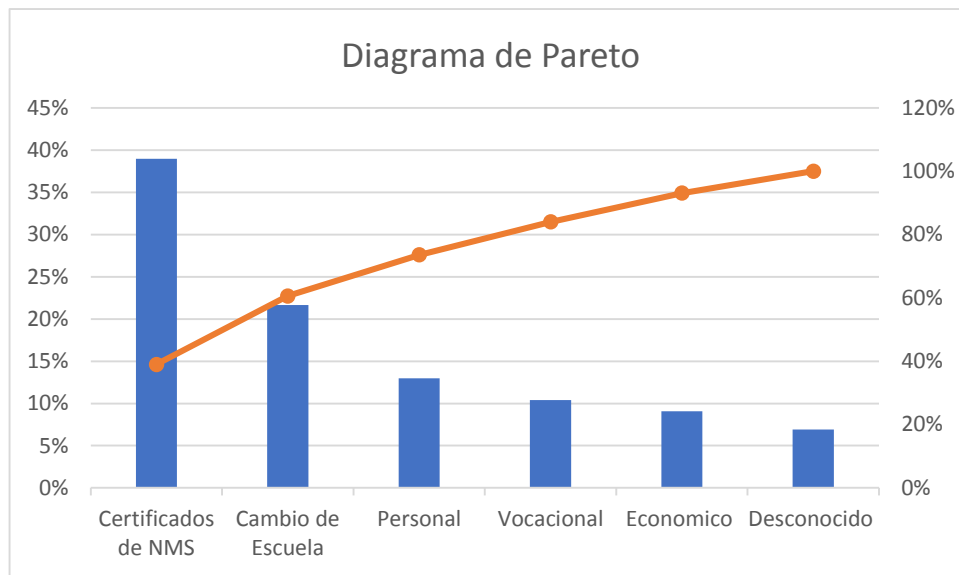
En el elemento vocacional se realizan evaluaciones vocacionales en el examen de admisión, se apoya en el cambio de carrera en vocaciones diferentes, se realiza un proyecto de vida y carrera incorporando elementos de programas especiales como movilidad y talentos con estudiantes de alto rendimiento y en situaciones que lo requieren se canaliza a atención psicológica.

El análisis de los datos se realizó con estadística descriptiva (frecuencias y porcentajes) para establecer, revisar el abandono y los motivos de este. Para revisar el impacto se apoyo con la prueba Chi cuadrada y con ello revisar la diferencia de estudiantes que abandonaron la institución en los años observados, se apoyó con el software SPSS v.21.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de este estudio. En el diagrama de Pareto (Gráfico 2), se puede observar que no poder entregar el certificado de media superior por adeudo de asignaturas y el cambio de escuela, este último referido a prestigio de otras instituciones y la identidad con la Institución son las prioridades a centrarse para elaborar las actividades preventivas y correctivas.

Gráfico 2



Posteriormente, se revisaron las diferencias de las categorías del abandono escolar, mismas que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1
Motivos de abandono de estudiantes de primer ingreso

	Año 2016		Año 2017		Chi cuadrado	gl	p
	f	%	f	%			
Certificados de NMS	90	39%	20	12%	8,17	5	0.00001
Cambio de Escuela	50	22%	47	28%			
Personal	30	13%	45	26%			
Vocacional	24	10%	21	12%			
Economico	21	9%	16	9%			
Desconocido	16	7%	21	12%			

Fuente. Directa

De acuerdo a lo presentado, se observa una disminución en lo que respecta a la no entrega del certificado de nivel medio superior y un aumento en cambio de escuela, personal y vocacional. Finalmente, se realizó el comparativo de los alumnos que abandonaron la escuela en el año previo (2016) y el obtenido en el año de la implementación de las estrategias (2017), cuyos resultados se presentan en la tabla 2. Se puede observar que aplicando la chi cuadrada, se presenta una diferencia

estadística entre los porcentajes, teniendo con ello que en el año 2017 se disminuyó la deserción en siete puntos porcentuales.

Tabla 2

	Año 2016		Año 2017		Chi cuadrado	gl	<i>p</i>
	f	%	f	%			
Permanecieron	890	79%	1051	86%	18,3974	1	0,00001
Desertaron	231	21%	170	14%			

Se encuentra entonces que logra identificar los elementos a atender en el Sistema de Gestión de Calidad, se diseñan las acciones preventivas y correctivas correspondientes. De la intervención a través del Sistema de Gestión de Calidad implicó un cambio en la configuración porcentual de los motivos de deserción y una disminución en el abandono escolar.

CONCLUSIONES

El abandono escolar es una situación latente que se vive en los diferentes instituciones educativas en México, abandonar los estudios más que ser una decisión personal es un problema que afecta a la sociedad en diferentes ámbito como el social, económico, político, cultural, y personal; es por ello que en los últimos años se han estado realizando acciones por parte del Estado con el fin de abordar el fenómeno desde diversas perspectivas.

Desde un Sistema de Gestión de la Calidad es importante generar satisfacción en el cliente, para el presente caso la sociedad a la que se le entrega egresado con conocimientos que pueden generar un desarrollo en sus personas, en la sociedad y apoyar en la economía insertándose en las cadenas de valor.

El presente ejercicio presento un abordaje de acciones preventivas y correctivas para incidir en el fenómeno.

Se observa que a través de las herramientas del Sistema de Gestión de Calidad se puede establecer los elementos a abordar y que a través de ello se diseñan las actividades preventivas y correctivas correspondientes.

El ejercicio manifiesta que se modifican los porcentajes de los motivos de abandono escolar, disminuyendo la no entrega del certificado de nivel medio superior y aumentado los cambios de escuela, personales y vocacionales.

Se presenta un impacto en la intervención de siete puntos porcentuales menores a lo del año anterior, por lo que se puede afirmar que las acciones correctivas y preventivas apoyaron a una modificación en el indicador de abandono escolar en ITESI.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sangüesa M., Mateo R., Ilzarbe L. Teoría y práctica de la calidad. Madrid España: Paraninfo Cengage Learning; 2006.
2. Alcalde San Miguel P. Calidad. 1ª.ed. Madrid España: Paraninfo; 2009.
3. Palacios J.L. Apuntes de calidad.1ª.ed. León, Gto; México: Instituto mexicano de normalización y certificación; 2004.
4. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Programa institucional para abatir la deserción y mejorar la eficiencia terminal 2017 ITESI. Irapuato: ITESI; 2017.
5. Rodríguez Lagunas, J., Leyva Piña, M.A. La deserción escolar universitaria. La experiencia de la UAM. Entre el déficit de la oferta educativa superior y las dificultades de la retención escolar. El Cotidiano 2007 [Internet]. -1;-1(-1):98-111. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32514212>
6. Ruiz-Ramírez R., García-Cué L., Pérez-Olvera M.A. Causas y consecuencias de la deserción escolar en el bachillerato: caso universidad autónoma de Sinaloa Ra Ximhai, vol. 10, núm. 5, julio-diciembre, 2014, pp. 51-74 Universidad Autónoma Indígena de México. El Fuerte, México

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN EL SISTEMA PRODUCTO BERRIES EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Miguel Ángel Alvarado Díaz¹, María del Socorro Carrera Negrete¹, Víctor Hugo De la Cruz Madrigal², María del Carmen Chacón Olivares¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, ²Universidad Politécnica Bicentenario

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en el ámbito Agroindustrial, particularmente en el Sistema Producto Berries incluyendo toda la cadena de suministro, desde proveeduría, producción, comercialización hasta llegar al consumidor final.

En los últimos años la producción y consumo de productos Berries ha incrementado exponencialmente, sin embargo, los costos de proceso y de control son bastante altos en comparación a otros Sistemas Producto, lo cual limita a que el consumo sea extranjero, cerca del 90% de la producción es exportada, lo cual conlleva otras situaciones como el ajustarse a normas nacionales e internacionales, mismas que no son de fácil comprensión para el grueso de los productores.

Por otro lado, la eficiencia de los procesos y el control de cada etapa en la cadena de suministro están ligadas con los niveles de desempeño. Las comercializadoras exigen altos estándares de control de inocuidad y certificación en procesos de flujo de información y de producto obteniendo con este estudio la afirmación de la gran necesidad de implementar sistemas de control simples y de fácil acceso que permitan la comunicación en tiempo real y generen información que sea transversal entre los participantes de toda la cadena de suministro.

Para llevar a cabo la investigación se diseñó un cuestionario con reactivos específicos por cada eslabón de la cadena de sumisitos, dando trazabilidad al sistema Producto Berries. Dicho cuestionario se aplicó a una muestra estratificada de la población total de productores, proveedores y comercializadores del Sistema Producto Berries en el estado de Guanajuato. Adicionalmente se realizó un compendio de información estadística, mediante la investigación de ciertas fuentes oficiales tales como INEGI, Cámaras de comercio y cámaras de agremiados en la región.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con ISO 9000 (2015) se define la trazabilidad para seguir el histórico, la aplicación o localización de un objeto, al considerar un producto o un servicio. La trazabilidad puede relacionarse con; el origen de los materiales y las partes, el histórico del proceso y la distribución y localización del producto o servicio después de la entrega. Bosana y Gebresenbet (2013) agregan que la trazabilidad es parte de la gestión logística que captura, trasmite la información requerida de un producto o servicio de todos los eslabones de la cadena de suministro para asegurar y controlar la calidad del producto en todo momento. FSA (2002) identifica tres características básicas en la trazabilidad de un sistema; 1) Identificación de unidades, lotes de todos los productos, 2) la información del producto o servicio de donde y cuando será trasladado y transformado. 3) mediante las tecnologías de información.

Argumentan Herrera et al., (2014) la falta de trazabilidad en los eslabones de la cadena de suministro genera pérdidas en la calidad del producto. Por lo tanto, el seguimiento y control en los procesos de almacenamiento y distribución de los productos Berries es primordial para garantizar la calidad de los mismos. En este sentido las tecnologías de trazabilidad permiten el control y seguimiento de los eslabones de la cadena de suministro. En este sentido Kher et al., (2008) efectúan un análisis de trazabilidad para garantizar la calidad del producto y cumplir con los requerimientos legales para incrementar la confianza de los clientes conectando a los proveedores y a los clientes.

Golan et al., (2014) establecen tres objetivos para utilizar la trazabilidad en el sistema; mejorar la gestión de la cadena de suministro, facilitar el rastreo de los productos agrícolas para asegurar la calidad, diferenciar los atributos de los productos agrícolas en el mercado. al cumplirse estos objetivos los beneficios son bajos costos de distribución, incremento en las ventas, menores reclamaciones del cliente y utilizarla como herramienta para mejorar la calidad de las materias primas.

En los mercados globales proponen Bertolini et al., (2006) la necesidad de monitorear los requerimientos del cliente final a través de la trazabilidad del sistema proporcionando la información desde el origen, procesos y usuario final para garantizar la seguridad y la calidad del producto. En consecuencia, Thakur y Hurburgh, (2009) proponen un análisis de trazabilidad utilizando las tecnologías de la información esenciales para compartir las responsabilidades en toda la cadena de suministro.

Beulens et al., (2005) mencionan la importancia que tiene la trazabilidad en la cadena de suministro para transparentar la información que comparten del producto o proceso entre las partes interesadas y así evitar los retrasos y distorsión de la misma, con esta medida se monitorea la calidad de la información para optimizar la cadena de suministro.

TEORÍA

Para entender el contexto teórico de lo abordado en el presente artículo, se mencionan las definiciones de los puntos centrales del mismo. Según el diccionario de Logística, La Cadena de Suministro es un conjunto de actividades de una organización destinadas a satisfacer la demanda de productos y servicios, desde los requerimientos iniciales de materias primas e información hasta la entrega final al usuario final y la recuperación de los residuos que hayan podido generarse en el proceso. (Soler, 2008)

Sistema de Trazabilidad, es un conjunto de disciplinas de diferente naturaleza que, coordinadas entre sí, nos permiten obtener el seguimiento de los productos a lo largo de cualquier cadena del tipo que sea. (Ciarrusta, 2015)

Si entendemos como trazabilidad un conjunto de procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto, o lote de productos a lo largo de la cadena de suministro, en un momento dado y a través de unas herramientas determinadas. (Ciarrusta, 2015)

Evaluación del desempeño, Instrumento que se utiliza para comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos a nivel individual. (Barceló, 2017)

Sistema Producto, conjunto de elementos y agentes concurrentes de los procesos productivos de productos agropecuarios, incluidos el abastecimiento de equipo técnico, insumos y servicios de la producción primaria, acopio, transformación, distribución y comercialización. (SAGARPA, 2015)

Según SAGARPA en 2016 los frutos del bosque representaron el 2.15% del PIB agrícola nacional, con una producción de 390,239 toneladas y un crecimiento anual promedio del 21.8% durante el periodo 2003-2016. El 40.95% de la producción de frutos del bosque se destinan al comercio internacional.

Hasta el 2016 había 22,543 hectáreas de Berries en México de las cuales el 98.49% se encontraban mecanizadas y el 31.08% contaba con tecnología aplicada a la sanidad vegetal.

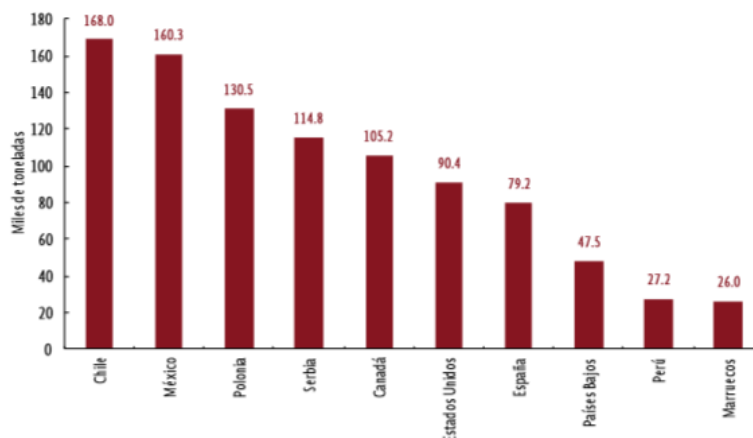


Figura1: Principales exportadores mundiales de frutos del bosque 2016.

Fuente: SAGARPA, 2017

México es el segundo lugar a nivel mundial en exportación de frutos del bosque con 160,300 toneladas, la brecha con el primer lugar es apenas de poco menos de 8,000 toneladas.

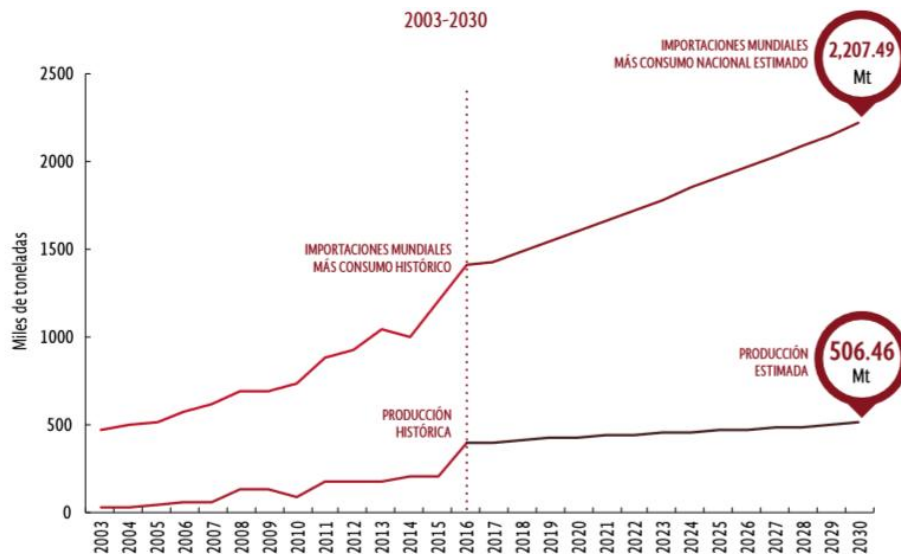


Figura 2: Consumo internacional-Producción nacional de frutos del bosque 2003-2030
 Fuente: SAGARPA, 2017

La estimación realizada para la producción nacional de frutos del bosque al 2030 es casi 4 veces menor a las importaciones mundiales más el consumo nacional estimado. Desde el 2003 la producción de frutos del bosque no logra cumplir con la demanda del producto. Según SAGARPA en 2016 las fresas representaron el 1.14% del PIB agrícola nacional y el 2.19% de la producción total de frutas nacional.

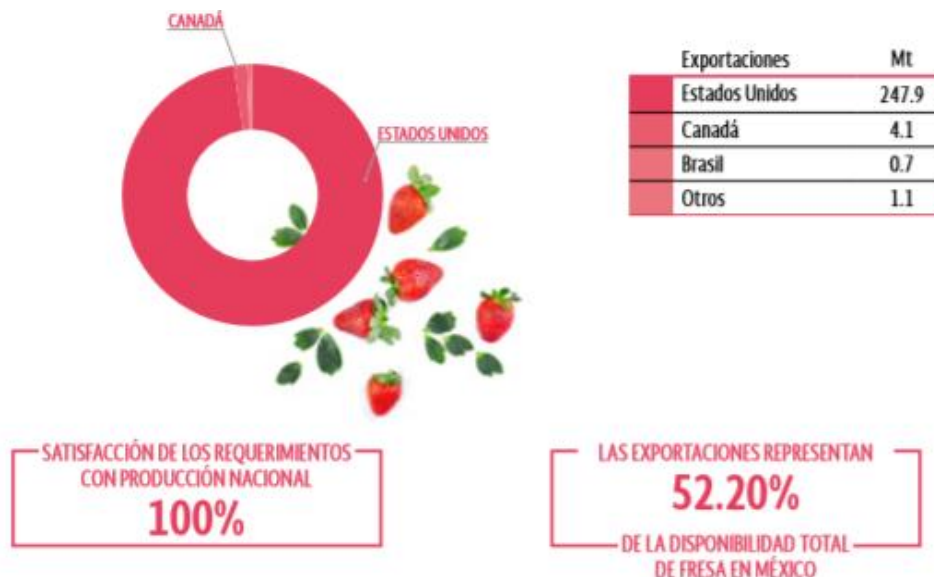


Figura 3: Destino de exportación de fresa 2016
 Fuente: SAGARPA, 2017

En 2016, la producción nacional pudo satisfacer el 100% de la demanda nacional. Además, el 52.20% de la producción nacional estuvo destinada a las exportaciones. Las principales exportaciones de fresa son realizadas por Estados Unidos con 247,000 toneladas y en segundo lugar Canadá con apenas 4,100 toneladas.



Figura 4: Principales exportadores mundiales de fresa 2016
Fuente: SAGARPA, 2017

En 2016 México fue el segundo país exportador de fresas a nivel mundial con la cantidad de 253,700 toneladas, la brecha con el primer lugar es de 90,500 toneladas.

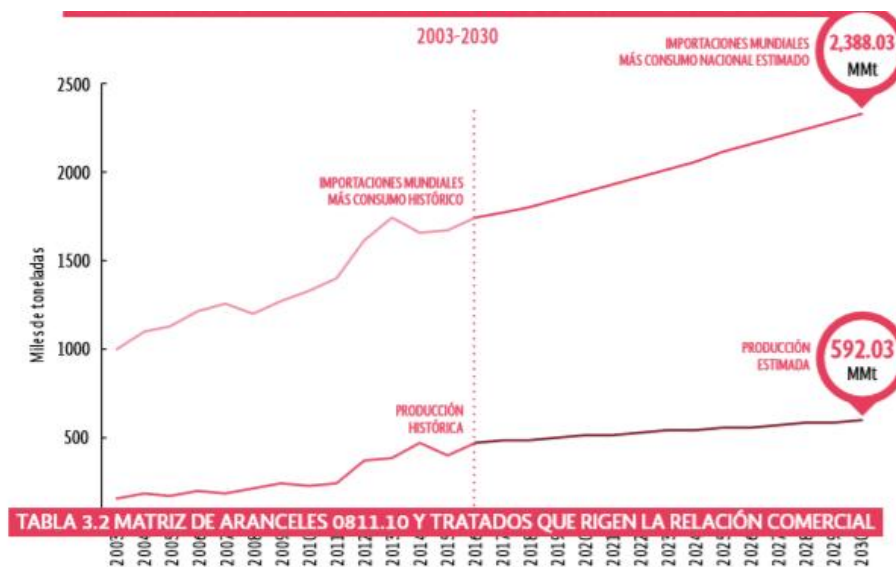


Figura 5: Consumo internacional- Producción de fresa
Fuente: SAGARPA, 2017

La estimación realizada para la producción nacional de fresas al 2030 es casi 4 veces menor a las importaciones mundiales más el consumo nacional estimado. Desde el 2003 la producción de fresas no logra cumplir con la demanda del producto.

En México existen 12 regiones potenciales y 3 estratégicas en la producción de frutos del bosque, estas cuentan con diferentes características que causan que cada una de ellas tenga áreas de oportunidad diferentes. Por ejemplo, en algunas regiones del país, SAGARPA propone programar la gestión poscosecha y asegurar la calidad e inocuidad para cumplir con los estándares internacionales e incrementar la competitividad actual. Guanajuato pertenece a la región 5.

Según la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 de SAGARPA, las principales áreas de oportunidad en la región 5 en la producción de frutos del bosque son:

- Impulsar la incorporación de buenas prácticas agrícolas durante cada etapa de la producción.
- Establecer áreas demostrativas con sistemas tecnificados de riego para capacitar a agentes técnicos en el manejo eficiente de agua.

En México existen 13 regiones potenciales y 5 estratégicas en la producción de fresas, estas cuentan con diferentes características que causan que cada una de ellas tenga áreas de oportunidad diferentes. Por ejemplo, en algunas regiones del país, SAGARPA propone fomentar la aplicación de estudios de mercado, buscando cubrir la demanda existente de una manera más eficiente. Guanajuato pertenece a la región 9.

Según la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 de SAGARPA, las principales áreas de oportunidad en la región 9 en la producción de fresas son:

- Promover la adopción de esquemas de asociatividad para realizar compras consolidadas de los insumos.

RESULTADOS

Se realizaron 60 encuestas a los productores de Berries en el Estado de Guanajuato para identificar si es que estos poseen los conocimientos necesarios en el área de cadena de suministro, así como el nivel de dominio en las terminologías y finalmente la viabilidad de implementar un sistema de evaluación del desempeño. Los encuestados pertenecían a diferentes sectores económicos, algunos trabajaban en la empresa y otros eran los dueños de la misma, los sectores económicos a los que pertenecían se encuentran en la siguiente figura:

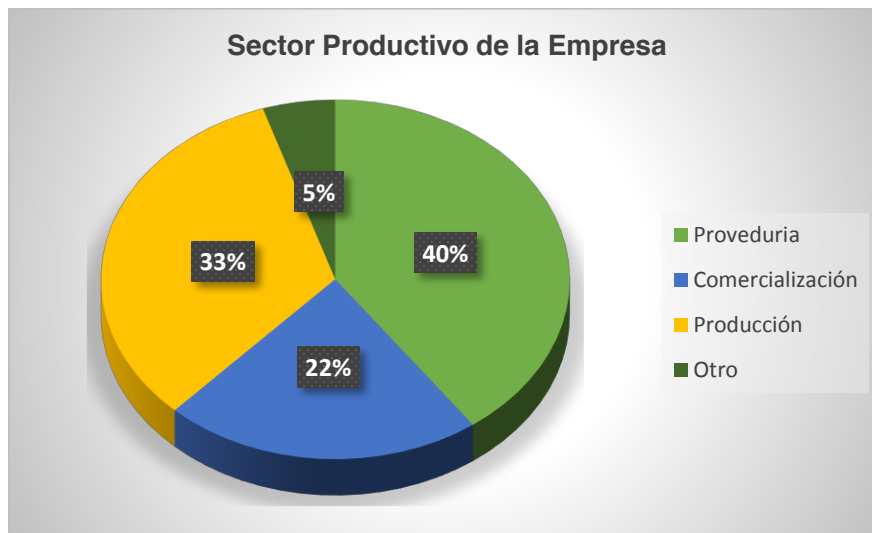


Figura 6: Sector productivo de la empresa
Fuente: Elaboración propia

El 40% de los encuestados trabajan en el área de proveduría, el 33% en el área de producción, el 22% en la comercialización de las berries, mientras que el 5% trabaja en otros campos.

En el estado de Guanajuato la producción de berries se divide en los siguientes frutos: fresas, arándanos, frambuesas, zarzamoras y otros más. A continuación se muestra una figura con el porcentaje en relación a los productores dedicados a cada fruto.



Figura 7: Producto con el que trabajan las empresas
Fuente: Elaboración propia

De las encuestas realizadas se obtuvo que 34 de los productores trabajan con la fresa, 23 con arándanos, 25 con frambuesa, 20 con zarzamora y 18 con otras frutas.

A los encuestados se les realizaron preguntas para identificar su nivel de conocimientos de la terminología relacionada con la cadena de suministro. Los resultados fueron los siguientes:

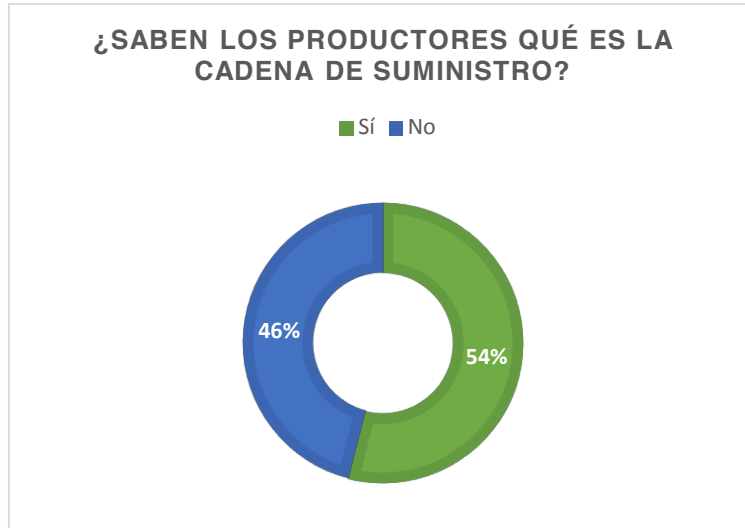


Figura 8: ¿Saben los productores qué es la cadena de suministro?
Fuente: Elaboración propia

El 54% de los encuestados respondió saber qué es la cadena de suministro, mientras que el 46% respondió desconocer el término.

Se preguntó también a los encuestados si sabían cómo se evalúa el desempeño de la cadena de suministro, ellos respondieron lo siguiente:



Figura 9: ¿Saben los productores cómo evaluar el desempeño en la cadena de suministro?
Fuente: Elaboración propia

El 54% de los encuestados saben cómo evaluar el desempeño en la cadena de suministro mientras que el 46% desconocen cómo hacerlo.



Figura 10: ¿Qué tanto conocen los productores acerca de la cadena de suministro aplicada al sector agroalimentario?
Fuente: Elaboración propia

Cuando se les pregunto a los encuestados que tanto conocen acerca de la cadena de suministro aplicada al sector agroalimentario el 48% respondió que ha escuchado hablar de ello, mientras que el 26% conoce mucho y el 26% no sabe nada acerca de ello.

Por último se cuestionó a los encuestados si conocían que era un sistema de trazabilidad, a lo cual el 52% aseguró desconocer la terminología, mientras que el 48% dijo conocer que es un sistema de trazabilidad.



Figura 10: ¿Saben los productores qué es un sistema de trazabilidad?
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Con la información recabada podemos concluir que en el estado de Guanajuato se tiene una tendencia de crecimiento en el sector Berries a la exportación, con esto validamos la necesidad de tener un control adecuado que permita la evaluación del desempeño en función de garantizar la inocuidad del producto. Sin embargo también podemos validar que los productores no tienen los recursos tecnológicos para garantizar la trazabilidad de manera efectiva dentro de la cadena de suministro, de aquí la relevancia del proyecto y la pertinencia para poder implementar diversas soluciones de fácil acceso, para tener el control y monitoreo del proceso, desde la adquisición de semillas, pasando por todos los procesos industriales y los distribuidores hasta llegar al consumidor final.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barceló, J. C. (11 de Mayo de 2017). *IMF Business School*. Obtenido de <https://www.imf-formacion.com/blog/recursos-humanos/evaluacion-desempeno/la-evaluacion-del-desempeno-laboral-y-la-gestion-de-rrhh/>
2. Baulens, A., Broens, D., & Hofstede, G. (2005). *Food Safety and Transparency in food chains and networks*. Food Control.
3. Bertolini., M. (2006). *FMECA approach to product traceability in the food industry*. Food Control.
4. Bosona., T. (2002). *Food traceability as an integral parto of logistics managements in food and agricultural supply chain*. FSA.
5. Ciarrusta, J. C. (14 de Abril de 2015). *Interempresas net*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/135851-Sistemas-de-trazabilidad-industrial.html>
6. Golan., E. (2004). *Traceability in the U.S*. Agricultural Economic Report.
7. Kher., S. (2010). *Experts' perspectives on the iplementation of traceability in Europe*. British Food Journal.
8. SAGARPA. (6 de Abril de 2015). *sagarpa.gob.mx*. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/Paginas/SistemaProducto.aspx>
9. Secretaría de Agricultura, G. D. (2017). *SAGARPA*. Obtenido de www.gob.mx/sagarpa
10. Soler, D. (2008). *Diccionario de Logística*. Madrid: MARGE BOOKS.
11. Thakur., M. (2009). *Framework for implementing traceability system en the bulk grain supply chain*. Journal Food Engineering.

HERRAMIENTA PARA ENSEÑANZA DE PARAMETROS D-H EN ROBOTICA

Arnoldo Fernández Ramírez, Roxana García Andrade, Armando Martínez Reyes

Instituto Tecnológico de Nuevo León

RESUMEN

En este trabajo se presenta un software interactivo que se utiliza como herramienta pedagógica-didáctica en la enseñanza de los parámetros de Denavit-Hartenberg modificados. Dichos parámetros son indispensables para el cálculo de la cinemática directa de robots manipuladores de n grados de libertad (GDL), en las diferentes materias del área de robótica. Se ha desarrollado esta herramienta debido a ciertos inconvenientes detectados en los procesos de enseñanza y de aprendizaje del modelado cinemático de robots. La enseñanza del funcionamiento de dispositivos que se mueven siguiendo leyes físicas, sin la posibilidad de contar con dichos dispositivos, es una problemática que se presenta con frecuencia. Las tecnologías de información y de comunicación (tic's) se presentan como ventajosos recursos para desarrollar estrategias que nos permiten la mejora de los procesos de enseñanza y de aprendizaje de materias con este tipo contenidos. En las materias de robótica se busca construir una estrategia de aprendizaje basada en la utilización de diversos recursos educativos desarrollados previamente en [8] y [9], además del presentado en este trabajo.

INTRODUCCIÓN

La simulación de sistemas físicos puede ser considerada como el proceso de representar sistemas reales, mediante la obtención e implementación de un modelo matemático, que permita representar el comportamiento de los sistemas reales y realizar experimentos [1]. La posibilidad de utilizar la simulación nos permite, por un lado, minimizar, por ejemplo, el costo, el tiempo invertido, el riesgo y por otro lado, resolver la problemática de enseñar el funcionamiento de dispositivos mecánicos o mecanismos aun cuando no se cuente físicamente con estos. La utilización de las tecnologías de información y de comunicación (TIC's) para obtener programas de simulación, representa un valioso recurso para desarrollar estrategias para la mejora del proceso de enseñanza y de aprendizaje de materias con contenido similar o afín.

El objetivo que se pretende alcanzar mediante la realización de experimentos utilizando la simulación de cualquier sistema, es el de poder observar su comportamiento o poder entender y evaluar diferentes estrategias de operación de dicho sistema, sin tener la necesidad de adquirirlo, construirlo o de experimentar con el sistema físico real. En una simulación por método analítico, se hacen suposiciones acerca del sistema y se derivan algoritmos y relaciones matemáticas para describir su comportamiento.

El presente trabajo presenta el desarrollo de una herramienta implementada en el software MATLAB, la cual es susceptible de ser usada como un recurso digital con una interfaz gráfica de usuario interactiva, que nos permita alcanzar el objetivo de facilitar el aprendizaje de los parámetros de Denavit-Hartenberg modificados. El aprendizaje de estos parámetros nos permitirá obtener el modelado cinemático directo de posición de un robot completo utilizando [9]. En el área de dibujo de la interfaz gráfica se puede visualizar un eslabón de un robot utilizando un esquema simplificado, utilizando líneas y cilindros en 3D.

A través de diferentes componentes de la interfaz gráfica, se puede modificar la representación gráfica, lo que es de gran utilidad para entender el significado de cada uno de los diferentes parámetros de Denavit-Hartenberg modificados. Nos permite, además, acrecentar el número de herramientas de aprendizaje disponibles para un laboratorio virtual en las diferentes materias de robótica en las diferentes carreras afines, además permitirá optimizar la comprensión por parte de los alumnos, de los aspectos teóricos.

Actualmente se pueden encontrar un gran número de aplicaciones de simulación de robots. En general se pueden notar grandes limitaciones debido a las licencias de uso y distribución [2, 3, 4], en otros casos no se tiene acceso a información no correcta o bien el código fuente no está disponible o incluso no es ejecutable [5, 6]. En [8] y [9] se presentan dos simuladores que son complementados con el desarrollo realizado en este trabajo. Uno de los objetivos adicionales del presente trabajo es de tener la posibilidad de hacer disponible tanto al enseñante como a los alumnos para que ellos

mismos puedan modificarlo según sus necesidades y aumentar las funcionalidades de base de esta herramienta.

Desarrollo de recursos educativo digital

Para la apropiación del conocimiento del modelado cinemático de robots, un requerimiento es entender los parámetros de Denavit-Hartenberg modificados. Se considera el robot más simple para modelar, el robot de 1 GDL. La modificación de algunos de los mencionados parámetros relacionados con la movilidad del único grado de libertad, dependiendo del tipo de movilidad, nos permitirá observar del comportamiento cinemático del robot.

Se parte de un modelo simplificado para representar un robot con 1 GDL o variables independientes, las cuales permiten posicionar u orientar elemento final del robot en posición posición u orientación deseada dentro de su espacio de trabajo. El modelo simplificado utiliza sólo líneas para representar los eslabones tanto móviles como fijos del robot y cilindros o cajas rectangulares para representar las articulaciones de revolución o prismáticas, respectivamente. Los cilindros se representan mediante prismas octagonales, cuyas facetas principales estas construidas con ocho vértices cada una. De esta forma para representar una articulación de revolución 16 vértices, son necesarios para definir las 10 facetas del prisma octagonal. Las cajas rectangulares se representan mediante prismas rectangulares, cuyas facetas principales estas construidas con cuatro vértices cada una. De esta forma para representar una articulación prismática 8 vértices, son necesarios para definir las 6 facetas del prisma rectangular. Los eslabones se representan de forma simplificada mediante líneas que unen los ejes de movilidad de cada par de articulaciones o entre la base y la primera articulación. La situación de un sólido en el espacio se define mediante la utilización de al menos seis variables independientes: tres para la posición y tres para la orientación. Se tienen seis variables independientes para cada eslabón libre en el espacio. El hecho de unir cada par de eslabones consecutivos mediante articulaciones de un solo grado de libertad, nos permite reducir la complejidad, al poder situar cada uno de los eslabones en el espacio mediante una sola variable, la variable articular, en el caso particular del robot considerado en este trabajo se tiene un eslabón móvil y uno fijo. A cada uno de los eslabones se une un marco de referencia, dicho marco nos ayuda a definir la cinemática, es decir la posición y la orientación, entre dos eslabones consecutivos. Cada marco de referencia se representa mediante tres vectores unitarios ortogonales con diferentes colores, rojo para el eje x, verde para el eje y y azul para el eje z, como se muestra en la figura 1. Para determinar la cinemática se utiliza el método modificado de Denavit-Hartenberg [7]. Este método, además de proporcionar una forma de describir la cinemática, también permite realizar la descripción el manipulador de una forma intuitiva. Otras metodologías, como el método convencional de Denavit-Hartenberg, el método de tornillos y cuaterniones existen, pero no se utilizan en esta herramienta.

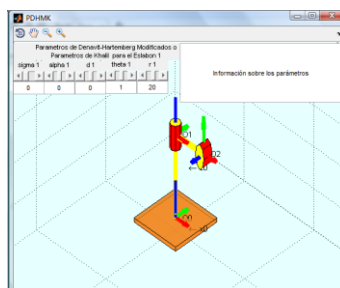


Fig. 1. Modelo simplificado de un robot de 1 GDL a partir de los parámetros de Denavit-Hartenberg modificados

La utilización del método de Denavit-Hartenberg modificado nos permite obtener la posición y la orientación relativa entre dos eslabones consecutivos, mediante cuatro parámetros definidos entre los marcos de referencia unidos a cada uno de los eslabones. Estos parámetros, para el primer par de marcos de referencia consecutivos, son:

- ₁ Angulo entre los ejes z₀ y z₁ alrededor de x₀.
- d₁ Distancia entre z₀ y z₁ a lo largo de x₀.
- ₁ Angulo entre los ejes x₀ y x₁ alrededor de z₁.

r_1 Distancia entre x_0 y x_1 a lo largo de z_1 .

Aquí notamos que el primer par de parámetros hacen referencia a la geometría del eslabón, el segundo par, hace referencia al tipo de movilidad del GDL de la única articulación del robot.

Con estas rotaciones y traslaciones se constituye la única matriz de transformación homogénea del robot de 1 GDL, utilizando la siguiente fórmula:

$${}^0_1T = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & d_1 \\ C\alpha_1 S\theta_1 & C\alpha_1 C\theta_1 & -S\alpha_1 & -r_1 S\alpha_1 \\ S\alpha_1 S\theta_1 & S\alpha_1 C\theta_1 & C\alpha_1 & r_1 C\alpha_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad 1$$

Donde C es la función coseno y S es la función seno.

En el simulador presentado en [8], se modela un robot Motoman K6SB de seis grados de libertad, utilizando solamente prismas rectangulares.

En [9], se modela el mencionado robot. El simulador consta de dos partes, una parte para introducir todos los parámetros y otra parte para visualización gráfica.

Los parámetros de Denavit-Hartenberg modificados para el robot de este trabajo se muestran en la Tabla 1. Los valores de parámetros aparecen por default al iniciar la herramienta, en la caja de edición correspondiente a cada uno de ellos.

Tabla 1. Parámetros de Denavit-Hartenberg modificados, para el robot de 1 GDL

Eslabón	α_1 (°)	d_1	θ_1 (°)	r_1
1	0	0	1	20

alpha 1	d 1	theta 1	r 1
0	0	1	20

Con estos parámetros, esta herramienta, determina la longitud de los eslabones, la arquitectura, la orientación de los marcos de referencia y la matriz de transformación homogénea, esta última expresada en forma numérica, es la siguiente:

```
T01: 4x4 double =
    1    0    0    0
    0    1    0    0
    0    0    1   20
    0    0    0    1
```

Esta matriz de transformación homogénea representa el modelo directo de posición, el cual es expresado en forma compacta como:

$$\mathbf{x} = \mathbf{f}(\mathbf{q}) \quad 2$$

Dónde:

\mathbf{x} es el vector de coordenadas operacionales que representa la posición y la orientación del eslabón final.

\mathbf{q} es el vector de coordenadas articulares que representa la configuración del robot.

El modelo directo de posición del robot de 1 GDL se expresa como:

$$\mathbf{f}(\mathbf{q}) = {}^0_1\mathbf{T} \quad 3$$

En forma numérica, el modelo cinemático directo de posición es la matriz de transformación mostrada previamente. Una vez que se determina el modelo cinemático de posición, se representa el robot en MATLAB.

La herramienta es simple y fácil de utilizar, sólo se tiene como entradas, los valores de los 4 parámetros de Denavit-Hartenberg modificados, los cuales se pueden modificar utilizando las barras de deslizamiento o las cajas de edición, dependiendo de qué parámetro se esté manipulando, la información correspondiente a dicho parámetro se muestra en el área de información sobre los parámetros. La funcionalidad de herramienta con diferentes valores de los parámetros se muestra en la figuras 2 y 3.



Fig. 2. Modelo simplificado robot de 1 DGL con diferentes valores del primer par de parámetros de Denavit-Hartenberg modificados

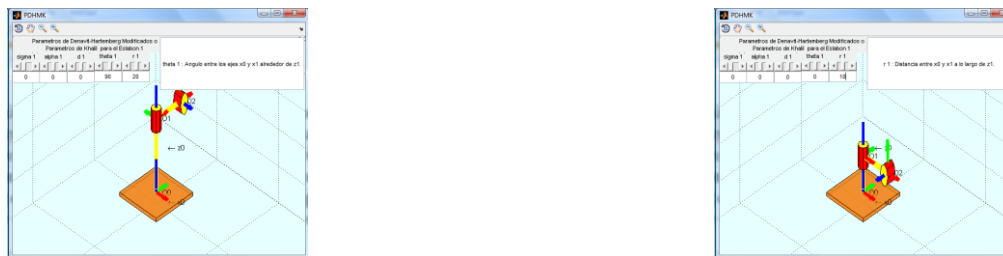


Fig. 3. Modelo simplificado robot de 1 DGL con diferentes valores del segundo par de parámetros de Denavit-Hartenberg modificados

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado una herramienta que permite la enseñanza de los parámetros de Denavit-Hartenberg modificados. Esta es complementaria a otros recursos educativos digitales desarrollados en [8] y [9].

Como plataforma de desarrollo de este trabajo se sigue utilizando el software MATLAB, debido a la rapidez en la creación de interfaces gráficas, las funciones matemáticas incluidas, las desarrolladas y la capacidad de la representación en 3D.

El efecto del cambio en cada uno de los parámetros de Denavit-Hartenberg modificados sobre un eslabón es visualizado gráficamente.

El desarrollo de esta herramienta nos permite contemplar la propuesta y ejecución de recursos educativos digitales en otras áreas de la robótica.

BIBLIOGRAFÍA

1. R. D. Smith, Simulation, cuarta ed. New York: Grove's Dictionaries, July 2000.
2. "Camelot-robot off line programming." [Online]. Available: <https://www.camelot.dk/>
3. "Easy-rob: 3d robot simulation tool." [Online]. Available: <http://www.easyrob.de/>
4. P. I. Corke, "A robotics toolbox for MATLAB," Robotics & Automation Magazine, IEEE, vol. 3, no. 1, pp. 24–32, Mar. 1996.
5. G. H. Salazar-Silva, J. C. Martinez-Garcia, and R. Garrido, "Enhancing basic robotics education on the web," in American Control Conference, 1999. Proceedings of the 1999, vol. 2, 1999, pp. 1470–1471 vol.2.
6. H. Morales and C. Cruz, "Edisim: editor y simulador de robots manipuladores," in 2o Congreso Nacional de Electrónica, Puebla, México, Sep. 2002.

7. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control, segunda ed. E.U.A.: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
8. E. Cuan Durón, A. A. Fernández Ramírez, E. Urquizo Barraza, "Desarrollo de un Recurso Educativo Digital de apoyo a la Materia de Robótica.", Tecnologías y Aprendizaje. Avances en Iberoamérica, Vol. 1, 2013, pp. 270-275.
9. E. Cuan Durón, A. Fernández Ramírez, E. Urquizo Barraza, "Recurso Educativo Digital para la Determinación del Modelado de Robots de 6 GDL.", Tecnologías y Aprendizaje. Innovaciones y Experiencias, 2014, 209-213

INMOVILIZACIÓN DE LA ENZIMA GLUCOSA OXIDASA EN NANOESTRUCTURA DE TiO₂ DOPADA CON Ni PARA USO DE BIOSENSOR

Ma. Guadalupe Garnica Romo¹, David Herrera Garcia², Maricela Villicaña Méndez³, Leandro García González⁴ y Laura Lorena Diaz Flores⁵

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ²Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH, ³Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, ⁴Centro de Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, ⁵Facultad de Ingeniería, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

RESUMEN

Se inmovilizó la enzima glucosa oxidasa en una nanoestructura de TiO₂ dopada con Níquel. La nanoestructura fue obtenida por medio del proceso sol gel. La enzima glucosa oxidasa (GLUOXI) se incorporó firmemente en la matriz nanoestructurada. Se realizó un análisis estructural y morfológico de esta utilizando técnicas de: difracción de rayos X y espectroscopía de IR; en los cuales refleja la presencia de óxido de titanio en la fase anatasa y titanato de níquel con tamaño de partícula nanométrico, dichas fases son ideales para que pueda ser inmovilizada la enzima. Posteriormente ya identificada la nanoestructura se inmovilizó la enzima en la matriz para poder ser usada como un biosensor de tipo amperométrico de TiO₂-Ni/GLUOXI el cual fue caracterizado por espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y voltimetría cíclica (CV). La determinación de glucosa se basó en la señal producida por la reducción electroquímica, el producto de la reacción enzimática, medido a 100 mV Ag/AgCl (3M NaCl) sin un mediador. Se demostró que TiO₂-Ni/GLUOXI aumenta la transferencia de electrones como mediadores y es capaz de transportar una mayor bioactividad debido a su área superficial intensificada. El biosensor basado en la inmovilización de la enzima mostró un buen rendimiento analítico en términos de rango lineal, sensibilidad y estabilidad.

INTRODUCCIÓN

Los azúcares o carbohidratos son parte importante para la vida de todos los seres vivos y cumplen diversas funciones, siendo la más importante la de fuente de energía. Existen muchos tipos de carbohidratos, que son generalmente comestibles, pero sólo pueden ser asimilados unos pocos que son componentes de los alimentos. Los azúcares más comunes son sacarosa, lactosa y maltosa, disacáridos que tienen en su estructura una o más moléculas de glucosa; éstos se encuentran en casi todos los alimentos de forma natural, pero, en la industria alimenticia son agregados a diversos productos, por ejemplo: mermeladas, jugos, dulces, postres, embutidos, etc. En la mayoría de las bebidas, dulces y energéticos éstos niveles son muy elevados, tanto que la normatividad de alimentos a nivel mundial ha obligado a las empresas a reducir y controlar estos niveles de carbohidratos por los riesgos a la salud que pueden causar, por ejemplo, obesidad y diabetes (Rodríguez- Burelo et al. 2014 y Aguilar et al. 2009)

Para medir el nivel de azúcar en un alimento existen diversos métodos tradicionales que tienen ventajas y desventajas entre sí, pero pocos son rápidos o económicos, razón por la cual, muchas empresas sólo miden azúcares en tres puntos durante el proceso de producción, y casi siempre son a las materias primas usadas, durante alguna fase de mezclado o adición y en el producto terminado. Las mediciones más rápidas se realizan generalmente usando refractómetros o usando equipos como espectrómetros que trabajen el rango visible, pero cada uno presenta alguna desventaja como costo, especificidad o sensibilidad.

Los biosensores son una opción viable para sustituir a los métodos y equipos que se usan actualmente, al ser precisos, confiables y de bajo costo. El óxido de titanio es uno de los materiales más estudiados debido a su estabilidad y sus propiedades fisicoquímicas, electroquímicas, fotocatalíticas y ópticas, las cuales se pueden modificar al dopar con otro elemento o compuesto, por ejemplo: cobre, hidróxido de níquel, tungsteno, nanotubos de carbón (NTC), bario, etc. De los diversos compuestos obtenidos por dopaje, el sobresale el grupo de las ilmenitas MTiO₃ que se obtienen al dopar el óxido de titanio con un metal (Fe, Ba, Au, Ni, etc.), siendo el titanato de níquel una de las más importantes debido a las propiedades que presenta (ópticas, electroquímicas, tribológicas y fotocatalíticas) se considera un material multifuncional (Chelliasami et al. 2017, Nabanita et al. 2015, Shokufeh et al. 2014, y Wan et al. 2012), que puede ser empleado en sensores, celdas de

oxidación, pigmentos, películas protectoras, catalizadores, etc. (Xiaonling et. al. 2013, Wan et. al. 2013).

La glucosa oxidasa está registrada bajo el código EC1.1.3.4 de acuerdo con la International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB), el número 1(EC 1) nos indica que la enzima pertenece al grupo de las oxidoreductasa, el segundo número (EC1.1) que pertenece al subgrupo que actúa sobre los grupos CH-OH de los donantes. Mientras que el número 3 (EC.1.1.3) indica que es del sub-subgrupo en el cuál el oxígeno es el aceptor. Finalmente el número 4 del código (EC 1.1.3.4) indica que fue la cuarta enzima en ser agregada a esta lista. En la actualidad la glucosa oxidasa es empleada con diferentes fines, entre los que se encuentran los biosensores confiables y económicos para diabéticos que miden el nivel de glucosa sanguínea, como aditivo en industrias manufactureras, fungicida, la determinación de glucosa libre en suero o plasma sanguíneo con finalidades diagnósticas, y monitorear los niveles de glucosa en procesos de fermentación, biorreactores, y niveles de glucosa en materia prima vegetal y productos alimentarios.

PARTE EXPERIMENTAL

Síntesis de TiO₂

La síntesis se realizó mediante el método sol-gel que consiste en un proceso de hidrólisis y condensación descrito de la siguiente manera para el óxido de titanio (Guzmán et al. 2007):

Dopaje del óxido de titanio con níquel

Para la síntesis del óxido de titanio con níquel, se siguió la metodología que se utilizó es modificada de la propuesta por Al-Shabander y Al- Ajaj 2016, y de lo realizado por Kharoubi et al. 2015. Los dopajes fueron de 2, 5 10% en peso respecto al titanio, como lo realizado por Wan et al. 2012. Las muestras se secaron a 100°C por 2 horas. Para la inmovilización de la enzima glucosa oxidasa se realizó en la nanoestructura.

Caracterización

La espectroscopia de IR se realizó en un equipo Vertex 70 empleando el equipamiento ATR para medir el TiO₂ resolución de 4cm⁻¹, tiempo de escaneo de 32 segundos, rango del análisis de 4700-340cm⁻¹ como lo han realizado Pecharromás et al. 2003 y Nolan et al. 2009 entre otros más.

La espectroscopía de difracción de rayos X se realizó en un equipo Bruker D8 Advance Davinci, que usa como fuente de radiación K- α con longitud de onda de 1.54nm.

Las pruebas electroquímicas de impedancia y batimetría cíclica se realizaron en un potencióstato marca Gamry.

RESULTADOS

Difracción de rayos X.

En la figura 1 se muestran los espectros de difracción de rayos-X para las muestras tratadas a 100°C, donde se muestra la presencia de TiO₂ en proceso de cristalización a su fase anatasa, así como la presencia de la fase brokita en menor medida, estas fases fueron identificadas con las fichas PDF 00-004-0477 TiO₂ Anatase, syn, PDF 00-003-0380 TiO₂ Brookite. Mientras que las muestras dopadas con níquel se puede apreciar una fase que corresponde NiTiO₃ la cual corresponde con la ficha PDF 04-010-7290 Titanium Nickel Oxide.

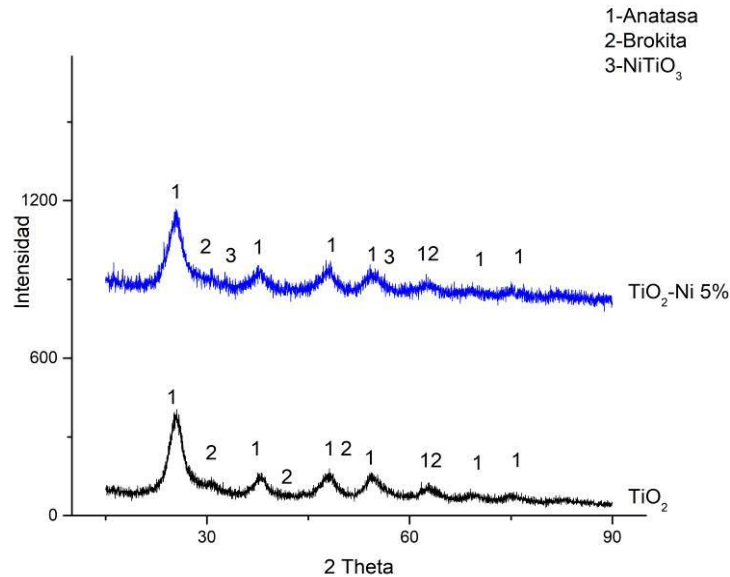


Figura 1. Espectro de difracción de rayos X muestras tratadas a 100 °C

En la figura 2 se presentan los espectros de las muestras en forma de sol para los distintos sistemas de dopaje de níquel 5%, presentan los modos de vibración correspondientes a los enlaces de Ti-O-Ti se localizan alrededor de 500 cm^{-1} , la banda que se manifiesta en 1010 se asocia a los enlaces Ti-O-C como lo describe Guzmán y colaboradores en 2007. Las bandas en 1556 y 1762 cm^{-1} indican enlaces C-N y las bandas en 1977 y 2025 cm^{-1} se relacionan a enlaces CH₂ y C-C respectivamente en base lo descrito por Skoog. Respecto a los enlaces de Ni-O, Ni-TiO₂ los autores G. Zhou et al. 2006 y H. Qiao et al. 2009 los reportaron, los relaciona con las bandas entre 500 y 700 cm^{-1} . Finalmente, Shabander et al. 2016 relaciona la banda de 1624 cm^{-1} con el enlace de Ni-O-Ti el cual se puede apreciar en la siguiente Figura 2.

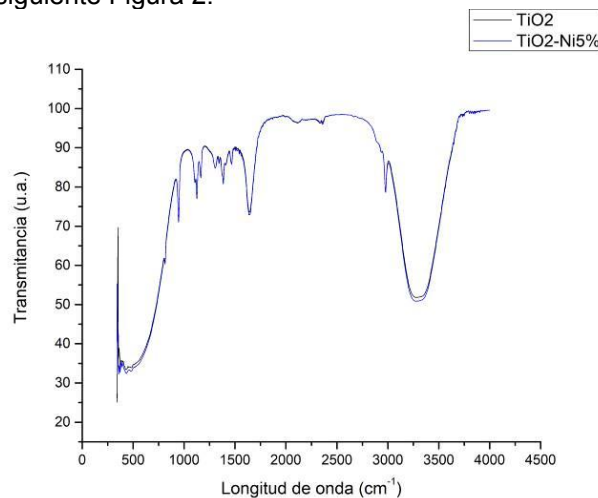


Figura 2. Espectro infrarrojo de soles de TiO₂ y dopajes de Ni

Cuando las muestras están en forma de polvos tratadas a 500 °C, las bandas en los espectros de infrarrojo obtenidos, que se localizan entre 450-800 y en 1630 cm^{-1} se asocian a los enlaces Ti-O, Ti-O-Ti y TiO₂ descrito por Zhou et al. 2006 y Shabander et al. 2016 como se puede apreciar en la figura 3. La banda que se aprecia en 2341 cm^{-1} fue descrito como característico para TiO₂ por Benavides et al. en 2011. Las bandas entre 1036 y 1069 cm^{-1} son asociados al enlace Ti-C, mientras

que los enlaces C-H₂ se localizan cerca del 1400 cm⁻¹ (Guzmán et al. 2007). Ni-TiO₂ los autores G. Zhou et al. 2006 y H. Qiao et al. 2009 los reportaron, los relaciona con las bandas entre 500 y 700 cm⁻¹. Finalmente, Shabander et al. 2016 relaciona la banda de 1630 cm⁻¹ con el enlace de Ni-O-Ti el cual se puede apreciar en la figura 3.

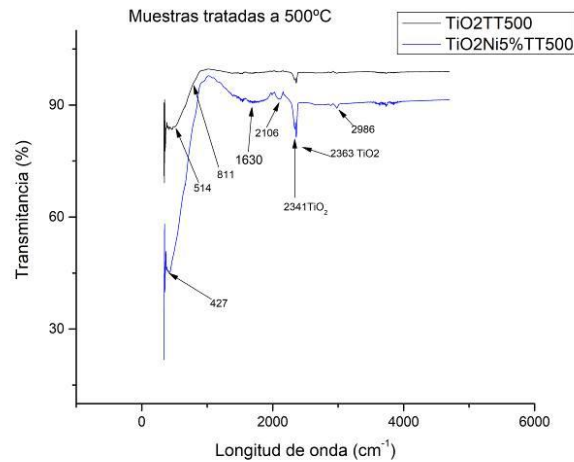


Figura 3. Espectro infrarrojo de polvos de TiO₂ y TiO₂ Ni 5% tratadas a 500°C

En la figura 4 se aprecia el espectro infrarrojo de la enzima glucosa oxidasa, donde las bandas más intensas corresponden a modos de vibración de grupos OH, y bandas de poca intensidad que corresponden a enlaces C-C. Las bandas características del TiO₂ y del NiTiO₃, anteriormente descritas, la cual corresponde a la enzima inmovilizada en los soles.

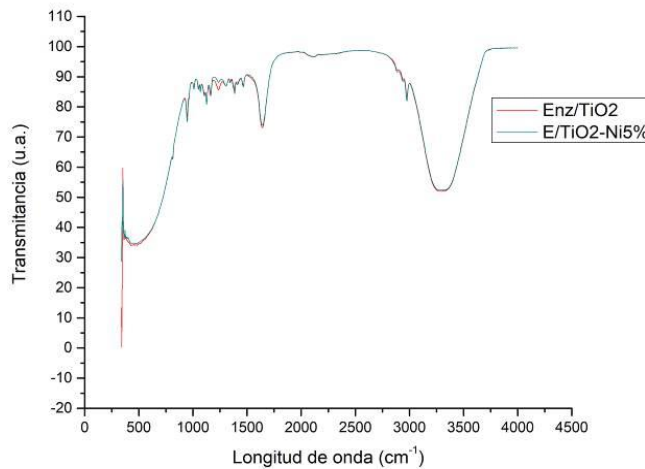


Figura 4. Espectro infrarrojo las muestras de TiO₂ y TiO₂ dopado con Ni 5% con enzima inmovilizada

Tamaño de partícula el análisis de tamaño de partícula realizado en isopropanol (figura 5) muestra que las partículas de TiO₂ presentan un tamaño mayor de 150 nm en cambio la muestra dopada con níquel 5% en peso tienen partículas de 0.49 nm.

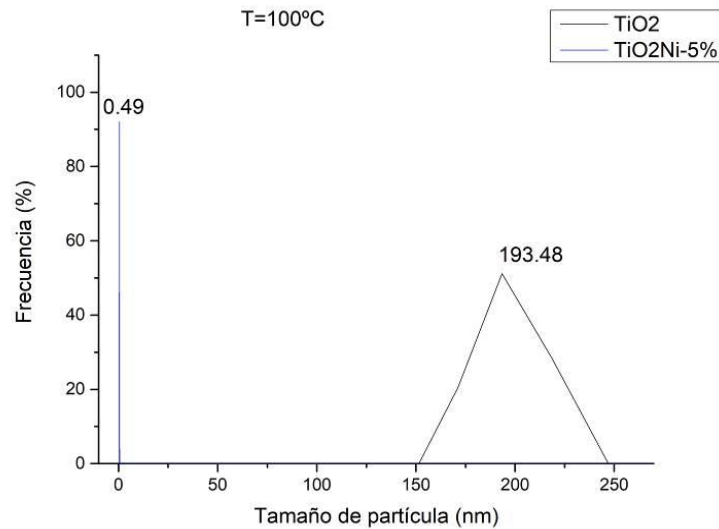


Figura 5. Distribución de tamaño de partícula de muestras de TiO₂ y dopadas con 5% de Ni en peso.

En las muestras tratadas a 500°C el tamaño de las partículas usando alcohol isopropílico como solvente se obtuvieron los siguientes valores: 218.6, y 0.38 nm para TiO₂ y TiO₂-Ni5% respectivamente (figura 6).

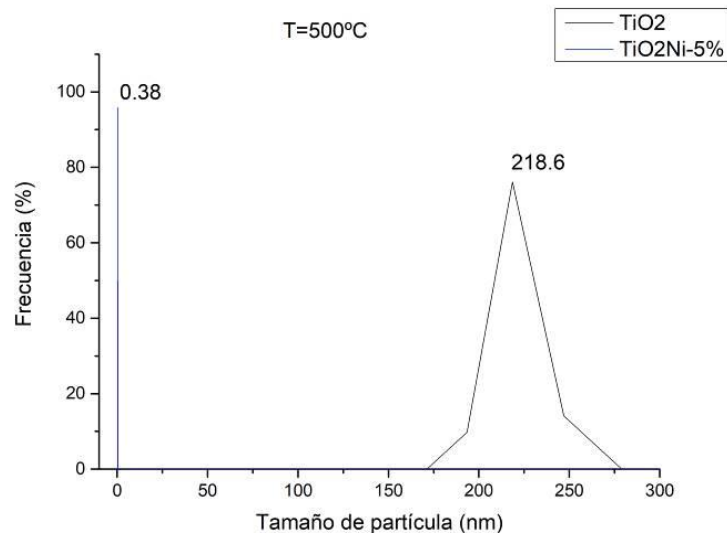


Figura 6. Distribución del tamaño de partícula para muestras tratadas a 500°C

La ecuación de Scherrer nos proporciona el tamaño de cristal de muestras dopadas se reduce al ser tratadas a 500°C como se aprecia en la tabla 1. Empleando el software DifracEva podemos calcular el porcentaje cristalino el cual se incrementa cuando las muestras son tratadas a 500°C como puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 6. Tamaño de cristal y porcentaje cristalino

Muestra	Tamaño de cristal (nm)	Porcentaje de cristalización
TiO ₂ a 100°C	1.53	52.6
TiO ₂ -Ni5% a 100°C	8.35	49.9
TiO ₂ a 500°C	9.51	83.6
TiO ₂ -Ni5% a 500°C	5.67	79.8

Por medio del uso de Voltimetría cíclica, se probaron los electrodos con enzima glucosa oxidasa inmovilizada en una solución de ferrocianato/ferrocianuro de potasio 0.1M para comprobar su respuesta electroquímica, a continuación en buffer de fosfatos se añadió alicuotas de glucosa y midió con cada electrode como se presenta en la figura 7.

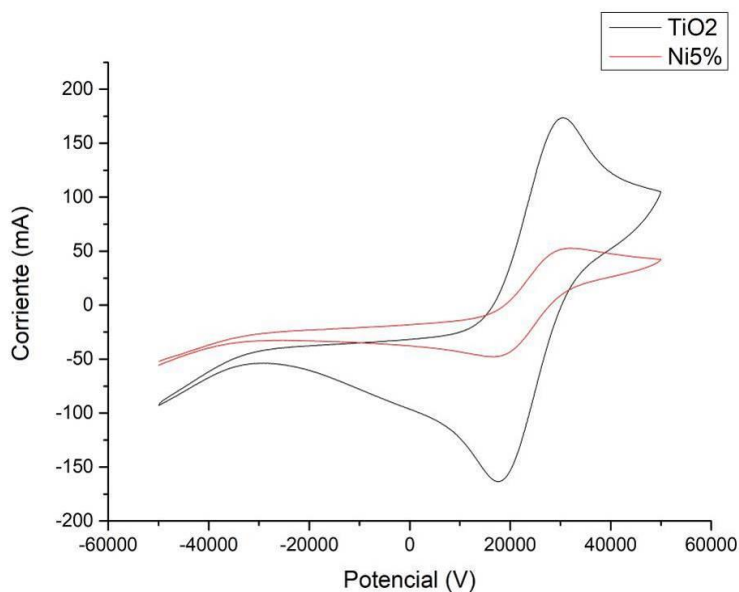


Figura 7. Voltimetría cíclica de la enzima inmovilizada en sol de TiO₂ y TiO₂ dopado con Ni

Impedancia

En la figura 7 se observa el diagrama de Nyquist para las películas de TiO₂ y TiO₂ dopado con Ni al 5%, en el que se aprecia una baja resistencia al paso de electrones, sin embargo la respuesta es lineal como si no existiera la película, lo que se puede deber a que el material conduce fácilmente los electrones.

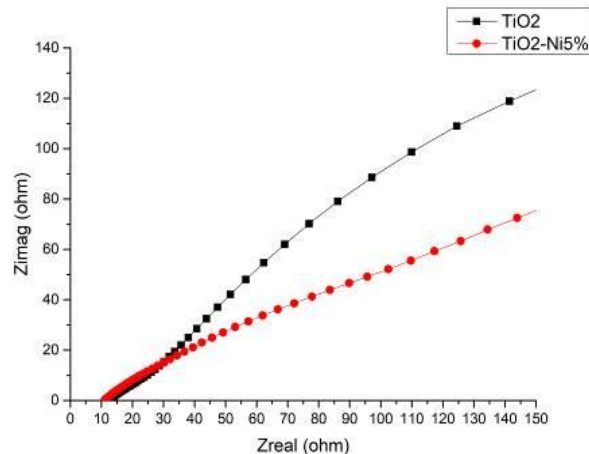


Figura 7 Diagrama Nyquist películas de TiO_2 y dopajes con Ni al 5%

CONCLUSIONES

La síntesis y dopaje del TiO_2 fue exitosa así mismo su caracterización mediante IR y DR-X, que nos indicó que el material dopado se trata de titanato de níquel y que el TiO_2 se encuentra en fase anatasa. El análisis de tamaño de partícula mostró que el material se encuentra en escala nanométrica, que se confirmó con a través de Scherrer. Las pruebas electroquímicas indicaron que el material sintetizado presenta baja resistencia a paso de electrones y que tanto los soles como la enzima inmovilizada si presentan respuesta electroquímica como se comprobó en con la voltimetría cíclica en solución redox. Los electrodos fueron sensibles y capaces de responder a las alicutas añadidas de glucosa, siendo el electrodo con película de TiO_2 dopado al 5% el que mostró mejor respuesta.

BIBLIOGRAFÍA

1. A.M. Guzmán, A. F. (2007). *REV. ACAD. COLOMB. CIENC.: VOLUMEN XXXI, NÚMERO 121*, 529-536.
2. Carlos Pecharromás, F. G.-E. (2003). Determination of texture by infrared spectroscopy in titanium oxide–anatase thin films. *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*.
3. Hausinger, R. P. (1993). *Biochemistry of nickel*. New York: Springer.
4. J. Benavides-Guerrero, M. B.-R.-A. (2011). Synthesis Of A Nanoceramic TiO_2 Matrix Reinforced With Carbon Nanotubes Using The Sol-Gel Technique. *Revista Colombiana de Física*, Vol. 43, No. 2, 490-493.
5. M Grujić-Brojcin, M. J.-M. (2005). Infrared study of laser synthesized anatase TiO_2 nanopowders. *JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS*, 1415-1420.
6. M. Teimouri*, P. A. (2012). Proceedings of the 4th International Conference on Nanostructures (ICNS4). *Synthesis of Nickel-doped TiO_2 nano crystalline by the sol-gel method and influence of ultrasonic irradiation for the photo catalytic degradation of Tartrazine dye*, (págs. 954-955). 2012, Kish Island, I.R. Iran.
7. Nolan, N., Pillai, S., & Seery, M. (2009). Spectroscopic Investigation of the Anatase-to-Rutile Transformation of Sol-Gel-Synthesized. *Material chemistry commons*.
8. Prasetyo Hermawan, H. D. (2011). PHYSICAL CHARACTERIZATION OF Ni(II) DOPED TiO_2 NANOCRYSTAL. *Indo. J. Chem.*, 135 - 139.
9. Vollath, D. (Segunda edición). *Nanomaterials an introduction to synthesis, properties and applications*. Wiley-VCH.
10. Xiaoling Li, J. Y. (2013). Nickel/Copper nanoparticles modified TiO_2 nanotubes for non-enzymatic glucose. *Sensors and Actuators B: Chemical 181*, 501– 508.
11. Yong Wan, Z. Xu, W. Chao & J. Zhang (2013). Sol-gel derived nickel-doped TiO_2 films as wear protection coatings. *Journal of Experimental Nanoscience*, Vol. 8, No. 5, 782–787

ANÁLISIS Y DISEÑO INVERSORES RESONANTES PARA LA TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD INALÁMBRICA

Mario A. Juárez; Hilary G. Reyes, J.M. Sosa; G. Vazquez.

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato mario.juarez@itesi.edu.mx

RESUMEN

Actualmente la transmisión de electricidad inalámbrica se está empleando desde la carga de teléfonos celulares hasta la carga de vehículos eléctricos. La transmisión de electricidad inalámbrica facilita la carga de las baterías de dichos elementos sin tener un contacto físico, esto es útil ya que pueden cargar sus baterías sin necesidad de un contacto físico.

Sin embargo la problemática de dichos sistemas de transmisión inalámbrica consiste en la baja eficiencia total de estos; es decir, solo aprovechan alrededor de 40-65% del total de la energía consumida. La eficiencia de este tipo de sistemas se reparte en el 1) transmisor, 2) la bobina receptora y transmisora, y 3) el receptor.

Para transmitir la electricidad se emplean inversores resonantes, estos conmutan a una alta frecuencia de entre 80kHz a 130 kHz para poder transmitir la energía, al operar a dichas frecuencia la eficiencia de los dispositivos semiconductores de potencia se ve reducido incrementándose las pérdidas por conmutación y de esta manera la eficiencia del sistema se ve reducida.

En este trabajo se propone el uso de inversores trabajando en el punto resonancia, se realiza un análisis comparativo de las eficiencias en las distintas configuraciones de tanques resonantes, el objetivo se enfoca en reducir pérdidas por conmutación en el apagado y de encendido de los semiconductores de potencia y teniendo como carga la configuración estándar Qi (bobina transmisora), empleando dicho tanque resonante las pérdidas por conmutación se reducen a las de pérdidas por conducción.

INTRODUCCIÓN

A partir de la década de los 80's el uso de dispositivos portátiles se ha incrementado de manera exponencial, los equipos de comunicación celular en año 2013 era de 2 billones [1], sin contar con los iPad o tabletas, los iPod o reproductores de música, así como ordenadores portátiles, etc. En su inicio la limitante de dichos equipos era su volumen y el poco rendimiento de las baterías. Las baterías de dichos equipos eran en sus inicios voluminosos y de poco rendimiento, ahora con los nuevos materiales (litio y sus derivados) estas han aumentado su capacidad y rendimiento con un volumen menor. Sin embargo, la capacidad de procesamiento de los equipos actuales es muy superior y aumenta año con año, debido a esto el consumo de energía de estos aparatos es alto y dependiendo de su uso, la batería puede llegar a durar algunas pocas horas. Debido a esto el usuario debe estar constantemente cargando su equipo.

Para solucionar el problema anterior, se está buscando soluciones donde la carga de estos equipos sea constante, sin conexión de cables, es decir de manera inalámbrica. En 2017 investigadores MIT, lograron transmitir electricidad inalámbrica a una bombilla de 60W a una distancia de 2 metros y con una eficiencia de 40% [2].

Para transmitir dicha energía se logra por medio de acoplamiento inductivo, el cual tiene el mismo principio que un transformador. Las ventajas de estos sistemas es eliminar fallas de los conectores mecánicos, alimentar múltiples cargas de bajo consumo. La industria de dispositivos portátiles está tratando de estandarizar dicha conexión inalámbrica para lo cual ha creado el estándar Qi.

Este estándar de interfaz es desarrollada por el Wireless Power Consortium para la transferencia de energía eléctrica por inducción, a distancias de hasta 4 cm [3]. El sistema de Qi comprende una plataforma de transmisión de potencia y un receptor compatible en un dispositivo portátil. Para utilizar el sistema, el dispositivo móvil se coloca en la parte superior de la almohadilla de transmisión de potencia, que lo carga a través de la inducción electromagnética.

El sistema de transmisión de potencia inalámbrica de las siguientes etapas 1) un bus de dc, 2) un inversor, 3) un tanque resonante, 4) bobina transmisora, el receptor consiste 1) bobina receptora, tanque resonante, 2) rectificador, 3) etapa de regulación de voltaje. Estas etapas se muestran en la siguiente Figura 1.

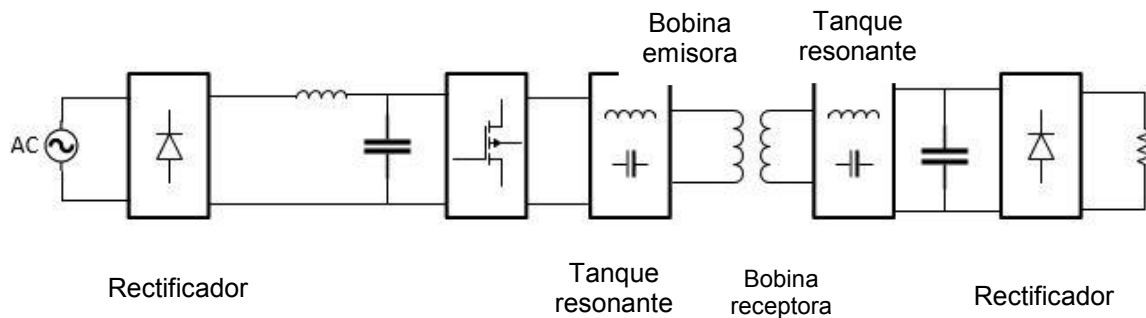


Fig.1 Sistema general para la transmisión de energía eléctrica inalámbrica

La etapa en transmisor de bus de CD, puede ser un rectificador, una batería o un panel que entregue una corriente directa, la segunda etapa consiste en inversor encargado de convertir la corriente directa en alterna y el sistema resonante consiste en transformar la señal de salida del inversor en una onda sinusoidal. El sistema utilizado para transferir la energía de manera inalámbrica está formado por una bobina emisora y una receptora.

Para generar la onda sinusoidal se emplean distintas configuraciones de tanques resonantes, pudiendo ser serie-serie, serie-paralelo (Figura 2).

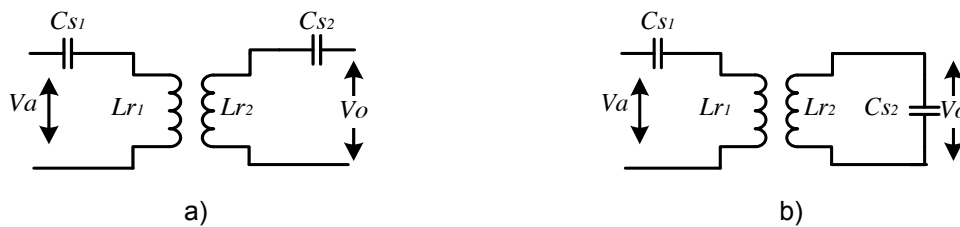


Fig.2 a) Configuración LC serie-serie, b) Configuración LC serie-paralelo

La eficiencia de este tipos de esquemas (Figura 1) es baja del orden de 30 al 40% [4], actualmente se están enfocando las investigaciones en aumentar dicha eficiencia. Las partes críticas del sistema donde la eficiencia es afectada se divide en dos: la eficiencia de la parte electrónica de potencia y de la parte de la generación del campo magnético [5], [6]. De manera particular se puede dividir como:

- a) Configuración del tanque resonante
- b) Técnica de conmutaciones en tanque resonante

Por parte de transformador

- a) El factor de acoplamiento
- b) Distancia entre receptor y transmisor

En particular y la parte donde se desarrolla esta investigación se basa en la eficiencia del inversor resonante, la cual está determinada por el encendido y apagado de sus interruptores, la mayoría de las pérdidas de energía ocurren durante la conmutación de sus interruptores. En las conmutaciones se tienen dos pérdidas: por conducción y conmutación, de estas dos en los sistemas de electrónica de potencia las pérdidas por conmutación son mayores.

En la Figura 3a se observa la conmutación cuando el tanque resonante tiene características inductivas, la corriente se adelanta en cada conmutación generando pérdidas de potencia durante del apagado del interruptor, en la Figura 3b el tanque resonante se encuentra en resonancia, la pérdidas de conmutación durante el apagado y encendido del interruptor son mínimas, de esta manera se consigue aumentar la eficiencia del sistema.



Fig.3 a) Conmutaciones en el tanque tipo inductivo b) Conmutaciones en resonancias

Cuando el tanque resonante se encuentra en punto exacto de resonancia, se debe de cumplir la siguiente condición.

$$X_Ls - X_{cs} = 0 \quad (1)$$

Esta condición en cuando la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva son iguales en magnitud. En este documento se muestra un estudio en términos de la eficiencia de un tanque Serie-Serie y un tanque resonante serie-LC-SP. En ambos casos se muestra el efecto del de la resonancia en la eficiencia del sistema.

Análisis de inversores resonantes serie-serie y serie LC-SP

a) Inversor resonante serie-serie

En la Figura 4 se muestra un Inversor resonante S-S, es importante establecer que los inductores QI son una estandarización para la transmisión de electricidad de vía inalámbrica, esto se compone de un inductor planar. Normalmente se coloca una hoja de ferrita para aumentar campo magnético. La especificación de potencia de para dicho estándar es de 5W, las bobinas pueden suelen estar separadas de 5mm hasta 40mm y el valor de sus inductancias es menor a 100uH [5].

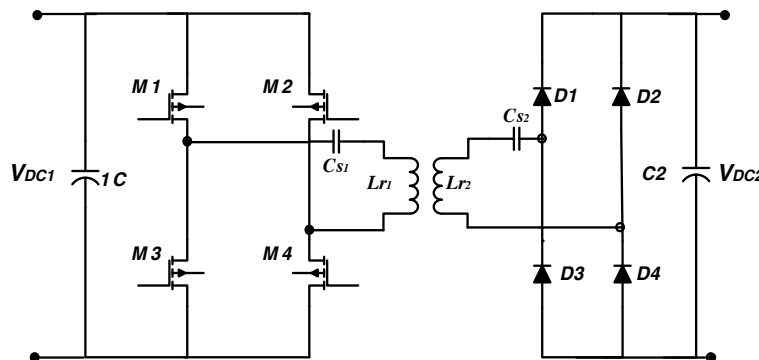


Fig.4 a) Circuito de trasmisión de la energía S-S

En la Figura 5 se muestra un inversor resonante S-S, adicionalmente se muestran las inductancias de dispersión, L_a y L_b , La inductancia magnetizante L_m , y donde C_{s1} y C_{s2} son las capacitancias series, el análisis se realiza sustituyendo el transformador por su circuito equivalente donde además se aprecian las resistencias parásitas de cada devanado.

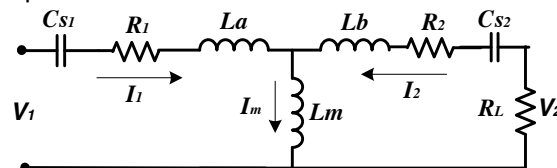


Fig.5 a) Circuito equivalente con sus inductancias y resistencias asociadas

De acuerdo al circuito equivalente se obtiene la siguiente ecuación:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j(\omega(L_a + L_m) - \frac{1}{\omega C_{s1}}) + R_1 & j\omega L_m \\ j\omega L_m & R_L + R_2 + j(\omega(L_b + L_m) - \frac{1}{\omega C_{s2}}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

De esta ecuación se obtiene la impedancia del circuito:

$$Z_{in} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{\omega^2 L_m^2}{j\omega(L_b + L_m) - \frac{j}{\omega C_{s2}} + R_2 + R_L} + j\omega(L_a + L_m) - \frac{j}{\omega C_{s1}} + R_1 \quad (3)$$

La eficiencia de dicho circuito es:

$$n = \frac{(\omega_r L_m)^2 R_L}{(R_L + R_2)[R_1(R_L + R_2) + (\omega_r L_m)^2]} \quad (4)$$

Con estas ecuaciones se pueden establecer la capacitancia C_{s1} y la inductancia de entrada L_1 , las cuales son las predominantes en sistema mientras que la eficiencia del sistema depende la resistencia de carga y de las resistencias parásitas.

a) Análisis del Inversor resonante serie-LC-SP

El inversor resonante serie-LC-SP tiene un capacitor en paralelo con la resistencia de carga, en este caso, dicho capacitor puede ser empleado como capacitor del rectificador, en la Figura 6 se observa el circuito equivalente.

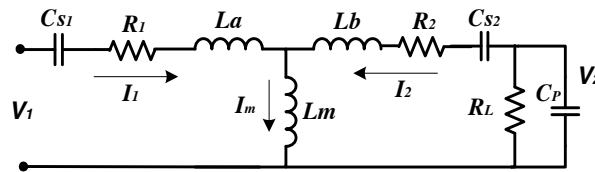


Fig.6 Circuito equivalente de inversor serie LC primario, LC-SP secundario

Se determina la impedancia de entrada de este circuito:

$$Z_{in} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{\omega^2 L_m^2}{j\omega(L_b + L_m) - \frac{j}{\omega C_{s2}} + R_2 + \frac{R_L}{1+j\omega R_L C_p}} + j\omega(L_a + L_m) - \frac{j}{\omega C_{s1}} + R_1 \quad (5)$$

La impedancia aproximada de dicho circuito es:

$$Z_{in} = \frac{\omega^2 L_m^2}{R_2} + R_1 \quad (6)$$

Como se puede apreciar en ambos circuitos se tiene que el tanque resonante serie (primario) es ideal para la etapa de transmisor, debido a que la impedancia del circuito receptor poco le afecta.

Diseño de los tanque resonantes LC serie y LC-SP

a) Diseño del circuito LC serie (primario).

El circuito resonante LC serie, debe de cumplir la siguiente condición:

$$XC_s = XL_s \quad (7)$$

Por lo tanto para trabajar bajo estás el diseño es sencillo, partir de a siguiente ecuación, se propone un valor de comercial del inductor Q_i y se obtiene el valor de capacitor:

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{CsLs}} \quad (8)$$

Se despeja el valor de Cs (capacitor en serie del primario)

$$Cs = \frac{1}{\omega_s^2 Ls} \quad (9)$$

Es importante cuidar el valor de las resistencias parásitas asociadas, ya que la ganancia de este tanque resonante depende de ellas, lo anterior es con el objetivo de no elevar demasiado el voltaje de salida.

$$V_o/V_i = M = \frac{XC_s}{R_p} \quad (10)$$

b) Diseño de tanque LC-SP

De acuerdo a la Figura 7 la carga es representada por R_L y R_p representa la resistencias parásitas.

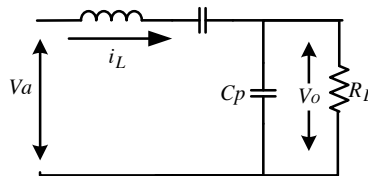


Fig.7 Circuito Tanque resonante LC-SP.

En la Figura 8 se muestran el circuito equivalente del tanque resonante LC- SP; donde X_{ce} y R_e representan las impedancias series equivalentes de la conexión en paralelo entre X_{cp} y R_L , y están determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$R_e = \frac{R_L X_{cp}^2}{R_L^2 + X_{cp}^2} \quad (11)$$

$$X_{ce} = \frac{R_L^2 X_{cp}}{R_L^2 + X_{cp}^2} \quad (12)$$

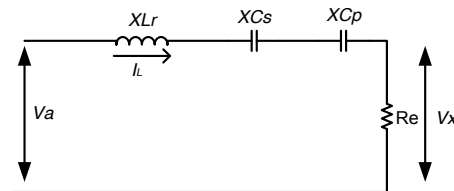


Figura 8 Circuito equivalente en estado estable.

Para este análisis el valor de la resistencia parásita R_p no es significativo, se obtiene la potencia que disipa de R_e y la cual se define de la siguiente manera:

$$P_L = \frac{1}{2R_e} V_x^2 \quad (13)$$

Donde P_L es la potencia de la carga. De acuerdo a la Figura 8 se obtiene la siguiente expresión:

$$V_x = \frac{R_e}{\sqrt{R_e^2 + (XL_r - X_{cs} - X_{ce})^2}} V_a \quad (14)$$

Donde V_a es el voltaje fundamental aplicado al tanque, V_x es el voltaje en la resistencia equivalente, sustituyendo (14) en (13) y despejando se obtiene:

$$(X_{Lr} - X_{Cs} - X_{Ce})^2 = \frac{V_a^2}{2P_L} Re - Re^2 \quad (15)$$

Aplicando la condición de ganancia máxima (14) en (15) se obtiene:

$$(X_{Cp} - X_{Ce})^2 = \frac{V_a^2}{2P_L} Re - Re^2 \quad (16)$$

Sustituyendo las expresiones de Re ecuación (11) y X_{Ce} ecuación (12) en la ecuación (16) y resolviendo para X_{Cp} se obtiene:

$$X_{Cp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{V_L V_a}{P_L} \quad (17)$$

De la definición del factor de calidad se obtiene la reactancia del inductor resonante:

$$X_{Lr} = QRe \quad (18)$$

La expresión para X_{Cs} se obtiene de la condición de ganancia máxima en el tanque LC-SP, ecuación (19)

$$X_{Cs} = X_{Lr} - X_{Cp} \quad (19)$$

Debido a que X_{Cs} debe ser mayor a cero ($X_{Cs} = X_{Lr} - X_{Cp} > 0$), sustituyendo las expresiones (11) (17) y (18) en (19), se obtiene:

$$Q_{\min} > \frac{2V_L^2 + V_a^2}{\sqrt{2}V_L V_a} \quad (20)$$

Simulaciones del sistema

Las especificaciones de diseño del balastro son:

- Potencia en salida $P_L = 10W$
- Tensión de salida $V_L = 12 V_{rms}$
- Resistencia de carga $R_L = 14.4 \Omega$
- Voltaje de entrada $V_{in} = 24$
- Valor de inductor primario = $24\mu H$

Con base en las secciones anteriores, el procedimiento de diseño se realiza en los siguientes pasos:

1. Fijar la frecuencia de conmutación

La frecuencia de conmutación debe ser superior a $20 kHz$, que es la mayor frecuencia audible y menor a $150 kHz$, debido a que en esta frecuencia se producen pérdidas por conmutación mayores en los interruptores. Por lo tanto, se ha elegido un valor intermedio de $85 kHz$.

2. Fijar el factor de calidad Q

El factor de calidad del tanque resonante debe ser mayor o igual al valor obtenido en la ecuación (20), para lograr un valor de ganancia adecuado. El valor de "Q" se escoge en función de obtener valores comerciales de los elementos resonantes.

3. Cálculo de los elementos del tanque resonante

Los valores del tanque resonante están determinados por las ecuaciones (7) a (10), y del secundario de la ecuación (11) a la (20)

Tabla 1 Valores de los tanque resonantes

Valores del primario	Valores del secundario
$L_1 = 24\mu\text{H}$	$L_2 = 22.9\mu\text{H}$
$C_1 = 146\mu\text{H}$	$C_2 = 5.1\mu\text{H}$
$R_p = 1.5\Omega$	$C_p = 157.6\text{ nF}$

CONMUTACIONES DURANTE EL APAGADO Y ENCENDIDO DEL SISTEMA

Para tener una alta eficiencia el sistema debe estar en resonancia, en la Figura 9, se observan las conmutaciones en el interruptor M1, el voltaje del interruptor corresponde a la onda cuadrada, y la corriente resonante que circula por es la forma semi-sinusoidal. Como se puede apreciar durante las pérdidas por las conmutaciones de apagado y encendido, son mínimas. Eso ocurre en los cuatro interruptores del sistema.

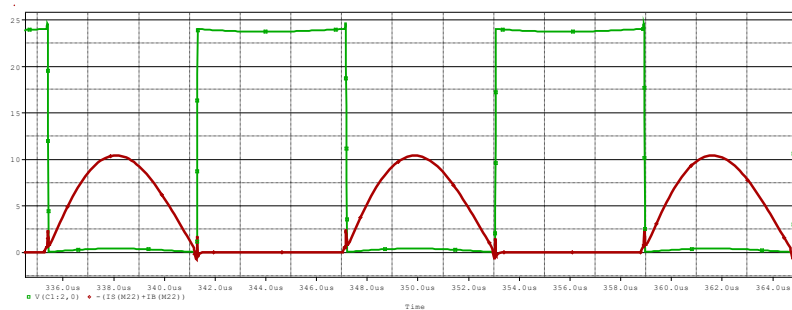


Figura 9 Conmutaciones durante el encendido y apagado.

Para estudiar el efecto de las conmutaciones en función de la inductancia magnetizante y su distancia entre las bobinas, se varía el Factor K, desde 0.8 a 0.3.

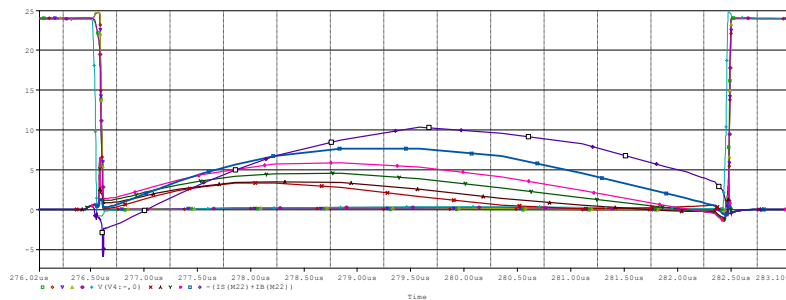


Figura 10 Conmutaciones variando el factor de acoplamiento

Como se puede apreciar en la Figura 10 al variar el factor K el sistema se mantiene en conmutación, y las pérdidas también resultan mínimas, el factor K depende de la inductancia magnetizante, de la distancia entre las bobinas y del tamaño de las mismas.

Por último en la Figura 11 se tiene el voltaje de salida con varios factores de acoplamiento el voltaje varía desde $29.5V_{rms}$ a un voltaje de $21V_{rms}$.

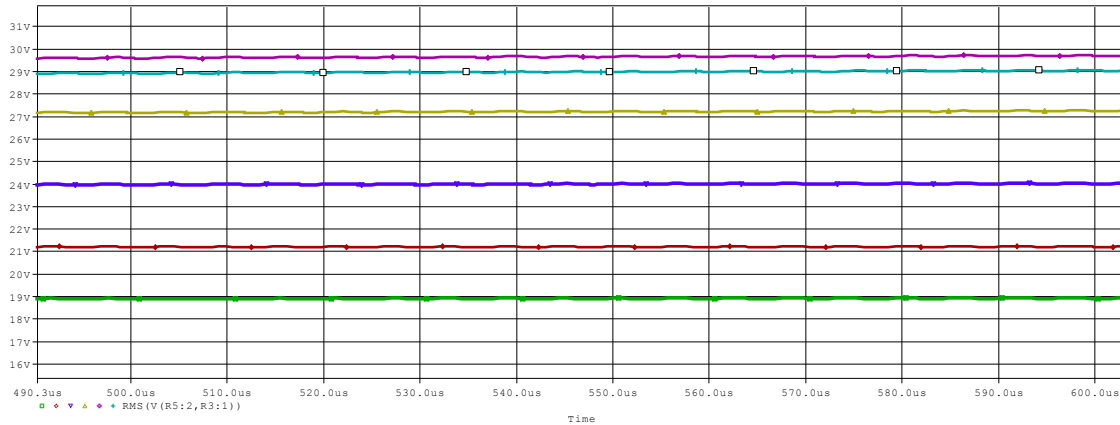


Figura 11 Voltaje de salida en función del acoplamiento K.

CONCLUSIONES

El diseño de tanque resonante es fundamental para la transmisión de energía, debido a que con la norma Q_i , el tamaño de las bobinas está ya definido. El estudio de las diferentes configuraciones de tanques resonantes es fundamental para establecer la mayor eficiencia del sistema.

El tanque serie LC muestra un buen comportamiento para la etapa de transmisor tal como se muestra en el presente artículo. El tanque resonante LC-SP tiene un buen comportamiento en términos de la resonancia cuando se varía su factor de acoplamiento, este efecto genera que se tenga una alta eficiencia en cualquier de los casos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Samsung y Apple lideran las ventas de móviles en 2013, <https://computerhoy.com/noticias/moviles/samsung-apple-lideran-ventas-moviles-2013-8864>, consultada en Mayo del 2018.
2. Wireless energy could power consumer, industrial electronics, <http://news.mit.edu/2006/wireless>, consultada en Mayo del 2018.
3. Eberhard Waffenschmidt, "Wireless Power for Mobile Devices" The International Telecommunications Energy Conference 2011, INTELEC 2011, 9 - 13 October 2011, Amsterdam, The Netherlands
4. Borong Hu, Li Ran "High Efficiency With Multi Load Wireless Power Transmission" Perm National Research Polytechnic University, 2015, Rusia
5. Wireless Power Coils WE-WPCC. http://www.we-online.com/web/en/electronic_components/produkte_pb/demoboards/wireless_power/wireless_power_1.php, consultada en enero del 2017
6. Jesús Martínez Vila "Transmisión de Energía Eléctrica Por Inducción Para Uso Doméstico" Trabajo final, Universidad Politécnica de Cataluña. 20/10/2016, Barcelona, España.
7. Boping, Yang ; Shuailin, Du ; Wenjie, Chen ; Chen, Deng ; Dehong, Xu "Optimal parameters design for series-series resonant converter for wireless power transfer" 2014 International Power Electronics and Application Conference and Exposition, 5-8 Nov. 2014, Shangai, China.

APROVECHAMIENTO DEL MATERIAL PET, MEZCLÁNDOLO CON CEMENTO, PARA LA CREACION DE MATERIALES DE COSTRUCCIÓN

Francisco Rodríguez Corona, Alexis Jesús Rodríguez Zamora, Sergio Hernández Corona, Rafael Garrido Rosado

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla

RESUMEN

La contaminación ambiental en México y en el mundo han ido aumentando en los últimos años, sobre todo de la resina plástica llamada PET (Polietileno Etilén Tereftalato), debido a su propiedades como liviano peso e higiene y al no transferir sabores a alimentos y bebidas ha tenido gran aceptación en la industria de botellas, en bebidas gasificadas, y productos alimenticios, formando una contaminación que va desde nuestras casas, calles, ríos y mares logrando dañar a nuestro ecosistema. Por lo tanto, este proyecto busca aumentar el aprovechamiento del material PET, mezclándolo con cemento para elaborar materiales de construcción como lo es tabla rocas paredes o techos, por lo que a través de una metodología y pruebas de laboratorio se llegó a las proporciones correctas de cemento con PET, para obtener un material liviano, resistente y funcional para la industria de la construcción.

INTRODUCCIÓN

Derivado de lo anterior es necesario realizar una investigación que nos ayude a disminuir el problema de la contaminación de nuestra región por lo que es necesario transformar el PET contaminante en Techos PET o tabla rocas que pueda aportar a la disminución de estos materiales contaminantes y contribuir de manera significativa positiva un buen impacto ambiental, económico y sustentable.

Es muy importante concientizar a la población del grave problema ambiental que se genera por el mal manejo de los desechos sólidos, y en particular por los materiales biodegradables; puesto que estos agudizan la problemática de contaminación. En este sentido se tiene que elaborar elementos constructivos utilizando las botellas de plástico como materia prima; que permitirían utilizar un material altamente dañino para el medio ambiente en una alternativa para elaborar materiales de construcción.

Esto hace que sea necesario comenzar a desarrollar materiales alternativos que bajen los costos de construcción y que permita por medio de ello dar una solución al problema medio ambiental, por lo que proponemos dar una alternativa de solución para el minimizar el impacto al medio ambiente, basándonos en la implementación de un concepto de reciclaje; que permita la creación y diseño innovador de algunos elementos de materiales de construcción.

TEORÍA

Planteamiento del problema.

Derivado de la existencia de una contaminación masiva a nivel mundial de la utilización de la resina plástica llamada pet (polietileno etilén tereftalato), se utilizó en forma masiva hasta llegar a un descontrol de este material, formándose una contaminación a nivel mundial, nacional, regional. esta problemática la observamos desde nuestras casas, calles, ríos, y mares logrando que nuestro ecosistema sea dañado de manera irreversible, al mismo tiempo se dice que debido a que se consume líquidos para saciar la sed, se ha visto en la necesidad de adquirir productos de botellas de plástico que llevan agua o algún refresco las cuales se adquieren en tiendas de autoservicio, centros comerciales o en cualquier tienda lo que se ha llevado a una contaminación ambiental de manera desmedida provocada por el hombre a nivel local, regional, estatal, país y a nivel mundial, de material pet (polietileno etilén tereftalato), el cual va en aumento día tras día.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y elaborar una tabla roca con el fin de beneficiar a las personas de bajos recursos de la sierra norte de Puebla a través del pet reciclado que contribuya a la mejora y sustentabilidad del medio ambiente.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Elaborar materiales de construcción con agregados de pet, con diversas proporciones de agregados plásticos.

Implementar diferentes técnicas para la realización de probetas para las pruebas respectivas.

Realizar pruebas de dureza a 6 tratamientos para ver cuál es el óptimo.

Realizar pruebas en diferentes regiones de la sierra norte de Puebla para verificar su durabilidad y aceptación.

HIPÓTESIS A INVESTIGAR.

H0: El pet combinado con cemento puede servir para la elaboración de material para la industria de la construcción.

Hi: El pet combinado con cemento no puede servir para la elaboración de material para la industria de la construcción.

DISEÑO METODOLÓGICO.

Esta investigación fue sometida a la siguiente metodología de investigación, las cuales son:

Investigación cuantitativa se utilizó este tipo de diseño por que se realizaron diferentes pruebas que nos arrojan datos estadísticos cuantificables.

Se aplicó un diseño transversal ya que se recolectarán los datos en un solo momento mediante diferentes pruebas de dureza y de trabajo en campo.

Se utilizó un enfoque exploratorio ya que se medirán diferentes variables en diferentes contextos.

PARTE EXPERIMENTAL**DESARROLLO.**

El primer paso consistió en la elaboración de las probetas mediante un molde de madera de 10 cm de largo x 10 cm de ancho x 2 cm de alto.



Figura no. 1. Probetas.

El pet que se utilizó es principalmente de botellas de refresco, el cual fueron de diversas modalidades como lo es: trituradas en diversos tamaños.



Figura no. 2. pet granulado.

Posteriormente se realizó la mezcla del pet y cemento bajo los siguientes parámetros mostrados en la siguiente tabla:

No.	CEMENTO	PET	TOTAL
	67%	33%	100%
1	167.5	82.5	250
2	167.5	82.5	250
3	167.5	82.5	250
4	167.5	82.5	250
5	167.5	82.5	250
TOTALES	837.50	412.50	1,250.00
	70%	30%	100%
6	175	75	250
7	175	75	250
8	175	75	250
9	175	75	250
10	175	75	250
TOTALES	875.00	375.00	1,250.00
	75%	25%	100%
11	187.5	62.5	250
12	187.5	62.5	250
13	187.5	62.5	250
14	187.5	62.5	250
15	187.5	62.5	250
TOTALES	937.50	312.50	1,250.00
	80%	20%	100%
16	200	50	250
17	200	50	250
18	200	50	250
19	200	50	250
20	200	50	250
TOTALES	1,000.00	250.00	1,250.00
	85%	25%	100%
21	212.5	62.5	250
22	212.5	62.5	250
23	212.5	62.5	250
24	212.5	62.5	250
25	212.5	62.5	250
TOTALES	1,062.50	312.50	1,250.00
	90%	10%	100%
26	225	25	250
27	225	25	250
28	225	25	250
29	225	25	250
30	225	25	250
TOTALES	1,125.00	125.00	1,250.00

El siguiente paso es pesar el material pet y cemento de acuerdo a las proporciones que se tienen en la tabla anterior para poder realizar la mezcla de estos dos componentes, tal como se muestra en la siguiente figura 3.

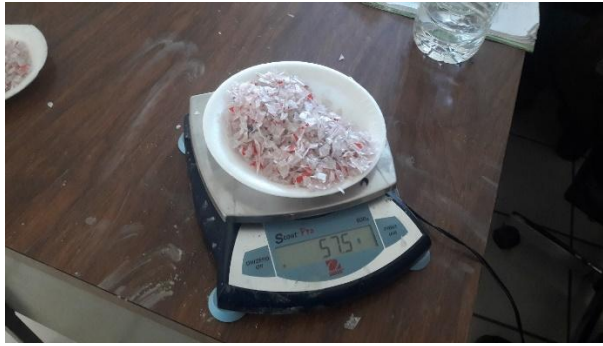


Figura no. 3. Pesado del material pet.

El siguiente paso consiste en la elaboración del material para la construcción mezclando el pet y cemento con las especificaciones de la tabla anterior antes mencionada y se vacía en las probetas de acuerdo con las especificaciones antes mencionadas, dejándolas secar con un tiempo por lo menos de 6 días, no sin antes marcarlas para poder diferenciales, este proceso se muestra en las figura 4,5.



Figura no. 4. Elaboración del material de construcción.



Figura no. 5. Elaboración y terminación de las probetas bajo las diferentes proporciones de los materiales pet y cemento.

Recolección de datos mediante diferentes instrumentos de medición en laboratorio.

El primer paso que se tiene que realizar en la recolección de datos es realizar el plan que consiste en cuestionarse las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las fuentes? Diferentes probetas de cemento y pet.

¿Dónde se localizan? En el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla.

¿A través de qué método vamos a recolectar los datos? A través de equipo de laboratorio como lo es:

Mufla

Mechero Bunsen.

Maquina Universal.

Balanza electrónica.

¿De qué forma vamos a prepararlos para que puedan analizarse? Matriz de datos.

Las variables a medir son: nivel de compresión en carga pico, nivel de compresión en probeta, exposición a la flama, temperatura de deformación.

Luego se realizaran las pruebas bajo las diferentes sistemas de medición y se recolecta la información, siendo la primera medición la mufla que consistió en colocar el material de construcción en el crisol y con mucho cuidado colocarlo en la mufla e ir observando en qué grado de temperatura se deforma la pieza.

La siguiente medición la realizamos mediante la maquina universal que mide la compresión carga pico en kilogramos y kg/mm^2 , el cual es un dispositivo en el que le introducimos la probeta en las mordazas para que posteriormente la maquina comienza a calibrar y someta a presión la probeta con una velocidad baja y al mismo tiempo comienza a enviar los datos en la computadora indicando el punto de ruptura, por lo que mostramos el nivel de compresión de cada una de las probetas con su correspondiente resultado, en las figura de la 6.



Figura no. 6. Prueba de compresión mediante maquina universal a la probeta a) de 67% cemento, con 33% pet.

RESULTADOS

Para el análisis de datos se optó por utilizar el método de ANOVA, esto con el fin de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

Análisis de ANOVA

Resumen del análisis de ANOVA. H_0 : Todas las muestras de las 6 pruebas son iguales entre sí.

H_1 : Por lo menos una de las seis muestras es diferente a las demás, como se muestra en la figura 7.

ANOVA unidireccional: T1, T2, T3, T4, T5, T6

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	5	0.0000315	0.0000063	209.07	0.000
Error	24	0.0000007	0.0000000		
Total	29	0.0000322			

Error 24 0.0000007 0.0000000

Total 29 0.0000322

$S = 0.0001735$ $R\text{-cuad.} = 97.76\%$ $R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 97.29\%$

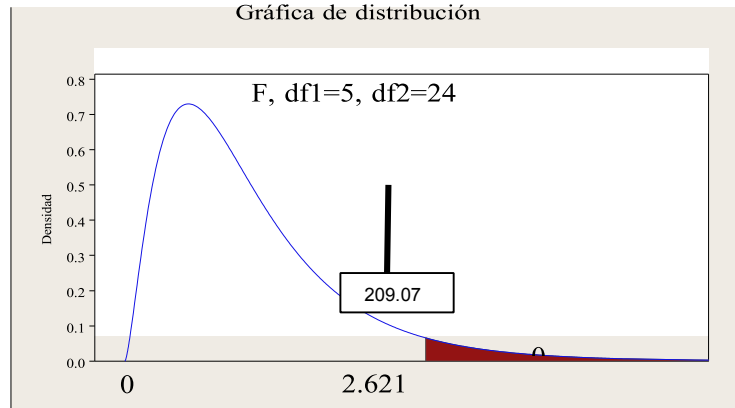


Figura no. 7. Gráfica de Gauss.

Conclusión: Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia significativa de acuerdo a los resultados de la ANOVA y la curva de Gauss hecha en donde se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos una de las muestras es diferente a las demás, prueba de ello se realizó una prueba Tukey de significancia para verificar cuales son significativas y cuales no, llegando a los siguientes resultados:

Agrupar información utilizando el método de Tukey

N	Media	Agrupación
T5	5 0.0056000	A
T6	5 0.0045600	B
T2	5 0.0036580	C
T3	5 0.0035600	C D
T1	5 0.0032340	D
T4	5 0.0023580	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De acuerdo a los resultados obtenidos por la prueba Tukey la prueba del tratamiento 4, tratamiento 5 y tratamiento 6 son significativamente diferentes a los tratamientos 1, 2, y 3.

Y realizando el análisis detallado de los tratamientos 4, 5 y 6 concluimos que:

El tratamiento numero 4 es el de menor compresión debido que presenta una media de 0.002358 por debajo de todas las medias.

El tratamiento numero 5 el mejor debido a que tiene una media de compresión de 0.0056, que significa que es el mejor de todos los tratamientos debido a su alta resistencia de kg/mm².

El tratamiento numero 6 es la segunda mejor proporción debido a que tiene una media de compresión de 0.00456, que significa que es la más cercana al tratamiento ganador que es el 5 en resistencia de kg/mm².

Esta información la corroboramos con el análisis de la varianza con minitab que muestra la siguiente información:

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO 5	1	0.000031	0.000006	209.07	0.000
Error	24	0.000001	0.000000		
Total	29	0.000032			

También lo observamos con el análisis de medias que minitab proporciona, mediante la siguiente información:

Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	5	0.003234	0.000021	(0.003074, 0.003394)
2	5	0.003658	0.000031	(0.003498, 0.003818)
3	5	0.003560	0.000391	(0.003400, 0.003720)
4	5	0.002358	0.000013	(0.002198, 0.002518)
5	5	0.005600	0.000158	(0.005440, 0.005760)
6	5	0.004560	0.000031	(0.004400, 0.004720)

Por último el análisis de nuestras estadísticas serán explicadas mediante las diversas gráficas que arroja minitab las cuales son:

Gráfica de caja de Compresión que interpreta que el tratamiento 5 es el mejor de todos tal como lo muestra la como se muestra en la figura 8:

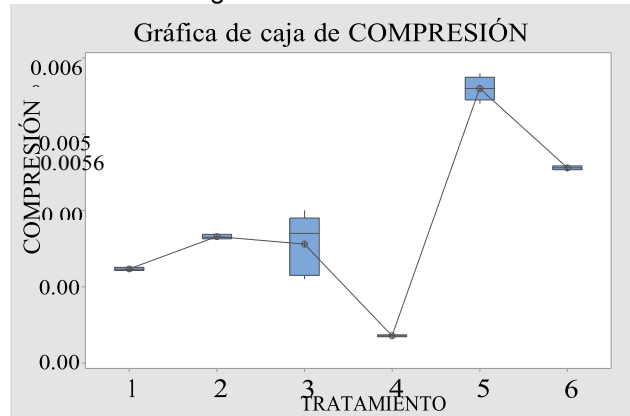


Figura no. 8 Gráfica de caja de compresión.

Gráfica de valores individuales de Compresión vs tratamientos que interpreta que el tratamiento 5 es el mejor de todos tal como lo muestra la gráfica y al mismo tiempo nos muestra los puntos de cada una de su media y sus 5 datos de compresión como se muestra en la figura 9:

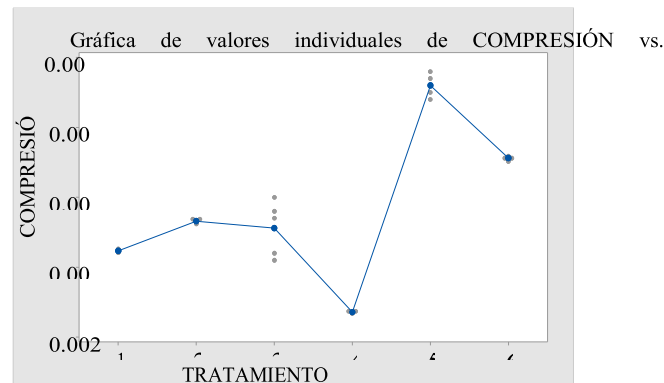


Figura no. 9 Gráfica de valores individuales de compresión vs tratamiento.

Gráfica de intervalos de Compresión vs tratamiento con un 95% IC para la media que interpreta que el tratamiento 5 es el mejor de todos tal como lo muestra la gráfica y al mismo tiempo nos muestra los puntos de cada una de su media y sus 5 datos de compresión dentro del intervalo:

Esta Gráfica de IC s simultáneos de 95% de Dunnett media de nivel – Media de control para Compresión, interpreta que el tratamiento 5 es el mejor de todos tal como lo muestra la gráfica y al mismo tiempo nos muestra la diferencia que existe entre todos los tratamientos con respecto al tratamiento 1.

Así mismo se procede a realizar los análisis de cada uno de los tratamientos mediante el método de ANOVA, el cual muestra los siguientes resultados:

ANOVA T1

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor 1	89.9030	89.9030	4.18154E+11	0.000	
Error	8	0.0000	0.0000		
Total	9	89.9030			

Su gráfica es la figura no. 10.

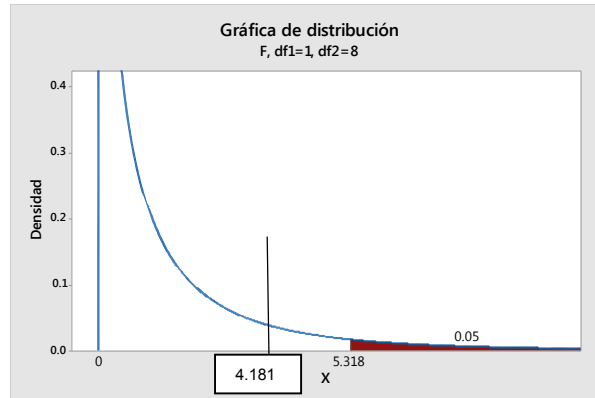


Figura no. 10 Gráfica de Gauss del tratamiento No. 1

ANOVA T2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor 1	122.372	122.372	2.52313E+11	0.000	
Error	8	0.000	0.000		
Total	9	122.372			

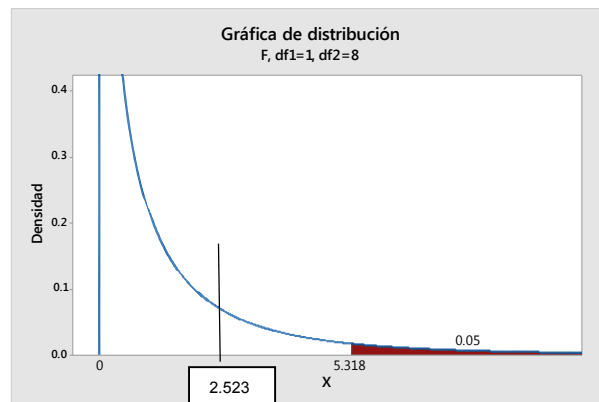


Figura no. 11 Gráfica de Gauss del tratamiento No. 2

ANOVA T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor 1	39.9288	39.9288	5.21946E+08	0.000	
Error	8	0.0000	0.0000		
Total	9	39.9288			

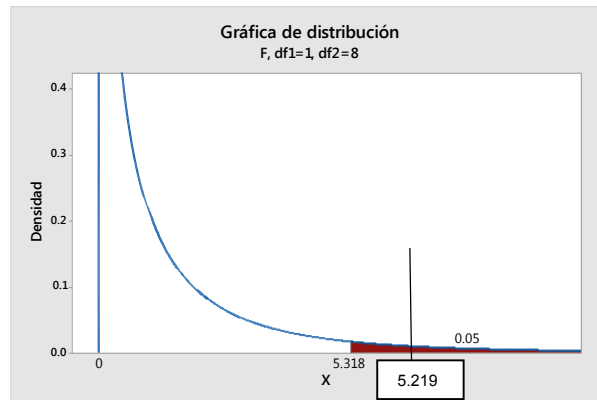


Figura no. 12 Gráfica de Gauss para el tratamiento No. 3

ANOVA T4

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor 1	62.4411	62.4411	7.34601E+11	0.000	
Error	8	0.0000	0.0000		
Total	9	62.4411			

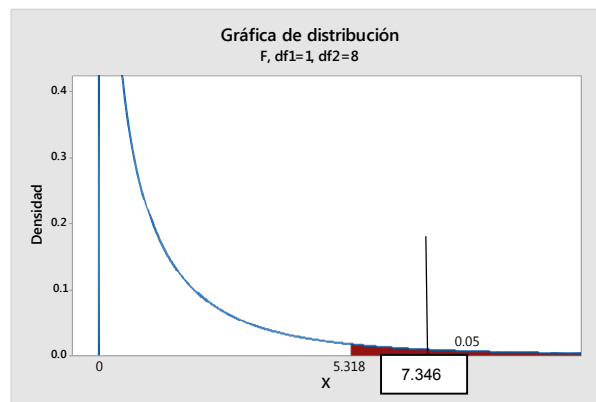


Figura no. 13 Gráfica de Gauss para el tratamiento No. 4

Conclusión: En esta prueba los resultados que nos arroja y con un nivel de confianza de 95% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa por lo que se dice que la prueba con la cantidad de 85% de cemento y 15% de pet no son aceptables para producir un material de construcción.

ANOVA T5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor 1	302.192	302.192	2.41754E+10	0.000	
Error	8	0.000	0.000		
Total	9	302.192			

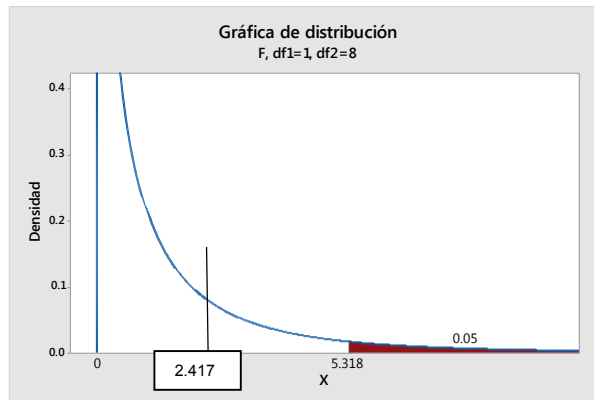


Figura no. 14 Gráfica de Gauss para el tratamiento No. 5

ANOVA T6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor 1	202.295	202.295	4.25884E+11	0.000	
Error	8	0.000	0.000		
Total	9	202.295			

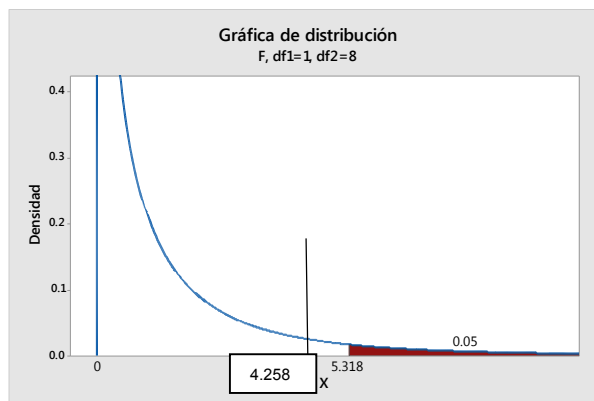


Figura no. 15 Gráfica de Gauss para el tratamiento No. 6

CONCLUSIONES

Con un nivel de confianza del 95% existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis alternativa y aceptar la hipótesis nula, por lo tanto El pet combinado con cemento puede servir para la elaboración de material para la industria de la construcción.

Que se incremente el reciclaje del pet en las organizaciones para poder darle un segundo uso.

El material es más liviano que el concreto común.

Tiene un promedio de resistencia en compresión de 79.23 kg. en probetas de compresión, kg/10*10*2cm3.

Una deformación a temperatura de 240 grados centígrados, de acuerdo a las pruebas realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arellano Díaz, J. (2011). Ingeniería Ambiental. México: Alfaomega.
2. Mason y Lind. (1990). Estadística para Administración y Economía. México: Alfaomega.
3. Méndez Silva, E. (2012). Propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados pet, en diseño de mezcla de concreto con resistencia $f'c=150\text{kg/cm}^2$, usado para banquetas, guarniciones y firmes. Tesina de especialista en construcción obtenida no publicada, Universidad Veracruzana. México.

4. Young Medina, M.A. (2006). Ecología y Medio Ambiente. México: Compañía Editorial Nueva Imagen, S.A. de C.V.
5. Gutiérrez Pulido H. (2008). Análisis y Diseño de Experimentos: Mc Graw Hill Interamericana.

MONITOR DE SIGNOS VITALES CON COMUNICACIÓN WIRELESS PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DESARROLLADO EN LABVIEW Y LA TARJETA MYRIO-1900

Héctor García Estrada¹, Karen J. Mendoza Bautista¹, Jeroan García Vázquez¹, Angelo Pastrana Manzanero¹, Omar A. Linares Escobar¹, Brandon Sanchez Magaña¹, Víctor A. Cervantes López¹, María G. Ramírez Sotelo², Agustín I. Cabrera Llanos¹

¹Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, México, CDMX

²Departamento de Bioingeniería, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, México, CDMX
aicllbuda@yahoo.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño y desarrollo de un monitor de signos vitales con conexión inalámbrica destinado para una unidad de cuidados intensivos considerando las variables de electrocardiografía, oximetría, neumografía, temperatura, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y saturación parcial de oxígeno. Este proyecto funciona en tres etapas: adquisición de las señales, procesamiento y transmisión. Se diseñaron circuitos de adquisición para las señales de electrocardiografía y neumografía; en el caso de la electrocardiografía se usó un amplificador de instrumentación, seguido de un circuito de aislamiento óptico y un filtro rechaza banda a 60 Hz obteniendo una derivación bipolar, para la neumografía se utilizó un transductor de temperatura conectado a un amplificador no inversor, el transductor se colocó en la boca de las fosas nasales para observar el cambio de temperatura debido a la respiración; para la señal de temperatura se utilizó otro transductor de temperatura y para la oximetría se utilizó el sensor *pulsesensor*. El procesamiento de las señales se realizó mediante la tarjeta myRIO-1900 programada en LabVIEW filtrando digitalmente las señales, y obteniendo a partir de las señales de electrocardiografía, neumografía y oximetría, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la saturación parcial de oxígeno respectivamente. Finalmente, la transmisión de la información se realizó mediante una red Wi-Fi generada con la MyRIO accediendo a las variables de forma remota mediante direccionamiento IP y programando una interfaz en LabVIEW para su despliegue gráfico en una PC.

INTRODUCCIÓN

A. MONITOR DE SIGNOS VITALES

En el área de la salud es de gran importancia el conocer a cada instante la evolución fisiológica del paciente, lo cual permite a médicos y enfermeras valorar las condiciones generales y específicas de este y tomar decisiones con base a esa información. Ante esta necesidad, surgió un avance tecnológico conocido como monitor de signos vitales.

Los monitores de signos vitales dependiendo de su configuración, adquieren, amplifican, procesan, registran y despliegan señales y/o información numérica para varios parámetros fisiológicos. Las variables por medir suelen depender del uso que se le dará al monitor, así como de las especificaciones técnicas (Secretaría de Salud, 2005).

- Monitor de signos vitales Básico: los parámetros que despliega son electrocardiograma, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura, presión no invasiva y oximetría de pulso.
- Monitor de signos vitales Intermedio: despliega los parámetros de un electrocardiograma, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura, presión no invasiva, oximetría de pulso y monitoreo de segmento ST, siendo opcionales el monitoreo de la presión invasiva, el gasto cardíaco por termodilución, capnografía y otros parámetros de acuerdo con la especialidad en la que se instale.
- Monitor de signos vitales Avanzado: los parámetros que despliega son electrocardiograma, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura, presión no invasiva, presión invasiva, oximetría de pulso, capnografía, monitoreo de segmento ST, y en algunos casos se agregan los parámetros de índice bispectral, gasto cardíaco, espirometría y otros parámetros de acuerdo con la especialidad en la que se instale.

- Monitor de signos vitales de Transporte: despliega los parámetros de un electrocardiograma, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, temperatura, presión no invasiva y oximetría de pulso.
- Monitor de signos vitales de Anestesia Básico: los parámetros que despliega son electrocardiograma, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, temperatura, presión no invasiva, presión invasiva, gasto cardiaco capnografía, oximetría de pulso, monitoreo de segmento ST, gases anestésicos y respiratorios.

En caso del monitor desarrollado, a excepción de la medición de la presión arterial no invasiva, se cumple los requisitos de un monitor de signos vitales básico.

B. NI MYRIO-1900

La tarjeta de adquisición y control de señales NI myRIO-1900, es un dispositivo de diseño embebido, el cual cuenta con múltiples entradas y salidas para adquisición y envío analógicas y digitales, canales de audio, una alimentación de salida, entre otras cosas. Esta se conecta a un ordenador por medio de un cable tipo USB o mediante una red inalámbrica propia, permitiendo así una integración rápida y fácil en aplicaciones remotas y embebidas. La tarjeta de control NI myRIO-1900 posee tres puertos principales, los cuales son nombrados mediante las letras A, B y C de los cuales, los dos primeros son conocidos como puertos de expansión (MXP) mientras que el último es llamado puerto del mini sistema (MSP). Estos cuentan con una descripción del tipo de señales que pueden recibir o emitir (National Instruments, 2018).



Figura 10. Conectores a y b



Figura 11 Conector C

C. LABVIEW

El uso de la tarjeta myRio-1900 permite una facilidad de programación en el software LabVIEW el cual, es un lenguaje gráfico de programación, utilizado como estándar en el desarrollo de aplicaciones de test y medida, control de instrumentación y sistemas de adquisición de datos por medio de la generación de VI (Virtual Instrument). National Instruments ha ido desarrollando desde hace 5 años nuevas áreas estratégicas, relacionadas con nuevos campos de trabajo como Simulación, Diseño de Control, sistemas embebidos en tiempo real (FPGAs, DSPs, microprocesadores), algoritmos matemáticos avanzados, entre otras cosas.

LabVIEW cuenta con una caja de herramientas exclusivas para la tarjeta myRIO-1900, en la cual encontramos los bloques de adquisición o generación de las señales, ya sean de tipo analógicas o digitales.

METODOLOGIA

A. DISEÑO DEL CIRCUITO.

Se diseñó y construyó un circuito impreso en placa por software, considerando las etapas de cada una de las variables a medir en nuestro monitor. El circuito contempla tres alimentaciones separadas, una de más menos 15 V para el módulo de filtro del ECG y el acondicionador de señal de neumografía, otra de más menos 9 V para el circuito de amplificación del ECG y una 5 V para el oxímetro de pulso y los transductores de temperatura.

Las señales del sensor de pulso y el medidor de temperatura se toma la señal directa y se ingresa a la myRIO, mientras que la señal de ECG se somete a un proceso de acondicionamiento de señal, así como la señal de neumografía de manera que ambas se trabajen adecuadamente por la myRIO, esto se abordará con más detalle posteriormente.

B. DISEÑO DEL CANAL DE ECG

En el diseño y desarrollo del canal de ECG se contemplaron tres módulos: amplificación y pre filtrado, adecuación y aislamiento y filtrado de la señal. Para la amplificación y pre filtrado se utilizó un amplificador de instrumentación AD620 con un arreglo en la ganancia realizado en un circuito RC como se muestra en la Figura 3.

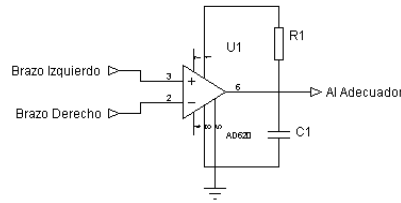


Figura 12 Circuito de amplificación para el canal de ECG

El arreglo RC que se colocó modifica la función de transferencia, generando un filtrado pasa banda en la ganancia como se puede observar en la ecuación 1.

$$G(s) = 1 + \frac{49.4k\Omega Cs}{RGCs + 1} \quad (1)$$

En el caso del módulo de adecuación y aislamiento se utilizó un amplificador diferencial para colocar la señal en los parámetros de operación del opto acoplador utilizado (4N25), para la transferencia de la señal se polarizó el transistor del 4N25 como emisor común obteniendo la señal de la base del transistor como se puede observar en la Figura 4.

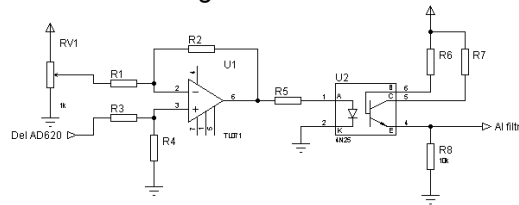


Figura 13 Circuito de adecuación y aislamiento

El circuito utilizado para la filtración fue de tipo notch, similar al que se muestra en la Figura 5, logrando un filtrado rechaza banda a 60 Hz con un ancho de banda de rechazo de 6 Hz, eliminando el ruido de la línea.

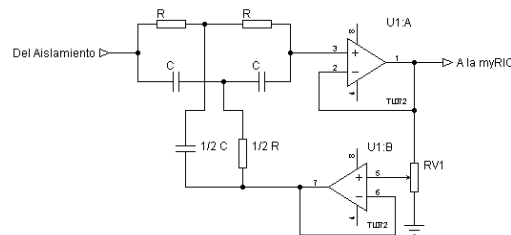


Figura 14 Filtro de topología notch

La adquisición de la señal de ECG por la myRIO se programó en uno de los canales diferenciales debido a la capacidad de estos al leer valores de voltaje negativos. Una vez digitalizada la señal, se le aplicaron tres filtros: pasa bajas a 150 Hz, pasa altas a 0.5 Hz y rechaza banda a 60 Hz. Las frecuencias de corte de los filtros pasa bajas y pasa altas se determinaron debido a que las señales de interés de un ECG en un adulto se encuentran entre el ancho de banda de 0.5 a 120Hz, con un intervalo de hasta 50Hz (Kligfield, et al., 2007).

C. SEÑAL DE PLETISMOGRAFÍA PARCIAL DE OXÍGENO NO INVASIVA

Para la medición de la pletismografía y la saturación parcial de oxígeno se empleó el oxímetro de pulso *Pulse Sensor* modelo SEN-11574 (World Famous Electronics llc., 2016), este funciona

mediante una fuente de luz y un fototransistor. Cuando el sensor se encuentra en contacto con la punta del dedo o con el lóbulo de la oreja hay un cambio en la reflexión de la luz cuando la sangre es impulsada a través de los tejidos generando una señal analógica fluctuante. Esta señal es medida por la myRIO mediante un canal analógico referenciado a tierra.

Ya digitalizada la señal se somete a un proceso de filtrado digital con la finalidad de eliminar ruido de alta frecuencia. Posteriormente, de la señal de pletismografía se calcula la saturación parcial de oxígeno, a partir de la ley de Lambert-Beer (ecuación 2) donde a, b, c y d son constantes, R se obtiene a partir de la ecuación 3 aplicando el método de pico-valle (Mazón, Rojas, Sánchez, Ramírez, & Cabrera, 2016).

$$SPO_2 = 100 \frac{a - bR}{c - dR} \quad (2)$$

$$R = \ln \frac{V_{min}}{V_{max}} \quad (3)$$

D. NEUMOGRAFÍA Y TEMPERATURA

Para la obtención de la señal de neumografía y temperatura se usó el transductor LM35, el cual entrega una salida lineal de voltaje con respecto a temperatura a una razón de 10 mV por grado centígrado.

Para la temperatura se obtuvo la señal analógica directamente del sensor y se multiplica en el programa en LabVIEW para obtener el valor en grados centígrados. En lo que corresponde a la señal de neumografía, se le aplicó una ganancia a la señal del LM35 correspondiente por medio de un amplificador no inversor (Figura 6); esto se realizó debido a que la señal de neumografía se registró como los pequeños cambios de temperatura provocados por las inhalaciones y las exhalaciones.

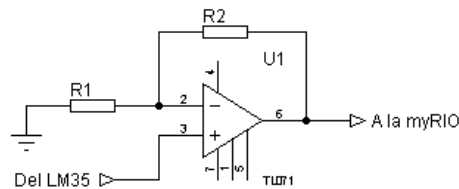


Figura 15 Amplificador no inversor

Después se establece la adquisición de la señal por medio de uno de los canales de entradas analógicas de la myRIO ubicados en el puerto C (MSP). Dicha señal es promediada y llevada a la siguiente etapa de nuestro algoritmo: la frecuencia cardíaca. Para ello se toma el valor máximo y mínimo dentro de un muestreo de 500 datos y se toma el promedio para delimitar el umbral que servirá como valor de referencia de nuestro contador. Esta operación se agrupa de igual manera en una estructura regida por un temporizador de 30 s, almacenando todas las elevaciones de nuestra señal detectadas. Por último, se multiplica este valor por 2 para obtener el número de respiraciones por minuto y que esta sea transmitida a través de su correspondiente variable global. El siguiente diagrama de flujo describe de manera general el proceso que se lleva a cabo en el cálculo de la frecuencia respiratoria (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.7):

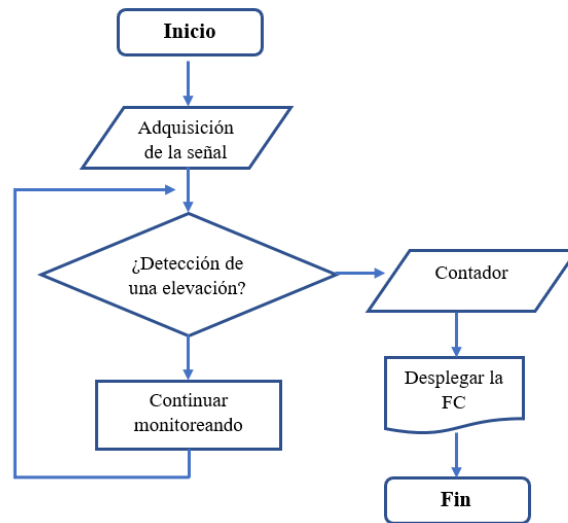


Figura 16 Diagrama de flujo del algoritmo de frecuencia respiratoria

Para la medición de temperatura corporal también empleó un sensor LM35 por su salida en voltaje linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados, su baja impedancia de salida y su precisa calibración inherente de este dispositivo. También se encuentra clasificado para operar en un rango de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ entrando dentro de este rango el valor de temperatura corporal normal presente en el cuerpo humano.

La alimentación del sensor es llevada a cabo por el circuito antes mencionado, alimentando nuestro sensor con 5 V por medio de la señal de salida del conector C (MSP) de la myRIO, posteriormente la señal es tomada y llevada a través del circuito hacia uno de los canales de entrada analógica presentes en el conector A (MXP) de la myRIO. La señal es compensada mediante un control numérico esto debido a la escala de la señal de salida con la que opera nuestro sensor ($10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$).

E. CREACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA

Para crear una red Inalámbrica en una tarjeta myRIO-1900 es necesario contar con el programa NI-MAX, el cual nos permite conocer las configuraciones existentes en la tarjeta, así como modificarlas. En ella podemos observar los sistemas remotos conectados a la computadora personal, al seleccionar un sistema en específico en la parte derecha de la pantalla se despliega la configuración existente de la tarjeta.

En el apartado *Ethernet Adapter usb0 (Primary)* se despliega la dirección IP, así como la configuración de esta y la sub-máscara de la tarjeta (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.8**).

Ethernet Adapter usb0 (Primary)	
Adapter Mode	TCP/IP Network
MAC Address	00:80:2F:21:B8:7E
Configure IPv4 Address	DHCP Only
IPv4 Address	172.22.11.2
Subnet Mask	255.255.255.248
Gateway	0.0.0.0
DNS Server	0.0.0.0
► More Settings	

Figura 17 Ethernet Adapter usb0 (Primary)

En el apartado *Wireless Adapter wlan0* tenemos las configuraciones inalámbricas de la tarjeta, la cual nos da tres opciones de configuración, para crear la red se selecciona la opción *Create Wireless network*, una vez seleccionada dicha opción se verifica que el país corresponda, en el caso particular, México.

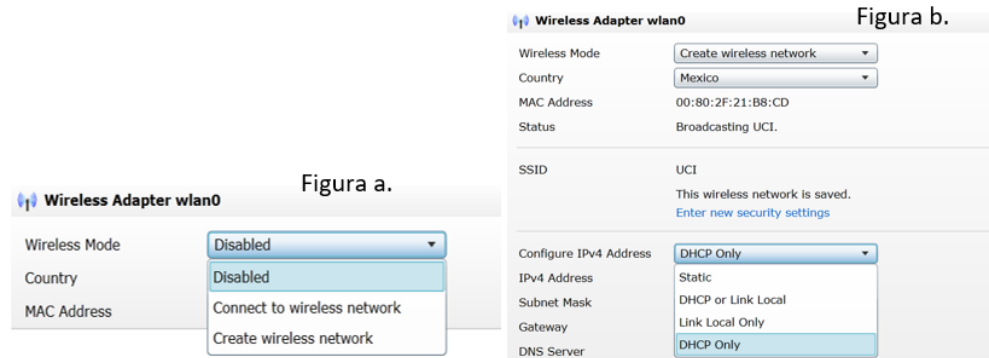


Figura 18 Creación de red inalámbrica en la my-RIO 1900

Posteriormente en aparecerá la opción para configurar el nombre de la red, en la cual se le asignará el nombre deseado y se podrá elegir el tipo de configuración de la dirección IP, *DHCP Only*, lo cual nos genera de manera automática la dirección IP y la sub-máscara, de la red creada (Figura 10).



Figura 19 Datos de red creada.

F. POSICIONAMIENTO DE ELECTRODOS Y SENSORES

Para la determinación del correcto funcionamiento del proyecto, fue necesaria la realización de pruebas a distintos pacientes.

En la (Figura 11) **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el oxímetro de pulso conectado al dedo índice del paciente y fijado con velcro para evitar falsos contactos y alteraciones por movimiento de la señal de pletismografía. se muestra el oxímetro de pulso conectado al dedo índice del paciente y fijado con velcro para evitar falsos contactos y alteraciones por movimiento de la señal de pletismografía.



Figura 20 Conexión del sensor para pletismografía

En la (Figura 12) **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede visualizar la conexión del sensor de neumografía en el labio superior adherido con microfibras y colocado en la boca de la fosa nasal para sentir los cambios de temperatura por respiración y a partir de ahí obtener la frecuencia respiratoria.



Figura 21 Conexión de sensores de neumografía

Para la conexión al módulo del ECG, se emplean latiguillos conectados a un Jack 3.5 con electrodos de campana (Figura 13 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) conectados al paciente on base al triángulo de Einthoven para las derivaciones bipolares. A partir de esta señal se obtiene la frecuencia cardíaca del paciente

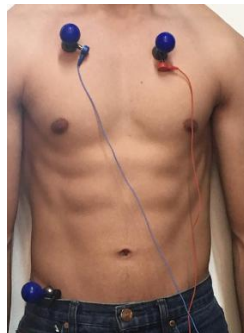


Figura 22 Conexión del ECG.

En la región axilar izquierda está colocado el sensor (Figura 14) para obtener el valor de la temperatura corporal de la piel del paciente. Se observa la conexión general de los sensores necesarios para la adquisición de las señales fisiológicas (Figura 15).

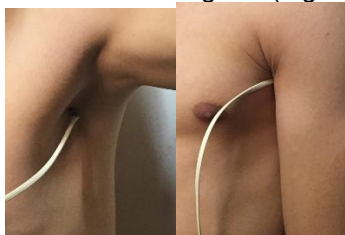


Figura 23 Conexión del sensor de temperatura corporal.

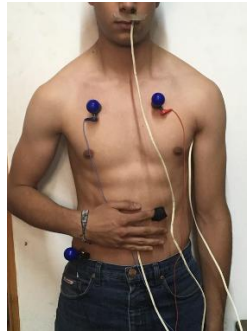


Figura 24 Conexiones conjuntas de los sensores.

RESULTADOS

Para la realización de pruebas, se despliega en el panel frontal la interfaz desarrollada en LabVIEW de la monitorización de las señales fisiológicas como son: ECG, neumografía, pletismografía (respectivamente), como valor numérico la Frecuencia Cardíaca, Frecuencia Respiratoria y Saturación Parcial de Oxígeno y finalmente el indicador gráfico (termómetro) correspondiente al valor de la temperatura corporal (Figura 16).



Figura 25 Se muestra la visualización de la adquisición de las señales

CONCLUSIONES

Se realizó un monitor de signos vitales en el cual se adquirieron, adecuaron y filtraron las señales fisiológicas tomadas de un paciente para visualizarlas en la interfaz de LabVIEW en tiempo real.

El módulo Wifi de la tarjeta my-RIO permite el envío de datos vía wireless lo que posibilita la obtención a distancia de los parámetros del paciente.

La realización de este trabajo puede abrir paso a una central de monitoreo más extensa en la que se haga una transmisión de señales vía Wireless de distintos pacientes en tiempo real para una unidad de cuidados intensivos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Analog Devices. (2011). *Low Cost Low Power AD620*. Retrieved from Technical Documentation, Datasheets: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD620.pdf>
2. Carolina, I., Ruiz, A., García, H., Ramírez, G., & Cabrera, A. (2017). Electrocardiógrafo portátil con comunicación Wireless desarrollado en LabVIEW. *CLADI 2017, Congreso Latinoamericano de Ingeniería*.
3. Kligfield, P., Gettes, L. S., Bailey, J. J., Childers, R., Deal, B. J., Hancock, E. W., . . . Mirvis, D. M. (2007). Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. *Journal of the American College of Cardiology*, 1109-1127.

4. Mariela Jiménez Ortiz. (02 de Junio de 2006). *Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/24gt_centrales_monitoreo.pdf
5. Mazón, A., Rojas, S., Sánchez, E., Ramírez, G., & Cabrera, A. (2016). *Oxímetro de pulso para monitoreo no invasivo aplicado en el monitoreo atletico*. Retrieved from Memorias del VII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud: http://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2016/documentos/memorias/MyT2016_024_E.pdf
6. National Instruments. (2018, Febrero 27). *Manuales de Productos*. Retrieved from National Instruments: <http://www.ni.com/pdf/manuals/376047c.pdf>
7. Secretaria de Salud. (2005, Enero). *CENETEC*. Retrieved from Guía Tecnológica No. 13: Monitor de Signos Vitales.: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/13gt_monitores.pdf
8. Texas Instruments. (2017). *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. Retrieved from Texas Instruments Datasheets: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
9. Vishay Semiconductor. (2017). *4N25, 4N26, 4N27, 4N28 Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection*. Retrieved from Vishay Semiconductor Docs: <https://www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf>
10. World Famous Electronics llc. (2016). *Pulse Sensor, Easy to use heart rate sensor and kit*. Retrieved from Pulse Sensor: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0100/6632/files/Pulse_Sensor_Data_Sheet.pdf?14358792549038671331

PROGRAMACIÓN DE RUTINAS ESPECÍFICAS CON MÁQUINAS DE ESTADOS EN LABVIEW PARA AR.DRONE 2.0

Maximiliano Martínez López, Marco Tulio Ramírez Torres.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste.

RESUMEN

En este proyecto de investigación como trabajo de tesis, se presenta la programación de rutinas específicas para el vehículo aéreo no tripulado Ar.Drone 2.0 de Parrot, utilizando el lenguaje de programación gráfico LabVIEW. Con dichos algoritmos el dron realiza rutinas de manera automática, es decir, se desplaza en sus diversos grados de libertad (Roll, Pitch, Vertical, Yaw), recorre ciertas áreas específicas, toma fotos y videos de su entorno utilizando las cámaras integradas. Estas rutinas fueron posibles gracias al toolkit especial AR.Drone el cual nos permitió acceder al vehículo no tripulado y poder tomar lectura de los sensores, controlar los actuadores, adquirir imágenes y video, así como combinar estas instrucciones con las estructuras y módulos de LabVIEW como ciclos, módulo de visión (NI-Vision), tiempos específicos, condicionales, etc. El diseño de máquinas de estado nos permite dividir cada tarea desarrollada en diferentes pasos o etapas. Los drones en la actualidad tiene una amplia gama de aplicaciones, por ejemplo se utilizan en la búsqueda de personas, monitorización de campos agrícolas, entre otra más. El objetivo de este proyecto es que el dron pueda realizar nuevas tareas de manera programada acorde a las necesidades del usuario.

INTRODUCCIÓN

Los drones son vehículos aéreos no tripulados que se pueden conducir a distancia, su principal característica es la precisión de su posicionamiento. Sus usos son más que un simple juguete ya que se les está encontrando un número de aplicaciones de gran utilidad, por ejemplo, en 2018 en la Feria de Electrónica de Consumo (Consume Electronics Show) en las Vegas presentaron un modelo para la cabina de los futuros drones con pasajeros, de mano de la compañía Bell Helicopter, la empresa se dedica al diseño de drones con cámara para uso profesional pero dio salto en escala para crear un dron lo suficientemente potente como para transportar uno o dos pasajeros [1]. La forma de pilotar del Ar.Drone 2.0 es intuitiva y de fácil acceso ya que mediante un smartphone o tablet que contengan un sistema operativo iOS o Android permite conectarse a la propia red Wi-Fi que genera el cuadricóptero. Contiene un puerto USB en el que se puede conectar una memoria para almacenar las grabaciones de video y las captura de imágenes [2]. Mediante el uso del lenguaje gráfico LabVIEW se ejecutó la manipulación y control del dron con el uso de un paquete de compatibilidad llamado toolkit, el cual nos brinda la comunicación entre el dron, la computadora y el acceso a la cámara [3]. La forma de pilotar de la mayoría de los drones es por medio de controles diseñados y programados en los que se puede manipular sus seis grados de libertad y su movimiento en Roll, Pitch, Vertical Speed y Yaw Speed. En este trabajo se presenta un diseño de pilotar diferente en el que el objetivo es no tener un control remoto si no que el usuario automatice rutinas mediante máquinas de estados en las que puede controlar sus movimientos, tiempo de vuelo y las direcciones en que se quiera que se almacenen las fotos y los videos, esto visualizándolo por medio de un entorno gráfico en LabVIEW con el que será fácil de interactuar y controlar, logrando así plantear sus necesidad y ejecutarlas.

TEORÍA

AR.Drone 2.0, es la segunda versión de este dispositivo en la cuales destaca que es un cuadricoptero que cuenta con cámaras para poder tomar fotos y videos, autonomía de funcionamiento de 18 minutos, alcance de hasta 50 metros en conexión inalámbrica y seis grados de libertad en los que realiza movimientos tales como Roll, Pitch, Yaw Speed y Vertical Speed, que le permiten poder desplazarse en cualquier entorno [4]. A continuación en la siguiente Figura 1 se muestran los diferentes movimientos que realiza en sus seis grados de libertad.

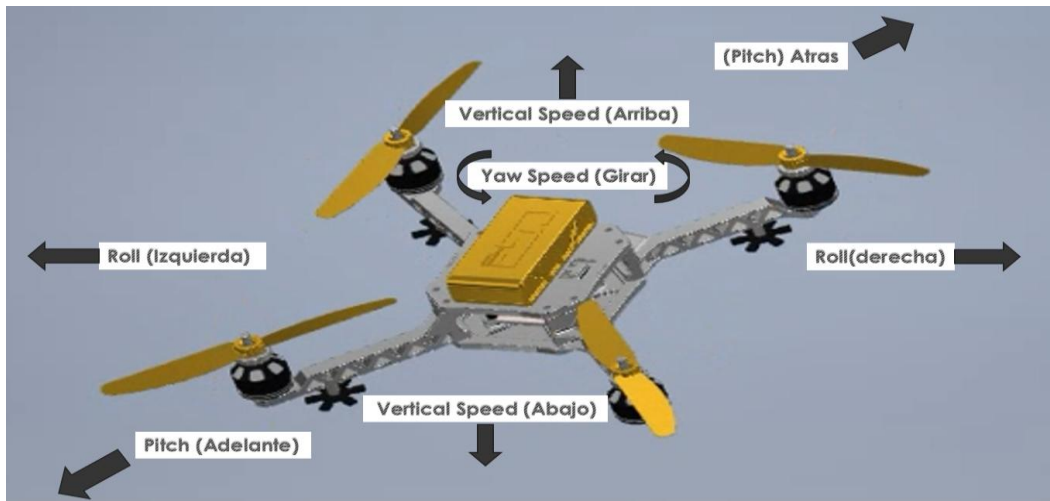


Figura 1.-Movimientos de Roll, Pitch Yaw Speed y Vertical Speed del Ar.Drone 2.0 en sus seis grados de libertad.

LabVIEW ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar cada aspecto de la aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos, diseñar interfaces de usuario personalizadas y desarrollo de toolkits de compatibilidad como lo es el LVH AR Drone que ayuda a los aficionados y desarrolladores de LabVIEW y AR Drone a conectarse fácilmente con el Parrot compatible con las versiones Ar Drone 1.0 y 2.0. Este juego de herramientas ofrece una implementación nativa de LabVIEW del API del dron. Con ella, los programadores pueden crear aplicaciones que controlan completamente al dron usando un pequeño conjunto de parámetros de entrada [5].

PARTE EXPERIMENTAL

Para cada rutina programada utilizamos ya anteriormente mencionado las herramientas de LabVIEW. La base para estas rutinas son las máquinas de estados, las cuales nos permitieron poder dividir cada paso de la secuencia. La máquina de estados es un sistema que dependiendo de una entrada de datos sea booleana o numérica, opera con ella y devuelve una salida.

Dividimos las rutinas en 4 (A), B), C), D)) en cada una de ellas se describe la manera en que se programaron y ejecutaron con el dron. A continuación se presentan las diferentes rutinas programas que se realizaron para el Ar.Drone 2.0 utilizando las máquinas de estados.

- A) Encender, despegar, sobrevolar por un determinado tiempo y descender: Como primera rutina se programa que el dron encendiera, despegara, sobrevolara por un determinado tiempo y descendiera, esto con base a ciclos de recursividad, uso de comparadores y tiempos determinados por ejemplo de 5 min, 10 min, 15 min, al momento de que se cumplía el tiempo establecido de sobrevolar el dron descende.
- B) Programación de sus cuatro tipos de movimiento: Roll, Pitch, Vertical Speed y Yaw Speed. Como segunda tarea se programó que se moviera en sus cuatro formas: Yaw Speed, Roll, Pich y Vertical Speed, para que el dron pudiera realizarlo utilizamos ciclos de recursividad, tiempos específicos en la máquina de estados. La máquina de estado nos permitió poder dividir los pasos de cada rutina en la que se define que se eleve, gire, se mueva a la derecha (Pitch) e izquierda(Pitch), los tiempos nos permiten poder definir la duración de cada estado y el ciclo de recursividad para que pasara de un estado a otro, en cada estado está definido el tipo de rutina que hace el dron. Para que el dron gire se definieron pasos cortos de 0.5 ya que si se insertan valores mayores se realizaran acciones más rápidas. Para descender definimos un condicional en el que si llega a un cierto estado cumpliendo los anteriores salga del ciclo y descienda, terminando así su rutina.

- C) Toma de fotos: Como tercera tarea se programó que el drone tomara fotos de un área, esto se realizó utilizando ciclos recursivos, comparadores, tiempos específicos y máquinas de estados. Se utilizó la librería para poder acceder a la cámara del drone, usando funciones como GetVideo Stream que es donde se inicializa el video. Decode Video es donde se convierte el arreglo bidimensional a formato de pixeles para poder ver la imagen. Para que las imágenes se guardaran y se pudieran visualizar definimos una dirección de locación diferente con extensión ya sea png o jpg en labview por ejemplo C:\Users\MAX\Desktop\Tesis\VISION_LABVIEW\Imag_Drone/prueba1.jpg en la que se guardara en el explorador de archivos ya sea en documentos, escritorio, descargas o memorias USB etc.
- D) Toma de Video: Como cuarta rutina se programó que el drone pudiera tomar video y guárdalos en el explorador de archivos, para esto utilizamos ciclos recursivos, las herramientas para poder acceder a la cámara del drone GetVideo Stream y Decode Video. Posteriormente para poder grabar se utilizó primeramente el VI IMAQ AVI2 Get Codec Names que nos permite encontrar los códecs de compresión AVI. Cada códec tiene una calidad, tamaño y tiempo de compresión diferentes. Este VI solo enumera códecs compatibles con Video Compresión Manager (VCM). El VI, IMAQ AVI2 crea un nuevo archivo AVI o reescribe un archivo AVI antiguo en el que se definió una dirección en el explorador de archivos al igual que las imágenes pero con extensión .avi por ejemplo C:\Users\MAX\Desktop\Tesis\VISION_LABVIEW\video_drone\video5.avi. para observar el video tomado por el drone. Posteriormente utilizamos el VI AVI2 Write Frame VI este bloque escribe una imagen en el archivo AVI especificado por AVI Refnum. Se usó el IMAQ AVI2 Get Codec Names VI para encontrar los códecs de compresión AVI.

RESULTADOS

Para obtener una señal de video continua, realizamos modificaciones en el bloque al acceso de transmisión de la cámara GetVideo Stream del Ar.Drone 2.0, con la modificación obtuvimos una transición continua que nos permitió poder obtener por medio del drone un video observable y fotos visibles para el usuario. Cada uno de los resultados obtenidos fue en tiempo real y puestos en ejecución en áreas específicas utilizando el Ar.Drone 2.0 y la máquina de estados. En las máquinas de estados se establecieron los tiempos en los que se toma la foto, el video, el tipo de movimiento y el tiempo de vuelo. A continuación se presentan los resultados obtenidos en las siguientes Figura 2, Figura 3 y Figura 4.

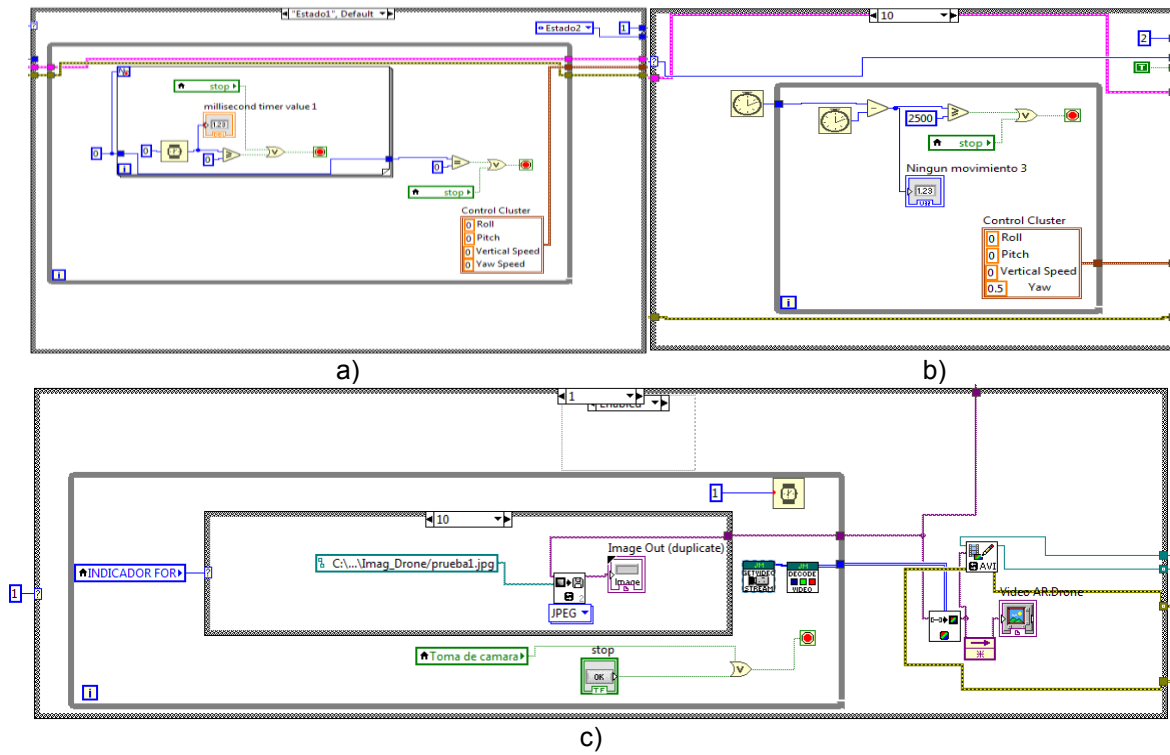


Figura 2.-Uso de máquinas de estados en a) movimientos de grados de libertad, b) vuelo de tiempos específicos y c) toma de fotos y video.

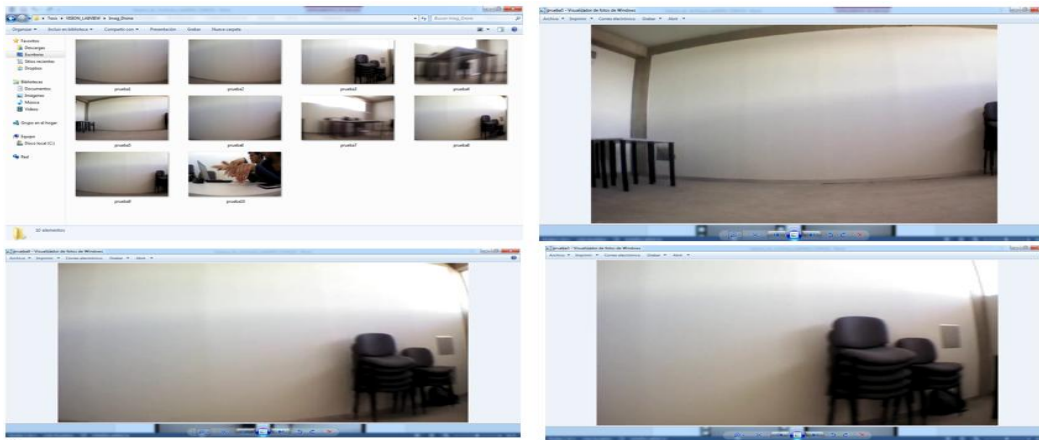


Figura 3.-Toma de fotos de un área ejecutadas en LabVIEW y capturados por el Ar.Drone 2.0.

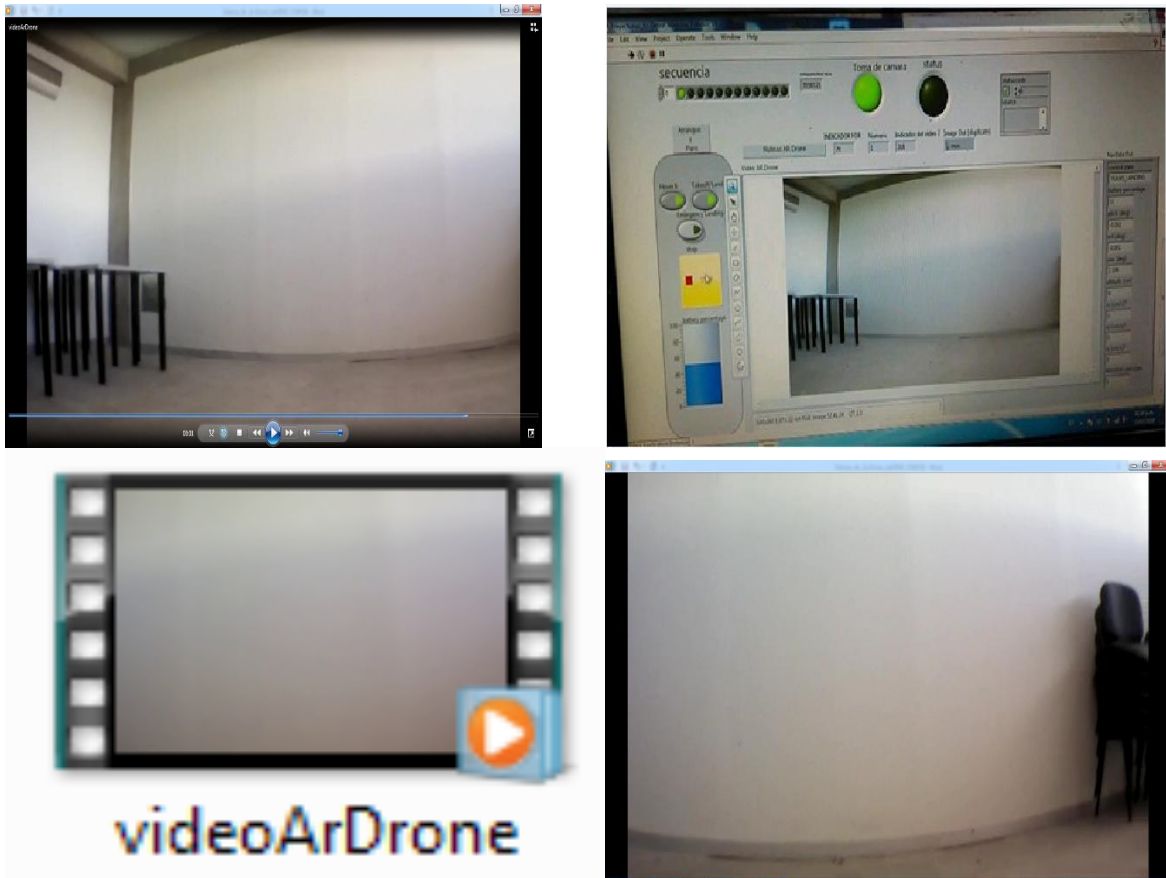


Figura 4.-Toma de video de un área ejecutado en LabVIEW y capturado por el Ar.Drone 2.0.

CONCLUSIONES

Los drones pueden tener un sinnúmero de aplicaciones ya sea en la investigación, búsqueda, adquisición de imágenes entre otros, superando cualquier tipo de obstáculos de mayor o menor impacto, y teniendo como ventaja el acceso a ellos ya que su costo es menor al de otros vehículos aéreos. En esta investigación se aplicó una nueva técnica para poder manipular a los drones Ar.Drone 2.0, con ésta cada rutina programada y puesta en ejecución arroja resultados satisfactorios tanto en cada tipo de movimiento: Yaw Speed, Roll, Pitch y Vertical Speed, como la toma de imágenes y video que son visibles para el usuario teniendo como resultado una buena resolución de la cámara. A futuro se pretende realizar nuevas tareas, entre ellas que puedan reconocer caracteres mediante la técnica Optical Character Recognition (OCR).

BIBLIOGRAFÍA

1. Galán, Á. M. (22 de Febrero de 2018). *Levantar la mano y pedir drones taxi para dos personas*. Obtenido de Blogthinkbig.com: <https://blogthinkbig.com/ehang-pedir-taxi-dron>.
2. Méndez, Á. (8 de AGO de 2012). *Quesabesde*. Obtenido de Parrot AR.Drone 2.0: análisis: http://www.quesabesde.com/noticias/parrot-ar-drone-2-analisis-fotos_8986.
3. INSTRUMENTS, N. (2017). *sine*. Obtenido de AR Drone Toolkit para LabVIEW - LVH: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/211837>.
4. Parrot. (2016). *Parrot AR.Drone 2.0 Elite Edition*: <https://www.parrot.com/us/es/drones/parrot-ardrone-20-elite-edition#técnicos>.
5. Corporation, N. I. (2018). *¿Qué es labview?* Obtenido de <http://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>.

DEFINIR MÉTODO DE CORTE DEL NOPAL-VERDURA CULTIVADO EN INVERNADERO EN LA REGIÓN CARBONÍFERA

Rubí Alcalá González, Perla Mayara Alcalá González, Guadalupe Esmeralda Alcalá González
Hilda Cristina Martínez Tovar

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera.

RESUMEN

Los trabajos de producción de la agricultura en el Norte de México son escasos y recientes. En este sentido, es importante el desarrollo de investigaciones encaminadas al mejoramiento de los cultivos apoyado en bases estadísticas. Esto permitirá a los productores en el futuro cercano, contar con mejores elementos en la toma de decisiones. Actualmente el nopal-verdura variedad Villanueva se está sembrando en un invernadero en el ejido Santa María, municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila (La Carbonífera.com, 2014) en la cual se realizó la investigación con el propósito de mejorar el rendimiento en kilogramos de la producción de éste mejorando el método de cosecha utilizando métodos y técnicas estadísticas así como el diseño de experimentos del Dr. Taguchi manipulando las variables que afectan su producción, a partir de las definidas por los agricultores del invernadero en general los resultados fueron: Peso promedio y desviación estándar del nopal-verdura, Identificación del túnel con mayor producción, Se llevó a cabo un estudio de regresión lineal simple y en la cual se concluyó que el factor ancho de la penca tiene relación débil con el Rendimiento del nopal y que la altura del nopal si tiene una relación media con el Rendimiento del nopal. También se llevó a cabo un análisis de Varianza, para determinar la relación entre las variables en estudio y se concluyó con un nivel de confianza del 95 % que si existe interacción entre la altura del nopalito, el ancho de la penca madre y en nivel de corte así como existe interacción entre la altura del nopalito y el nivel de corte del nopalito. En el Diseño de Experimentos se aplicó un arreglo ortogonal L_42^3 con los factores, ancho de penca, Nivel de corte y fertilizante obteniéndose una corrida óptima de cosecha la cual el agricultor la tomó en cuenta para su aplicación en el invernadero.

INTRODUCCIÓN

En lo extenso de la República Mexicana se tiene una gran variedad de recursos naturales; sin embargo para las zonas áridas y semiáridas del país, adquieren gran relevancia, ciertos cultivos, como los son el nopal, el forraje etc. ya que en estas áreas la marginalidad social se profundiza, adquiriendo la agricultura, para los pobladores de estas regiones, gran importancia desde el punto de vista socioeconómico, por los diferentes usos que le dan y por ser una alternativa mediante la cual pueden obtener ingresos que complementan el gasto familiar. En la región Carbonífera se realizó primeramente un estudio de mercado los productores agrícolas los resultados obtenidos muestran que éstos controlan su rendimiento de proceso cuidando las plagas, cuidando el riego y el fertilizante, sin embargo no utilizan un método, técnica o herramienta especializada de ingeniería la cual aporte mayor control y rendimiento de su proceso

En la mayoría de los casos los procesos de producción agrícola están llenos de costumbres y mitos que se van transmitiendo de generación en generación, al analizar estos procesos mediante técnicas estadísticas se demuestra que se pueden mejorar y obtener mayores rendimientos. La investigación básicamente se trata de Analizar el Proceso actual de cosecha y compararlo con un proceso en el que mediante herramientas estadísticas se determinan las condiciones óptimas el cual se aplica para conocer cuál es el mejor método de cultivo agrícola que se debe realizar para obtener mejores resultados a los anteriores teniendo este conocimiento ponerlo en práctica ya sea en espacios abiertos como también en invernaderos o en todo tipo de espacios donde haya plantaciones agrícolas.

TEORIA

El nopal verdura tradicionalmente ha sido de los alimentos de mayor consumo del pueblo mexicano, tanto que en los últimos años se ha incrementado su demanda, principalmente en las áreas urbanas. Lo anterior se refleja en la superficie cultivada en el país, la cual pasó de 5, 134 ha en 1991 a 6, 633 ha en 1992. Asimismo, el nopal ha cobrado una particular importancia en la Medicina por sus propiedades hipoglucemiantes.

Descripción de la Planta: Las cactáceas son nativas del Continente Americano, en específico de la América Tropical. La familia Cactaceae presenta un gran número de endemismos lo que puede explicar tomando en cuenta que la historia de estas plantas es relativamente reciente. Se han descrito hasta la fecha 125 géneros y 2, 000 especies. México cuenta con más de 100 especies del género *Opuntia*, y es en las zonas semiáridas donde existe la variación más amplia, por lo que algunos botánicos lo consideran como el centro de origen de los nopales. El género se encuentra ubicado taxonómicamente en la tabla 1. Dentro de las características principales del género *Opuntia* podemos mencionar las siguientes: Son plantas, suculentas arborescentes, arbustivas o rastreras, simples o cespitosas, generalmente espinosas. Tronco bien definido o con ramas desde la base, erectas, extendidas o postradas. Artículos globosos, claviformes, cilíndricos o aplanados (cladodios), muy carnosos o leñosos. Limbo de las hojas pequeñas, cilíndrico, carnoso, muy pronto caduco. Aréolas axilares con espinas, pelos, glóquidas y a veces glándulas; generalmente las de la parte superior de los artículos son las productoras de flores, espinas solitarias o en grupos, desnudas o en vainas papiráceas. Flores generalmente hermafroditas, ovario ínfero con una cavidad y muchos óvulos. Estambres numerosos, más cortos que los pétalos, grueso: lóbulos del estigma cortos. Fruto en baya, seco o jugoso, espinoso o desnudo, globoso, ovoide hasta elíptico. El género *Opuntia* se divide en dos subgéneros: el *Cilindropuntia* (en general, éste no tiene mayor importancia económica) y el *Platyopuntia*. (Instituto Nacional de Ecología y cambio climático)

Clasificación taxonómica

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embryophyta
División:	Angioserma
Clase:	Dicotiledoneae
Subclase:	Dialipetalas
Orden:	Opuntiales
Familia:	Cactaceae
Tribu:	Opuntiae
Subfamilia:	Opuntioideae
Género:	<i>Opuntia</i>
Subgénero:	<i>Platyopuntia</i>
Especie:	varios nombres

Fuente: Briton y rose, 1963, en Bravo-Hollis, 1978.

El subgénero *Platyopuntia* agrupa a las especies del género *Opuntia* que presenta tallos aplanados (penca, cladodios o raquetas). Dentro del subgénero se reconocen 28 series de especies. Una serie de mayor interés es la *Streptacanthae* que agrupa diversas especies, las cuales son plantas arborescentes, ramosas, artículos glabros, verdes, espinas blancas, o ligeramente amarillentas. Flores grandes, amarillas, hasta anaranjadas; fruto carnoso, comestible y muy agradable. A esta serie pertenecen la mayoría de las especies que producen frutos comestibles.

De manera general, la morfología del nopal es la siguiente:

Raíz. El sistema radicular es perenne, extenso y superficial. Las raicillas secundarias están provistas de pelos absorbentes, caducas, ya que su presencia se limita a la época de lluvias, por lo que su estructura y funcionamientos le permite captar con eficiencia la mayor cantidad de agua durante los breves período de lluvias.

Tallos. Los nopales con artículos planos se denominan cladodios. Estos están tiernos son muy suculentos y poco lignificados.

Flor. Las flores son diurnas, solitarias, sentadas, nacen en la base de los árboles que funcionan indistintamente como yemas florales o vegetativas. Constan de un cáliz con tubo oval, soldado con el ovario y con el limbo, muchos pétalos, numerosos estambres persistentes, con los filamentos largos, coloridos y anteras longitudinalmente dehiscentes; un pistilo grueso y tubuloso digitado en su extremo formando varios lóbulos estigmáticos. Presentan colores vivos y brillantes. Tienen polinización zoófila (Insectos, lepidópteros, díteros, himenópteros, hemípteros y coleópteros).

La apertura de la flor tarda en promedio 55 días después de la aparición de las yemas florales. La flor permanece abierta durante 24 horas; se considera que el momento de antesis, es decir, el punto exacto a partir del cual se empieza a contar la vida del fruto, es a los dos días, después de la apertura de la flor.

Fruto. El fruto es una baya ovoide, cilíndrica, de diversos colores, umbilicada en el extremo superior (cicatriz floral), pericarpio correoso, con numerosos colchones de ahuates distribuidos en tresbolillo, semillas de color variable.

El nopal presenta características morfológicas y fisiológicas adaptadas a la escasa disponibilidad de agua, a las variaciones extremas de la temperatura y en general, a las condiciones de las zonas áridas y semiáridas. Entre las adaptaciones que le permiten almacenar y conservar el agua en sus tejidos tenemos:

Suculencia. Se debe a un gran desarrollo de los parénquimas que le permite acumular grandes cantidades de agua en sus células. Elaboración de mucílagos y sustancias higroscópicas a partir de ácidos orgánicos. La superficie foliar ha sido transformada en la penca adulta es espina y los cladodios al ser aplanados y discoides, en forma de raqueta, representan los cuerpos más eficientes para evitar la evapo-transpiración. La savia viscosa cierra rápidamente las heridas de la planta. Metabolismo ácido crasuláceo (MAC), que es el proceso fotosintético en el cual los estomas están cerrados durante el día y abiertos durante la noche, evitando la pérdida de agua por transpiración.

Desde la época prehispánica, el nopal se convirtió en uno de los alimentos más característicos de México. De hecho el nombre de la ciudad más grande de los mexicanos, Tenochtitlán, significa "lugar de pencas de nopal" en náhuatl. En aquellos tiempos, el nopal era usado como alimento y medicina para sanar desde labios partidos hasta heridas, además de que se utilizaba como cultivo. (Osorio, 2015)

Una de las características importantes es la calidad del nopalito para consumo humano es su tamaño (CODEX-STAN-185-1993. NORMA DEL CODEX PARA EL NOPAL, 1993), (largo) del nopalito, por lo que se definió cosechar cuando éste presentara 20 cm o más de longitud, que de acuerdo con este criterio, los nopalitos cosechados en este estudio quedan ubicados dentro del calibre C (17 a 21 cm) de la norma del CODEX. Por otra parte, esta característica de tamaño se alcanza aproximadamente a los 20 días. El tiempo de crecimiento es desde que el cladodio maduro (penca madre) emite el brote hasta que alcanza el tamaño deseado para ser cosechado. Este periodo puede variar dependiendo de las condiciones ambientales y del manejo en general que se dé al cultivo.

Nivel de corte del nopal: Nivel 1 y Nivel 2 como se observa en figura 1

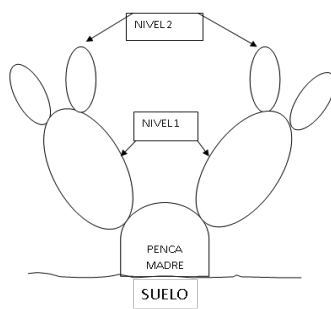


Figura 1

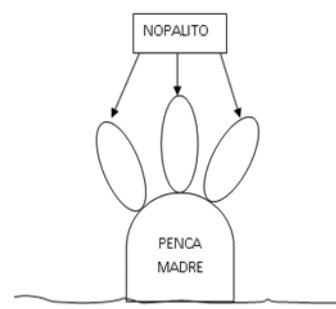


Figura 2

PARTE EXPERIMENTAL

El tipo de investigación fue experimental los datos obtenidos son en base al peso en gramos, es cuantitativa porque las variables que se están estudiando se representan en cantidades tales como peso y diámetro. Transversal la recopilación de datos se dio en diferentes tiempos. El Tipo de muestreo es Intencional u Opinático se escogieron plantas de Nopal verdura Variedad Villanueva de acuerdo al diseño. Tomando en cuenta las opiniones del encargado del invernadero para poder hacer el estudio.

Selección de instrumentos de investigación

Las técnicas de investigación para obtener la información de los elementos de investigación fueron observación al momento de obtener información.

Selección de variables en estudio

Las variables en estudios son: Ancho de penca, Nivel de corte y fertilizante

Las variables de acuerdo con el manejo agronómico como lo son el agua, nutrientes, control de plagas y enfermedades no son tomadas en cuenta ya que son características que se utilizan en los dos métodos

Plan de recolección de información

Para identificar las variables de entrada que afectan el rendimiento en kilogramos de nopal-verdura se realizó un Diagrama Causa-Efecto.

Para estimar la relación de rendimiento del nopal fresco con el ancho de penca y longitud del nopal se recopilaron datos y se analizaron mediante el modelo de regresión Lineal y se calcularon en software Minitab.

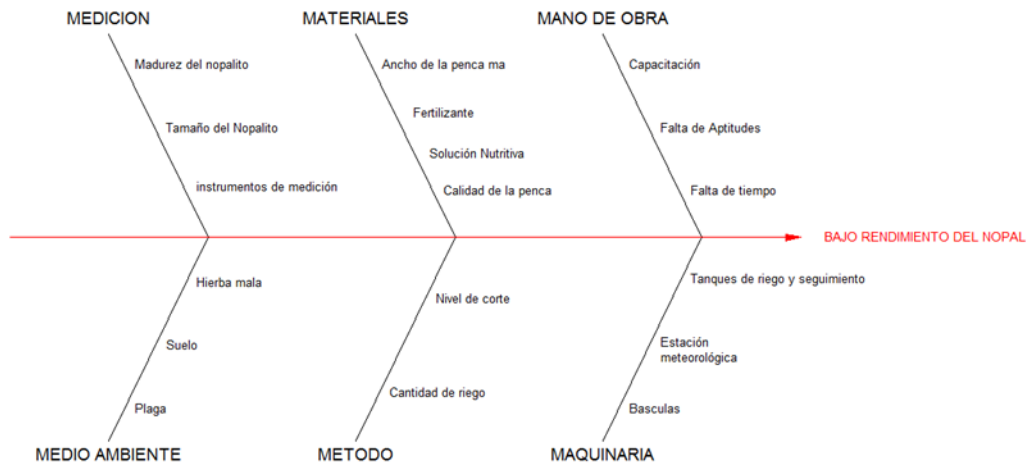
Para estimar la relación del Rendimiento del producto (variable de salida) y los factores (variables de entrada), Ancho de la penca, tamaño del nopal, y el nivel de corte, se toman 18 muestras por semana, y analizar la relación entre las variables de entrada se utilizó un análisis de varianza de dos factores con Interacción y el cálculo se llevó a cabo en el software Minitab. (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007)

Para analizar las variables de entrada ancho de la penca, tamaño del nopal, y el nivel de corte y encontrar las condiciones óptimas de cultivo se realiza un arreglo ortogonal de L_{42^3} el en cual se realizan 4 pruebas con 3 réplicas y se utiliza el Modelo Diseño de Experimentos. (Vázquez, 2007)

ANÁLISIS DE DATOS

Para identificar las variables de entrada que afectan el rendimiento en kilogramos de nopal-verdura se realizó un Diagrama Causa-Efecto como se observa en la gráfica 1

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO



Gráfica 1 Diagrama Causa-Efecto

Regresión Lineal Simple

También se realizó el análisis de regresión lineal en la que se obtuvieron mediciones y datos para poder analizarlos y determinar si estos factores tienen una fuerte influencia en la variable de salida que en este caso es el rendimiento de la producción en gramos. Se tomaron los siguientes datos como se muestra en la Tabla 1 de diferentes características (altura y ancho de penca) y se comparó con el rendimiento en gramos y se muestra en la gráfica 2.

Altura del nopal (cm) (X)	Peso del Nopal (gr) (Y)
23	92
24	98
18.5	94
2.5	84
20	98
20	66
20	93
2.5	81
23	110
24	114
20	100
20	125
23	140
25	121
24	143
21.5	111

Tabla 1 Datos de Altura y Peso del Nopal

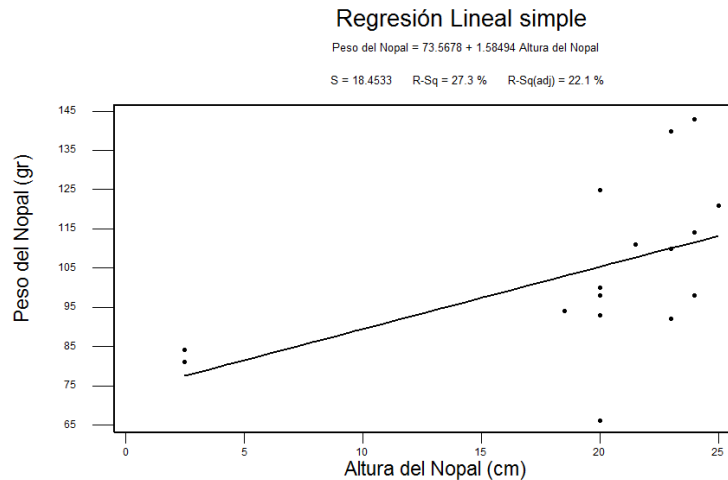


Figura 2. Gráfica de Regresión Lineal Simple

La ecuación de Regresión lineal simple es: $\text{Peso del Nopal} = 73.5678 + 1.58494 \text{ Altura del Nopal}$

Por lo tanto el análisis de regresión lineal como se muestra en la figura 2 se observa que existe una relación positiva media entre la altura del nopal (cm) y el peso del nopal (gr), ya que el coeficiente de correlación es de 0.52.

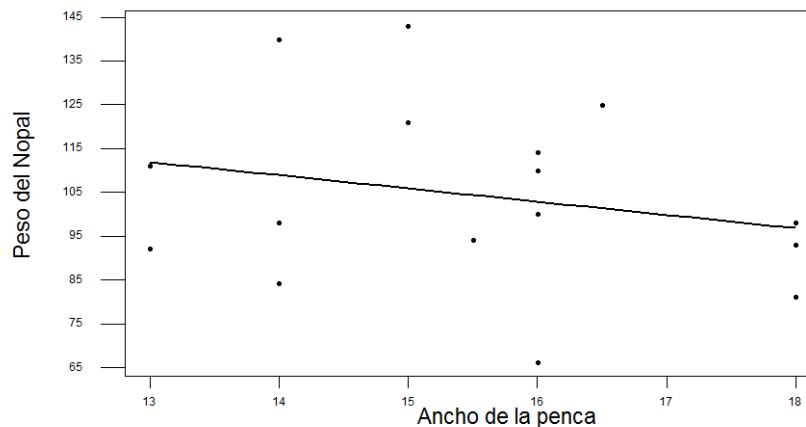
El siguiente estudio fue un análisis de Regresión Lineal simple analizando la variable de entrada Ancho de la penca en cm. con la variable de salida peso del nopal (Rendimiento) en gr. Se tomaron los siguientes datos como se muestra en la tabla 2 de diferentes características (Ancho de penca y Peso del Nopal) y se comparó con el rendimiento en gramos y se muestra en la gráfica 3.

Ancho de la penca madre(cm) (X)	Peso del Nopal(gr) (Y)
13	92
14	98
15.5	94
14	84
18	98
16	66
18	93
18	81
16	110
16	114
16	100
16.5	125
14	140
15	121
15	143
13	111

Tabla 2 Datos de ancho de la penca y peso del nopal

ANÁLISIS DE REGRESION LINEAL SIMPLE

Peso del Nop = 151.258 - 3.02469 Ancho de la
 S = 21.0191 R-Sq = 5.7 % R-Sq(adj) = 0.0 %



Gráfica 3 Regresión lineal simple

Conclusión: Ecuación de Regresión $\text{Peso del nopal} = 151.258 - 3.02469 \text{ Ancho de la penca}$. Por lo tanto la gráfica nos dice que existe una relación negativa débil entre el ancho de la penca madre (cm) y el peso del nopalito (gr), ya que el coeficiente de correlación es de -0.238

Análisis de Varianza

El siguiente estudio fue un análisis de varianza recopilando los siguientes datos como lo muestra la Tabla 3, para determinar si dichos factores tienen influencia en la variable de salida, en este caso rendimiento en gramos del nopal verdura, así como si existe una interacción entre las variables de

entrada. Se realizaron dos muestras en cada combinación de factores. En la tabla 4 se muestran las interacciones entre los factores.

Altura del Nopalito (gr)						
Nivel de corte 1 C			Nivel de corte 2 C			
Ancho de la penca madre (cm)	B1 (18-20)	B2 (21-22)	B3 (23-24)	B1 (18-20)	B2 (21-22)	B3 (23-24)
A1 (13-14)	116 196	90 91	91 95	66 100	102 105	118 133
A2 (15-16)	102 103	94 90	95 90	125 66	104 114	129 158
A3 (17-18)	90 79	109 94	95 109	98 93	133 85	110 106

Tabla 3. Datos de los factores Ancho de la penca, Altura del Nopal y Nivel de corte

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	F Calculada
Efecto Principal				
A	451.5	2	225.75	1.072
B	652.16	2	326.08	1.54
C	373.77	1	373.77	1.77
Interacción de dos factores				
AB	1865.83	4	466.45	2.21
AC	1318.72	2	659.36	3.13
BC	4352.05	2	2176.02	10.33
Interacción de tres factores				4.34
ABC	3661.94	4	915.48	
Error	7579.03	36	210.52	
Total	20255			

Tabla 4. Interacciones entre las fuentes de variación

Como conclusión se encontró que si existe interacción entre los tres factores (la altura del nopalito, el ancho de la penca madre y en nivel de corte), así como también existe interacción entre los factores altura del nopalito y el nivel de corte del nopalito.

Diseño de Experimentos en Invernadero de Nopal Verdura

Recopilación de datos Durante dos meses se realizó el corte del producto como se muestra en la tabla 6. Para ello se usó un cuchillo de acero inoxidable desinfectado previamente. Se llevaron a cabo las pruebas de acuerdo al arreglo ortogonal L_42^3 , y se llevó a cabo el diseño de experimentos, tomando en cuenta las características esenciales para su corte óptimo. Se registró el peso fresco de la cosecha, el ancho de la penca madre y la longitud del nopal fresco, la característica de calidad es maximizar la variable de salida. Se elaboró el diseño de experimentos como se muestra en la tabla 5 donde se muestran los niveles y factores.

		Niveles	
		Factores	
		1	2
A	Fertilizante Inorgánico	Sin Leonardita	Con Leonardita
B	Nivel de Corte	1	2
C	Penca Madre	(13-15 cm)	(16-18 cm)

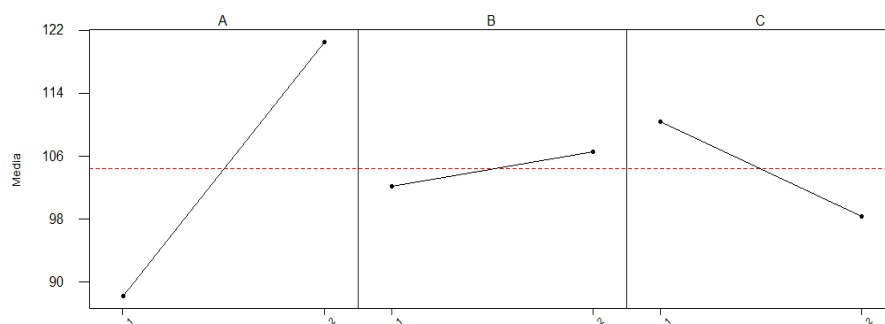
Tabla5. Niveles y Factores

	A	B	C	Y1	Y2	Y3	Y4
1	1	1	1	92	98	94	84
2	1	2	2	98	66	93	81
3	2	1	2	110	114	100	125
4	2	2	1	140	121	143	111

Tabla 6. Arreglo Ortogonal y datos en gramos

Factor	1	2	3
Nivel 1	88.25	102.125	110.375
Nivel 2	120.50	106.625	98.375
Diferencia	32.25	4.50	12
Rango	1	3	2

Tabla 7. Análisis Regular



Gráfica 4. Gráficas de Análisis Regular por Factor

Conclusión: En el Diseño de Experimentos las condiciones óptimas de cultivo son: Utilizar el Fertilizante Leonardita, Nivel de corte 2 y con 13-15 cm de ancho de penca madre (Condiciones Óptimas: $A_2 B_2 C_1$), Como se observa en la Tabla 7 y en la Gráfica 4.

RESULTADOS

En promedio el peso del nopal es de 104.8 gr. Con una desviación estándar de 24 gr., En la producción por túnel la que tiene un mayor rendimiento en kilogramos de nopal es el túnel no. 2 que contiene fertilizante Leonardita, Del estudio de Regresión lineal simple se concluyó que el factor ancho de la penca no tiene relación con el Rendimiento del nopal, así como la altura del nopal si tiene una relación media con el Rendimiento del nopal con un coeficiente de correlación de 0.52, En el Diseño de Experimentos las condiciones óptimas de cultivo son: Utilizar el Fertilizante Leonardita, Nivel de corte 2 y con 13-15 cm de ancho de penca madre (Condiciones Óptimas: A₂ B₂ C₁).

CONCLUSIONES

El siguiente proyecto tiene como objetivo general realizar un estudio así como desarrollar una propuesta de mejora para el rendimiento en kilogramos de la producción de nopal-verdura en el invernadero de la Empresa Agroindustrias de Nueva Rosita SPR de R.L ubicado en la Región Carbonífera, para lograr crear oportunidad de mejora mediante propuestas sustentadas con métodos y técnicas estadísticas. El utilizar herramientas estadísticas nos da la certeza de elegir y descartar variables dentro de la investigación, las cuales nos ayudan a definir la corrida óptima conocer si existe variación significativa entre las variables. Se recomienda seguir analizando otras variables dentro de este proceso.

BIBLIOGRAFIA

1. (24 de Julio de 2014). *La Carbonífera.com*.
2. *CODEX-STAN-185-1993. NORMA DEL CODEX PARA EL NOPAL*. (1993). Obtenido de <http://www.colpos.mx/bancodenormas/ninternacionales/CODEX-STAN-185-1993.pdf>
3. *Instituto Nacional de Ecología y cambio climático*. (s.f.). Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/71/nverdura.html>
4. Osorio, D. H. (2015). *Universidad Autonoma del Estado de México*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/26399>
5. (2007). En E. J. Vázquez, *Seis Sigma Metodología* (págs. 386-404). CDMX, México: LIMUSA.
6. Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2007). *Probabilidad y Estadística*. Naucalpan de Juárez: Estado de México.

CONTROL SERVO-VISUAL MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES DE UN QUADROTOR AR.DRONE EN LABVIEW

Juan M. Fortuna¹, Marco Tulio Ramírez Torres², Marcela Mejía Carlos¹

¹Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, Universidad Autónoma de SLP, ²Coordinación Académica Región Altiplano, Universidad Autónoma de SLP.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un algoritmo de visión por computadora, que hace el reconocimiento Óptico de caracteres (OCR en sus siglas en inglés), de imágenes adquiridas por un vehículo aéreo no tripulado, como el Parrot AR.Drone 2.0. La aplicación permite al usuario enviar comandos al Drone a través de etiquetas de navegación; que son hojas con instrucciones impresas tales como Up=Subir, Down=Bajar, Left=Giro a Izquierda, Right=Giro a Derecha, Land=Aterrizar. La computadora descifra el comando, utilizando un algoritmo OCR y envía al Drone la acción de vuelo. El uso del software LabVIEW junto con las herramienta de NI VISION, optimiza la toma de decisiones para el control de vuelo, además se hace uso de una estructura de programación paralela entre múltiples bucles lo cual evita la saturación de información en el sistema completo y permite la retroalimentación de acción de vuelo a través de un bucle de control. La conjunción metódica de estos procedimientos se ve aplicado a futuro para las tareas de vigilancia y la toma de decisiones, donde se emplean vehículos aéreos que realizan diferentes actividades de manera autónoma con altos niveles de rendimiento para aplicaciones en tiempo real.

INTRODUCCIÓN

En los recientes años los QuadRotors se han convertido en las plataformas más utilizadas dentro del área de los vehículos aéreos no tripulados. En general su estructura es muy simple, pero existen algunos muy completos con características especiales para la navegación. El QuadRotor pudiera utilizar desde tres a doce rotores fijos para obtener un mejor desplazamiento o realizar diferentes maniobras [1], lo que lo hace una plataforma ideal para misiones de reconocimiento y seguimiento de objetivos. Por otro lado, podría ser manipulado desde una estación de control en tierra con la intervención humana o de forma autónoma en base a planes de vuelo preprogramados o con sistemas de automatización más complejos.

Una característica interesante de los QuadRotors es su capacidad para comunicar información valiosa, como la temperatura, imágenes o video de su entorno, así como, pueden disponer de los datos de estado, sobre la posición, la velocidad, dirección, altitud de vuelo y la carga de la batería. Los QuadRotors son muy utilizados ya que pueden ejecutar un gran número de aplicaciones civiles y militares sin poner en riesgo vidas humanas. Además, pueden llevar a cabo maniobras rápidas y complejas [2], navegar de forma autónoma en entornos estructurados [3] y no estructurados [4]. En particular, se han aplicado sistemas de visión artificial, por ejemplo, en navegación [5-6], aterrizaje [7] y enjambres de QuadRotors [8-10]. La teoría de control, visión por computadora, mecánica, aerodinámica, automatización y la electrónica son algunas áreas relacionadas con el desarrollo de estos sistemas. Sin embargo, debido a los grandes avances en la tecnología, cada vez es más necesario tener mejores algoritmos y más eficientes para el control servo visual y así como el flujo de información de una manera más óptima y segura dentro de la estructura de programación. En relación a esto, la información depende en gran medida de la aplicación de ejecución y, en muchos casos, es necesario procesarla en tiempo real.

Este trabajo presenta una parte fundamental en el desarrollo de aplicaciones de reconocimiento de caracteres para los vehículos aéreos autónomos. Además, junto a la implementación de una estructura de programación que permite evitar la saturación de información entre operaciones de procesamiento de imágenes y el uso de las funciones de control de vuelo en múltiples bucles podemos tener un comportamiento estable del sistema. El resto de trabajo se organizará de la siguiente manera. En las siguientes secciones se presenta una breve revisión de la descripción del sistema. Así, como una descripción general de la configuración experimental que se plantea. Además se muestra la implementación del algoritmo de reconocimiento óptico de caracteres y los resultados obtenidos. Finalmente, se incluyen las conclusiones sobre este trabajo.

Descripción del sistema

A. Parrot QuadRotor AR.Drone 2.0.

El sistema principalmente se basa en el envío de datos a través de la comunicación Wi-Fi. El procesador del QuadRotor obtiene los datos adquiridos de los sensores y los procesa de acuerdo con la aplicación que ha ejecutado. Se toma en cuenta parte de la información generada por los ángulos de navegación y la posición en (X,Y) dentro del sistema (Figura 1), para la estabilización del mismo, además utiliza los datos del giroscopio y acelerómetro como referencia. Una vez que los datos han sido procesados, serán enviados a los controladores, quienes serán responsables de acelerar o disminuir la velocidad en cada par de rotores. Cada paquete de datos se procesaría como en la siguiente Figura 2 [11-12].

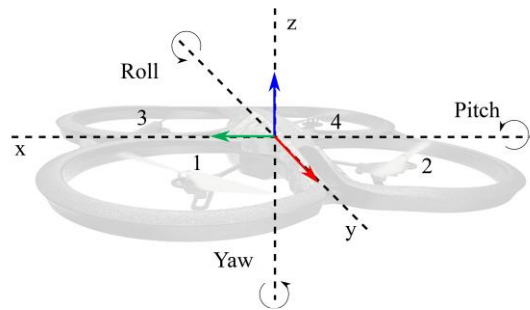


Figura 14. Orientación del QuadRotor definida por los ángulos Roll, Pitch e Yaw [13].

En nuestro sistema, LabVIEW se utiliza para obtener y manipular los datos generados por el QuadRotor. El proceso de comunicación y decodificación se realizan con la ayuda del Toolkit AR.Drone. Además, las imágenes tomadas por el QuadRotor se envían a la computadora portátil a través de las librerías dinámicas, que son funciones de LabVIEW. Una ventaja de utilizar el Toolkit AR.Drone es que los datos pueden extraerse, decodificarse, procesarse y nuevamente ser enviados al QuadRotor [14-15].

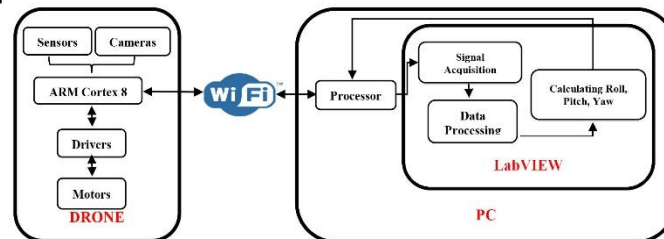


Figura 15. Diagrama de bloques del sistema.

B. Toolkit AR.Drone LabVIEW.

Parte fundamental de este Toolkit de desarrollo es que nos permite controlar el AR.Drone 1.0 y 2.0 con LabVIEW. Además, está integrado por VIs (*Virtual Instruments*) de alto nivel que realizan funciones importantes, como el control de navegación, lectura y decodificación de video y la recopilación de datos de los diferentes sensores. Estos VIs podrían usarse junto con las demás funciones incluidas en LabVIEW de manera gráfica o lenguaje gráfico de programación, para analizar los datos provenientes del AR.Drone y calcular los controles de salida que se enviarán de regreso. Dentro de la paleta de funciones, *Open* es la función más importante con respecto a esta investigación, el VI o función nos ayuda a abrir una nueva sesión con AR.Drone. Por otro lado, para obtener una transmisión de datos y establecer los parámetros de configuración, la computadora portátil debe estar conectada a la red inalámbrica generada por el AR.Drone. Además, podemos seleccionar el modo de vuelo, ya sea en modo interior o exterior, considerando así, el uso de la carcasa para interiores o prácticamente al aire libre. También, debemos tomar en cuenta que disponemos de dos cámaras de video, por lo que podemos seleccionar la que vamos a utilizar; una en la parte inferior y la otra en la parte frontal. Sin embargo, hay restricciones que se pueden

configurar, como los valores máximos de navegación: altitud (m), ángulo de inclinación y desplazamiento (deg), velocidad vertical (m/s) y velocidad de navegación (deg/s).

La paleta de VIs se divide en varias funciones, otra función principal es *Control Drone*, la cual nos permite controlar el comportamiento de nuestro QuadRotor y, en otras palabras, es responsable de enviar los comandos básicos de control al AR.Drone, incluidos los comandos de movimiento (*Hover*, *TakeOff/Landing* y *Emergency Landing*). Además, tiene un grupo de cuatro elementos de entrada llamado *Control Cluster*, permitiendo manipular los parámetros de vuelo (*Roll*, *Pitch*, *Vertical Speed* y *Yaw Speed*). Teniendo la necesidad de poder visualizar lo que el QuadRotor está enviando a través de la comunicación Wi-Fi a la computadora portátil, usamos la función *Read NavData*. Cuenta con un grupo de salida de diez elementos; algunos datos importantes que podemos ver en los indicadores son: estado de control, porcentaje de batería y los parámetros de vuelo Yaw (deg), Pitch (deg) y Roll (deg). De la misma manera, podemos monitorear la altitud (cm) y la velocidad (cm/s) en varios ejes (vx, vy, vz) después de haber inicializado la sesión.

Teniendo en cuenta algunas aplicaciones que requieren la parte de visión, es necesario leer los datos del video que se envían a través del puerto de red, con lo cual podemos usar la función *Read VideoData*. Cabe mencionar que los desarrolladores de National Instruments crearon una librería especial para la transmisión de los datos de video, cuyo nombre es *Decode20Video.dll*. Para toda estructura de programación y siguiendo el flujo de datos dentro de LabVIEW, es necesario que al final cualquier sesión abierta debe estar cerrada, usando otra función del Toolkit llamada *Close*.

C. Estructura de datos.

Los lenguajes de flujo de datos como LabVIEW permiten la paralelización de los bucles. El paralelismo es importante en los programas de la computadora portátil, porque pueden desbloquear el rendimiento en relación con los programas puramente secuenciales debido a los cambios recientes en los diseños de los procesadores [16]. Un caso particular, es la estructura Productor/Consumidor basada en el patrón Maestro/Esclavo y está orientado a compartir datos entre múltiples bucles [17]. En el que los bucles se ejecutan de forma independiente: el primer bucle es responsable de producir o recibir los datos y el segundo bucle solo se encarga de procesar los datos.

A pesar de correr en paralelo (diferentes velocidades), los datos se envían entre los dos bucles con la ayuda de las funciones Queue, estructuras de datos estándar en lenguaje de programación. Principalmente se basa en la teoría primero en entrar/ primero en salir. Estas funciones se pueden inicializar fuera de los bucles Productor y Consumidor. La Figura 3 ilustra cómo se puede crear la estructura Productor/Consumidor en LabVIEW.

Este almacenamiento en memoria será muy importante cuando la comunicación de la red esté ocupada. Con el almacenamiento en búfer, los paquetes se pueden recuperar y comunicar más rápido de lo que se pueden analizar. Una parte fundamental y quizás una desventaja es no poder acceder aleatoriamente a los elementos dentro de los Queue, la única forma de ver y manipular todos los elementos que están dentro es tomarlos uno a uno a la vez.

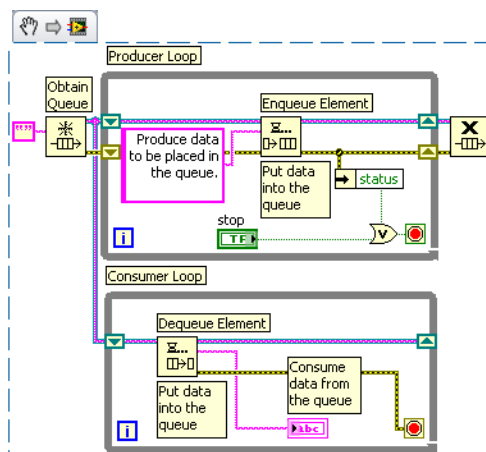


Figura 16. Estructura Productor/Consumidor se usa a menudo para aumentar el rendimiento de las aplicaciones que requieren tareas paralelas [17].

CONFIGURACIÓN EXPERIMENTAL

Para poder implementar la estructura de datos en paralelo junto con las funciones del Toolkit AR.Drone y además con las diferentes aplicaciones de control servo visual mediante el Reconocimiento Óptico de Caracteres y el seguimiento de objetivos y/o patrones, se consideró el lenguaje de programación gráfico LabVIEW, una marca registrada de National Instruments. La Figura 4 muestra el diagrama de bloques de la comunicación paralela, para las diferentes tareas que se ejecutarán en la aplicación. Se contempla el control manual de navegación desde el teclado de la computadora portátil, la lectura de la información de los sensores, los controles básicos de vuelo y la estructura Productor/Consumidor para la lectura de video, además con la implementación de los algoritmos propuestos.

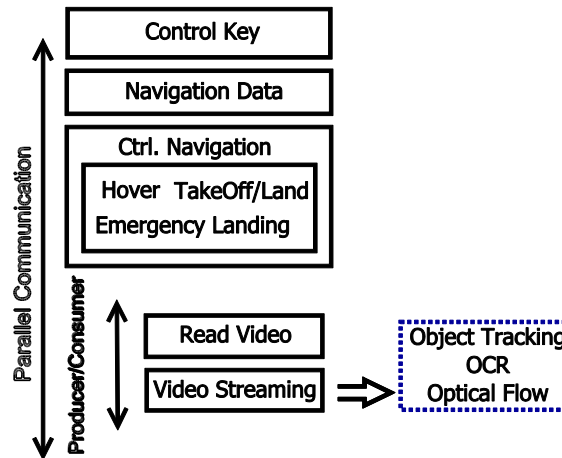


Figura 17. Diagrama de bloques de la comunicación paralela entre las diferentes tareas a realizar por AR.Drone y LabVIEW.

A. Reconocimiento Óptico de caracteres.

Con las funciones de NI VISION para el procesamiento de imágenes en el video y el Toolkit AR.Drone, podemos integrar el siguiente diagrama de bloques para el control de vuelo (Figura 5), lo cual nos permite crear la tarea de control servo visual, tener la lectura de los caracteres y tomar las decisiones. Podemos utilizar las dos cámaras con las que cuenta el AR.Drone, pero para nuestra configuración solo utilizaremos la que está localizada en la parte frontal, dado que los comandos con etiquetas pueden ser colocados verticalmente con un ángulo de visión acorde para la cámara y así detectar la etiqueta de vuelo.

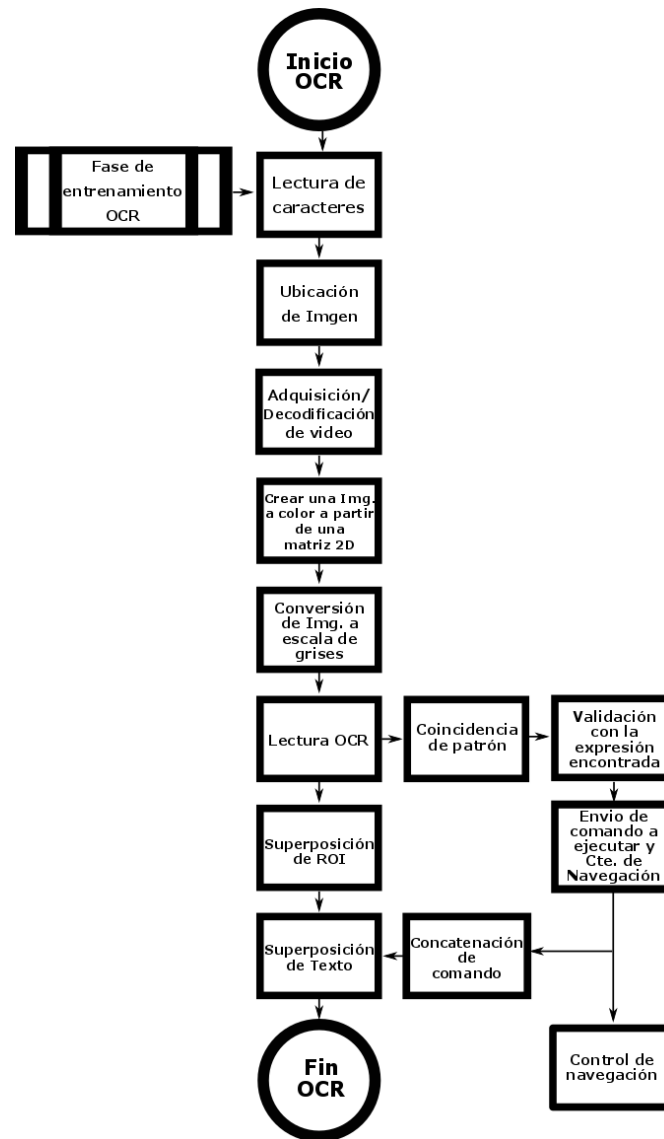


Figura 18. Diagrama de flujo para Control Servo Visual mediante Reconocimiento Óptico de Caracteres en LabVIEW.

Implementación del sistema

La estructura de programación en nuestro diagrama de bloques nos permite poder implementar nuestros algoritmos de control servo visual, de manera que podemos utilizar la comunicación paralela de múltiples tareas entre el AR.Drone y LabVIEW. Principalmente partimos de la adquisición y decodificación de imágenes o video desde otra etapa donde encontramos parte de la estructura Productor/Consumidor, en este caso el bucle Productor, en donde usamos la función de *Read VideoData*. A continuación describimos la etapa de implementación de los algoritmos de manera independiente.

El algoritmo de OCR para el control servo visual, está implementado en varias etapas, como podemos ver en la Figura 6, en el bucle con nombre Consumidor se va creando una localidad temporal de memoria de la información enviada, está a su vez sufre una conversión a escala de grises, donde pasara a la etapa de lectura de caracteres. En la Figura 7 podemos ver la etapa de validación a través de la coincidencia de patrones de las etiquetas, con esto se logra enviar los comandos de navegación a ejecutar y se envía la constante de vuelo al control de navegación.

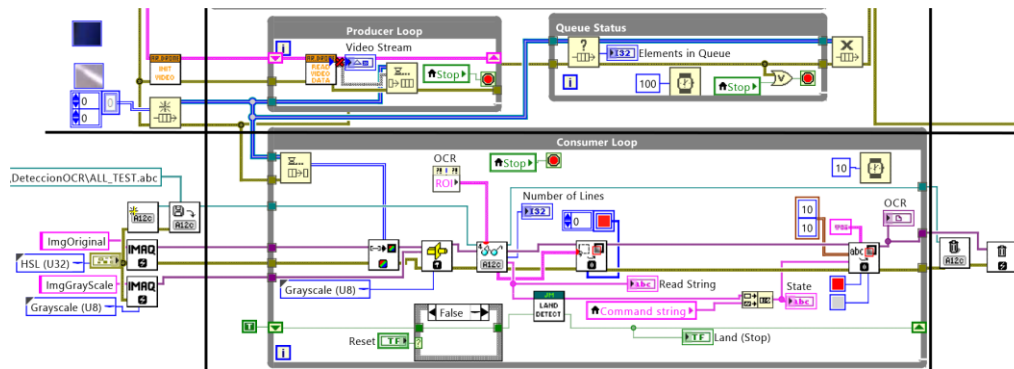


Figura 19. Algoritmo Control Servo Visual mediante Reconocimiento Óptico de Caracteres implementado en el Diagrama de bloques de LabVIEW.

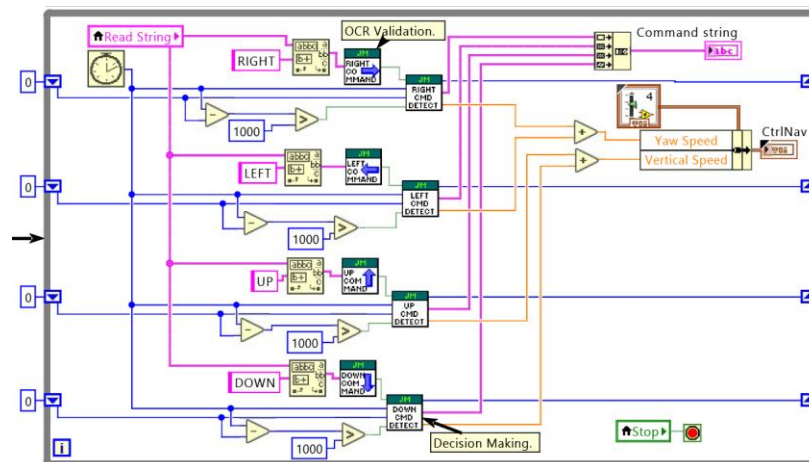


Figura 20. Etapa de validación y toma de decisiones para el Control Servo Visual mediante Reconocimiento Óptico de Caracteres.

RESULTADOS

Una forma de presentar los resultados experimentales obtenidos en tiempo real mediante la implementación de la estructura Productor/Consumidor, monitoreamos de manera gráfica los datos de navegación y de manera paralela la transmisión de video para las diferentes algoritmos de control servo visual. En particular, se puede ver en Figura 8 (a-c), los resultados de la prueba experimental antes de ejecutar las aplicaciones de control servo visual, un comportamiento oscilatorio en la fase de los ángulos de navegación. Una parte importante de estos resultados es el tiempo de ejecución en la adquisición de datos, dado a que es continuo hasta que el mismo usuario detiene la ejecución de la aplicación sin tener problemas durante el proceso.

Como resultado de esta implementación y a partir de la transmisión de video, dentro del espacio de trabajo podemos encontrar las diferentes acciones de navegación con la ejecución de los algoritmos de control servo visual. En la Figura 9 podemos visualizar las acciones de control referente al control servo visual mediante el Reconocimiento Óptico de Caracteres.

Resulta indispensable la integración de referencias visuales y máquinas de estado para controlar la navegación autónoma en diferentes estados de vuelo, así como los desplazamientos verticales, horizontales y longitudinales del QuadRotor. Las aplicaciones han sido desarrolladas, analizadas y validadas usando LabVIEW, a través de algunas pruebas experimentales las cuales consideran factores como velocidad de procesamiento, iluminación, vibraciones, y condiciones ambientales que influyen en el rendimiento del sistema.

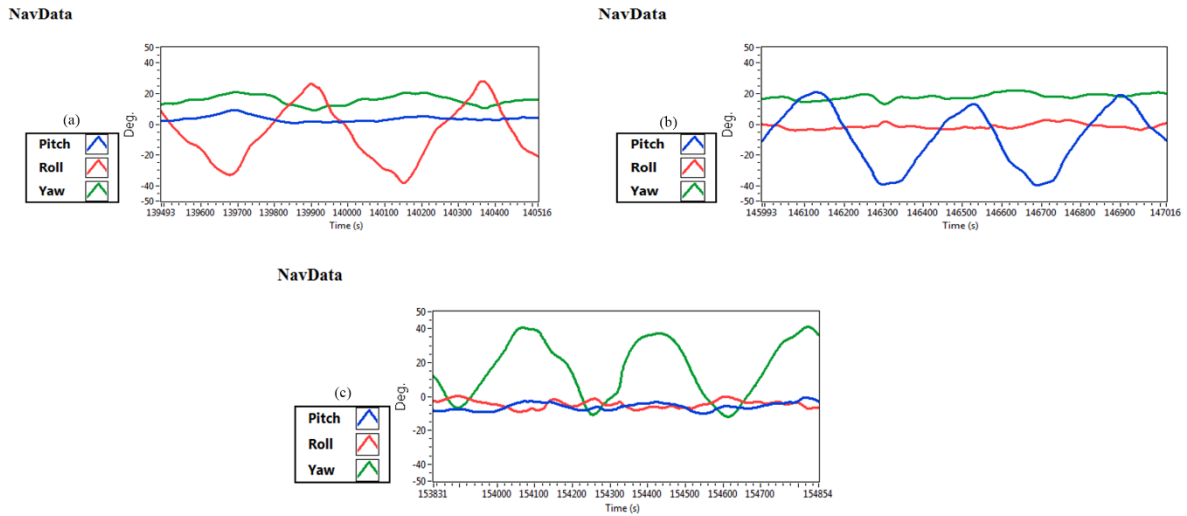


Figura 21. Resultado experimental sin tener en vuelo el AR.Drone en donde se visualiza una oscilación en (a) Roll, (b) Pitch y (c) Yaw.



Figura 22. Control Servo Visual mediante el Reconocimiento Óptico de caracteres, etiquetas con comandos de control de navegación propuestos (a) Down, (b) Up, (c) Right, (d) Left, (e) Land y (f) Modo Land.

CONCLUSIONES

En este trabajo, presentamos AR.Drone como una plataforma utilizable en la investigación de la robótica y el control servo visual. El desarrollo y uso de algoritmos de procesamiento visual más fiables y robustos, permite que el control visual se lleve a cabo sin la necesidad de fusionar la información inercial del QuadRotor. Además, no es solo en el hardware del QuadRotor donde hay avances tecnológicos, sino también la parte de software donde se logra la comunicación entre los sistemas integrados con la implementación de las estructuras de datos (Productor/Consumidor) dentro del sistema en LabVIEW y los algoritmos de visión. Con el almacenamiento de la información, los resultados obtenidos proporcionan un buen flujo de datos, mejorando la tasa de transmisión y una gran flexibilidad para enviar la señal de video en tiempo real, además, sin tener problemas en la saturación en cada función implementada en el diagrama de bloques. Vemos que podemos entrenar nuestro AR.Drone para poder decodificar la información visual de las etiquetas de navegación, podemos utilizar diferentes lenguajes sin ningún problema. De esta forma, podría ser una estructura base para implementar otros algoritmos de visión artificial que permitan el desarrollo de aplicaciones como navegación autónoma, toma de decisiones, reconstrucción digital aérea y la búsqueda en entornos donde el acceso es complicado.

AGREDECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto de Investigación en Comunicación Óptica y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que a través del programa nacional de posgrados de calidad se me permitió realizar este trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. T. Dierks and S. Jagannathan, "Output feedback control of a quadrotor UAV using neural networks", IEEE Trans. Neural Networks, vol. 21, no. 1, pp. 50–66, 2010.
2. Mellinger, D., Michael, N., Kumar, V. "Trajectory generation and control for precise aggressive maneuvers with quadrotors". International Symposium on Experimental Robotics, Delhi, India, 2010.
3. Achtelik, M., Bachrach, A., He, R., Prentice, S., Roy, N. "Stereo vision and laser odometry for autonomous helicopters in GPS-denied indoor environments". SPIE Unmanned Systems Technology XI, Orlando, F, vol. 7332, 2009.
4. Blöndensch, M., Weiss, S., Scaramuzza, D., Siegwart, R. "Vision based MAV navigation in unknown and unstructured environments". IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 21–28, 2010.
5. B. Odile, R. Mahony, N. Guenard, F. Chaumette, T. Hamel, and L. Eck, "Kinematic Visual Servo Control of a Quadrotor Aerial Vehicle", vol. 25, no. 3, pp. 833–838, 2007.
6. W. Zheng, F. Zhou, and Z. Wang, "Robust and accurate monocular visual navigation combining IMU for a quadrotor," IEEE/CAA J. Autom. Sin., vol. 2, no. 1, pp. 33–44, 2015.
7. J. Park, Y. Kim, and S. Kim, "Landing Site Searching and Selection Algorithm Development Using Vision System and Its Application to Quadrotor", IEEE Trans. Control Syst. Technol., vol. 23, no. 2, pp. 488–503, 2015.
8. M. Schwager, B. J. Julian, M. Angermann, and D. Rus, "Eyes in the sky: Decentralized control for the deployment of robotic camera networks", Proc. IEEE, vol. 99, no. 9, pp. 1541–1561, 2011.
9. Y. Wang, Q. Wu, and Y. Wang, "Distributed consensus protocols for coordinated control of multiple quadrotors under a directed topology", IET Control Theory Appl., vol. 7, no. 14, pp. 1780–1792, 2013.
10. D. Lee, A. Franchi, H. Il Son, C. Ha, H. H. Bulthoff, and P. R. Giordano, "Semiautonomous haptic teleoperation control architecture of multiple unmanned aerial vehicles", IEEE/ASME Trans. Mechatronics, vol. 18, no. 4, pp. 1334–1345, 2013.
11. R. Lozano, P. Castillo and A. E. Dzul. "Modelling and control of miniflying machines", Springer, Londres, 2005.

12. G. Tont, R. Munteanu, D. Tont, D. Iudean, “*Aspects Regarding the Unidirectional Two-Port Circuits Implemented by Means of Electronic Gytrators*”, *Journal of Advances in Electrical and Computer Engineering*, Vol. 16, no. 1, 2016.
13. J. Engel, “*Autonomous Camera-Based Navigation of Quadrocopter*”, Master’s Thesis in Informatics, Technical University of Munich, December 15, 2011.
14. “AR.Drone Toolkit for LabVIEW”. Jun. 2017, National Instruments. sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/211837
15. R. Munteanu, D. Ludean, C. Muresan, V. Petean, “*Acess System in Restricted áreas base on programable logic controller and GSM modern*”, The 13th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES), 2015.
16. “*Benefits of Programming Graphically in NI LabVIEW*”. Jun. 2013, National Instruments. www.ni.com/white-paper/14556/en/.
17. “*Application Design Patterns: Producer/Consumer*”. Aug. 2016, National Instruments. www.ni.com/white-paper/3023/en/.

MEDICIÓN DE LA FORMA SUPERFICIAL POR CORRELACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES

Nelson Martínez Santamaría¹, Rafael Martínez Peláez², Jorge R Parra Michel²

¹ Instituto Tecnológico de León, Av. Tecnológico s/n. Fracc. Julian de Obregón. C.P. 37290, León Guanajuato. ² Universidad de la Salle Bajío, A. C. Av. Universidad 602, Col Lomas del Campestre. C.P.37150, León Guanajuato. jrpmichel@hotmail.com

RESUMEN

Se propone una nueva técnica óptica simple para la medición del campo completo del perfil topográfico de superficies basado en la correlación digital de imágenes. El área de la superficie que se utilizó fue de 225 centímetros cuadrados aproximadamente. Esta técnica solo utiliza una cámara digital y una pequeña rotación de la superficie a la que se realizará la medición de su perfil. Se presentan los modelos matemáticos que describen la técnica y se analiza parámetros que pueden ocasionar errores en las mediciones si no son tratados adecuadamente. Se realizaron varias mediciones sobre superficies de 115 cm² aproximadamente con perfiles topográficos regulares. Se muestra una comparación entre los resultados de las mediciones obtenidos de las superficies regulares con sus respectivos modelos físicos. Los resultados de los experimentos muestran que con la técnica propuesta se pueden obtener mediciones con una precisión en los resultados alrededor de los 100 μm cuando en la superficie se observa un moteado apropiado.

INTRODUCCIÓN

Son varias las técnicas ópticas para la medición de los perfiles topográficos de las superficies. Unas técnicas son más complicadas que otras y por lo general requieren del uso simultáneo de varios instrumentos. Entre las técnicas más utilizadas está la proyección de luz estructurada que requiere de un sistema de proyección de luz con un patrón bien determinado y constante de franjas. En este caso, la evaluación del perfil topográfico se asocia con el cambio de la fase del patrón observado. También, Las técnicas de Moiré por sombreado son muy útiles para medir el perfil topográfico de las superficies. Aquí es común utilizar una rejilla ronchi sobre la superficie e iluminar con una fuente de luz muy uniforme. Una cámara observa simultáneamente la rejilla ronchi y la sombra de la rejilla sobre el objeto. La superposición de los dos patrones de franjas observadas simultáneamente recrea el efecto de Moiré donde las curvas de sombras observadas se asocian a la topografía de la superficie.

Otra técnica óptica para la medición de los perfiles topográficos es la interferometría electrónica del patrón de moteado, ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry) en la cual se requiere iluminación láser divergente o colimada sobre toda la superficie a medir. En la técnica ESPI también es necesaria utilizar el corrimiento de fase para obtener la fase asociada al perfil topográfico de la superficie.

La fotogrametría estereoscópica es una técnica muy utilizada para medición del perfil topográfico. Esta técnica consiste en tomar dos o más fotografías de la superficie desde coordenadas diferentes y conocidas con respecto a la superficie a medir. Posteriormente se ubica la posición de varios puntos reconocibles en las imágenes para finalmente asociar estas mediciones con el perfil topográfico de la superficie. A esta técnica puede aplicarse la correlación digital de imágenes en 3D con la utilización simultánea de dos cámaras CCD ubicadas en diferentes posiciones para registrar la información asociada a la superficie.

La técnica de correlación digital de imágenes se ha utilizado en varios métodos para determinar tanto la deformación y el perfil topográfico de las superficies en combinación con otras técnicas. Por ejemplo, para obtener el perfil topográfico de superficies se ha utilizado proyección de un patrón de motas sobre superficies y DIC. También, para la medición de la deformación en 3D se ha usado proyección de franjas y DIC. Sin embargo, estas técnicas requieren del uso de varios instrumentos simultáneamente.

El uso de varios instrumentos para realizar mediciones puede incrementar la incertidumbre de la medición debido a la ley de propagación de incertidumbres.

Con el objetivo de simplificar los arreglos ópticos y evitar el uso de varios instrumentos simultáneamente, proponemos una técnica basada en la correlación digital de imágenes que utilice solo una cámara digital y una base giratoria.

La técnica que proponemos permite realizar mediciones del perfil topográfico de la superficie observando el patrón de desplazamiento de las motas sobre la superficie cuando ésta es rotada un ángulo pequeño.

MARCO TEÓRICO

Método general de la correlación Digital de imágenes.

La correlación digital de imágenes es una técnica óptica ampliamente utilizada para medir la deformación en superficies sin la necesidad de contacto físico con la pieza. Existe una amplia bibliografía que se especializa en el tema. Esta técnica está basada en la observación mediante una cámara digital CCD de un patrón de motas. En un sistema de 8-bits, los valores de intensidad en una imagen están a escala de grises comprendidos entre cero como Negro y 255 como el blanco.

La medición de la deformación de campo completo se realiza mediante la comparación de la distribución de motas en las ROI de por lo menos dos imágenes obtenidas antes y después de la deformación. También es posible evaluar el proceso de deformación con la adquisición de varias imágenes a intervalos constantes. Las primeras imágenes generalmente observan una superficie libre de deformaciones y se utilizan como referencia; Las imágenes consecuentes son correlacionadas con las primeras con el objeto de analizar la posición y el desplazamiento de las motas durante la deformación. El desplazamiento de las motas está directamente asociado a la deformación de la superficie observada.

Para facilitar la correlación, las imágenes son subdivididas en pequeñas regiones llamadas Región de Interés (ROI, Region of Interest por sus siglas en inglés). Generalmente las ROI se determinan Manualmente. Sin embargo, se ha observado que el tamaño óptimo de las ROI depende de la calidad y tamaño de moteado. Motas más pequeñas con mayor contraste, permitirá obtener un tamaño más reducido de cada ROI y por lo tanto mejor resolución de las mediciones.

De lo anterior, podemos decir que la correlación digital de imágenes es un procedimiento que compara las ROI entre distintas imágenes. Entre cada comparación se puede establecer una función de correlación de la forma:

$$S\left(x, y, u, v, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}, \frac{\partial v}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial y}\right) = 1 - \{C.C.\}, \quad (1)$$

Donde en este caso, $\{C.C.\}$ lo podemos definir como el criterio de correlación cruzada normalizada dado por:

$$\{C.C.\} = \frac{\sum [F(x, y)G(x', y')]}{\sqrt{\sum [F(x, y)]^2 \sum [G(x', y')]^2}}. \quad (2)$$

Donde $F(x, y)$ es valor en la escala de grises de la intensidad en la coordenada (x, y) de la imagen de referencia, $G(x', y')$ es el valor correspondiente en la imagen de la superficie deformada en la coordenada (x', y') . En la literatura se puede observar varias definiciones para el criterio de correlación $\{C.C.\}$ que básicamente se puede dividir en dos tipos: Criterios de correlación cruzada y suma de las diferencias cuadrática. La relación entre las coordenadas (x, y) y (x', y') de ambas imágenes está dado por:

$$x' = x + u + \Delta x \frac{du}{dx} + \Delta y \frac{du}{dy}, \quad (3a)$$

$$y' = y + v + \Delta y \frac{dv}{dy} + \Delta x \frac{dv}{dx}. \quad (3b)$$

Los términos u y v son los desplazamientos con respecto al centro de cada ROI en las direcciones de x y y respectivamente, mientras que las derivadas $\Delta x \frac{du}{dx}$, $\Delta y \frac{du}{dy}$, $\Delta y \frac{dv}{dy}$ y $\Delta x \frac{dv}{dx}$ están asociados a las deformaciones y rotación observadas en la ROI. Minimizando los coeficientes de correlación para cada ROI, se obtiene la mejor estimación para la función de correlación S descritos en la ecuación 1. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la minimización no es lineal y es necesario implementar métodos iterativos como Newton-Raphson o Gauss-Seidel para realizar la interpolación y encontrar los mejores parámetros para la función de desplazamiento.

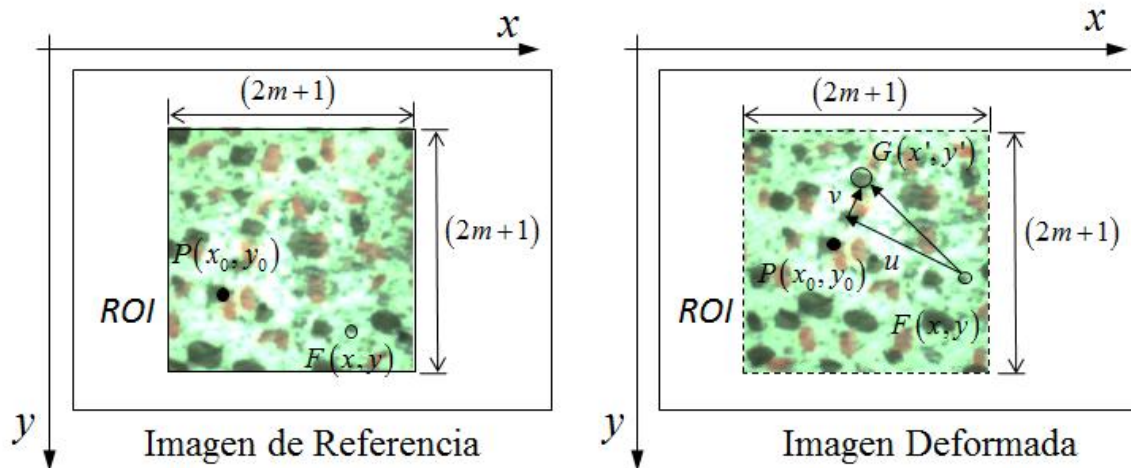


Figura 1. Correlación de dos imágenes. Se puede observar el desplazamiento u y v del patrón de motas en la ROI de la imagen deformada con respecto a la imagen de referencia.

Debido a que el método que se propone para la obtención del perfil topográfico de una superficie utiliza una base rotatoria con su eje de rotación coincidente con el eje y , solo se podrán observar el desplazamiento en la dirección de u , mientras que el desplazamiento en v se mantiene invariante. Obtención el perfil topográfico de campo completo

El proceso de correlación digital de imágenes que utiliza una sola cámara, nos proporciona información de los desplazamientos de las motas solo sobre los ejes paralelos al plano de observación sobre la superficie. La figura 2 muestra una descripción del sistema óptico para obtener el perfil topográfico de una superficie mediante la correlación digital de imágenes; los desplazamientos en la dirección de u se observarán sobre el plano xy del sistema óptico. Una cámara CCD se sitúa en algún punto a lo largo del eje z de tal manera que el centro de la imagen coincida paralelamente con el centro del detector CCD. Si se aplica una pequeña rotación $\Delta\theta$ a la superficie S con respecto al eje y podemos notar que el punto P se desplaza una cantidad d hasta llegar a P' . Debido a que la superficie no se deforma durante la rotación, la cámara CCD solo será capaz de observar el desplazamiento u de la superficie. Por trigonometría, podemos deducir rápidamente que $r(\theta)\Delta\theta = d$ y $u = d \cos\left(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}\right)$. Es posible encontrar una expresión para el desplazamiento u en función de la forma de la superficie como:

$$\frac{u}{\Delta\theta} = r(\theta) \cos\left(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}\right), \quad (4)$$

Donde $r(\theta)$ representa al perfil topográfico de la superficie. Sin embargo, $r(\theta)$ esta modulado por la función $\cos\left(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}\right)$ que impide obtener mediciones observables cuando $\theta \rightarrow \pm\frac{\pi}{2}$, sin embargo, cerca del eje óptico ($\theta \rightarrow 0$) se obtiene el máximo valor para u de la forma:

$$r(\theta) \approx \frac{u}{\Delta\theta}. \quad (5)$$

Es necesario establecer la relación entre θ y el punto P sobre la superficie con el objeto de extraer la función $\cos\left(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}\right)$ del termino derecho de la ecuación (4).

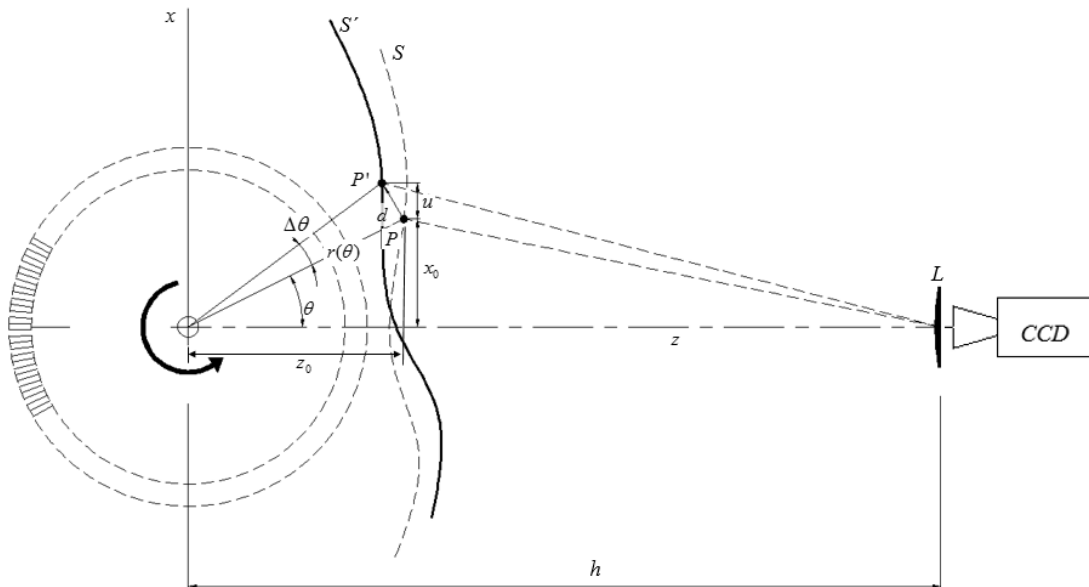


Figura 2. Esquema para la descripción de la técnica para obtener el perfil topográfico de superficies. La figura no está a escala por cuestiones de claridad.

En la figura 2 se observan también las relaciones trigonométricas:

$$x_0 = r(\theta)\sin(\theta), \quad (6)$$

$$z_0 = r(\theta)\cos(\theta). \quad (7)$$

Substituyendo la ecuación (4) en (6), se encuentra una expresión que relaciona el ángulo θ con la coordenada x_0 del punto P de la forma:

$$\frac{u}{\Delta\theta \cos(\theta + \Delta\theta)} = \frac{x_0}{\sin(\theta)}, \quad \left\{ -\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2} \right\}. \quad (8)$$

donde las cantidades u , $\Delta\theta$, y x_0 son valores conocidos. El ángulo θ , calculado por algún método numérico, nos permite conocer el valor de $r(\theta)$. Por último, estos valores pueden substituirse en la ecuación (7) para encontrar el perfil topográfico de la superficie S .

Simulaciones

De acuerdo con la figura 3, se simuló una placa de 90mm de ancho, plana ubicada a una distancia de 11 mm con respecto al centro de rotación y frente a la cámara CCD. Se estableció una rotación de $\Delta\theta = 0.017^\circ$ ($290.8 \times 10^{-6} \text{ rad}$). La distancia del centro de rotación a cada punto de la placa está dado por la función conocida $r(\theta)$.

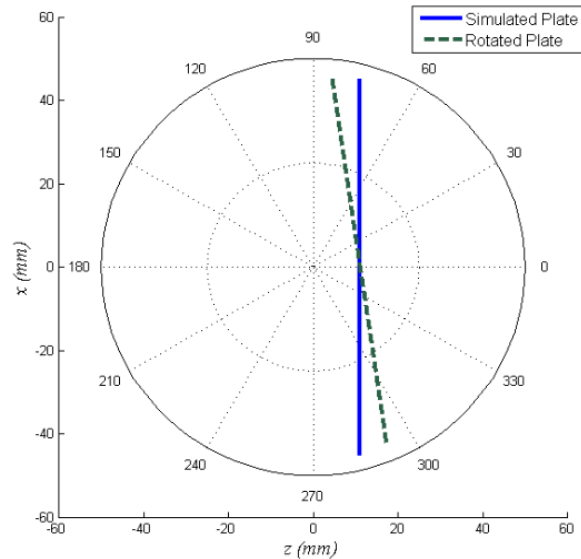


Figura 3. Muestra la simulación de una placa plana en su posición inicial y con una rotación $\Delta\theta$.
Nota: La rotación $\Delta\theta$ está exagerada para propósitos de claridad.

Aplicando la ecuación (4), se encuentra la razón entre el desplazamiento u y la rotación para cada punto de la placa simulada. En la figura 4a, es claro que al centro de la placa, cuando $\theta=0$ la ecuación (4) se aproxima a z_0 .

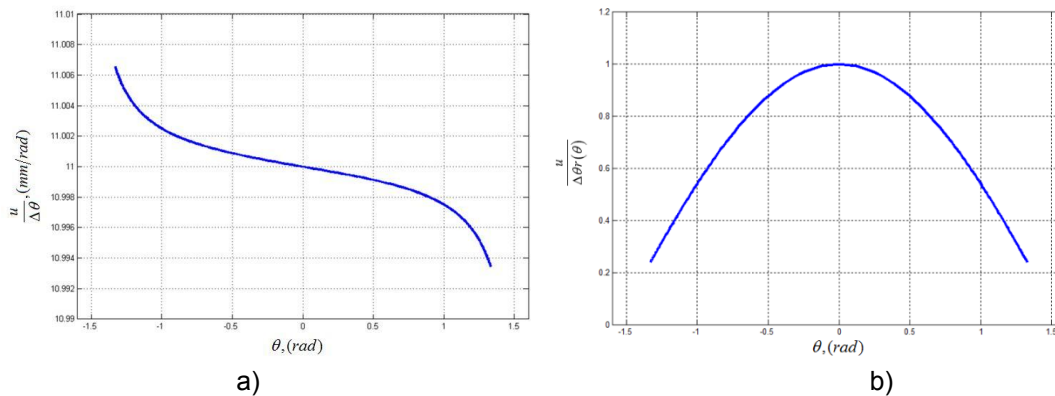


Figura 4. a) se muestra el resultado de la ecuación (4). b) debido a que es una simulación numérica, La cantidad $r(\theta)$ es conocida hasta el momento.

En la figura 4b, se muestra la cantidad $\cos\left(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}\right)$. Afortunadamente, esta función puede obtenerse fácilmente mediante una calibración previa del sistema óptico y a partir de las ecuaciones (4) y (8) alrededor del eje óptico. La figura 5 muestra la reconstrucción de la placa plana empleando las ecuaciones (6) y (7).

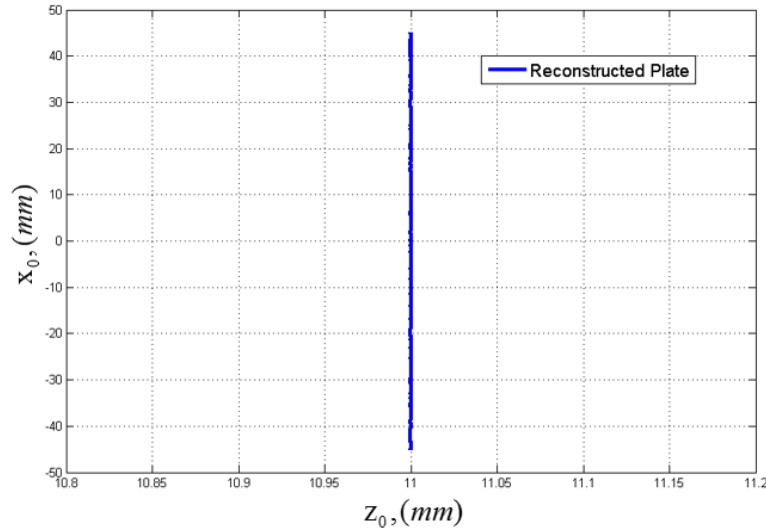


Figura 5. Reconstrucción de la placa plana simulada a partir de las ecuaciones (6) y (7)

La obtención del perfil topográfico de campo completo de una superficie plana se obtiene repitiendo el mismo proceso para cada renglón de la matriz que contenga los valores de desplazamiento $u(x, y)$ obtenidos por el método general de la técnica de correlación digital de imágenes.

Experimentación y resultados.

Para la prueba experimental, se utilizó una pequeña placa metálica pintada con un patrón de motas aleatorio como espécimen de prueba. La placa contiene una semiesfera en su parte central de 110 mm de diámetro. Un esquema del sistema óptico utilizado se muestra en la figura 6.

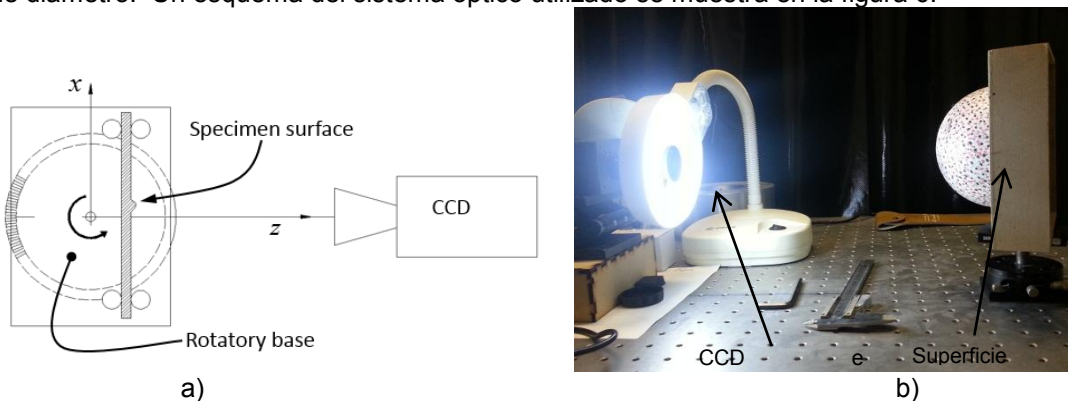


Figura 6. a) Esquema del sistema óptico utilizado, b) imagen de la configuración óptica.

Una serie de 255 imágenes de la placa se obtuvo con la cámara CCD, cada imagen incrementa una rotación de $\Delta\theta = 0.019^\circ (3.42 \times 10^{-4} \text{ rad})$ hasta contemplar un incremento de ángulo acumulado de $\Delta\theta_{acc} = 5^\circ (87.3 \times 10^{-3} \text{ rad})$. La figura 7 muestra la primera y la última imagen de la serie. También se marca el área de análisis cuyas dimensiones es de $748 \times 758 \text{ Px} (150 \times 148 \text{ mm})$.

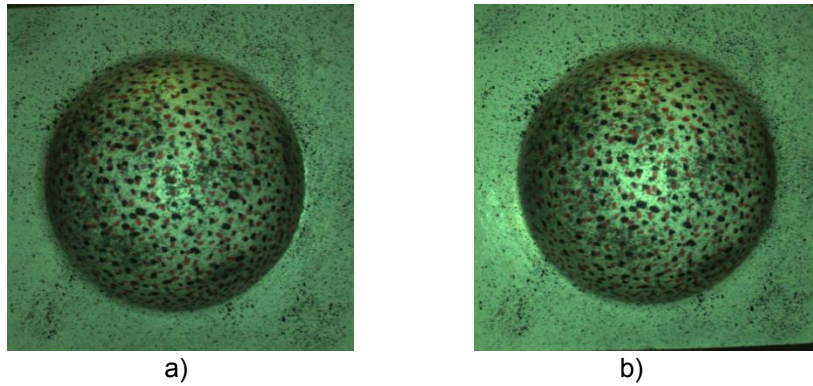
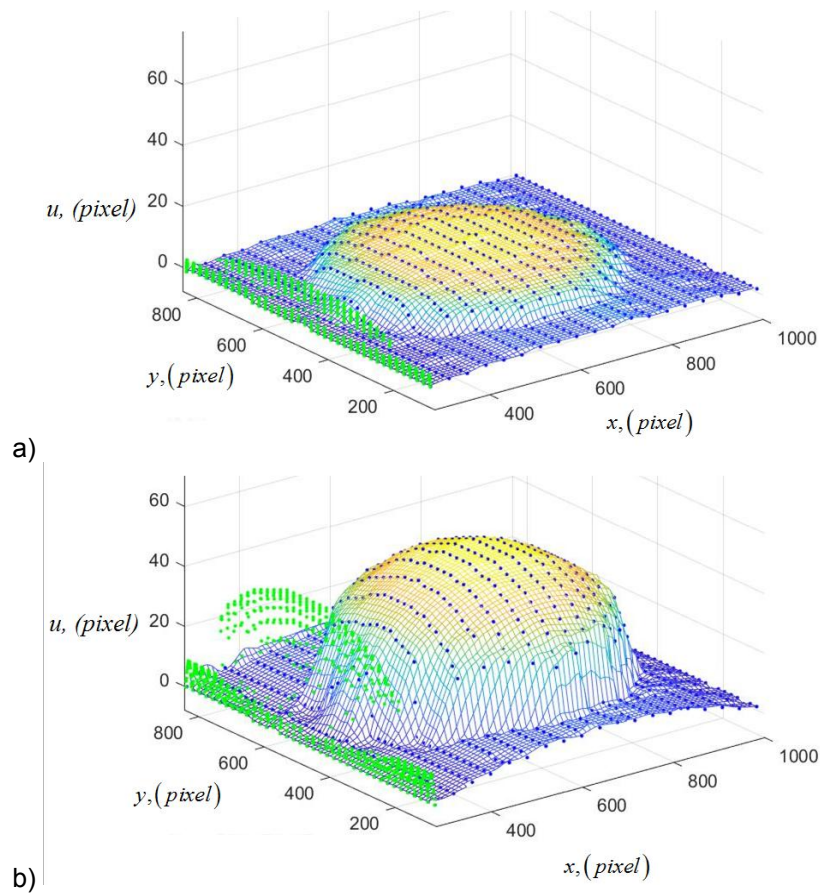


Figura 7. a) Primera imagen de la serie, $\Delta\theta = 0^\circ$ y b) última imagen de la serie, $\Delta\theta_{acc} = 5^\circ$. El recuadro punteado muestra el área de análisis con dimensiones de $748 \times 758 Px$ ($150 \times 148 mm$).

Mediante una medición directa, se obtiene el ancho y largo del área de análisis. Mediante un conteo de píxeles se encontró que la resolución es de $R = 0.2 \text{ mm}/Px$. La correlación de imágenes se realizó correlacionando la i -ésima imagen con la subsecuente. La cantidad de desplazamiento u_i fue acumulándose hasta contemplar el desplazamiento total u . En la figura 8 mostramos un ejemplo de la evolución del desplazamiento para $\Delta\theta = 1^\circ, 2.5^\circ$ y 5° .



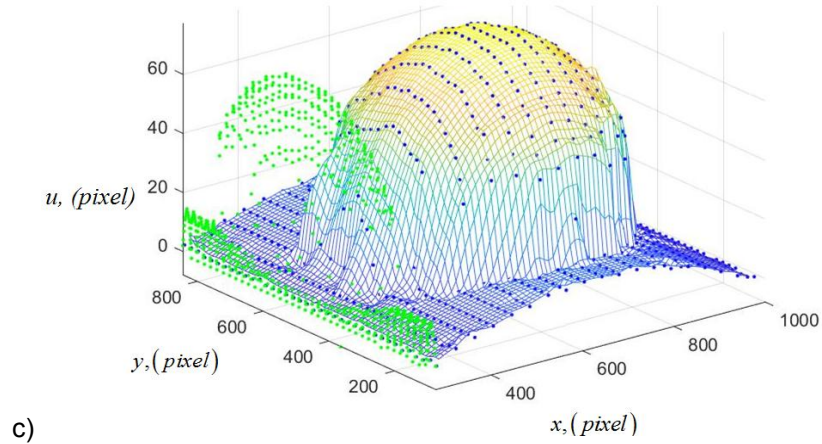


Figura 8. Resultados de los desplazamientos obtenidos mediante la técnica de correlación de imágenes para tres distintos incrementos de ángulo, a) $\Delta\theta_{acc} = 1^\circ (0.0174rad)$, b) $\Delta\theta_{acc} = 2.5^\circ (0.043rad)$ y c) $\Delta\theta_{acc} = 5^\circ (0.087rad)$.

Aplicando métodos numéricos para encontrar el ángulo θ a partir de la ecuación (8) y normalizándolo, se obtiene el término $\cos\left(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}\right)$ asociado a $r(\theta)$. El resultado se muestra en la figura 9.

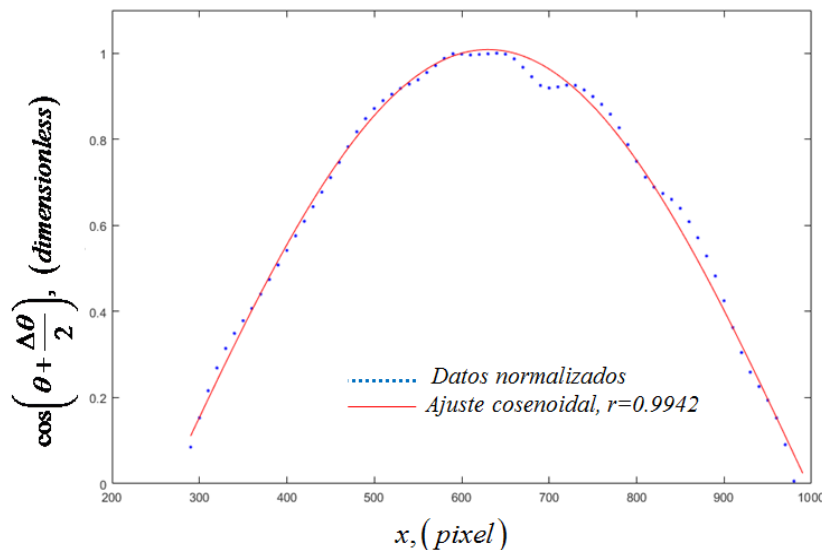


Figura 9. Obtención del término cosenoidal para las imágenes obtenidas.

En la figura 10, se muestra el resultado para la topografía de la superficie aplicando la ecuación 7 tomando en cuenta la resolución del sistema óptico. En el resultado puede observarse una inclinación en la superficie que está directamente asociado a la rotación del objeto.

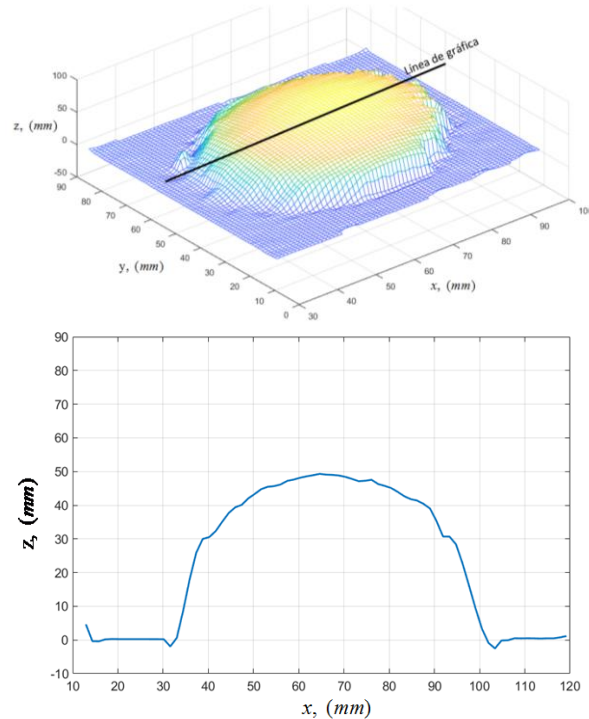


Figura 10. a) Perfil topográfico de la superficie observada, b) medición a lo largo de la línea marcada

Adicionalmente, se observa que las mejores mediciones se obtienen al centro de la imagen estudiada y se van degradando hacia los bordes como consecuencia del termino cosenoidal de la ecuación 4.

CONCLUSIONES

Se muestra que la técnica de correlación de imágenes puede usarse como método para estimar el perfil topográfico en superficies cuando el desplazamiento observado es debido a una rotación conocida del objeto. Es importante estimar el termino cosenoidal ya que éste modula los resultados asociados a la topografía de la superficie. También es importante obtener varias imágenes con un incremento de ángulo constante para obtener desplazamientos uniformes que puedan asociarse a la forma del objeto. Además, se aprecia que las mediciones de la forma en los extremos de las imágenes observadas resultan complicadas debido a la función cosenoidal. Sin embargo, las mediciones en la parte central resultan bastante congruentes pudiéndose obtener una resolución en la medición de 0.2 mm.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Universidad De La Salle Bajío, por los apoyos y el financiamiento recibidos. También al Instituto Tecnológico de León a través del Ing. Guillermo Eduardo Méndez Zamora por las facilidades y comentarios.

REFERENCIAS

1. Gorghi SS, Rastogi P; "Fringe projection techniques: whither we are?" *Opt Lasers Eng* 2010; 48(2):133–40; doi:10.1016/j.optlaseng.2009.09.001.
2. R. Rodriguez-Vera; D. Vasquez; K. Genovese; J. A. Rayas and F. Mendoza-Santoyo; "Static and dynamic 3D contouring by using structured light", *Proc. SPIE 7155*, Ninth International Symposium on Laser Metrology, 71552A (October 03, 2008); doi:10.1117/12.814584.
3. Sciammarella, César A.: "The Moiré Method: A Review"; (1982) *Exp. Mech.* Vol. 22 (11); pp 418-433. doi: 10.1007/BF02326823

4. Jorge Parra-Michel, Amalia Martínez, Marcelino Anguiano-Morales and J. A. Rayas; "Measuring object shape by using in-plane electronic speckle pattern interferometry with divergent illumination"; 2010 *Meas. Sci. Technol.* Vol. 21 p. 045303. doi:10.1088/0957-0233/21/4/045303.
5. M. Sutton, J. J. Orteu, H. Schreier, *Image Correlation for Shape, Motion, and Deformation Measurements*, Springer, New York, 2009.
6. Brillaud, Jean; Lagattu, Fabienne; "Digital correlation of grainy shadow images for surface profile measurement"; 2006 *Optik*, Vol. 117, No. 9, pp. 411-417; doi:10.1016/J.IJLEO.2005.10.012
7. S. R. McNeill, M. A. Sutton, Z. Miao, J. Ma; "Measurement of surface profile using digital image correlation"; 1997 *Exp. Mech.* Vol. 37 (1), pp 13-20. DOI: 10.1007/BF02328744
8. C. Quan, C. J. Tay, Y.H. Huang; "3-D deformation measurement using fringe projection and digital image correlation", (2004) Volume 115, Issue 4, Pages 164–168, doi:10.1016/S0030-4026(08)70004-4
9. Fornasini, Paolo (2008), "The uncertainty in physical measurements: an introduction to data analysis in the physics laboratory", Springer, ISBN 0-387-78649-X
10. R. Willink, "A formulation of the law of propagation of uncertainty to facilitate the treatment of shared influences", 2009 *Metrologia* Vol. 46 (3), pp.145. doi:10.1088/0026-1394/46/3/001
11. Bing Pan, Kemao Qian, Huimin Xie, Anand Asundi, "Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: a review", (2009) *Meas. Sci. Technol.* vol.20(6), pp.062001. doi:10.1088/0957-0233/20/6/062001
12. Sutton, Michael A., Orteu, Jean Jose, Schreier, Hubert, "Image Correlation For Shape, Motion And Deformation Measurements, Basic Concepts, Theory And Applications", 1st Edition (2009), Springer Verlag, Isbn: 0387787461 / 0-387-78746-1
13. Bing Pan, Huimin Xie, Zhaoyang Wang, Kemao Qian, and Zhiyong Wang, "Study on subset size selection in digital image correlation for speckle patterns", (2008), *Optics Express*, Vol. 16 (10), pp. 7037-7048, <http://dx.doi.org/10.1364/OE.16.007037>
14. Giachetti A, "Matching techniques to compute image motion", (2000) *Image Vis. Comput.* 18 247–60. doi:10.1016/S0262-8856(99)00018-9
15. W. Tong, "An Evaluation of Digital Image Correlation Criteria for Strain Mapping Applications", (2005), Vol. 41(4), pp167-175. doi: 10.1111/j.1475-1305.2005.00227.x
16. H. A. Bruck, S. R. McNeill, M. A. Sutton, W. H. Peters III, "Digital image correlation using Newton-Raphson method of partial differential correction", (1989) ,*Exp. Mech.* vol.29 (3), pp.261. doi:10.1007/BF02321405

EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN DE NI, FE y CO PROVENIENTES DE INDUSTRIA GALVANOPLÁSTICA MEDIANTE LACTUCA SATIVA L.

Natalia Loera Quintos, Aline Hernández García, María José Contreras Hernández, Luis Fischer Sánchez, Diana Sánchez Pacheco

Facultad de Ingeniería, Universidad Anáhuac México, Naucalpan, Estado de México, 52786
Mail: nat.loera15@gmail.com

RESUMEN

Los metales pesados tienden a persistir en el ambiente por largos períodos de tiempo, lo que contribuye a que sean altamente tóxicos, y están asociados al desarrollo de enfermedades en los seres humanos, así como a la degradación de la biodiversidad. Debido al impacto ambiental causado por los metales pesados, se han elaborado diversas metodologías para el tratamiento de dichos metales, surgiendo la fitoextracción como una alternativa, ya que la estructura lignocelulósica y grupos químicos funcionales (aminas, carboxílicos, etc.) de algunas especies vegetales son afines a interactuar químicamente con las especies iónicas contaminantes, lo anterior sólo es válido para el caso de bajas concentraciones de metales pesados.

En el presente trabajo se utilizó *Lactuca sativa L* para remover los metales del suelo, transportarlos y concentrarlos como biomasa en la parte superficial del terreno. Para que la remoción pueda llevarse a cabo, se necesita que haya afinidad entre ambos componentes (planta y metales), ya sea, a través de mecanismos fisicoquímicos o de intercambio iónico. Se tomaron como base los metales pesados: Níquel, Hierro y Cobalto (adsorbatos), provenientes de los baños de industria galvanoplástica en el biosorbente (raíz, tallo y hojas), con respecto al tiempo, se analizaron los tamaños de partículas que fitoextrae la *Lactuca sativa L*. mediante MEB (Microscopía Electrónica de Barrido), AA (Espectroscopia de Absorción Atómica) y DRX (Difracción de Rayos X). La especie *Lactuca sativa L*. tiene un alto porcentaje de biosorción, por su gran porcentaje de agua que posee y es de un mayor tamaño, en comparación con otras plantas usadas para el mismo fin, además de que sus raíces, llegan a mayor profundidad, los tiempos de estadía son de 8 semanas promedio de supervivencia.

INTRODUCCIÓN

La fitoextracción es un proceso mediante el cual se utilizan especies vegetales para remover contaminantes del suelo. Esta tecnología ha surgido como una alternativa de bajo costo para el tratamiento de suelos contaminados por metales pesados, provenientes de actividades humanas, en este caso, las muestras provienen de los residuos de industria galvanoplástica dedicada al recubrimiento de tornillería y varillas, cuyos depósitos contienen Ni, Co y Fe principalmente. La exposición a estos metales en los seres humanos y otros seres vivos resulta en afectaciones a la salud, siendo los más significativos, en el ser humano, distintos tipos de cáncer, falla orgánica o mutaciones, además de resultar tóxicos para animales y plantas. [8] Debido a lo anterior, es necesario tratar el suelo afectado de forma eficiente y, a su vez, que el costo no sea un impedimento para llevar a cabo la remediación. Los fitorremediadores han demostrado ser efectivos para el tratamiento de metales pesados como el aluminio (Al), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn). [5] La *Lactuca sativa L*. es una especie vegetal recomendada por la OECD como especie control para pruebas de toxicidad de suelo por su alta capacidad de acumulación de metales interna. [7]

Dentro de las tecnologías de fitorremediación, la fitoextracción es un medio de eliminación, que consiste en la absorción de metales mediante la raíz y su posterior acumulación en las hojas y tallos de la planta. [9] Después de que la planta completa su desarrollo vegetativo, se procede a cortarlas y disponer de ellas de forma controlada, como la incineración. [2] La fitoextracción también permite que los metales pesados sean recuperados de las cenizas de la biomasa luego de ser incinerada y de esa forma ser reciclados. [3] Este proceso puede repetirse hasta que la concentración de especies metálicas en el suelo alcance los límites aceptables. [4] Para acumular metales pesados, las plantas llevan a cabo un proceso que implica el transporte de los metales al interior de la planta y luego al interior de la célula, utilizando el tejido de la raíz como la entrada principal, los cuales llegan por intercambio catiónico. Las células de la raíz poseen carga negativa gracias a la presencia de grupos

carboxilo, interactuando con las cargas positivas de los metales pesados y facilitando la entrada al interior celular. [1] Una vez facilitada la entrada de los metales al interior celular de la planta, estos son distribuidos por el sistema vascular de la misma, constituido por xilema y floema para acumularse en forma de biomasa.

METODOLOGÍA

Las semillas de *Lactuca sativa* fueron germinadas por 5 semanas, en un sustrato libre de contaminantes; una vez que se cuenta con la plántula fueron sembradas en macetas con muestras de sustrato contaminado por residuos galvanoplásticos (3.6 Kg en cada una), obtenidas de un terreno, ubicado en Ocoyoacac, Estado de México. Se colocaron 4 muestras, las cuales se mantuvieron en un invernadero. Se regaron con solución al 0.01 M de CaCl₂, para no alterar el experimento con posible agua de la llave contaminada. Posteriormente se recolectaron muestras de raíz y hoja tres veces a la semana durante un periodo de semana y media, considerando la muestra inicial del sembrado como blanco.

Para el análisis de las muestras en Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), se realizaron cortes histológicos de raíz y hoja, empleando alcohol etílico absoluto como fijador. Cada uno de los cortes se colocó en un portamuestra utilizando resina Entellan para la sujeción de la misma. Se utilizó un MEB marca Zeiss modelo EVO MA10, en condiciones de presión variable. Al localizar las zonas contaminadas se procedió a su identificación mediante microanálisis elemental DRX (MEB-DRX) realizado con un microanalizador marca Bruker, modelo Nano GmbH. Para fines prácticos del presente trabajo sólo se analizaron los metales: Ni, Co y Fe por ser los que se encontraban en mayor cantidad.

Para las pruebas de AA, se pesó 1 gramo de material seco de las muestras y se disolvió en 20 mL de ácido nítrico, concentrado, a una temperatura de 70°C, después de 24 horas de agregaron 10 mL de peróxido de hidrógeno al 20%v, una vez transparente, se filtró y se disolvió a un aforo de 100 mL, para analizarlo en un Espectrómetro de Absorción Atómica iCE™ 3300.

RESULTADOS

En las imágenes obtenidas mediante MEB, en la Figura 1 se aprecia el xilema y floema libres, sin obstrucciones, ya que es la muestra sin contaminantes, sin embargo, podemos observar una gran acumulación de metales dentro de los vasos del xilema en la Figura 2, la cual es correspondiente al muestreo 4, esta acumulación en el xilema se debe a que es el tejido vascular encargado de conducir nutrientes y agua desde los tejidos de la raíz hacia el resto de la planta de forma ascendente, especialmente las hojas. Esto explica su gran potencial como hiperacumuladora.

Con respecto a la hoja de la *Lactuca sativa*, en la Figura 5, vemos un corte transversal de un espécimen sano, antes de iniciar la biosorción. Así mismo, en la Figura 6 se puede percibir que la zona del xilema cuenta con partículas metálicas de un tamaño aproximado a los 5 µm, con esto confirmamos que las partículas vistas en la raíz fácilmente llegan a hoja, mientras que en las zonas del floema se aprecian partículas metálicas dispersas y de tamaño promedio <2µm debido a que este tejido se encarga posteriormente de transportar glucosa producida durante la fotosíntesis para su almacenamiento dentro de las células.

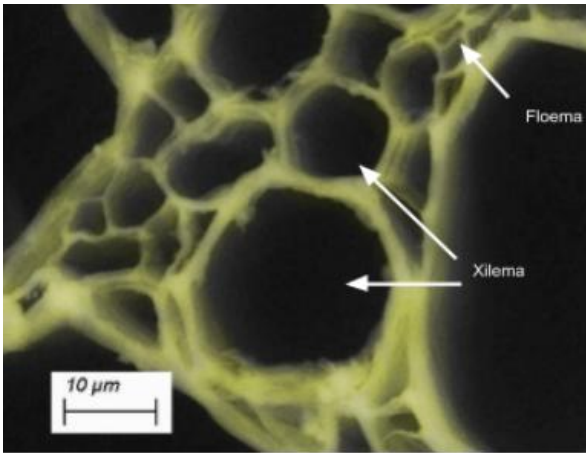


Figura 1. Raíz sin contaminantes muestra Inicial (Corte Transversal)

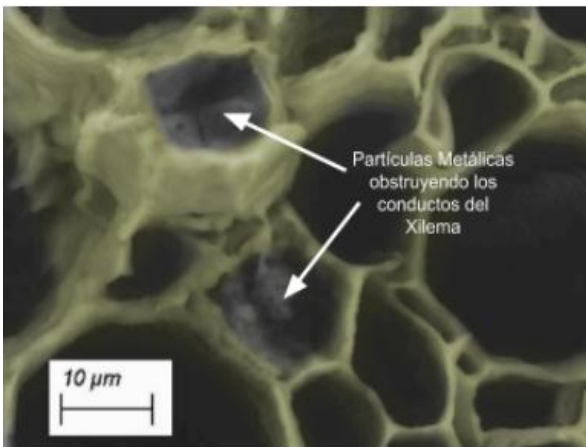


Figura 2. Raíz con contaminantes (Corte Transversal)

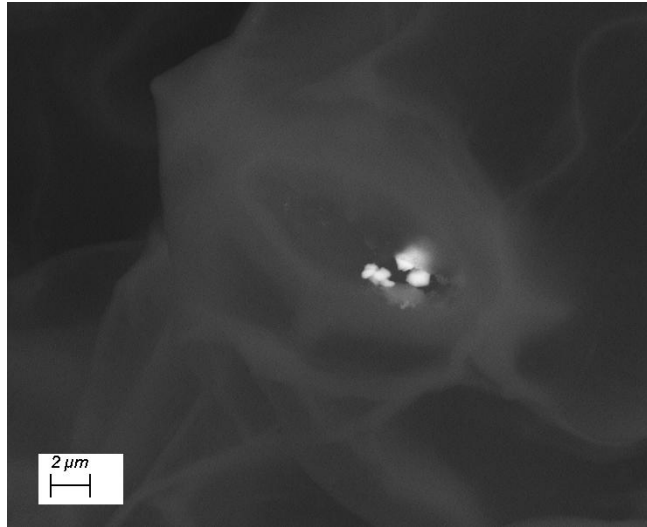


Figura 3. Partículas metálicas de tamaño $< 2\mu\text{m}$ alojadas dentro de un estoma de epidermis de hoja.

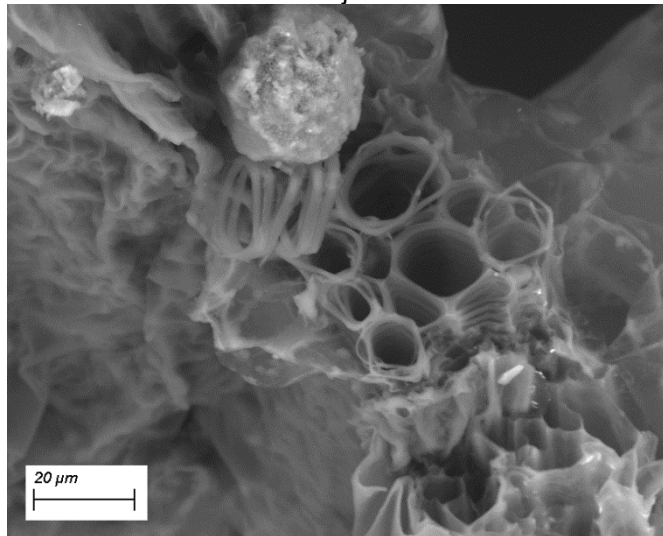


Figura 4. Partículas de aproximadamente $20\mu\text{m}$ acumuladas en el xilema de la muestra 4 de hoja.

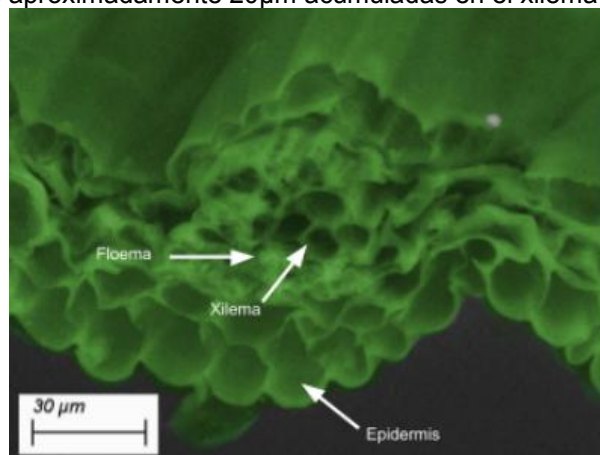


Figura 5. Hoja sin contaminantes (Corte Transversal)

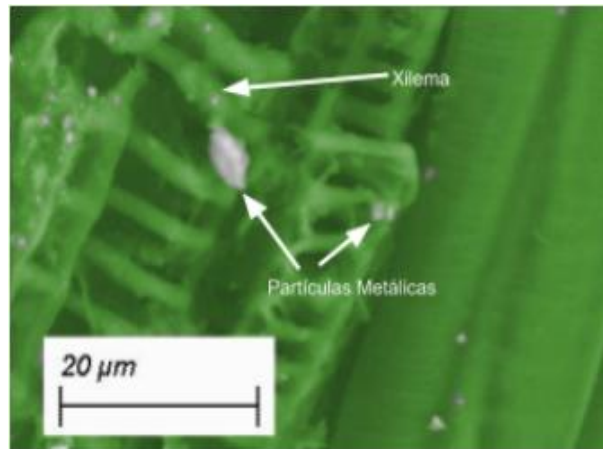


Figura 6. Hoja con contaminantes (Corte Longitudinal)

El microanálisis elemental (EDS-RX) de las muestras sin contaminar (Figura 7) y contaminadas (Figura 8), mostró, en el caso de la Figura 7, los elementos correspondientes a una planta sana, como son Ca, K, Na, C y O entre otros, se indican los elementos contaminantes para apreciar que no hay señal en los mismos. Luego entonces en la Figura 8, las señales de los elementos, Fe, Ni y Co, se ven presentes lo que evidencia la presencia de que las muestras fueron expuestas a los contaminantes.

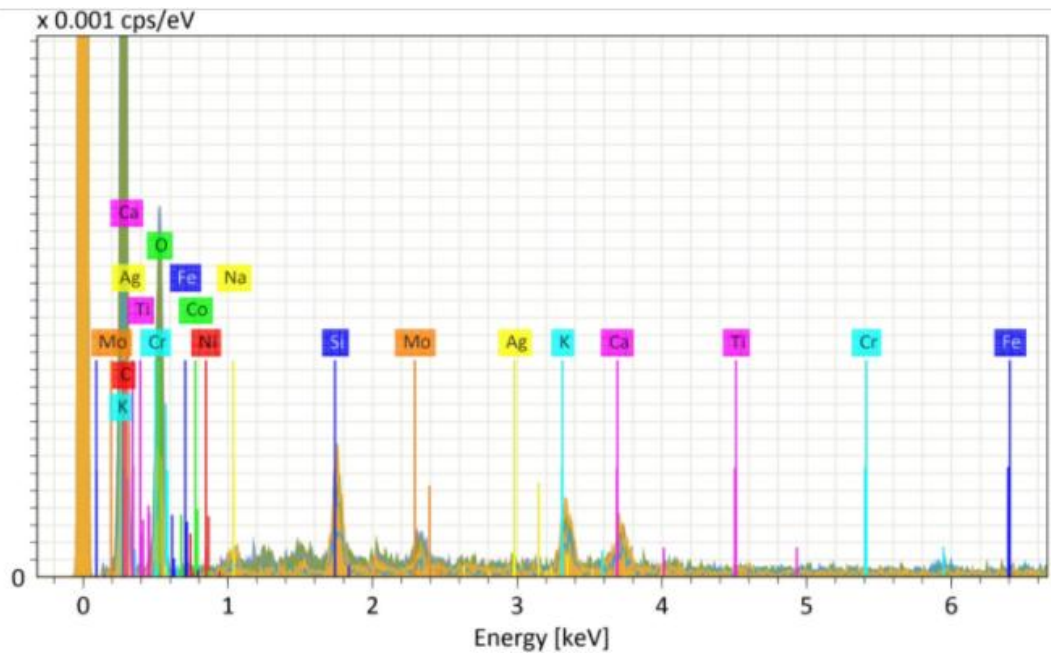


Figura 7. Espectro EDS-RX de una muestra sin contaminantes

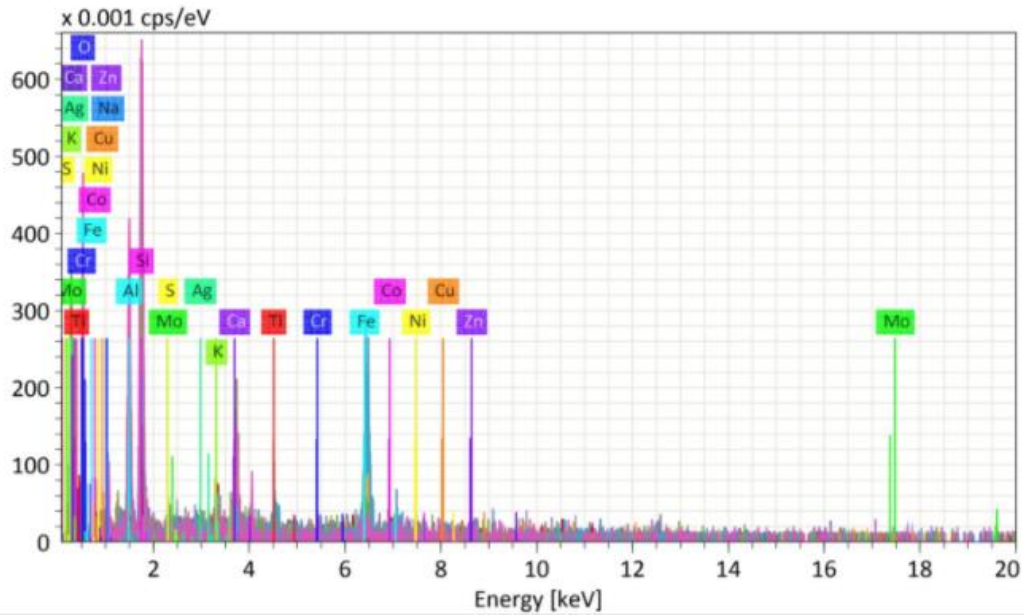


Figura 8. Espectro EDS-RX de una muestra con contaminantes.

Después de analizar las muestras y de hacer estadística en varias zonas de las diversas macetas, se resumen los resultados en los Gráficos 1 y 2, los cuales se presentan a continuación.

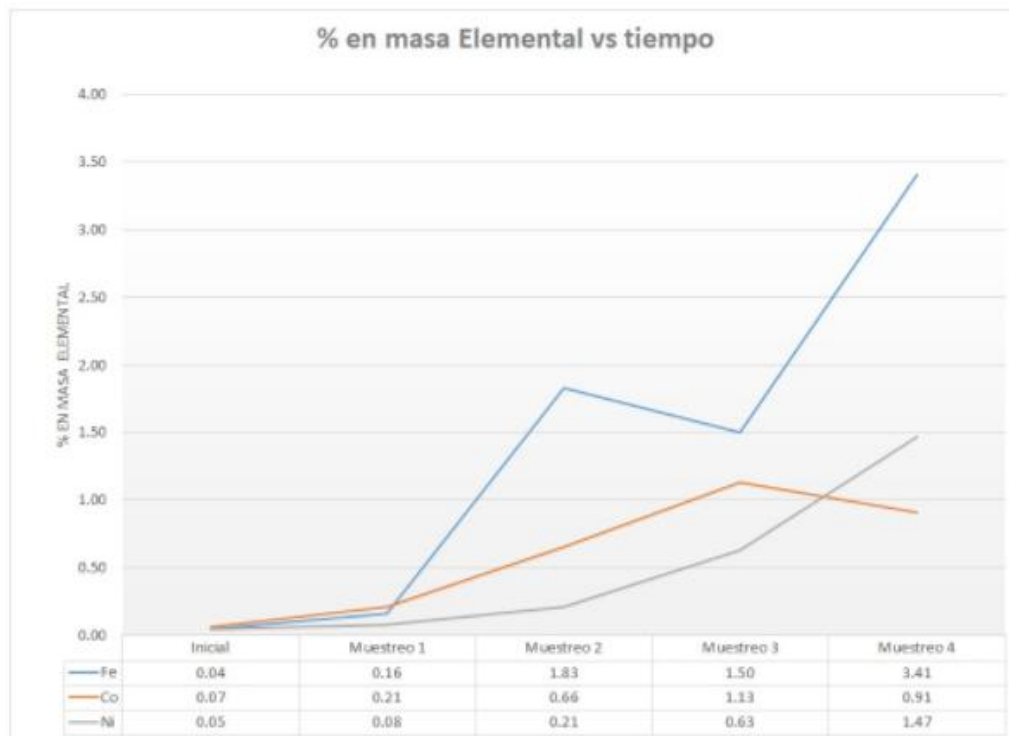


Gráfico 1. % en masa elemental vs. tiempo de Raíz

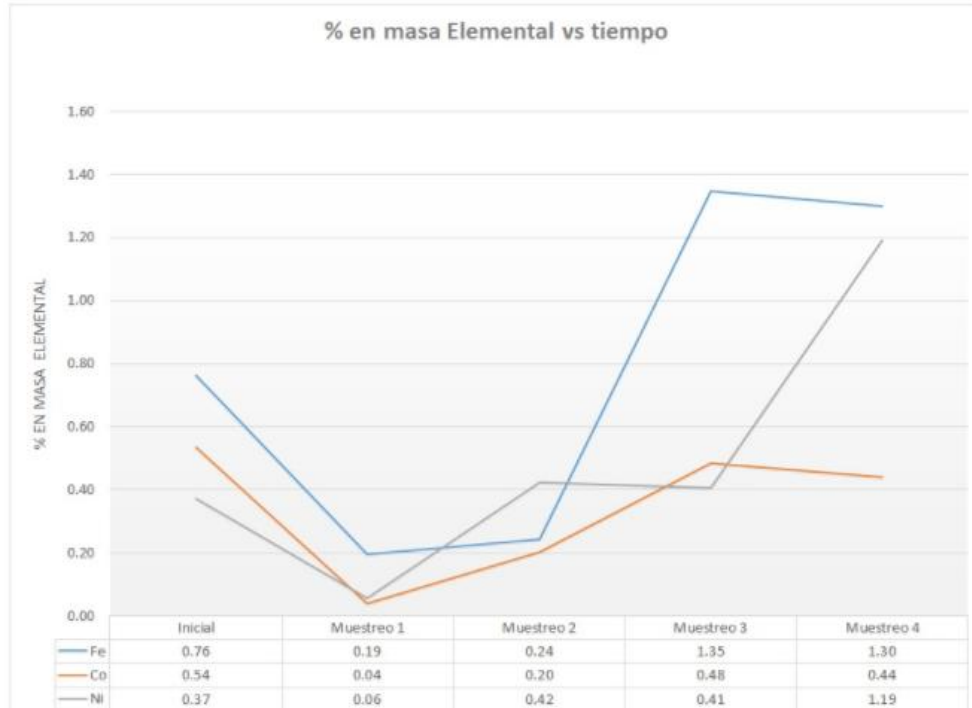


Gráfico 2. % en masa elemental vs. tiempo de Hoja

Tabla 1. Resultados obtenidos para níquel mediante AA

Ni	ABS	%
Muestra 1	0.004	4.4
Muestra 2	0.004	13.7

Tabla 2. Resultados obtenidos para hierro mediante AA

Fe	ABS	%
Muestra 1	0.003	30.3
Muestra 2	0.001	31.5

Tabla 3. Resultados obtenidos para cobalto mediante AA

Co	ABS	%
Muestra 1	0.001	>99
Muestra 2	0.003	22.2

Los porcentajes de las muestras de raíz fueron mayores a los encontrados en las hojas de *Lactuca sativa*, y mientras que la presencia de metales pesados en las muestras de hoja se mantuvo en constante ascenso como se muestra en el gráfico 1, en las muestras de hoja representadas en el gráfico 2 se puede apreciar una tendencia a estabilizarse. La presencia de metales pesados es mayor en las muestras de raíz debido, en primera instancia, a que es la parte de la planta que tiene la primera y mayor interacción con el sustrato contaminado, además, que la acumulación de metales pesados dentro del interior celular de la plántula se lleva a cabo mediante la interacción de las cargas negativas de las células de la raíz y las cargas positivas de los metales, tras lo cual los metales son transportados a la parte superior de la planta para acumularse en forma conglomerados y de moléculas complejas, ya que no tienen formas moleculares simples como las sales utilizadas en el proceso de galvanoplastia, como son, el cloruro de níquel o el cloruro de cobalto, por ejemplo. El tamaño de los diversos compuestos metálicos, interfiere en que partículas llegan a acumularse primero y cuales son biosorbidas más rápidamente hasta hoja, como lo menciona Ong [6] en un estudio que realizó con Zinc. Debido a que el muestreo presentado se realizó en una etapa temprana

del ciclo vegetativo de la *Lactuca sativa* y con apenas semana y media de exposición al sustrato contaminado, el mayor porcentaje de metales extraídos por la planta se encontraba en la raíz y en proceso de ser transportada por el tejido vascular de la planta hacia las hojas para bioacumularse en estas.

CONCLUSIONES

La capacidad de fitoextracción, de la *Lactuca sativa* es efectiva para extraer los metales que caracterizan los residuos de galvanoplastia, en este caso Ni, Fe y Co. En el lapso de semana y media, mostró ser especialmente efectiva para captar partículas de Fe, siendo este elemento el de mayor porcentaje en los resultados del microanálisis elemental. Los tamaños de partículas que se lograron encontrar en las muestras están en el rango aproximado de menores a 2 micrómetros y hasta 5 micrómetros, creando conglomerados al momento de adherirse a la pared celular. Se encontraron los metales contaminantes principalmente en la parte de Xilema. La implementación de esta tecnología a mayor escala en terrenos afectados por residuos de industria galvanoplástica podría resultar en la rehabilitación del suelo afectado junto con la recuperación de Fe, Ni y Co, para lo cual es necesario un análisis de la capacidad de bioacumulación de esta especie al terminar su ciclo vegetativo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Delgadillo, A; González, C; Prieto, F; Villagómez, J; Acevedo, O. "Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. ", Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2011.
2. Ensley B. "Rational for Use of Phytoremediation. ", Eds. I Raskin and B D Ensley, 2000.
3. Erdei L, Mezosi G, Mecs I, Vass I, Foglein F, Bulik L. "Phytoremediation as a program for decontamination of heavy-metal polluted environment. ", Acta Biol Szeged, 2005.
4. Kumar, P. B. A. N., Dushenkov, V., Motto, H., Raskin, I. "Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils.", Environmental Science & Technology, 1995.
5. Ndimele P.E. "A Review on the Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbon.", Pakistan Journal of Biological Sciences, 2010.
6. Ong ST., Yip SP., Keng PS., Lee SL and Hung YT., "Papaya (*Carica papaya*) seed as a low-cost sorbent for zinc removal.", African Journal of Agricultural Research, 2012.
7. Peijnenburg, W., Baerselman, R., de Groot, A., Jager, T., Leenders, D., Posthuma, L. and Van Veen, R. "Quantification of metal bioavailability for lettuce (*Lactuca sativa* L.) in field soils.", Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2000.
8. Sarkar, B. "Heavy metals in the environment.", Marcel Dekker, Inc. United States of America. 2002
9. Thangavel, P., Subhuram, C. V. "Phytoextraction – Role of hyper accumulators in metal contaminated soils.", Proceedings of the Indian National Science Academy, 2004.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONVERTIDOR REDUCTOR DOBLE EN LAZO CERRADO

Diana Cecilia Valdés Delgado, Cesar Augusto Limones Pozos y José Miguel Sosa Zúñiga

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.

RESUMEN

En el presente documento se muestra el desarrollo y la implementación de un convertidor DC/DC conocido como convertidor reductor doble, además se diseñó con un filtro LC a la entrada. El convertidor está diseñado con dos interruptores de potencia, dos diodos, dos bobinas divididas y tres capacitores. El aumento en el número de dispositivos con respecto al convertidor reductor convencional permite disminuir el estrés eléctrico de los componentes y alargar la vida útil de los mismos. Se realizaron dos análisis del convertidor reductor doble. Primero, se obtuvo el modelo promedio en espacio de estados para conocer si el sistema es lineal y en el segundo se realizó el análisis matemático del prototipo basado en el modelo promedio. Debido a la similitud de las ecuaciones del sistema con un convertidor convencional se probó una ley de control en el convertidor encontrada en la literatura para realizar regulación en el voltaje de salida. Se realizaron pruebas con cambios de carga y cambios de ciclo de trabajo en lazo cerrado para corroborar el funcionamiento del convertidor. El convertidor reductor doble fue implementado en una tarjeta dSPACE 1104.

INTRODUCCIÓN

Los convertidores DC/DC transforman un nivel de voltaje de DC en otro diferente al de la entrada, usando elementos como bobinas y capacitores. La forma en cómo se convierte el voltaje es forzando a que se almacene la suficiente energía en la bobina o capacitor y después, a otro tiempo se cambie la polaridad o la disposición de dicho elemento para descargar esa misma energía acumulada en la salida. Esto se hace una y otra vez de manera cíclica. De hecho, por eso se les llama circuitos de conmutación. Básicamente podemos definir los convertidores DC/DC como circuitos que transforman un voltaje continuo (por lo general no regulada) en otra también continua y regulada. En la figura 1 se muestra las etapas de conversión de la energía de un rectificador, para obtener un voltaje regulado [1], [2].

Los convertidores DC/DC tienen dos modos de operación [1], [2], en el modo 1 la corriente de la bobina es continua y en el modo 2 la corriente de la bobina es discontinua. En la práctica un convertidor puede trabajar con ambos modos, los cuales tienen las características considerablemente distintas. Por lo tanto, un convertidor debe diseñarse con base en el modo de operación. Los convertidores de DC/DC se usan en conjunto con un inductor para generar una corriente de cd, en especial para el inversor de fuente de corriente.

Un convertidor reductor la magnitud del voltaje de salida es siempre menor que la magnitud del voltaje de entrada, por lo que esta topología se puede utilizar para conectar tensión de voltaje de módulo alto o voltajes de batería. Sus aplicaciones abarcan desde en cargadores de baterías [3]. Otras de las aplicaciones son en energía fotovoltaica [4] y en aplicaciones LEDs [5]. El convertidor reductor doble se muestra en la Figura 2 [6]. El circuito tiene dos semiconductores Q_1 y Q_2 , dos diodos D_1 y D_2 y dos bobinas L_1 y L_2 . El objetivo principal del convertidor reductor doble es disminuir el estrés eléctrico en los componentes, por lo tanto, se alarga la vida útil de los semiconductores. Además de reducir el estrés eléctrico, también reduce el rizo de la corriente de entrada de la fuente debido a la red LC de la entrada.

En el presente trabajo se realizaron dos análisis matemáticos del sistema, el primer análisis consiste en obtener el modelo promedio en espacio de los estados del sistema, y el segundo el modelo matemático basado en el modelo promedio. Además, se probó el sistema con una ley de control de la literatura, donde se realizó la regulación de voltaje a la salida sometiendo al sistema cambio de carga y cambios de ciclo de trabajo.

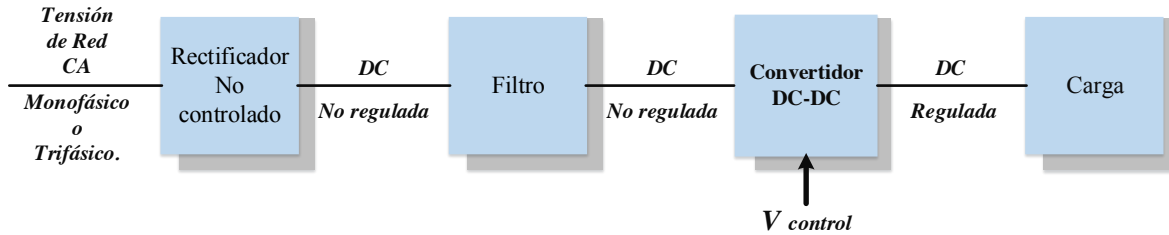


Figura 1. Descripción de convertidor DC/DC.

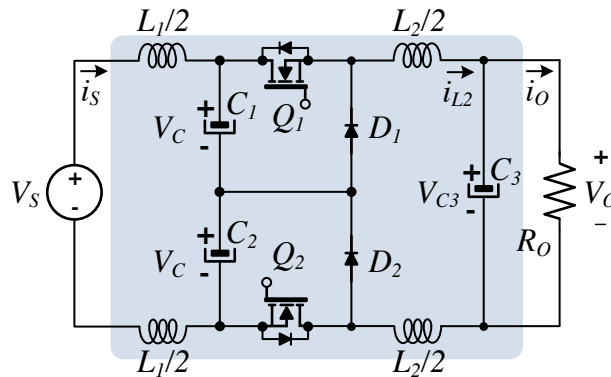


Figura 2. Topología del convertidor reductor doble.

ANÁLISIS MATEMÁTICO

En el análisis se considera dos modos de operación del convertidor. El sistema es simplificado suponiendo los inductores L_1 y L_2 idénticos. A continuación, se muestran dos análisis. El primer análisis consiste en obtener el modelo promedio en espacio de los estados del sistema, para verificar si el sistema es lineal o no. El segundo análisis consiste en obtener el modelo matemático del sistema para calcular los valores de rizo de la bobina y el valor de rizo del capacitor, también para calcular la relación del voltaje de salida y de entrada.

Análisis 1: modelo promedio en espacio de estados del sistema.

Para obtener el modelo promedio en espacio de estados del sistema, primero se simplifica el sistema suponiendo que las bobinas se unen en serie, como se muestra en la Figura 3. Se definen las variables de estados como las corrientes de los inductores y los voltajes de los capacitores como, $i_{L1} \triangleq x_1$, $i_{L2} \triangleq x_2$, $v_{C1} \triangleq x_3$, $v_{C2} \triangleq x_4$ y $v_{C3} \triangleq x_5$.

Los modos de operación se muestran en la Figura 3, cuando los interruptores están abiertos y cerrados. Se aplican las leyes Kirchhoff para obtener las ecuaciones de las variables de estados de cada modo de operación. El modelo promedio del sistema está descrito por las ecuaciones (1) – (5).

$$L_1 \dot{x}_1 = -x_3 - x_4 + V_S \quad (1)$$

$$L_2 \dot{x}_2 = kx_3 + kx_4 - x_5 \quad (2)$$

$$C_1 \dot{x}_3 = x_1 \quad (3)$$

$$C_1 \dot{x}_4 = x_1 \quad (4)$$

$$C_3 \dot{x}_5 = x_2 - \frac{x_5}{R} \quad (5)$$

Las ecuaciones (1) – (5) representan los valores promedio de las variables de estado, donde se observa que el valor del ciclo de trabajo depende de las variables de estado y de salida, por lo tanto se puede concluir que el sistema no es lineal en general.

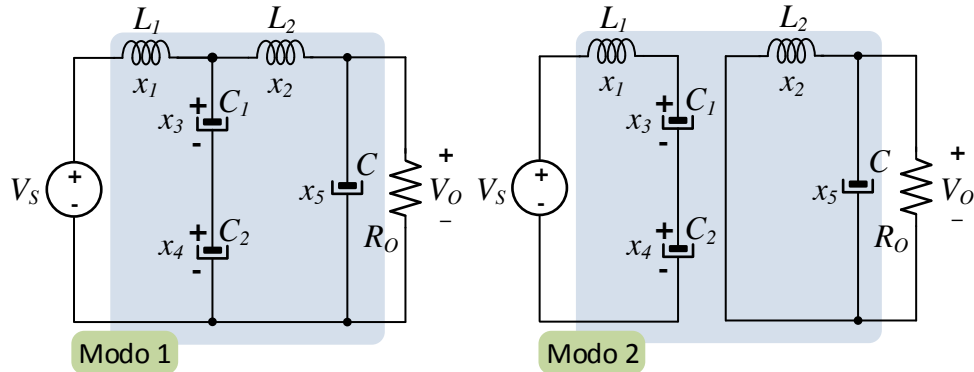


Figura 3. Circuitos equivalentes para los modos de operación del sistema.

Análisis 2: análisis matemático del sistema.

Para realizar el análisis matemático se hace la suposición que el rizo del filtro LC en la entrada no afecta el funcionamiento del convertidor por lo tanto el circuito se simplifica como en la Figura 4.

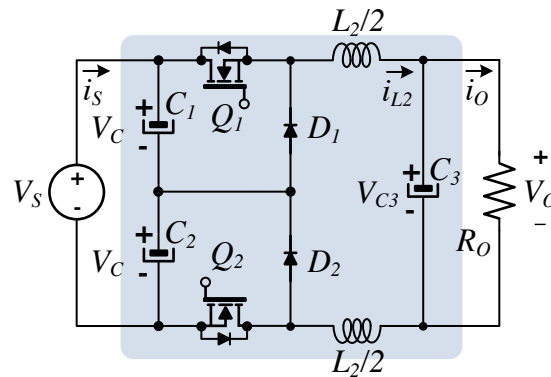


Figura 4. Topología del Convertidor reductor doble simplificado.

Los modos de operación se muestran en la Figura 5 considerando un único pulso para activar los interruptores Q_1 y Q_2 . Aplicando nuevamente las leyes de Kirchhoff a los modos de operación se obtienen las ecuaciones (6) – (8). Donde (6) representa el voltaje promedio de salida, similar al reductor convencional. En (7) se obtiene el valor de rizo de corriente de la bobina L_2 y (8) representa el rizo de voltaje del capacitor V_{C3} .

$$V_o = k V_s \quad (6)$$

$$\Delta I_L = \frac{V_s k (1 - k)}{2 f L} \quad (7)$$

$$\Delta V_C = \frac{V_s k (1 - k)}{8 f^2 L C} \quad (8)$$

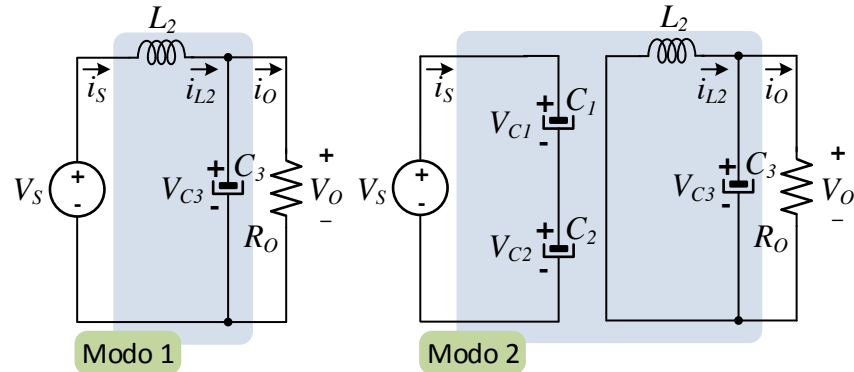


Figura 5. Modos de operación del convertidor reductor doble.

RESULTADOS NUMERICOS

Para corroborar el funcionamiento del convertidor reductor doble se realizó una investigación en la literatura donde se obtuvo una ley de control [7], y debido a su similitud con un convertidor reductor convencional se puede aplicar la ley de control. La ley de control implementada se muestra en un diagrama a bloques en la Figura 6, que consiste en controladores PI, uno en el lazo de voltaje y otro en el lazo de corriente. El objetivo de la ley de control es regular el voltaje a la salida. Se probó el convertidor en lazo cerrado con cambios de carga y cambios de ciclo de trabajo. En la tabla 1 se muestran los parámetros utilizados de los componentes.

Tabla 1. Parámetros del sistema.

Parámetros	Valores
V_S	48 V
f_{sw}	20 kHz
k	0.3 - 0.7
R_o	10 - 20 Ω

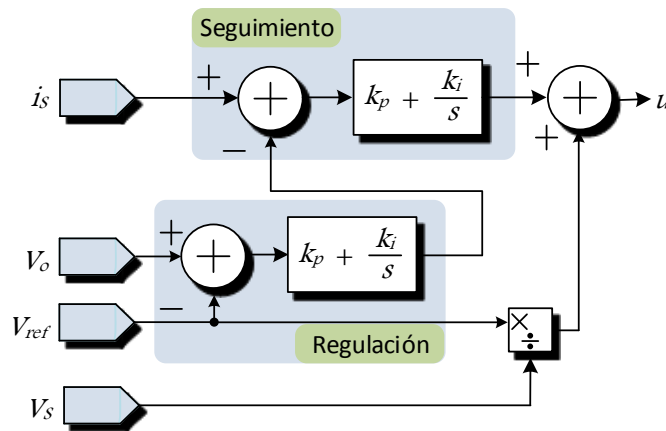


Figura 6. Diagrama a bloques de la ley de control.

En la Figura 7 y 8 se muestra la corriente entrada i_s , la corriente de la bobina L_2 y el voltaje de la carga V_o . En la figura 7 se muestran los cambios de carga 20 - 10 Ω y viceversa. En la corriente de entrada i_s y corriente de la bobina L_2 se observan breves transitorios al realizar los cambios de carga. También se observa el rizo de ambos se mantiene aun cambiando la carga. En el voltaje de salida V_o se observan transitorios pero manteniendo el voltaje promedio en 33.6 V. El ciclo de trabajo se fijó en 0.7 para los cambios de carga.

En la Figura 8 se muestran los cambios de k de 0.3, 0.5, 0.7 y finalmente a 0.3 con una resistencia de 20Ω . Se puede notar que la corriente i_s y la corriente i_{L2} tienen un transitorio mayor que en caso de cambios de carga, pero el rizo en ambas corrientes se mantiene constante después de los transitorios. Los valores de voltaje de salida convergen a 14.4 V, 24 V, 33.6 V, de acuerdo con el ciclo de trabajo.

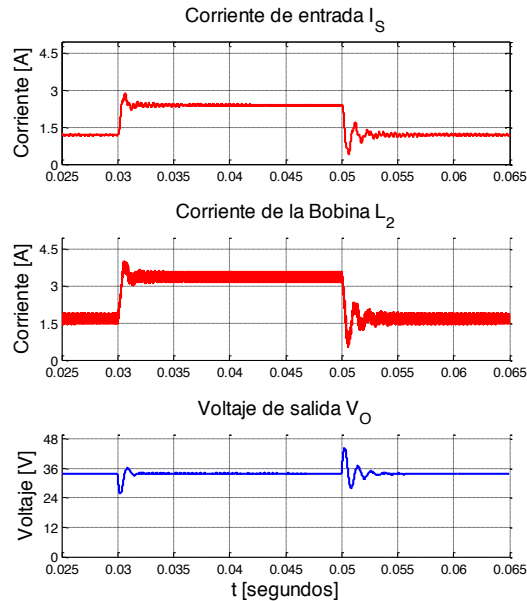


Figura 7. De arriba abajo, la corriente entrada i_s , la corriente de la bobina L_2 y el voltaje de la carga V_o con cambios de carga de 10 a 20Ω y viceversa, con un $k = 0.7$.

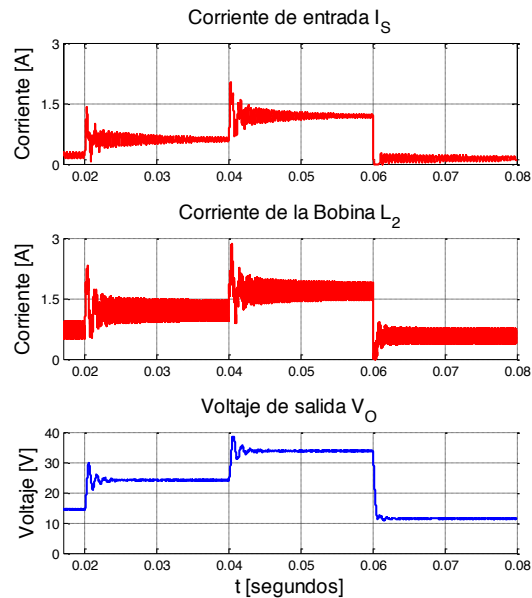


Figura 8. De arriba abajo, la corriente entrada i_s , la corriente de la bobina L_2 y el voltaje de la carga V_o , con cambios de $R = 0.3, 0.5, 0.7$ y 0.3 con una $R_o = 20 \Omega$.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se diseñó e implementó un prototipo de 100 W . De la misma forma que en la parte de simulación se realizaron cambios de carga y cambios de ciclo de trabajo. Se implementó la ley de control en una

tarjeta dSPACE 1104. El prototipo del convertidor reductor doble se muestra en la Figura 9 y los parámetros son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2: Dispositivos y valores utilizados.

Dispositivo	Valores
MOSFET Q_1, Q_2	$V_{CE} = 600 \text{ V}$, $I_C = 16 \text{ A}$
Diodo MUR D_1, D_2	$V = 400 \text{ V}$, $I = 15 \text{ A}$
Capacitor C_3	$22 \mu\text{F}$
Capacitor C_1, C_2	$10 \mu\text{F}$
Bobina acoplada L_1	0.5 mH
Bobina acoplada L_2	0.6 mH

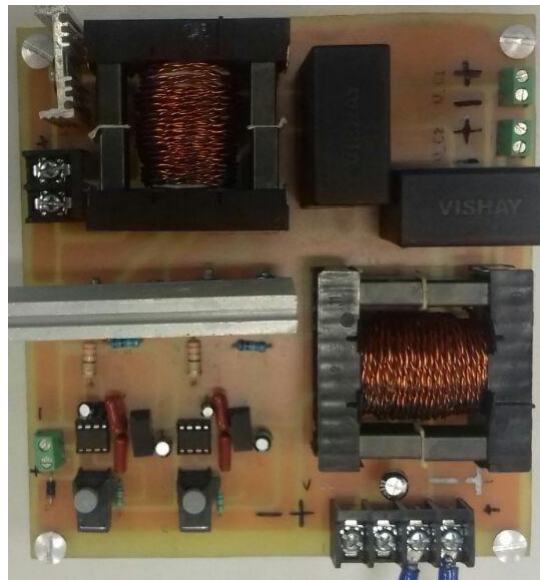


Figura 9. Prototipo del convertidor reductor doble.

En la figura 10 se muestra los cambios de carga de $20 - 10 \Omega$ y viceversa, con un $k = 0.5$. Se puede observar que se genera un sobretiro en el voltaje y vuelve a la referencia. Lo mismo ocurre al hacer el cambio de carga de 10 a 20Ω . Las corrientes apenas tienen un sobretiro y se estabilizan después de un breve transitorio.

En la Figura 11 y 12 se muestran las pruebas con cambio en el ciclo de trabajo de $0.3 - 0.5 - 0.3$ y $0.5 - 0.7 - 0.5$ con una carga resistiva de 20Ω . Al aumentar el ciclo de trabajo de 0.3 a 0.5 el voltaje de salida cambia de 14.4 a 24 V . El voltaje tiene un sobretiro de 4 V . Al realizar el cambio de trabajo de 0.5 a 0.3 , el voltaje disminuye de 24 V a 14.4 V . Las corrientes nuevamente presentan un pequeño sobretiro y se puede notar que las corrientes son continuas al regularse el voltaje.

Al cambiar el ciclo de trabajo de 0.5 a 0.7 el voltaje cambia de 24 a 33.6 V . El voltaje tiene un sobretiro de 6 V . Al realizar el cambio de trabajo de 0.7 a 0.5 , el voltaje disminuye de 33.6 V a 24 V . Las corrientes nuevamente presentan un pequeño sobretiro y son continuas. En la tabla 3 se muestra la comparando de los resultados reales con los resultados calculados.

Tabla 3. Comparación de valores.

Parámetros	Valores reales	Valores calculados
ΔV_C	0.1 V	0.12 V
ΔI_{L_2}	0.4 A	0.42 A

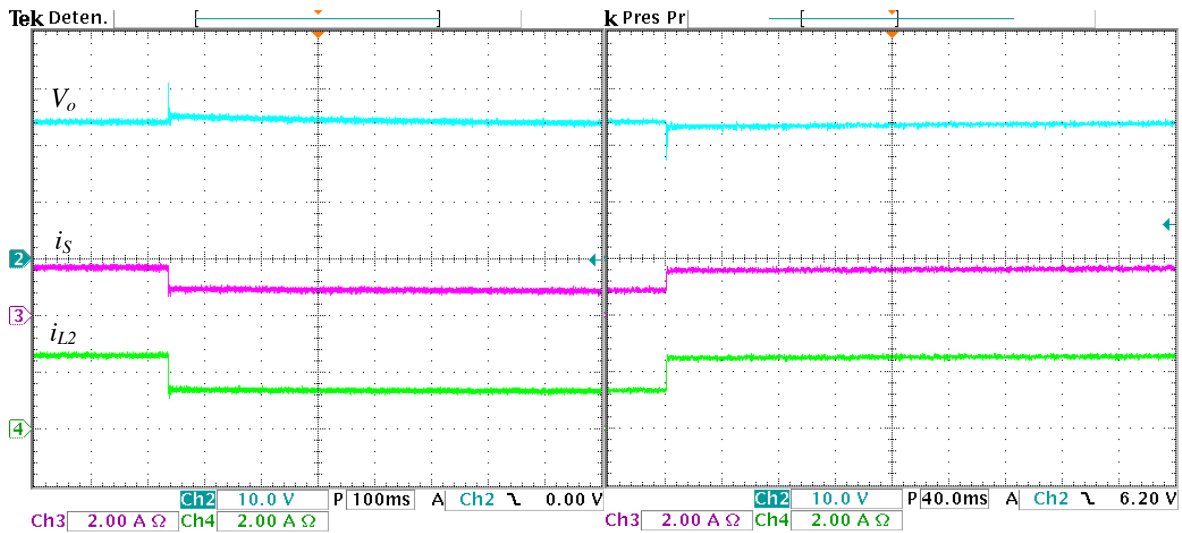


Figura 10. De arriba abajo, el voltaje de la carga V_o , la corriente entrada i_s y la corriente de la bobina L_2 con cambio de carga de 20 – 10 Ω y viceversa con $k = 0.5$.

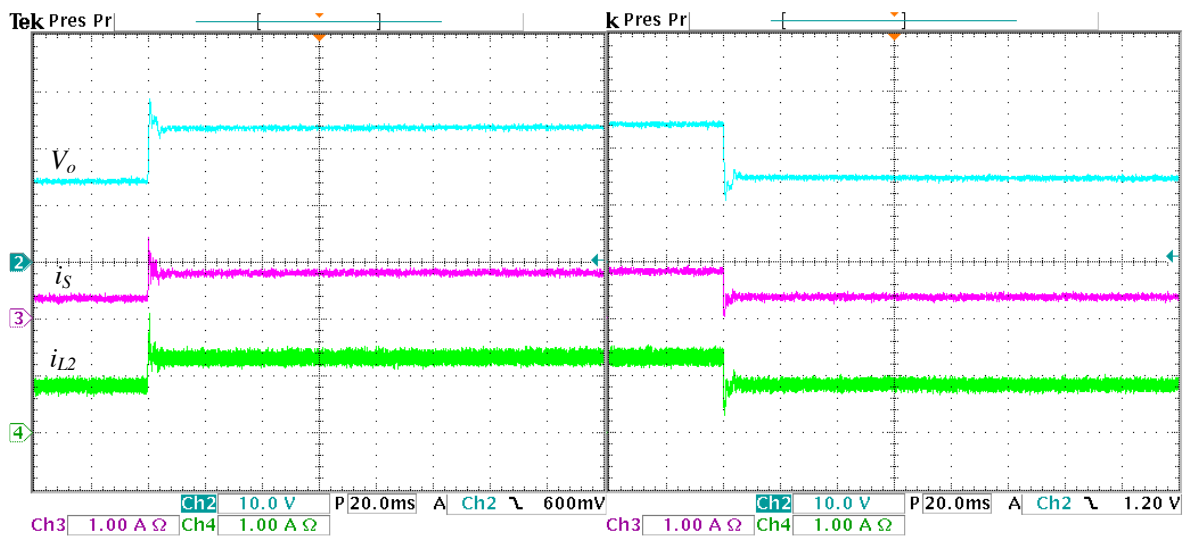


Figura 11. De arriba abajo, el voltaje de la carga V_o , la corriente entrada i_s y la corriente de la bobina L_2 con cambio de ciclo de trabajo de 0.3 - 0.5 y viceversa con carga de 20 Ω .

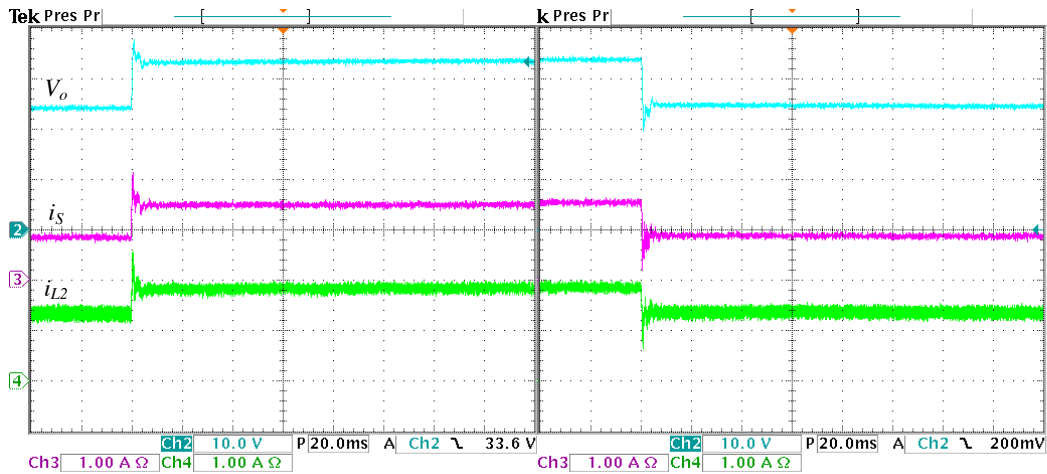


Figura 12. De arriba abajo, el voltaje de la carga V_o , la corriente entrada i_s y la corriente de la bobina L_2 cambio de ciclo de trabajo de 0.5 - 0.7 y viceversa con carga de 20 Ω .

CONCLUSIONES

En este trabajo se muestra análisis matemático y el diseño e implementación de un reductor doble operando en modo de conducción continua. Se presenta dos análisis, el modelo promedio de variables de estado y el análisis matemático para obtener los rizados del capacitor e inductor. Se realizaron simulaciones en lazo cerrado del sistema y también se diseñó un prototipo de 100 W para corroborar los datos obtenidos. Se implementó una ley de control para regular el voltaje a la salida del convertidor con dos controladores PI, uno en el lazo de voltaje y otro en el lazo de corriente. Se realizaron pruebas con cambios de carga y de ciclo de trabajo para corroborar el funcionamiento del prototipo. Los resultados muestran que se disminuye el rizo de corriente y el rizo de voltaje en los elementos inductivos y capacitivos, además de que muestra un buen desempeño en los cambios de carga y ciclo de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mohán N., M. Undeland T Robbins, "Electrónica de Potencia. Convertidores, aplicaciones y diseño" México, Primera edición, Mc Graw Hill, 2009.
2. Rashid M., "Electrónica de Potencia, Circuito, dispositivos y aplicaciones", México, tercera edición, Pearson Education.
3. Cervantes Hernández David, Morales Caporal Roberto, Pérez López Allan, Pérez Castillo Alfredo Jesús, Montiel Gómez German, "Simulación de convertidores DC/DC como cargadores de baterías para una bicicleta eléctrica", Modelado y control de sistemas mecatrónicos, Asociación Mexicana de Mecatrónica A. C. 2017. ISBN: 978-607-9394-10-3.
4. Mohamed Kaouane, Akkila Boukhelifa, Ahmed Cheriti, "Regulated output voltage double switch Buck-Boost converter for photovoltaic energy application", International Journal of Hydrogen Energy, Volume 41, Issue 45, 2016, Pages 20847-20857, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.06.140>.
5. Pablo Israel Guzmán Tafoya, Nimrod Vázquez Nava, René Osorio Sánchez, "Técnica de conmutación suave para un convertidor reductor-elevador doble con aplicaciones en iluminación", Pistas Educativas No. 128, Vol. 39. (SENIE 2017), febrero 2018, México, Tecnológico Nacional de México en Celaya. ISSN: 2448-847X
6. Valdés Delgado Diana Cecilia, Limones Pozos Cesar Augusto, Sosa Zúñiga José Miguel, "Implementación de un convertidor reductor doble funcionando en modo de conducción continua", Jóvenes en la ciencia, vol. 3, núm. 2, 2017, Guanajuato, 2017, pp. 478-482.
7. G. Escobar, J. Leyva-Ramos, P. R. Martinez, and A. A. Valdez, "A Repetitive-Based Controller for the Boost Converter to Compensate the Harmonic Distortion of the Output Voltage", IEEE Transactions On Control Systems Technology, Vol. 13, No. 3, May 2005.

ESTUDIO DE COMPUESTOS PERSISTENTES DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIDURÍA EN EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN

Efraín Felipe Martínez Prior, Jennifer A. Bañuelos.

Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, A.C. Omega No. 201, Col. Industrial Delta, C.P. 37545, León, Gto. México.

RESUMEN

La gran complejidad de las aguas residuales de curtiduría obliga a encontrar métodos eficientes para la remoción de sus contaminantes¹. El proceso de electrocoagulación puede ser una alternativa de bajo costo comparado con otras técnicas electroquímicas².

En este trabajo se estudió la remoción de anilina, naftaleno y recurtiente proteico como compuestos persistentes en las aguas residuales de curtiduría, a través del proceso de Electrocoagulación. Se prepararon aguas sintéticas de los tres compuestos mencionados para ser evaluados de forma individual, en mezcla de dos de ellos y mezcla de los tres compuestos, utilizando diferentes concentraciones (1, 4 y 8 % p/p). Cada concentración fue analizada a dos diferentes pH (3 y 7). Las condiciones de operación de la celda de electrocoagulación aplicadas fueron de 2 amperes a corriente constante, electrodos de hierro de 6x12 cm durante 60 min.

Al finalizar el análisis experimental, se pudo determinar que en condiciones individuales el compuesto que obtuvo menos eficiencia de remoción a pH 7 y 3 fue la anilina, aunado a que en las mezclas influyó de manera significativa disminuyendo la eficiencia de remoción de contaminantes. Se puede concluir entonces, que la presencia de anilina inhibe el proceso de Electrocoagulación.

Palabras clave: Electro-coagulación, compuestos problema, anilina, naftaleno, recurtiente proteico, mecanismos de reacción, inhibición.

INTRODUCCION

Actualmente la industria de la elaboración de productos a base de piel en México es de los diez mayores productores a nivel internacional, ya que genera aproximadamente el 4% de la producción mundial. La mayor parte de las curtidurías se encuentran localizadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y en los estados de Nuevo León, Jalisco y Guanajuato. El número de tenerías registradas a nivel nacional es de 10815 aproximadamente (1).

El estado de Guanajuato es el mayor productor de México ya que genera alrededor del 65% del curtido y piel terminada, en específico en la ciudad de León existen más de 654 tenerías que aportan aproximadamente dos terceras partes de la totalidad de pieles que se producen en México lo que constituye la principal actividad económica de la región (1).

El proceso de curtido implica la transformación de pieles de animales en cuero acabado, por medio de la estabilización de las fibras de colágeno presentes en la piel, empleando agentes curtientes como sales de cromo, aluminio, circonio o extractos vegetales, para evitar su descomposición y propiciar su uso de manera sencilla. (2). Las etapas del proceso general para convertir una piel en cuero son cuatro: ribera, curtido, recurtido y acabado. (3). En cada una de estas etapas se utiliza grandes volúmenes de agua y reactivos químicos que contaminan el agua residual (4). Las etapas que más contaminan son la ribera y curtido, por la presencia de concentraciones elevadas de materia orgánica y de curtientes como el cromo, se genera en promedio 100 m³ de agua residual por cada 1000 kg de piel tratada en todo el proceso. (5). De igual forma, la composición de los vertidos diferirá según el proceso que se tenga en planta y del producto final que se busque.

La magnitud del impacto ambiental por la industria de la curtiduría se ha visto por los largos periodos en los que el manejo de los desechos ha sido inadecuado, el daño es comparable al ocasionado por la industria minera o petrolera (6), además de que el establecimiento de los sistemas de control de la contaminación se ha visto obstaculizado por las condiciones sociales y económicas que han prevalecido. Sin embargo, a partir de los estudios realizados en la cuenca del río Turbio, en el estado de Guanajuato y del conocimiento del agotamiento general de los acuíferos por sobreexplotación (1); la comunidad, junto con la industria y autoridades, han mostrado una fuerte disposición de implementar soluciones en el menor plazo posible. En la actualidad, los desechos de la industria de la curtiduría aparecen listados en su totalidad como residuos peligrosos, en la norma oficial mexicana

NOM-052- ECOL/1993, lo cual obliga a almacenarlos, transportarlos, reciclarlos, tratarlos o confinarlos a través de empresas autorizadas.

Es importante entonces conocer el proceso de curtido de pieles y sus etapas debido a que la composición de las aguas residuales variará según el tipo de piel que se curta, ya sea de res, cerdo, pescado, caballo y demás tipos de pieles, que no tienen la misma composición de materia orgánica como grasas y pelo lo que ayuda a tener una idea más clara de los contaminantes que se presentan en los efluentes de este proceso y así aplicar el tratamiento de aguas más adecuado.

Las pieles más trabajadas en la curtiduría son de bovino, porcino, caprino, ovino, de equino, y últimamente también se curten pieles exóticas como la de avestruz (3). La estructura de la piel posee diversos componentes como: Epidermis, Dermis, la cual contiene: Flor y Corium, Pelo, Glándulas sudorípara y sebácea y Tejido subcutáneo (Grasa). De los cuales, el más importante para la transformación de la piel en cuero es la flor, ya que es la que le brindará las características necesarias para su empleo como materia prima en otros procesos productivos.

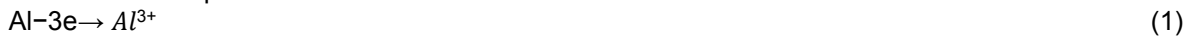
TEORIA

Existen varios tipos de procesos electroquímicos, que se usan para el tratamiento de aguas residuales, de los cuales se desprenden varios procesos como: electro-oxidación (EOX) y electrocoagulación (EC). A continuación, se describen más a detalle el proceso seleccionado para desarrollar el proyecto de investigación.

Electrocoagulación (EC)

La electrocoagulación emplea la corriente eléctrica para la eliminación de contaminantes generando coagulantes en el medio, induciéndola sobre placas de electrodos de materiales como aluminio y hierro. Cuando el electrodo de hierro se utiliza como ánodo tras la oxidación en un sistema electrolítico, se produce hidróxido de hierro, $Fe(OH)_n$, donde $n = 2$ o 3 . La electricidad propicia las reacciones químicas que desestabilizan a los contaminantes en el medio, formando agregados hidrofóbicos que flotan o precipitan, lo que permite disponerlos de manera adecuada en una operación secundaria de separación como sedimentación o flotación. (7).

Las reacciones químicas en el ánodo de aluminio son:



En condiciones a pH elevado:



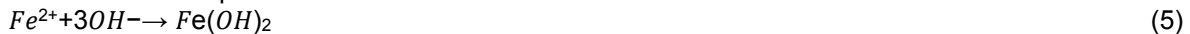
En condiciones a pH bajo:



Para el ánodo de hierro, las reacciones son:



En condiciones a pH elevado:



En condiciones a pH bajo:



Algunas de las ventajas que presenta la electrocoagulación son: no es corrosivo, no forma sustancias contaminantes en el efluente que se tengan que tratar, el equipo a utilizar es simple, no es necesario agregar reactivos, no producen grandes volúmenes de lodos y el tiempo de retención es menor (8). En la industria de la curtiduría, la electrocoagulación tiene gran potencial, reportándose trabajos con efectividad en la remoción de DQO en un 95%, 100% de cromo, 96% de sólidos suspendidos totales y 50% de sólidos disueltos totales. (9), así como 80 % de DQO y 85.5% sólidos suspendidos totales (9).

PARTE EXPERIMENTAL

El primer paso fue realizar una caracterización de las aguas residuales reales de la planta piloto en CIATEC de tenería utilizando la norma mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, el período de muestreo del agua residual de la planta piloto de curtido de CIATEC AC. Fue durante un período de seis meses, desde el 18 de enero de 2016 hasta el 27 de mayo de 2016 y los resultados se muestran en la siguiente tabla (1). La caracterización fue realizada por el laboratorio de análisis en CIATEC.

El siguiente paso fue encontrar el procedimiento óptimo para el proceso de (EC) con electrodos de hierro y aluminio con la curtiduría de aguas residuales real. Se usaron varios experimentos con diferentes procesos de aguas residuales. En total hubo 11 experimentos, a diferentes condiciones como 2 amperios de corriente, diferentes electrodos área (1.5 x 3 cm a 6x12 cm), densidad de corriente: (28 a 444 mA / cm²) y pH 3.73 a 7, después se hizo una caracterización para determinar los compuestos persistentes, los resultados se muestran en la tabla 2.

Después de eso, se prepararon todas las aguas residuales sintéticas y sus mezclas con cada químico; negro 5 de anilina, naftaleno y recurtiente proteico, se preparó con agua desionizada siguiendo las concentraciones 1, 4 y 8% w/w. Las caracterizaciones de todas las aguas residuales sintéticas se llevaron a cabo con forme a la norma mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. La DQO se analizó utilizando la norma mexicana NMX-AA-030/2-SCFI-2011, método de tubo sellado a pequeña escala. La conductividad se analizó utilizando muestras de la curtiduría de las aguas residuales sintéticas para todos los compuestos y una mezcla de los 3 compuestos en el medidor de conductividad. La turbidez se analizó con muestras de agua residual sintética con compuestos restantes en un medidor de turbidez. Cada parámetro se analizó por triplicado y los resultados se expresan como promedio.

El proceso de Electrocoagulación de las aguas residuales de la curtiduría sintética se llevó a cabo en el laboratorio de Ambiental CIATEC bajo las siguientes condiciones. Para cada ensayo, se trató 1 litro de aguas residuales de curtiduría sintética en un reactor de tanque agitado abierto e indivisible a temperatura ambiente (25 ± 1 °C). El efluente se mantuvo en agitación. La celda electrolítica contenía dos placas de hierro (acero dulce) como el ánodo y el cátodo para (EC). Todos los electrodos eran rectangulares y tenían un área geométrica de 72 cm². El espacio entre electrodos en cada sistema fue de 12 cm² con una densidad de corriente. Estas densidades de corriente se eligieron porque los valores de la técnica de estudios previos se tomaron para los procesos probados. Todos los experimentos se desarrollaron por triplicados y los resultados se muestran en las Grafica 1. El siguiente paso fue la caracterización y evaluación de los resultados para la (EC). Primero se dejó sedimentar y se eliminaron todos los sólidos en suspensión y el hierro que se pudo haber causado interferentes y se filtró; se analizaron las muestras siguiendo la norma mexicana para su caracterización; NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-053-SEMARNAT-1993 y NOM-002-SEMARNAT-1996 Normas oficiales mexicanas. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 3. Cada parámetro se analizó por triplicado y los resultados se expresan como un promedio y se muestra en la Grafica 2

RESULTADOS

Tabla 1. Resultados obtenidos de la caracterización del agua real de curtiduría de la planta piloto en CIATEC.

Muestra /Parámetro	1	2	3	4	5	6	7	8
DQO (mg/l)	533.33	3072.16	575.32	325.51	5450.00	3103.70	1518.98	7384.32
TOC (mg/l)	593.80	1980.20	412.00	249.00	1503.00	1037.00	1780.00	2742.00
ST (mg/l)	60300.00	8331.67	5343.33	2766.67	10300.00	13886.50	14114.99	18463.63
SS (ml/l)	240.00	158.00	99.00	22.00	3.00	65.00	80.00	98.00
Cromo total (mg/l)	313.20	100.50	831.70	353.10	0.00	286.40	136.00	0.00
pH	3.73	3.64	5.43	6.52	10.85	4.10	3.84	4.60
Conductividad (mS/cm)	41.30	5.16	5.20	2.15	6.78	13.97	11.81	12.58
Sales disueltas totales (g/l)	33.80	3.42	3.24	1.20	4.71	9.50	6.81	7.37
T (°C)	19.20	16.20	18.40	16.20	12.90	16.00	22.10	21.70
Turbidez (NTU)	525.00	1126.00	321.00	248.00	1041.00	458.00	1128.00	1836.00
Cloruros (Cl-) (mg/l)	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000	>1000	>1000	<1000
Hierro Total (mg/l)	337.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 1. Resultados obtenidos de la caracterización del agua real de curtiduría de la planta piloto en CIATEC.

Muestra /Parámetro	9	10	11	12	13	14	15	16
DQO (mg/l)	2615.28	7230.48	6300	5550	8820	3480	9000	8880
TOC (mg/l)	1070	2824	2632	836.5	2364	1384	2781	2468
ST (mg/l)	8423	15800	21686.83	22625	16970	12905	20538.33	19266.66
SS (ml/l)	80	72	23	51	17	22	14	0
Cromo total (mg/l)	0	121.4	111.43	60.53	77.04	159.63	102.13	52.28
pH	3.95	3.55	3.73	7.09	10.95	3.67	4.42	3.87
Conductividad (mS/cm)	6.45	10.65	12.32	18.67	7.11	8.95	11.8	10.88
Sales disueltas totales (g/l)	3.69	6.5	8.02	14.23	4.72	5.38	7.22	6.5
T (°C)	19.9	19	18	12.6	15.1	20.3	20.3	20.5
Turbidez (NTU)	800	1503	312	495	7490	158	4940	2770
Cloruros (Cl ⁻) (mg/l)	<1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
Hierro Total (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0

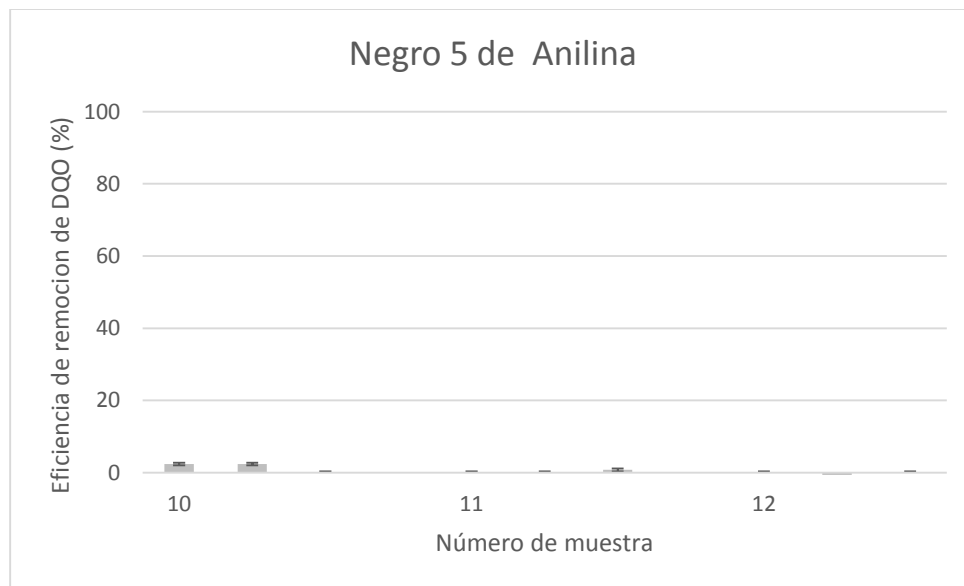
Tabla 2. Arreglo preliminar de la celda electroquímica.

	A
electrodo Fe-Fe	Fe-Fe
Volumen de muestra	1000 mL
Dimensiones de los electrodos (cm)	1.5x3
Corriente aplicada (A)	2
Área de los electrodos	6*12 cm
pH	7

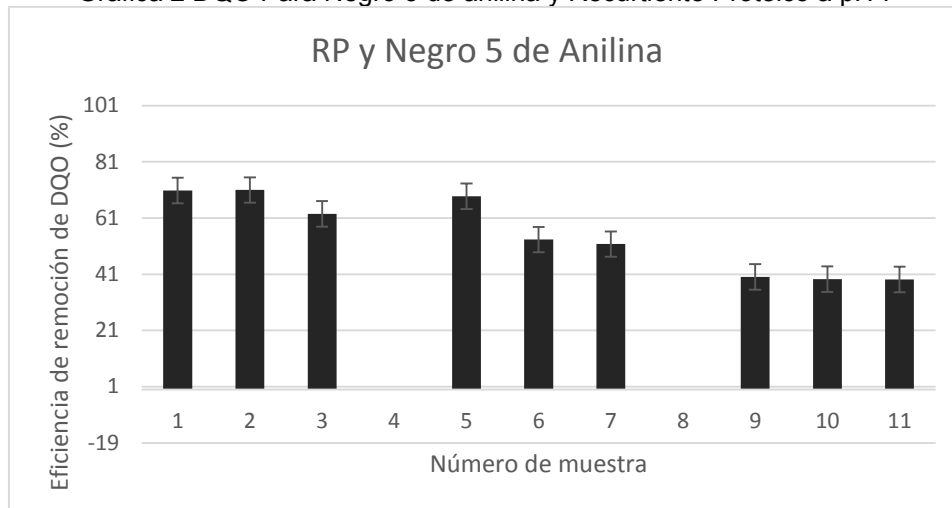
Tabla 3. Resultados de estudios preliminares.

Parámetro/muestra	A	B	C	D	E
DQO (mg/l)	57.00	60.00	69.00	63.00	68.00
TOC (mg/l)	48.00	33.00	60.00	46.00	37.00
ST (mg/l)	42900.00	54109.99	43503.33	44555.33	43851.66
SS (ml/l)	2.50	2.00	0.08	1.00	0.50
Cromo Total (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	6.10	5.67	5.50	7.64	7.41
Conductividad (mS/cm)	40.60	47.50	39.40	48.50	47.30
Sales disueltas Totales (g/l)	//	40.40	47.30	33.80	32.90
T (°C)	21.00	21.00	21.00	21.00	19.30
Turbidez (NTU)	71.90	98.00	15.20	206.00	11.50
Cloruros (Cl-) (mg/l)	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
Hierro Total (mg/l)	296.70	2266.38	1439.27	261.00	227.10

Grafica 1 DQO Para Negro 5 de anilina a pH 7



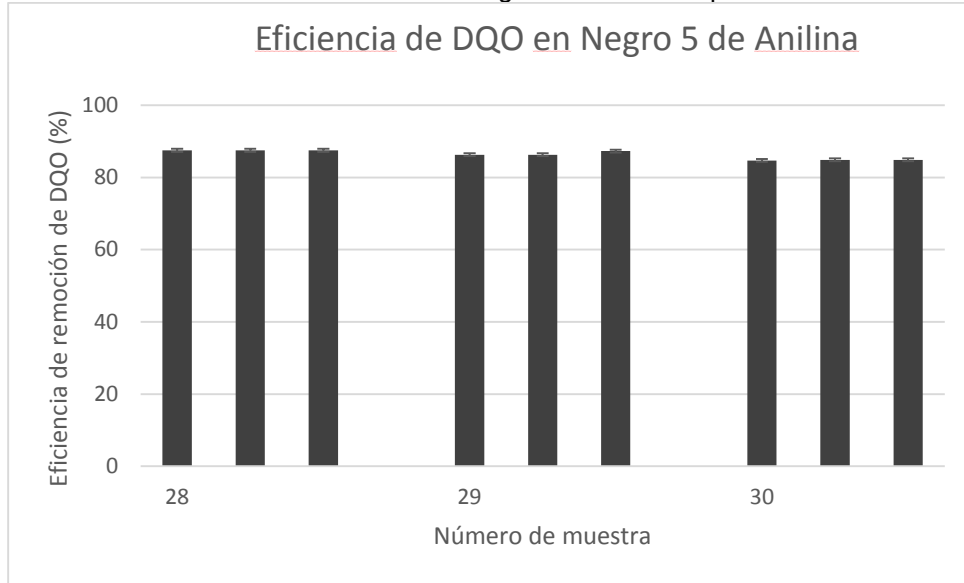
Grafica 2 DQO Para Negro 5 de anilina y Recurtiente Proteico a pH 7



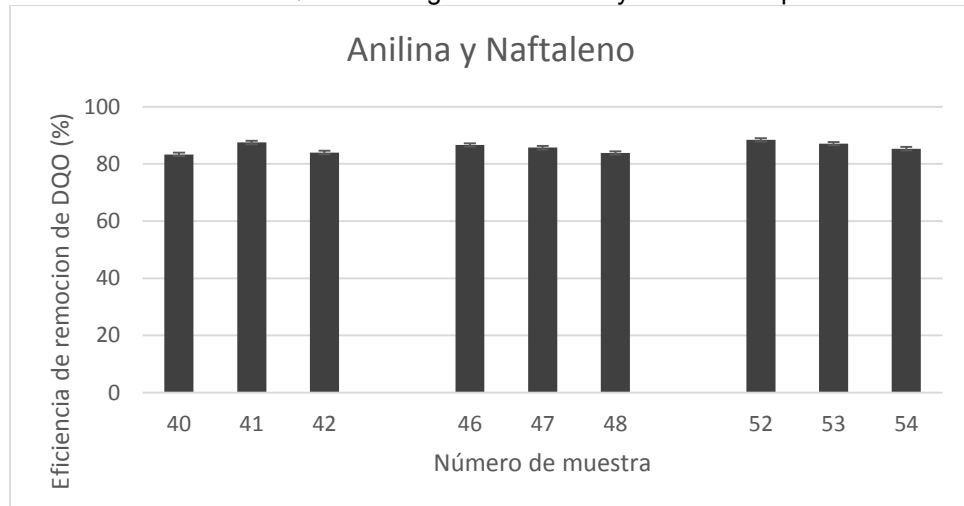
Grafica 3 DQO Para Negro 5 de anilina, Naftaleno y Recurtiente Proteico a pH 7



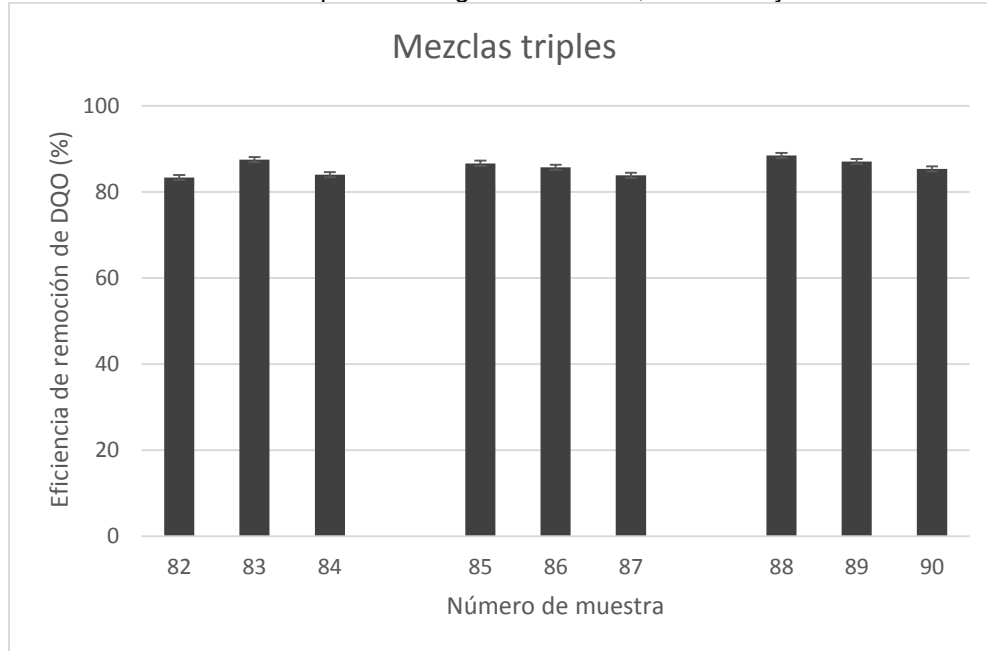
Grafica 4 DQO Para Negro 5 de anilina a pH 3



Grafica 5 DQO Para Negro 5 de anilina y Naftaleno a pH 3



Grafica 6 DQO de mezclas a pH 3 de Negro 5 de anilina, Naftaleno y Recurtiente Proteico



CONCLUSIONES

Delos estudios previos se pudo observar que había 3 compuestos persistentes que no se degradaban o removían con el tratamiento electroquímico, por esa razón se decidió determinar cuál era la causa, si uno de los tres, la mezcla de dos o de los tres y las conclusiones se observan a continuación.

Como conclusiones se puede observar hasta el momento la anilina es un compuesto clave ya que se encontró que a condiciones de pH 7 inhibe el proceso de electrocoagulación.

En muestras simples y en las mezclas se encontró que a pH 7 y a las primeras concentraciones preparadas no se llevaba a cabo el proceso de Electrocoagulación, esto estando presente el compuesto negro 5 de anilina debido a que a pH altos la anilina se apacigua o se inhibe, en cambio a pH ácidos como 3 la anilina se comporta como un semiconductor haciendo posible que se lleve a cabo la reacción de electrocoagulación.

También se puede observar que a concentraciones altas de los compuestos simples el naftaleno tiene baja eficiencia de remoción en los procesos de electrocoagulación.

La turbidez se observó que en relación a las muestras originales antes de los procesos electroquímicos contenían un alto grado de turbidez y después de la electrocoagulación bajan de manera considerable.

Por lo que podemos concluir que la anilina es un compuesto que se debe de tratar a pH ácidos para una mejor eficiencia de remoción de contaminantes en mezclas presentes en las aguas residuales de curtiduría. Sobre todo, porque en las aguas reales se encuentran en mezcla con otros compuestos y estos en un ambiente de pH básico baja la eficiencia de remoción de contaminantes, por la inhibición de los mismos compuestos.

REFERENCIAS

1. G. Lofrano, S. Meriç, G.E. Zengin, D. Orhon. (2013). Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review, *Sci. Total Environ.* 461–462, 265–281.
2. Panizza, M., & Cerisola, G. (2004). Electrochemical oxidation as a final treatment of synthetic tannery wastewater. *Environmental science & technology*, 38(20), 5470-5475.

3. Graciela Carrillo González, Aleida Azamar Alonso, Gemma Cervantes Torre-Marín (2017). Tannery and technological innovation in Guanajuato.
4. Isarain-Chávez, E., De la Rosa, C., A. Godínez, L., Brillas, E., & Peralta-Hernández, J. M. (2014). Comparative study of electrochemical water treatment processes for a tannery wastewater effluent. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 62-69.
5. CIATEC. A.C. (2016). Antecedentes de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales de CIATEC, A.C.
6. G. Carrillo González, A. Azamar Alonso, G. Cervantes Torre-Marín, Innovación tecnológica curtiduría en el estado de Guanajuato Tannery and technological innovation in Guanajuato, (2017).<http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econinfo/402/06CarrilloAzamarCerva>
7. M. Fabbricino, B. Naviglio, G. Tortora, L. d'Antonio, An environmental friendly cycle for Cr(III) removal and recovery from tannery wastewater, *J. Environ. Manage.* 117 (2013) 1–6. doi:10.1016/j.jenvman.2012.12.012.
8. C. Di Iaconi, A. Lopez, R. Ramadori, R. Passino, Tannery wastewater treatment by sequencing batch biofilm reactor, *Environ. Sci. Technol.* 37 (2003) 3199–3205. doi:10.1021/es030002u.
9. G. Cerisola, M. Panizza, Electrochemical Oxidation as a Final Treatment of Synthetic Tannery Wastewater Electrochemical Oxidation as a Final Treatment of Synthetic Tannery, *Environ. Sci. Technol.* 38 (2016) 5470–5475 Electrochemical. doi:10.1021/es049730n.
10. C.A. Martínez-Huitle, E. Brillas, Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: A general review, *Appl. Catal. B Environ.* 87 (2009) 105–145. doi:10.1016/j.apcatb.2008.09.017.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA SPINNER MAGNÉTICO

Paola Ximena González Torres¹, Juan Alberto Vargas González¹, Miroslava Cano Lara¹, Horacio Rostro González², Higinio Juárez Ríos³

¹Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Ing. Mecatrónica ²Universidad de Guanajuato, DICIS, Ing. Electrónica ³Instituto Politécnico Nacional-UPIIG, Depto. Formación Prof. Genéricas.

RESUMEN

Se presenta el estudio de los efectos que se generan con electricidad y magnetismo en un spinner magnético de 3 brazos. El sistema spinner genera su movimiento al emplear imanes de neodimio de 1200 Gauss y bobinas electroimán de configuración solenoide hechas a partir alambre de cobre. Para la manufactura de la estructura del spinner se diseñó un CAD en Solidworks. El comportamiento del desplazamiento angular y revoluciones que genera el spinner es controlado por medio de un sensor de Efecto Hall y los parámetros físicos de una bobina. Las revoluciones por minuto son obtenidas mediante el campo magnético que se genera entre el imán y la bobina el cual es detectado por el sensor. El análisis final nos muestra que el spinner magnético con la configuración empleada se puede monitorear el comportamiento evolutivo del incremento de la velocidad, así como llegar a un máximo de 600 RPM (Revoluciones Por Minuto).

INTRODUCCIÓN

Generar campo electromagnético con materiales de fácil acceso económico, es una excelente forma de producir energía para diversos sistemas físicos. El diseño de un spinner, el cual es atribuido a Catherine Hettinger que habría inventado el juguete hace más de 20 años (Véase Figura 1), implica que necesite deslizamientos que son producidos por las yemas del dedo pulgar e índice [1]. El spinner es compuesto de dos partes básicamente, una pieza central que se agarra con los dedos, y una hoja de rotación de tres puntas o a veces de más puntas. Al proporcionarle una fuerza externa, este es impulsado generando una velocidad y giro considerable.

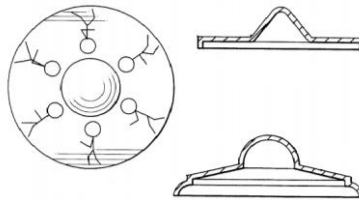


Figura 1. Diseño de primer spinner.

Un spinner básico comparado con un magnético es que este último gira con el impulso de imanes de neodimio incrustados a él y electroimanes a su alrededor, ya que el fenómeno que presentan al juntarse estos dos anteriores, es el impulso para que el spinner esté en movimiento, los electroimanes nos proporcionan un campo magnético en el cual podemos dibujar de acuerdo a la dirección del campo, el polo Norte y Sur. Es necesario saber que los electroimanes se construyen con arrollamientos o bobinas y pueden ser alrededor de barras de materiales magnetizables, como el acero, acero al silicio, entre otros, donde la magnetización puede llegar a ser permanente o temporal (Véase Figura 2). Las bobinas pueden ser usadas para la activación o desactivación de actuadores.

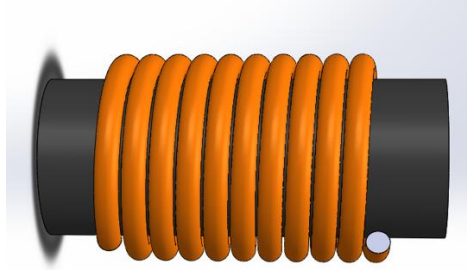


Figura 2. Bobina electroimán.

Si juntamos varias espiras, conectadas entre sí y de un mismo radio formamos una bobina que tiene una longitud mayor comparada con el radio de las espiras que la forman, a este arreglo se le conoce como solenoide [2], el cual tiene como función de electroimán que genera campo magnético uniforme y puede desarrollarse con la siguiente fórmula:

$$B = \mu \frac{N}{L} I \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde, B es el campo magnético del solenoide, μ permeabilidad magnética, N el número de espiras del solenoide, I la corriente que circula y L la longitud del solenoide.

Al pasar corriente por el electroimán se genera un campo magnético uniforme y a medida que juntamos las espiras el campo magnético interno se hará más uniforme e intenso mientras que el exterior tenderá a disminuir. En algunos casos para crear el fenómeno de magnetismo, se emplea un núcleo de acero a los electroimanes para aumentar el campo magnético generado.

En este contexto el campo magnético puede ser detectado por transductores o detectores, uno de ellos es el sensor de tipo Hall el cual es referenciado con el efecto Hall, que consiste en la aparición de un campo eléctrico transversal al sentido de la corriente que circula por una muestra conductora cuando ésta se encuentra en un campo magnético [3].

PARTE EXPERIMENTAL

Diseño y manufactura mecánica de spinner. La velocidad del spinner electromagnético también depende de los brazos que éste tenga, ya que al tener tres brazos obtiene tres suministros de energía, es más potente y cuenta con más impulso, cabe destacar que la velocidad no solo depende de la electricidad que le es ingresada por cada contacto, sino que también del material del que está elaborado. Es obvio, que al comparar un spinner de metal será menos veloz que uno de plástico o algún otro material de menor peso.

Los ángulos externos del spinner magnético de tres brazos deben ser proporcionales al de un triángulo equilátero ya que éste necesita estar en equilibrio, el cual no podría ser posible si estuvieran con separación irregular. La configuración del spinner determinó que, al ser de tres brazos, los 360° del círculo se dividieron en 120° con una representación de un triángulo equilátero. En cada punta del triángulo que toca la circunferencia se ubican los extremos de los brazos en los cuales se pueden incrustar imanes para completar el efecto magnético con bobinas en su exterior. La configuración de un spinner de tres brazos es en forma de Y con ángulos distribuidos de 120° (Véase Figura 3).

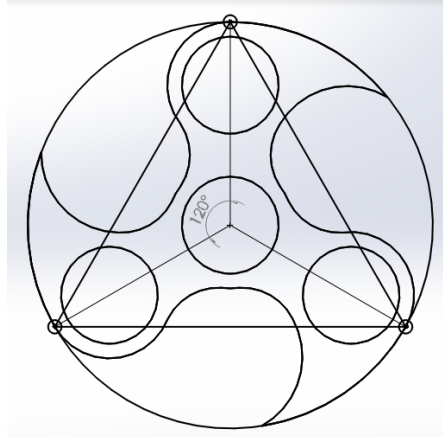


Figura 3. Simetría del spinner de tres brazos.

La estética del spinner fue diseñada en el Solidworks con dimensiones de 89.45 mm de diámetro y 7 mm de espesor. En el centro del diseño se posiciona un balero que será necesario para mantener el equilibrio del spinner de tres brazos. La región del balero tiene un diámetro de 21.5 mm al igual que en los contrapesos que se encuentran en los brazos del spinner magnético (Véase Figura 4).

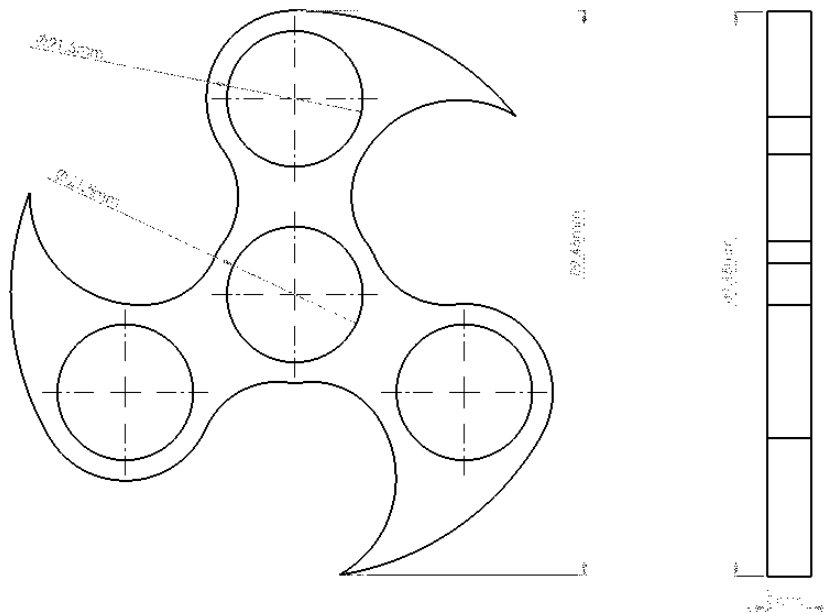


Figura 4. Diseño mecánico de spinner de tres brazos.

El proceso de impresión en 3D (Véase Figura 5a) consiste en depositar secuencialmente material en una plataforma con cabezales de impresión de inyección. La pieza final obtenida es la mostrada en la figura (Véase Figura 5b) el material empleado fue ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno).



Figura 5. a) Diseño de spinner. b) Manufactura de spinner con impresión 3D.

Elementos magnéticos. Las bobinas están dependientes del calibre del cable que se emplea y de su longitud para generar campo magnético. El número de vueltas del cable de cobre en la bobina se obtiene despejando N de la ecuación 1 y obteniendo 278.5 vueltas. El cable del cobre estará distribuido en el núcleo del electroimán el cual cuenta con una longitud de 5 cm. El efecto magnético que genera es de aproximadamente 42000 Gauss. Se empleó el triple de fuerza en los electroimanes a comparación de los imanes, con la finalidad de contar con más potencia para repeler el imán y éste gire con mayor facilidad. Las imágenes (Véase Figura 6) muestran la elaboración y montaje de las bobinas junto con los respectivos tres imanes en cada brazo, las bobinas fueron realizadas en un torno convencional a 40 RPM.

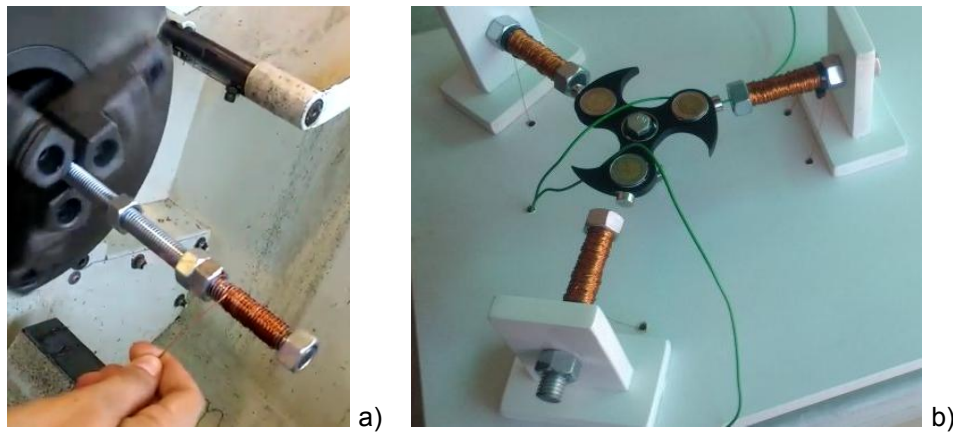


Figura 6. a) Elaboración de electroimanes con ayuda de torno. b) Configuración de los tres electroimanes montados en el sistema spinner de tres brazos.

Los imanes que generan 1200 Gauss con el polo negativo hacia afuera, fueron posicionados en el exterior del spinner, las bobinas por default están en polo positivo del lado de los imanes, formando contacto, al momento de encender la fuente, éstas se intercambian al polo negativo, entonces comienzan a repelerse. Se utilizó un puente de diodos para rectificar la corriente de esta manera se consigue que las bobinas no se sobrecalienten por demasiada corriente dentro de sus espiras.

Elementos electrónicos. El análisis del comportamiento del spinner magnético emplea transductores los cuales pueden entregar diversos parámetros como el campo magnético, la velocidad, RPM, el tiempo de trabajo entre otras variables. El spinner conforme recibe la energía de los cables de cobre que van conectados desde la fuente de alimentación hasta las bobinas, va aumentando de revoluciones, es decir, si a los contrapesos que funcionan como contactos, se les separa un poco

los cables que van hacia los contactos que le suministran electricidad, revoluciona menos, conforme se junta más los cables a los contactos, aumenta de revoluciones.

El centro del spinner en conjunto con los rodajes proporciona facilidad para crear el momento angular y la rotación. Siendo el momento angular un estado o condición en que la rotación se mantiene constante a menos que sea afectada por una fuerza externa. Un spinner convencional se mantiene girando dependiendo el impulso que se le aplica por medio de los dedos, pero el spinner electromagnético se prolonga en movimiento conforme se le esté suministrando corriente sin dejar de hacerlo. Aun cuando la velocidad angular puede expresarse en revoluciones por minuto (RPM) también se puede representar como la velocidad angular que es la razón de cambio del desplazamiento angular respecto al tiempo [4].

La fuerza que se crea al momento de estar girando el spinner es centrífuga ya que esta fuerza es la que describe la tendencia de un objeto de seguir una curva hacia fuera del centro. Este desplazamiento rotacional es debido a que el spinner contiene en el centro un balero y al producirle una fuerza magnética en las puntas de sus brazos, el cual genera un giro a ciertas RPM. En este sentido, el sensor de Efecto Hall, es un transductor que actúa como un conmutador digital en presencia de un campo magnético lo suficientemente fuerte. El sensor es montado firmemente a una varilla no magnética (de madera, en nuestro caso) para poder manipularlo fácilmente y con precisión. La señal generada por las bobinas e imán es controlada por la tarjeta Arduino y el sensor de Efecto Hall lo que hace es tomar la frecuencia del campo magnético mV/G y de esta manera obtener las RPM.

RESULTADOS

El spinner electromagnético funcionó a partir de tres electroimanes, (Véase Figura 7a) que mediante el campo magnético que generaban empujaban los otros imanes de él. El contacto es producido por un conductor, haciendo que el campo magnético de los electroimanes se desactive cuando no hace contacto, y cuando hace contacto, se active empujándolo de nuevo constantemente. (Véase Figura 7b).

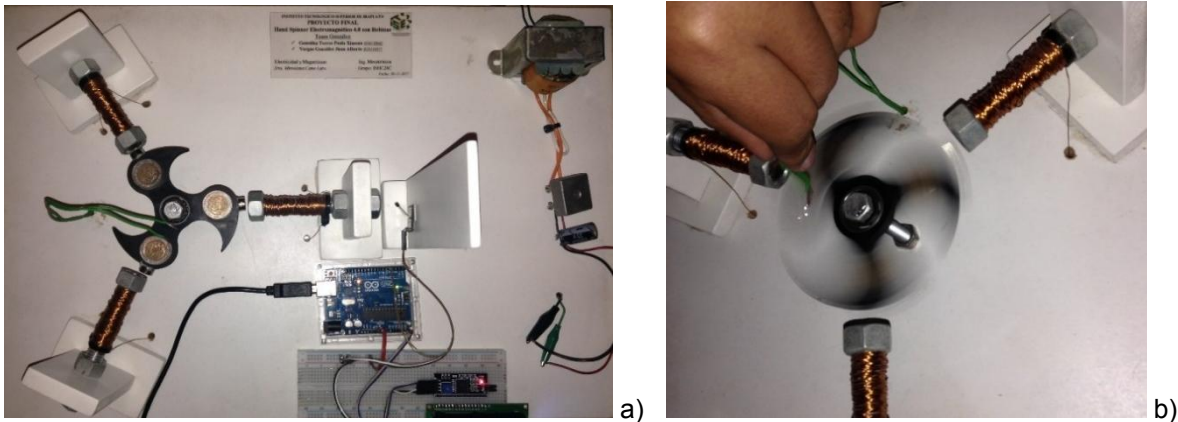


Figura 7. a) Sistema spinner de tres brazos final. b) Funcionamiento de RPM en el spinner.

Con la ayuda de la construcción del sistema de spinner magnético fue posible conocer el efecto físico que se produce para la activación entre los electroimanes e imanes, el diseño del spinner fue apto en cuanto a peso y manipulación. Se consideró un intervalo de tiempo de activación de las bobinas para generar el estudio adecuado en el cual el spinner logra alcanzar un máximo de RPM. Se empleó el osciloscopio, marca TEKTRONIX modelo TDS2002B y el sensor de efecto Hall obteniendo los resultados que se muestran (Véase en la Tabla 1). Si bien el comportamiento generado al incrementar el tiempo de activación de las bobinas en los primeros 10 segundos, el campo magnético se mantuvo constante y su respuesta respecto al tiempo mostró una señal de impulsos constante y aumentando su fase conforme avanza el tiempo. En este contexto las mediciones de las revoluciones por minuto inician en 162 hasta llegar a mantenerse a 560.

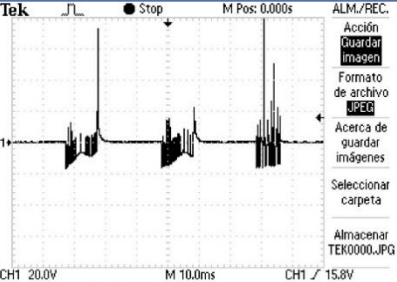
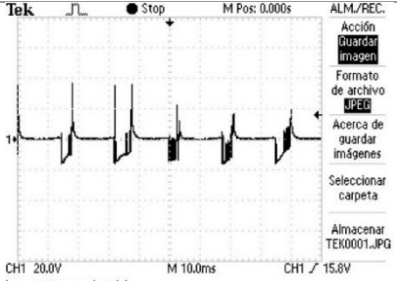
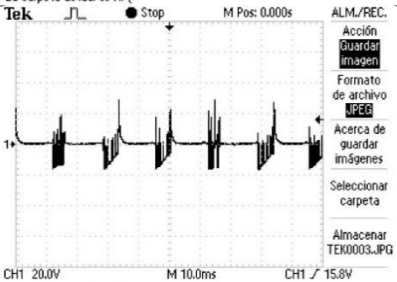
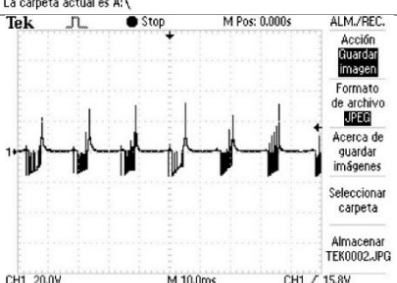
Tiempo (s)	Respuesta de una bobina controlada en spinner	RPM	Campo Magnético de Electroimán (G)
2		162	41347
5		294	41082
8		492	41754
10		560	41754

Tabla 1. Datos sobre el spinner de tres brazos electromagnético.

De acuerdo con el análisis experimental, el comportamiento de las revoluciones que genera el spinner va incrementando en forma logarítmica hasta llegar a 600 RPM, esto sucedió cada vez que se le suministra energía por medio de los contactos (Véase Figura 8). Es importante mencionar que después de los 10 segundos, el sistema se puede considerar estable.

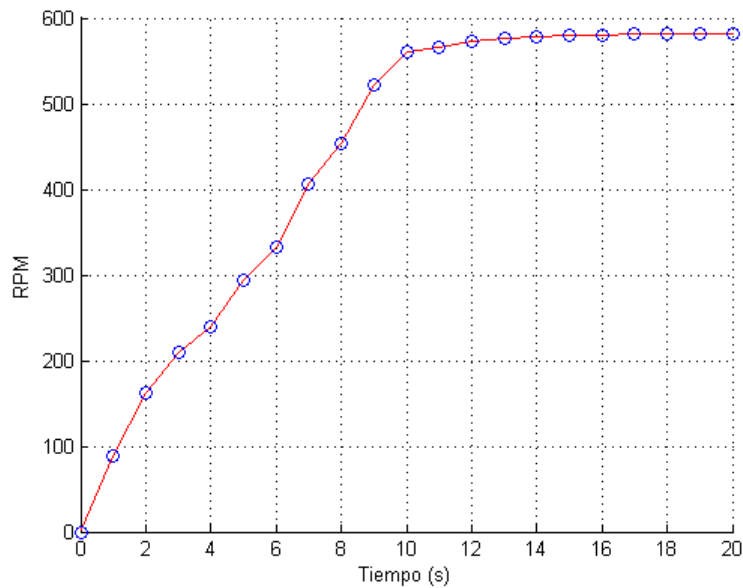


Figura 8. Gráfica de revoluciones respecto al tiempo del spinner electromagnético.

CONCLUSIONES

El comportamiento del spinner magnético fue una herramienta necesaria para conocer los fenómenos que se presentan con la electricidad y magnetismo. Sin necesidad de un motor se logró hacer girar el spinner con solamente fundamentos de la electricidad y magnetismo. El sistema de 3 brazos mostró una estabilidad en sus movimientos dependiente de la posición de los imanes y las bobinas a 120° considerando la geometría de un triángulo equilátero. Los resultados mostraron que el comportamiento del spinner magnético respecto del tiempo presentó un incremento en las RPM de forma logarítmica en los primeros 10 segundos llegando a 560 RPM, por otro lado, las bobinas se mantuvieron controladas a un rango de 41000 y 42000 Gauss.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hettinger C. "Spinning Toy", Patent Number 5591062, United States Patent, 6 páginas, Orlando 1993.
2. Luis L. Cantú, "Electricidad y Magnetismo para estudiantes de ciencias e ingenierías", 12ª Edición, Editorial Limusa, 1992, pp. 175-176.
3. Atorino J, Bortolín L, Rodríguez E, Farías R, Rodríguez E. E. "Experimentos con un sensor de efecto hall", Departamento de Física, Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Favaloro, Buenos Aires, Argentina 2009.
4. Paul E. Tippens, "Física Conceptos y aplicaciones", 7ma edición, Editorial McGraw-Hill, 2007, pp. 223.

ANÁLISIS DE UNA MASA SEPARADORA VEHICULAR

Juan Pablo Razón González, Francisco Javier Ortega Herrera, Michelle Jocelyne Sierra Flores y Dennise Ivonne Gallardo Álvarez

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.

jurazon@itesi.edu.mx, frortega@itesi.edu.mx, mijocelyne@gmail.com, degallardo@itesi.edu.mx

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la adición de una masa separadora vehicular para un auto de carreras tipo rally, con el fin de incrementar la distancia entre centros disco-rin, para evitar que el resorte del amortiguador al rozar con el neumático le provoque un desgaste prematuro que comprometa la integridad mecánica del vehículo y la seguridad del conductor. Al auto previamente se le realizaron modificaciones en distintos componentes tales como motor, suspensión, resorte y amortiguador, mismas que provocaron que el neumático rozara al entrar en contacto con el resorte del amortiguador provocando daño permanente a la llanta; dadas las condiciones de diseño del automóvil y considerando la nula factibilidad para cambiar la ubicación del amortiguador por ser una parte fija del auto se presentó un problema severo de diseño que obligó a buscar alternativas de solución viables. A partir de estas condiciones surge la necesidad de diseñar una masa separadora ya que en el mercado no existía una opción factible que brindara la funcionalidad requerida sin comprometer el factor de seguridad. La masa separadora se desarrolló primero como un prototipo virtual 3D con ayuda del software SolidWorks® y se validó mediante el método de los elementos finitos usando ANSYS Workbench® para analizar el gradiente de esfuerzos aplicando la teoría de distorsión Von-Misses, ya que es la más adecuada para materiales dúctiles. Debido a que el automóvil se somete a terrenos donde se presentan alteraciones que provocan esfuerzos de torsión, así como los esfuerzos derivados por el ciclo de fatiga por causa de vibraciones, se analizó el comportamiento de la pieza bajo el efecto de los ciclos acumulados. Por otro lado, las fallas por fatiga son “fallas de tracción”, independientemente de si el material es dúctil o frágil, sustentado bajo las teorías de Goodman, Soderberg, Kimmelman, Gerber, entre otras, para determinar el factor de seguridad, y también analiza los ciclos que soportará dicha pieza ante los esfuerzos alternantes, ya que la pieza estará sometida a vibraciones mecánicas debido al terreno al que se expone, produciéndose cargas que ocasionan el efecto de la fatiga.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se analiza una masa separadora vehicular ante los efectos de los ciclos de fatiga, esto como parte de una etapa del proceso de diseño donde los efectos de ciclos acumulados de carga – descarga se traducen como fatiga del elemento mecánico. Este análisis es la continuación de un trabajo previo donde se diseñó la masa separadora vehicular y fue analizada ante los efectos de las cargas estáticas. En este trabajo se presentan los resultados de los análisis con cargas estáticas y un análisis de falla por fatiga; esto debido a que el vehículo se somete a terrenos donde se presentan alteraciones que provocan esfuerzos por torsión, así como esfuerzos derivados por el ciclo de fatiga debido a las vibraciones mecánicas que son inducidas por las irregularidades del terreno como caso de carga y amplitud variables.

HISTORIA DE LA FATIGA

El término “fatiga” fue usado por primera vez por Poncelet en 1839, para describir la situación de falla de los materiales sometidos a cargas variables. Debido a que la falla por fatiga tiene apariencia frágil, se pensaba que el material se había “cansado” y hecho frágil después de soportar un cierto número de fluctuaciones de esfuerzo (Calvo Fabo, 2012).

El término fatiga se le denomina a la falla de un material sometido a cargas variables, después de cierto número de ciclos de carga, podría decirse que este tipo de falla fue observado por primera vez en el siglo XIX, cuando los ejes de los carros de ferrocarril comenzaron a fallar después de un corto tiempo de servicio. A pesar de haber sido construidos con acero dúctil, se observó una falla súbita de tipo frágil (Calvo Fabo, 2012).

Los ejes están sometidos a cargas transversales que generan flexión, debido al giro del eje, cualquier punto de la periferia pasará por el punto t_1 , soportando un esfuerzo de tracción máximo. Luego

pasará por el eje neutro (en t_2) soportando cero esfuerzo. Cuando haya girado un cuarto de vuelta más soportará un esfuerzo máximo de compresión (en t_3) (ya que estará al otro lado del eje neutro). Un cuarto de vuelta después, el punto pasará nuevamente por el eje neutro (en t_4). Finalmente, el punto regresará a su posición inicial completando un ciclo de esfuerzo, donde comenzará el siguiente ciclo. Por lo tanto, este tipo de ejes está sometido a esfuerzos normales cíclicos. Se tiene un eje giratorio sometido a flexión de cualquier punto en la periferia que soporta un esfuerzo que varía desde el máximo (en tracción) hasta el mínimo (en compresión) y viceversa, también se muestra la Variación sinusoidal del esfuerzo en cualquier punto de la sección; en los puntos de la periferia se da la mayor amplitud tal y como se presenta en la figura 1.

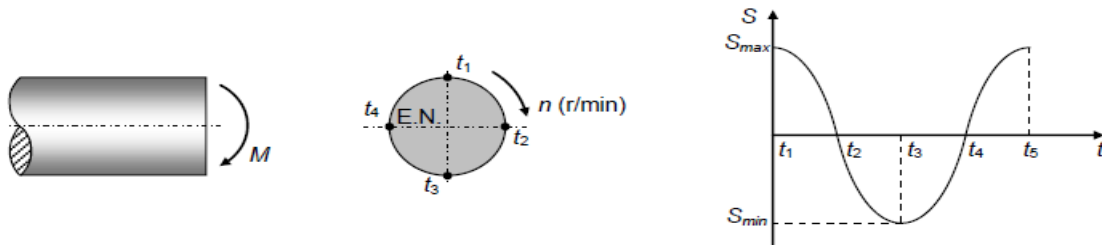


Figura 1. Esfuerzos variables en un eje girando sometido a un momento flector constante.

En la rotura por fatiga aparece una micro grieta que crece a medida que se realizan ciclos de carga hasta alcanzar un tamaño tal que la sección residual es incapaz de soportar la carga máxima en el ciclo y el ligamento restante se rompe de forma frágil o dúctil. La historia de una grieta que se desarrolla en un componente sometido a fatiga tiene típicamente tres etapas: una etapa de iniciación, una etapa de propagación estable y finalmente una propagación acelerada que conduce al fallo del componente (Richard G. Budynas, 2012).

Estadio I

En la superficie se encuentran zonas con altas cargas concentradas que producen deformaciones plásticas en los granos próximos a la superficie. Esta deformación se localiza en bandas persistentes de deslizamiento. Cuando un grano, situado en la superficie se deforma, se genera un escalón en la superficie (ver figura 2), que de inmediato se oxida.

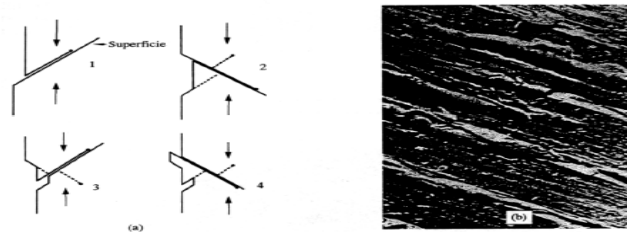


Figura 2. Formación de extrusiones e intrusiones superficiales previas por la iniciación de la grieta.

Estadio II

A medida que crece la grieta, pronto descubre que su dirección de crecimiento no es la óptima y que su propagación requiere un menor trabajo si se orienta perpendicular al campo tractivo (modo I). Habitualmente la reorientación de la grieta ocurre cuando la micro grieta ha atravesado unos pocos granos en el material. A partir de este momento su propagación es estable y se ajusta a una ley potencial de intensidad de tensiones, de acuerdo a la ley empírica propuesta por Paris y Erdogan como se muestra en la ecuación (1):

$$\frac{da}{dN} = c\Delta k_1^m \quad (1)$$

En donde a es el tamaño de la grieta, N el número de ciclos, C y m constantes que dependen del material y del medio ambiente. A medida que crece el tamaño de la grieta, si las tensiones alternadas son constantes, aumenta ΔK_I y en consecuencia su velocidad de crecimiento da/dN , en la figura 3 se presenta la variación entre los estadios I y II de la fatiga.

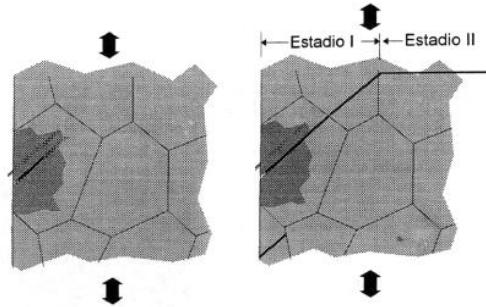


Figura 3. Reorientación de la grieta al modo I en el estadio II de fatiga.

Estadio III

Cuando el tamaño alcanza un valor determinado conocido como tamaño crítico de grieta, la propagación de la grieta se convierte en catastrófica: la pieza se rompe por clivaje o por coalescencia de micro cavidades. Este último estadio de la fatiga carece de interés porque la velocidad de crecimiento de la grieta es tan grande que el número de ciclos consumidos en este estado apenas cuentan en la vida de la pieza, como se presenta en la figura 4.

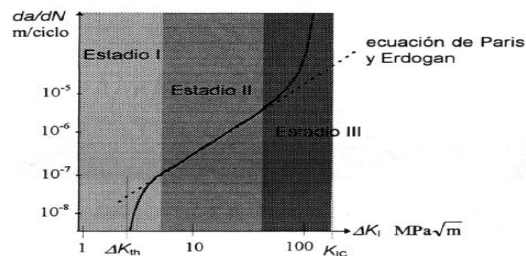


Figura 4. Estados de fatiga sobre un diagrama de Paris.

En el presente trabajo se analizan los efectos de la fatiga en una masa separadora vehicular usada para aumentar la distancia entre centros de los neumáticos, ya que al ser modificada la suspensión presentaba rozamiento con el resorte del amortiguador al girar el volante para cambiar la dirección del vehículo. El elemento mecánico que se analiza está sometido a cargas variables para representar el comportamiento ante las irregularidades del camino. Se realizó el modelo 3D en Solidworks®, como se muestra en la figura 5.

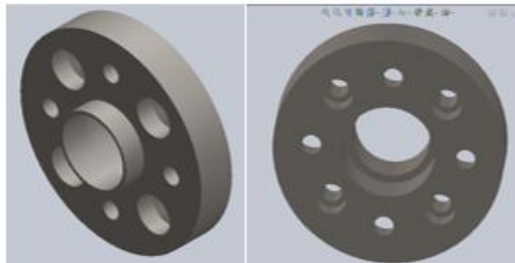


Figura 5. Masa separadora vehicular en Solidworks®

METODOLOGÍA

En esta sección se presenta el modelo matemático empleado para la simulación del efecto de los ciclos de carga acumulados y su impacto sobre el ciclo de vida. En la Figura 6 se presenta uno de los modelos de las diferentes mallas empleadas para discretizar la masa separadora en elementos que describan el comportamiento que presentará esta pieza mecánica en condiciones de operación reales.

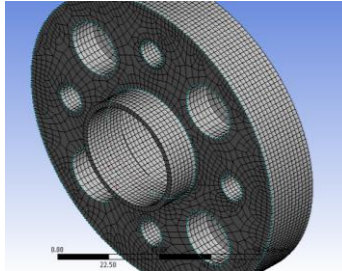


Figura 6. Mallado de la masa

La Figura 7 representa las restricciones y las cargas aplicadas para este análisis.

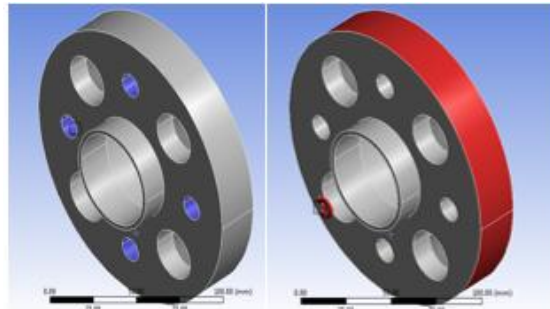


Figura 7. Restricciones y cargas

Para este análisis se utilizó un modelo matemático que sustenta las teorías de fatiga empleadas para realizar los cálculos. La ecuación (2) presenta los límites de resistencia a la fatiga, así como la ecuación (3) para el caso de un acero estirado en frío, sin olvidar los factores que modifican la resistencia a la fatiga y se muestran en la ecuación (4) (Richard G. Budynas, 2012).

$$s'_e = \begin{cases} 0.5s_{ut} \\ 100kpsi \\ 700MPa \end{cases} \quad (2)$$

$$s_{ut} \leq 200kpsi(1400Mpa)$$

$$s_{ut} > 200kpsi$$

$$s_{ut} > 1400Mpa$$

$$s'_e = 0.5S_{ut} = 0.5(630MPa) = 315MPa \quad (3)$$

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f \cdot S'_e \quad (4)$$

Para los factores de superficie K_a (5), de tamaño K_b (6), de temperatura K_c y K_d (7), de confiabilidad K_e (8), de efectos varios K_f (9):

$$K_a = a \cdot (s_{ut})^b \quad K_a = 4.51 \cdot (630)^{-0.265} = 0.8172 \quad (5)$$

$$K_b = 1.51d^{-0.157} \quad K_b = 1.51[0.370(150mm)]^{-0.157} = 0.8037 \quad (6)$$

$$K_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases} \quad K_c = 0.59 \quad (7)$$

$$K_d = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad K_d = 1.010 \quad (8)$$

$$K_e = 1 - 0.08Z_a \quad Z_a = 1.288 \quad K_e = 1 - 0.08(1.288) = 0.897 \quad (9)$$

Sustituyendo estos valores para los diferentes factores en la ecuación (2) y calculando, se obtiene:

$$S_e = 110.58MPa$$

Usándolo en las ecuaciones de la teoría de Soderberg (10 y 11):

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \text{tensión alternada} \quad (10)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \text{tensión media} \quad (11)$$

Tomando un valor promedio, debido a que el vehículo se someterá a fatiga por torsión bajo esfuerzos fluctuantes (12):

$$S_{su} = 0,67S_{ut} \quad (12)$$

Considerando los valores de las tensiones 175MPa como máximo y 50MPa como mínimo para sustituir en (13) y (14):

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{175 - 50}{2} = 62.5Mpa \quad (13)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{175 + 50}{2} = 112.5MPa \quad (14)$$

Entonces con esos valores se obtiene el factor de seguridad:

$$\frac{62.5MPa}{110.58MPa} + \frac{112.5MPa}{422.1MPa} = \frac{1}{n} \quad (17)$$

$$n = \frac{1}{0.9318} = 1.07 \quad (18)$$

Estos cálculos son aproximaciones y su precisión depende de las teorías de fatiga y de los parámetros considerados (Mott, 2006).

RESULTADOS

Para realizar el análisis de fatiga para el caso presentado se utiliza la herramienta fatigue tool, misma que forma parte del software ANSYS Workbench®. Esta herramienta cuenta con las teorías de Tensión-Vida (Strain Life) y Esfuerzo-Vida (Stress-Life). Estas teorías se aplican dependiendo del número de ciclos para los que se diseña. Debido a que un vehículo de rally se somete a terrenos irregulares como terracería, asfalto, entre otros terrenos en mal estado, aunado a la modificación de la distancia entre centros de los neumáticos; se presenta una variación en el torque aplicado.

Un análisis de amplitud constante y carga proporcional consiste en utilizar una relación de cargas que varíen con el tiempo, en lugar de utilizar una sola relación de carga para calcular los valores medios y alternos.

Sin embargo, la carga que acumula ciclos de fatiga para ocasionar el daño máximo no puede ser visualizada fácilmente. Por lo tanto, los cálculos de daños acumulativos (incluyendo ciclo contando como Rainflow y daños suma como la regla de Miner), deben realizarse para determinar y cuantificar el daño por la fatiga y qué combinaciones de ciclos pueden ocasionar ese efecto nocivo que se traduce en daño. El conteo de ciclos es un medio para reducir un historial de carga complejo en una serie de eventos que puede compararse con los datos de prueba de amplitud constante disponibles. El módulo de fatiga emplea una técnica de “conteo rápido” para reducir de manera sustancial el tiempo de ejecución y la memoria; con esta técnica se alternan las tensiones y se ordenan en contenedores antes de calcular el daño parcial. Sin esta técnica los datos no están ordenados en contenedores hasta después de que se encuentre el daño parcial. La exactitud depende del número de contenedores usados al contar.

El historial de carga empleado se obtuvo a través de los resultados de las matrices de Rainflow y de daño, mismas que son útiles en la determinación de los efectos de los pequeños ciclos de esfuerzo en el historial de carga. Las matrices de Rainflow y de daño ilustran los posibles efectos durante la vida infinita. Ambas matrices se obtienen de la misma carga, pero la matriz de daños se calcula para un diseño de vida de 1e6 ciclos, y otro análisis para una vida infinita de 1e9 ciclos. Se generó un número de datos en una macro en Microsoft Excel con archivo de salida .DAT, para después importarlo a ANSYS Workbench® que lo reconoce como el historial de carga que será aplicado en un intervalo de tiempo.

En la figura 8 se muestra que la carga está variando con respecto al tiempo, se sabe que la velocidad no será constante en el auto, por defecto la carga está variando.

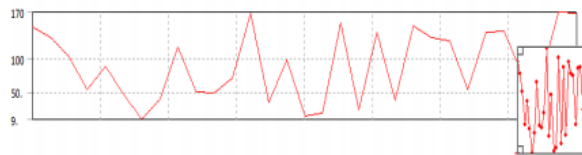


Figura 8. Amplitud no constante, carga proporcional

En este análisis se presentan valores aproximados y arroja 1.1111e8 ciclos como el valor máximo, como se muestra en la figura 9.

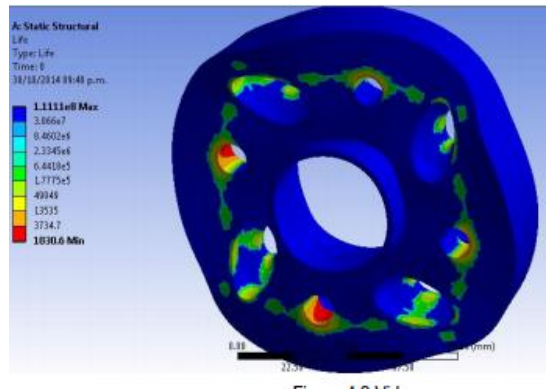


Figura 9. Vida

El efecto de los ciclos de carga traducidos a la escala de daño es relativamente bajo, solo se alcanza a apreciar un daño significativo en las regiones en que se encuentran los concentradores de esfuerzos y donde el valor del esfuerzo máximo es de 970.35MPa; esto es perceptible en la zona de los barrenos como se muestra en la figura 10.

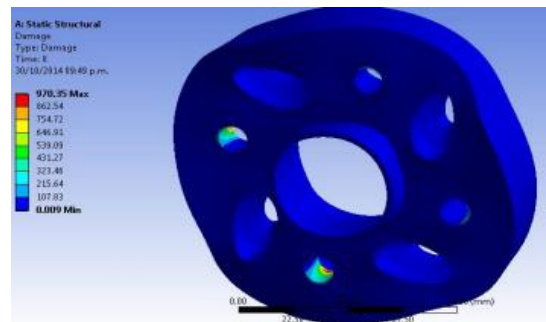


Figura 10. Daño

El factor de seguridad está entre 2.5 y 3.75, mostrando un valor aceptable dentro de los márgenes de seguridad. Para un diseño en que se considera $1e6$ ciclos esta pieza soporta entre 2 y 3 veces el valor de la carga propuesta; como se muestra en la figura 11.

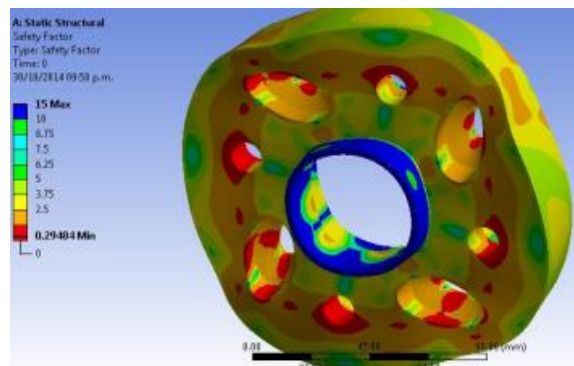


Figura 261. Factor de Seguridad

El método de Rainflow para conteo de ciclos extrae la composición de historial de carga de amplitud variable, mientras que el software extrae los picos y valles del historial de carga, equiparando las

amplitudes del primer punto de datos y del último anexando un punto de datos en caso necesario, detectando picos y reorganizando datos de tal manera que el pico más alto se transforma en el primer y último punto e iniciando el conteo de los picos, como se muestra en la figura 12.

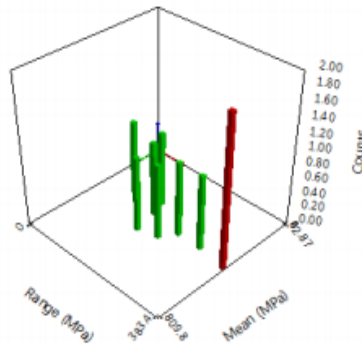


Figura 12. Matriz de Rainflow

La matriz de daños (figura 13) es una gráfica en que se aprecia de manera clara el daño acumulado por efecto de los ciclos de carga a que se somete la pieza. El daño calculado es de 0.19 para $1e6$ ciclos; de igual manera el daño para $1e9$ ciclos se presenta de 0.12; es decir 37% menor (Bowell, 2006).

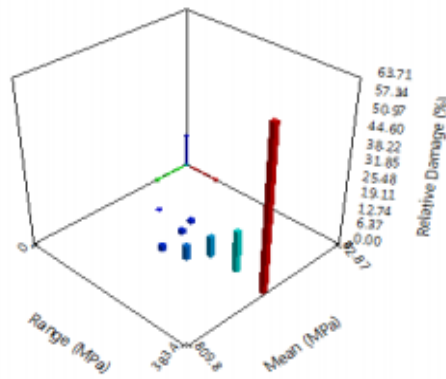


Figura 13. Matriz de daño

En la figura 14 se presenta la gráfica que describe el comportamiento de los resultados con la variación de la carga en un lugar crítico.

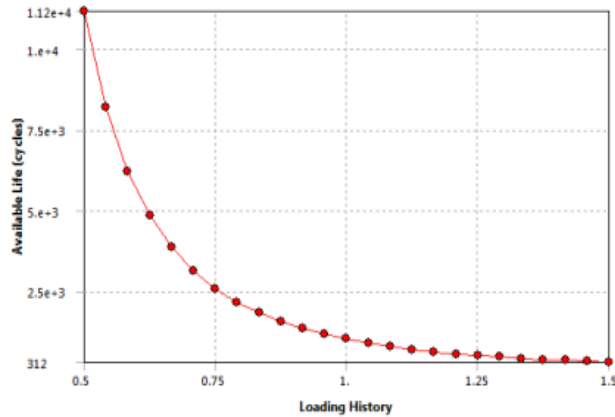


Figura 14. Sensibilidad a la fatiga

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos después de los análisis se observa que el funcionamiento durante la vida total del elemento puede ser seguro, ya que presenta muy pocos daños. El valor obtenido para el parámetro de vida total que se obtiene está dentro de un rango aceptable, tomando en cuenta algunas consideraciones ideales y ajustando a través de aproximaciones basadas en las teorías mencionadas. Otro aspecto importante que se concluye es acerca del factor de seguridad, mismo que se encuentra dentro del rango aceptable para ser considerado seguro.

Tomando en consideración que las simulaciones son aproximaciones de fenómenos reales, se debe buscar acercar y ajustar los parámetros para obtener resultados cada vez más cercanos y cotejarlos con los resultados experimentales. Se deben buscar alternativas en cuanto a los materiales empleados para el diseño y explorar diferentes configuraciones geométricas para incrementar el factor de seguridad y aumentar la vida útil de la masa separadora que es objeto de estudio en este trabajo.

En trabajos futuros se deben incluir los efectos de la fatiga térmica para dictaminar su influencia en el ciclo de vida de la masa en condiciones reales de operación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bowell, R. (2 de Mayo de 2006). *Predicting Fatigue Life with ANSYS*. Obtenido de ANSYS: <http://enr.bd.psu.edu/ansysug/2007-11-20/WBEFatigue.pdf>
2. Calvo Fabo, M. (Julio de 2012). *Universidad de Navarra*. Obtenido de <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/6663/577941.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Prentice-Hall (Pearson).
4. Richard G. Budynas, J. K. (2012). *Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*. Cd. De México: McGraw Hill.

PRUEBAS DE TRACCIÓN EN TELAS E HILOS PARA LA CREACIÓN DE UNA PRENDA DE VESTIR CON PUNTO DE CRUZ

Laura Liliana Ortiz Avila¹, Owen Abdallah Borrás Enríquez², Juan Carlos Durán Salazar¹ y Josimar Marquez Garcia¹

¹Universidad Tecnológica de la Mixteca, ²Universidad del Papaloapan

RESUMEN

El punto de cruz es un bordado tradicional con puntadas en forma de X que comúnmente se realiza en telas como el cuadrille, lino, aida, distinguidas por tener mayor visibilidad en los puntos de la trama y urdimbre, para formar una imagen a través de hilos como el estambre o madejas de algodón. El objetivo de este trabajo es crear un nuevo concepto de diseño en prendas de vestir que implemente la técnica del bordado de punto de cruz empleado por las artesanas de Tarecuato Michoacán, e innovar en el uso de telas de trama y urdimbre más cerrados, al igual que en hilos, diseños y acabados. La selección de estas telas se hicieron mediante una serie de pruebas de resistencia, aplicadas a las combinatorias experimentales obtenidas en tela e hilo, compuestas de 5 opciones preseleccionadas para cada uno de sus elementos, a fin de identificar aquellas que ofrezcan mejores cualidades, propiedades físicas y calidad, así como de diseño para obtener una colección que vincule al diseño de modas con la tecnología y la técnica de bordado de punto de cruz. Se realizaron ensayos a la tracción empleando una máquina universal sobre muestras de telas preseleccionadas paño, pana, jersey, shantung y Oxford; hilos de madeja 100% algodón, perlé, rayón en seda y metálicos, así como combinaciones de ambas empleando el bordado de punto de cruz; de las cuales se obtuvieron diagramas esfuerzo – deformación para determinar los parámetros mecánicos, módulo de elasticidad y límite elástico de cada muestra. De acuerdo a esta caracterización presentada es posible establecer las combinaciones de las duplas más adecuadas tela/hilo, que se implementarán conforme a los requisitos de diseño establecidos para obtener un concepto de diseño vanguardista, que se adapte a las necesidades que pretenda cubrir la prenda de vestir.

INTRODUCCIÓN

Comúnmente los bordados de punto de cruz se realizan en telas de trama uniforme y distinguible como el cuadrille, ya que sirve como una base grafica en donde se ubican los puntos que se deben tomar, formando líneas en X que logren identificar fácilmente la trama y urdimbre para formar una imagen. Desafortunadamente, este tipo de telas solo sirven para pequeñas piezas de vestidos, no para realizar prendas completas, debido a que es una tela rígida especialmente para bordado [1]. El bordado artesanal de punto de cruz (Fig.1) se caracteriza por ser único, realizado con mucha dedicación y originalidad, orientando a que las generaciones se interesen por este trabajo. Sin embargo, el punto de cruz se está remplazando por bordados industriales (Fig.2) elaborados en serie, perdiendo la individualidad y originalidad en cada uno de los productos que se suponen irrepetibles en términos de combinaciones de colores en hilos e imagen a representar.



Fig. 1 Bordado industrial [2].



Fig. 2 Bordado a mano de punto de cruz.

Para aplicar bordado artesanal de punto de cruz en cualquier tipo de tela que tenga trama y urdimbre no distinguible, se requiere utilizar una tela como base que ayude a localizar los puntos guía para la imagen que se desee generar, las telas cuya base como guía pueden servir es el yute (Fig.3) compuesta por fibra vegetal, tiene diversas aplicaciones, se utiliza para crear la tela arpillera que se

distingue por tener líneas visibles en horizontal y vertical formando la urdimbre y trama de la tela, la cual ayuda como base al momento de bordar en una tela demasiado cerrada [3], también se puede utilizar el cañamazo (Fig.4), tela de cáñamo, lino o algodón, con ligamento tafetán, este tipo de tejido compone mallas regulares, cuadradas o rectangulares que sirven para dar soporte a los bordados [3]. Se seleccionaron algunas telas con características y composición diferente, que implicaran el reto de bordado empleando las anteriores como guía. Las telas son Pana, Paño, Oxford, Jersey y Shantung, en los hilos se utilizan Madeja 100% algodón, Rayón de seda, metálico y perlé. A estas telas e hilos se les aplico una prueba de tracción para conocer la elasticidad que oponen los productos textiles y conocer así la dificultad que enfrenta cada una de ellas al aplicar el bordado de punto de cruz, la relevancia de este tipo de pruebas obedece a que coadyuva a identificar los cambios que se pueden presentar conforme la aplicación punto de cruz en áreas que específicamente poseen mayor fricción, desgaste y movimiento en relación con la parte del cuerpo en donde se establezca la dupla, por esta razón se deben adaptar los hilos con la tela que mejores resultados y calidad ofrezcan para contar con las mejores combinaciones resultantes de tela – hilo. Es por ello que por la siguiente sección se da la teoría necesaria para la selección de combinaciones.



Fig. 3 Yute.



Fig. 4 Cañamazo o tela caneová [4].

TEORÍA

A continuación se describen los conceptos más relevantes para la elaboración de este trabajo.

Un ensayo a la tracción se emplea para determinar la reacción de un material, al aplicar fuerzas de tensión, en donde se mide la resistencia de un material al ser separado por dos fuerzas que actúan en direcciones opuestas. Este ensayo se realiza por medio de una máquina universal para ensayos mecánicos empleando una norma específica dependiendo del tipo de material de estudio [5].

El resultado de los ensayos a la tracción son las curvas esfuerzo – deformación del material, Los cuales se representan con diagramas que describen la deformación al aplicarle determinado esfuerzo, de los cuales se obtienen la zona elástica y plástica, de donde se pueden obtener propiedades mecánicas del material, un ejemplo de este tipo de diagramas se muestra en la fig. 6[6]. Las propiedades mecánicas que se determinaron en los ensayos a la tracción de las telas son las siguientes:

Módulo de elasticidad: Es la pendiente de la curva esfuerzo – deformación en la región elástica, también conocido como módulo de Young, el cual relaciona a la deformación elástica longitudinal producida por un esfuerzo simple a la tensión o a la compresión, con la deformación lateral que ocurre simultáneamente, se representa por la ecuación (1).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (1)$$

donde σ corresponde al esfuerzo, en tanto que ε a la deformación. Donde, la deformación ε es el cambio de longitud por unidad de longitud como lo indica la ecuación (2):

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}, \quad (2)$$

donde l_0 es la longitud inicial en tanto que l es la longitud final del material [6].

Límite elástico: es la tensión máxima que puede soportar el material, sin sufrir deformaciones permanentes, además representa el final de la zona elástica del material [7].

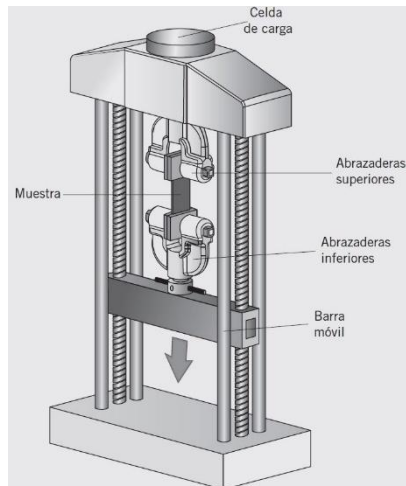


Fig. 5 Diagrama de una máquina universal de ensayos [7].

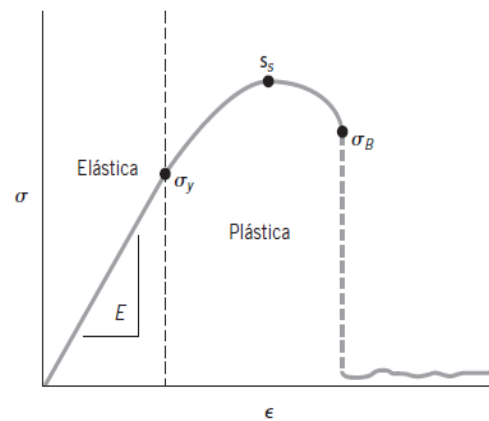


Fig. 6 curva esfuerzo deformación [7].

PARTE EXPERIMENTAL

En esta sección, se describe el proceso desarrollado en las pruebas mecánicas que se aplicaron a las telas, hilos y las diferentes combinaciones que de ellas resultaron (tela – hilo). Las pruebas se realizaron a las muestras de tela y combinación de tela – hilo bordando con hilo sobre la tela en forma de punto de cruz, colocando como base el yute para obtener una cuadrícula que distinga las líneas horizontales y verticales llamadas trama y urdimbre, de manera que se puedan identificar claramente los puntos a bordar. Es importante conocer la función de la tela - hilo para que al momento de aplicar el bordado en punto de cruz en las telas se determinen las combinaciones más óptimas, de manera que los hilos sean los más apropiados para las telas y las áreas a bordar sean las más adecuadas. Sin embargo las pruebas realizadas no indican que la combinación que haya ofrecido mejor elasticidad es la que siempre debe utilizarse, sino que indica la combinación más apropiada en cuanto a elasticidad y resistencia del material, por ello, en términos de diseño es posible elegir otras que ofrezcan la relación de la dupla con la forma que se pretende dar a la tela. A continuación se presenta la tabla I, la cual indica las telas e hilos implementados en este trabajo.

Tabla I. Combinaciones de tela – hilo.

Telas			
Jersey			
Oxford			
Paño			
Pana			
Shantung			
Hilos			
Algodón	Metálico	Raso	Perlé

Para realizar las pruebas mecánicas se utilizó una máquina universal de ensayos de la marca Shimadzu AG – IS, implementando la norma ASTM D3822 para fibras textiles, la cual emplea muestras rectangulares de 200 mm x 50 mm a una velocidad de trabajo 60 mm/min. En los ensayos a la tracción realizados se utilizaron 4 tipos de hilos, madeja 100 % algodón, metálico, rayón de seda y perlé para las combinaciones de tela – hilo, aplicando bordado de punto de cruz con cada tipo de hilo en cada una de las telas realizando un total de 25 pruebas de tracción, en donde se incluyeron ensayos de las telas sin hilos.



Fig. 7 a) Máquina universal Shimadzu AG – IS (Izquierda), b) ensayo a la tracción de la muestra de la tela Shantung sin hilo (derecha).

Para los ensayos se colocaron las muestras de un extremo de la tela en la abrazadera superior y el otro extremo en la abrazadera inferior de la máquina universal como se ilustra en la fig. 7 b), de tal manera que se comience a aplicar la fuerza de tensión en la tela y presente las deformaciones hasta llegar al punto de rotura [8]. A través de estos ensayos fue posible la obtención de los diagramas esfuerzo – deformación para cada combinación de tela – hilo, de los cuales se determinaron los parámetros mecánicos: módulo de elasticidad y límite elástico, de cada muestra.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se obtuvieron diagramas – esfuerzo deformación de cada ensayo a la tracción, de los cuales se tomaron las propiedades mecánicas que se presentan a continuación.

En la fig. 8 se muestran los módulos de elasticidad de cada una de las combinaciones de tela – hilo, así como de las telas sin hilo, para visualizar una comparativa entre los resultados obtenidos.

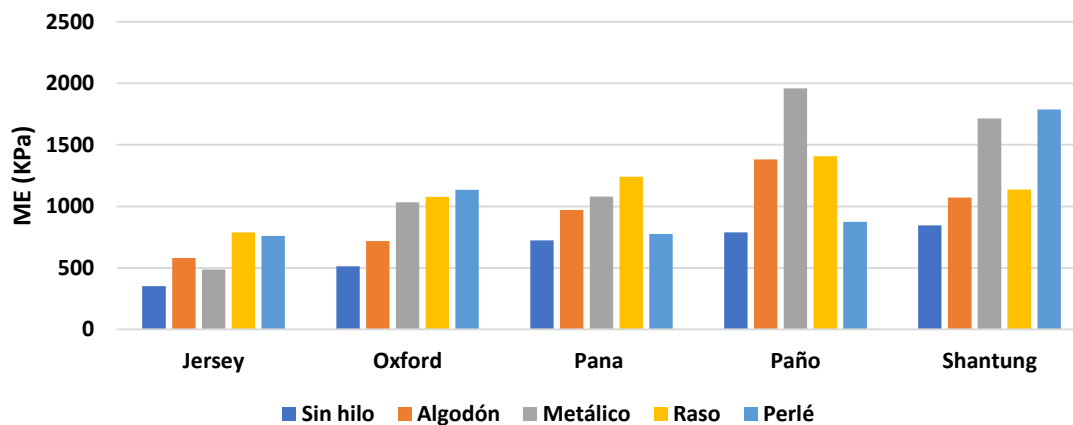


Fig. 8 Módulos de elasticidad de las combinaciones de tela – hilo.

Conforme menor sea la magnitud del módulo de elasticidad, el material tiende a tener mayor elasticidad, lo cual causa que sea más resistente a esfuerzos aplicados. En este caso como se puede observar en la fig. 8, cuando no se encuentra presentes hilos en las muestras de las telas, el material es más elástico; en cambio al tener presencia de hilos cosidos en las telas, las muestras presentan un aumento en su dureza y pierden su elasticidad original.

El límite elástico es otro de los parámetros mecánicos que se encuentran en la zona elástica de los diagramas esfuerzo – deformación de las muestras a las cuales se le aplico un ensayo mecánico;

como se puede observar en la fig. 9 de forma similar al módulo de elasticidad, se percibe un aumento en su magnitud al aplicarle el tejido de hilos en el material base.

Lo que se busca encontrar en las telas es la elasticidad que ofrece la tela simple, así como las diferentes combinaciones de tela – hilo, de manera que al momento de aplicar el bordado en la tela sea con el hilo que presente menor pérdida de elasticidad para el material base (tela), de la misma manera es importante conocer el comportamiento y rigidez de las telas para que al momento de crear nuevas prendas conozcamos cual tela e hilo presenta mejores propiedades, además de ubicar las áreas en las que es más recomendable bordar debido a las fricciones del cuerpo que se reflejan en las telas al momento de utilizarlas, un bordado ocasiona que las propiedades de la tela cambian.

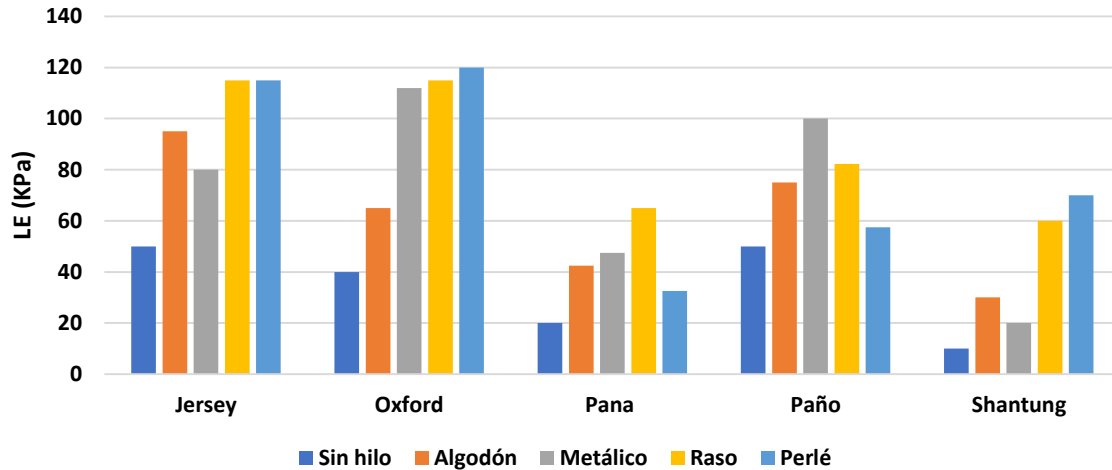


Fig. 9 Límites elásticos de las combinaciones de tela – hilo.

Finalmente de acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos a la tracción de las muestras, se elaboró la tabla II con las combinaciones que presentan mayor elasticidad entre tela – hilo.

Tabla II. Combinaciones tela – hilo que presentaron mayor elasticidad.

Tela	Hilo
Jersey	Metálico
Oxford	Algodón
Pana	Perlé
Paño	Perlé
Shantung	Algodón

CONCLUSIONES

Se presenta una amplia base de fundamentos en pruebas de tracción en telas e hilos, para obtener las propiedades mecánicas de tela simple y las combinaciones de tela – hilo a partir de los resultados obtenidos, que permitan seleccionar los hilos apropiados para bordar punto de cruz en las telas con trama y urdimbre no distinguible como Oxford, Pana, Paño, Jersey y Shantung, de acuerdo a la elasticidad que los textiles presenten. Podemos afirmar que a medida que se genera una mayor elasticidad en las telas e hilos se ofrece una apropiada relación de componentes, logrando proponer la mejor combinación de textiles, que ofrezcan una mayor durabilidad y correspondan a la correcta confección del diseño.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos a la tracción realizados en las muestras de telas y combinaciones de tela – hilo, en primer lugar se puede concluir que las telas sin hilo presentan una elasticidad mayor, esto de acuerdo con el hecho de que tanto el módulo de elasticidad y el límite elástico presentan la menor magnitud para cada caso en este estudio.

También en este trabajo se puede llegar a la conclusión de que para cada tela existe un hilo que produce una menor pérdida de elasticidad al momento del bordado en punto de cruz, estas combinaciones se presentaron en la tabla II, y se determinaron de acuerdo a que si bien presentan

un módulo de elasticidad mayor al de la tela simple, su magnitud es menor a las presentadas por cada una de las otras 3 combinaciones.

Estos resultados son útiles para que al momento de diseñar una prenda con estas características, puedan seleccionar las combinaciones adecuadas de tela – hilo, de modo que el producto final ofrezca mejores resultados y de la misma manera se ubiquen las áreas del cuerpo en las que no se pueda colocar este tipo de bordado como, las sisas, cortes, costados, rodillas, codos, entre algunas otras áreas que presentan un mayor desgaste debido a la fricción que la prenda genera con el cuerpo. De la misma manera sirve al momento de seleccionar la tela para el tipo de prenda que se desee crear de modo que la tela favorezca al tipo de caída que se requiera obtener en la prenda al momento de utilizarla.

BIBLIOGRAFÍA

1. Yann Picand, D. (2000). Cross_stitches, 15 noviembre del 2016, Caulfield, S.F.A., Saward B.C, The Dictionary of Needlework, 1885. Sitio web: http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Cross_stitches/en-en/.
2. "Free Embroidery Designs, Cute Embroidery Designs", 2009.
3. Julen grupo textil S.L. (4 de julio del 2017). Diccionario textil. 16 de noviembre del 2017, de Julen grupo textil S.L Sitio web: <https://www.julengrupotextil.com/single-post/2013/05/01/diccionario-textil>
4. "puntodecruzfacil".
5. Gallego, P. and Claros R., "Diseño mecánico de una máquina universal de ensayos para polímeros". (Tesis ingeniería mecánica). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. (2007).
6. Askeland, D., Pradeep, P. and Wendelin J. (2014). Ciencia e ingeniería de materiales. USA: Cengage Learning.
7. James Newel. (2010). Ciencia de Materiales aplicaciones en ingeniería. USA: Alfaomega.
8. Standard Test Method for Tensile Properties of single Textile Fibers (D3822), ASTM International, 128 – 137, (1969).

SEPARACIÓN DE UNA MEZCLA DE SEIS TRICLOROFENOLES ISÓMEROS POR ELUCIÓN ISOCRÁTICA MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE FASE REVERSA

Ana María Núñez Gaytán, María Elena Núñez Gaytán, Ricardo Agustín López

Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, email: amnunez@umich.mx

RESUMEN

La cromatografía de líquidos de alta eficiencia es un método de separación de amplio uso que permite analizar y separar un gran número de sustancias con exactitud, rapidez y alta resolución. La capacidad de esta técnica para ajustar la selectividad mediante cambios en la composición de la fase móvil (pH, naturaleza y contenido de disolventes orgánicos) es primordial cuando se busca separar compuestos muy parecidos como es el caso de los isómeros de posición. En este trabajo se realizó la separación eficiente de una mezcla de 6 triclorofenoles cuya concentración de cada analito es 20 mg/L. Los componentes de este estándar de fenoles son: 2,3,6-triclorofenol, 2,3,4-triclorofenol, 2,3,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol, 2,4,5-triclorofenol y 3,4,5-triclorofenol. La separación se efectuó en una columna analítica C-18 (150 x 4.6 mm D.I.), empacada con una fase hypersil de 5 µm, mediante elución isocrática y un detector ultravioleta. La composición de la fase móvil es: Fase A acetonitrilo-fase acuosa (pH 3.5) (25:75) v/v conteniendo un buffer de ácido fórmico-formiato de concentración 0.1 M y la Fase B acetonitrilo-fase acuosa (pH 3.5) (75:25) v/v. El flujo de la fase móvil es 1 mL/min y la resolución cuantitativa de los analitos se realizó en 40 minutos. El orden de elución es: 1) 2,3,6-TCF, 2) 2,3,4-TCF, 3) 2,4,6-TCF, 4) 2,4,5-TCF, 5) 3,4,5-TCF y 6) 2,3,5-TCF.

INTRODUCCIÓN

Los clorofenoles tienen gran aplicación, así se emplean como insecticidas, fungicidas, inhibidores de moho, antisépticos, desinfectantes, conservadores de la madera y como materias primas en la manufactura de pesticidas. Los triclorofenoles (TCF), son compuestos orgánicos policlorados de baja polaridad, algunos compuestos importantes son el 2,4,5-TCF, 2,4,6-TCF, 2,3,5-TCF y el 2,3,4-TCF. El 2,4,5-TCF se usa como materia prima para la síntesis del ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético un herbicida, el 2,4,6-TCF se utiliza para producir los clorofenoles 2,3,4,6-tetraclorofenol y el pentaclorofenol, además; es un germicida, bactericida y se emplea también como conservador de la madera. Por su parte, los compuestos 2,3,5-TCF y el 2,3,4-TCF se utilizan como intermediarios en la manufactura de fungicidas, pesticidas y bactericidas. La presencia de estos compuestos en numerosos efluentes industriales ha dado origen a la contaminación de suelos y aguas superficiales. Por su alta toxicidad, algunos compuestos fenólicos son considerados contaminantes prioritarios ya que aun a bajas concentraciones alteran considerablemente la calidad del agua y por lo tanto dañan la salud de los seres vivos. Los fenoles matan la vida acuática, absorbiendo el oxígeno disuelto en el agua, o esterilizando a los propios organismos. Por lo anterior, es necesario realizar en forma continua un monitoreo de estos compuestos orgánicos en aguas naturales y residuales para poder detectarlos y cuantificarlos a nivel de trazas (ng/mL) en diversas matrices empleando métodos analíticos precisos, simples y eficientes para este propósito.

En la actualidad, la determinación analítica de contaminantes orgánicos en matrices acuosas se basa en el empleo de técnicas de análisis por cromatografía, ya sea cromatografía de líquidos de alta eficiencia (CLAE) o cromatografía de gases (CG), la elección del método cromatógrafico más adecuado para el análisis de una muestra de agua depende principalmente de la volatilidad, la estabilidad térmica y la naturaleza química de los analitos de la muestra. El alto poder de resolución de la cromatografía de gases, aunado a la gran sensibilidad de sus detectores (en particular ionización de flama, captura de electrones y espectrometría de masas), ha sido ampliamente explotado en la determinación de compuestos fenólicos. Sin embargo, debido a su alta polaridad, los fenoles tienden a dar picos anchos o coleados y este efecto aumenta con el desgaste de la columna. Este inconveniente se evita realizando una etapa de derivatización para transformar los fenoles en compuestos menos polares, que presentan mejores propiedades cromatográficas. La reacción de derivatización se puede llevar a cabo fácilmente mediante la acetilación del grupo OH⁻ de los fenoles con anhídrido acético en presencia de carbonato o carbonato ácido [1,2].

Considerando por una parte la naturaleza acuosa de la muestra, la polaridad media, así como las leves diferencias en cuanto a propiedades químicas de los triclorofenoles, se optó por elegir la Cromatografía de Líquidos como método de separación. En efecto, la capacidad que proporciona esta técnica para ajustar la selectividad mediante cambios en la composición de la fase móvil (pH, naturaleza y contenido de disolventes orgánicos) es de gran importancia cuando se busca separar compuestos muy parecidos como es el caso de los isómeros de posición.

PARTE EXPERIMENTAL

Se prepararon estándares de la mezcla de los 6 triclorofenoles de concentración de 20 mg/L y se usaron diferentes mezclas binarias y ternarias de disolventes orgánicos como metanol y acetonitrilo con diferentes sistemas amortiguadores.

Para poner a punto la separación de la mezcla de triclorofenoles se trabajó con el sistema precolumna (PLRP-S) – columna (C18) en línea ya que ambas contribuyen apreciablemente a la retención de los solutos y al ensanchamiento de los picos. En efecto, aunque la pequeña precolumna contiene una cantidad de fase estacionaria (30 mg) que podría considerarse despreciable frente a la de la columna (1.2 g), las dos fases no tienen el mismo poder de retención. Los copolímeros estireno-divinilbenceno tienen un área hidrocarbonada (por gramo de adsorbente) mucho mayor que la de las sílices con cadenas octadecilo enlazadas y, por ende, los efectos hidrofóbicos son mucho más intensos en los primeros. Adicionalmente, el esqueleto aromático del polímero ejerce interacciones π - π con solutos aromáticos como los fenoles. La suma de ambos efectos ocasiona que, aún con una pequeña cantidad de fase polimérica, el aumento de retención sea muy significativo al conectar la precolumna a la columna analítica. Por otra parte, es bien conocido que la eficiencia de las fases poliméricas es notablemente menor que la de las fases químicamente unidas, debido a la mayor resistencia a la transferencia de masa dentro de la red entrecruzada del copolímero. Adicionalmente, cuando una banda de soluto es transferida de una fase más retentiva a una menos retentiva se produce una dispersión, tanto más grande cuanto mayor es la diferencia de velocidad de migración del soluto entre ambas fases [3].

Por lo antes comentado, la inserción de la precolumna entre el inyector y la columna analítica se traduce en un aumento de retención y una disminución de eficiencia. Puesto que ambos factores determinan la resolución de los analitos, es indispensable poner a punto la separación en el sistema integral precolumna-columna analítica.

RESULTADOS

En el análisis rutinario de muestras acuosas de clorofenoles es importante lograr una separación cuantitativa de la mezcla de fenoles en el menor tiempo posible. Se logró separar cuantitativamente la mezcla de TCF en aproximadamente 45 minutos, usando elución isocrática y una composición de la fase móvil: 40 % Fase A – 60 % Fase B. La composición de la fase móvil es: Fase A acetonitrilo-fase acuosa (pH 3.5) (25:75) v/v conteniendo un buffer de ácido fórmico- formiato de concentración 0.1 M y la Fase B acetonitrilo-fase acuosa (pH 3.5) (75:25) v/v. El flujo de la fase móvil es 1 mL/min. Se utilizó un detector ultravioleta (UV) para monitorear los analitos a una longitud de onda (λ) de 280 nm. El orden de elución de los solutos es: 1) 2,3,6-TCF, 2) 2,3,4-TCF, 3) 2,4,6-TCF, 4) 2,4,5-TCF, 5) 3,4,5-TCF y 6) 2,3,5-TCF. El cromatograma de la figura 1 muestra la separación de los triclorofenoles:

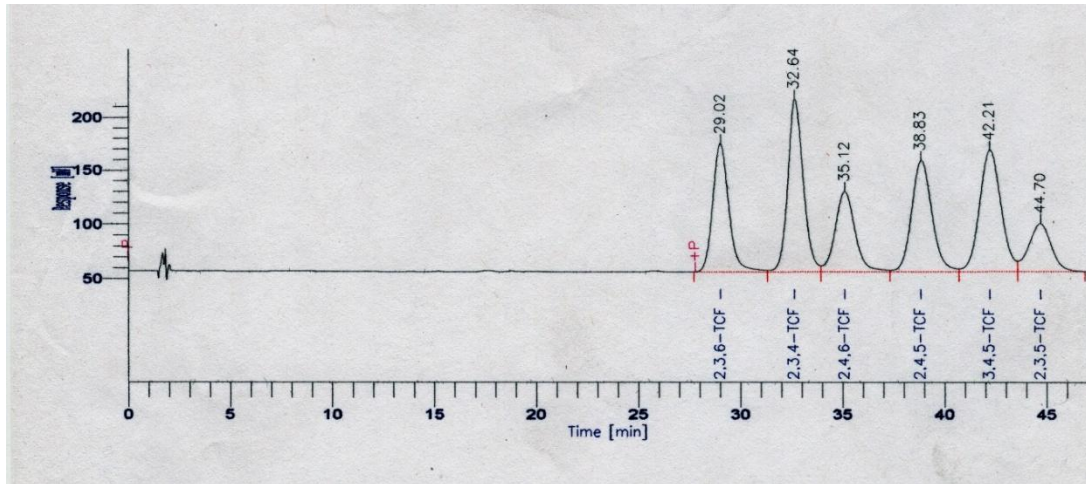


Figura 1. Separación de una mezcla de triclorofenoles de 20 (mg/L). Precolumna polimérica de fase reversa (PLRP-S), (20 x 2 mm D.I.) de 10 μ m, columna analítica C-18 (150 x 4.6 mm D.I.) de 5 μ m.

Fase A acetonitrilo-fase acuosa (pH 3.5) (25:75) v/v conteniendo un buffer de ácido fórmico-formiato de concentración 0.1 M, Fase B acetonitrilo-fase acuosa (pH 3.5) (75:25) v/v. Flujo de la fase móvil 1 mL/min. Detector UV, λ 280 nm, sensibilidad 0.1 AUFS. El orden de elución es: 1) 2,3,6-TCF, 2) 2,3,4-TCF, 3) 2,4,6-TCF, 4) 2,4,5-TCF, 5) 3,4,5-TCF y 6) 2,3,5-TCF

La separación reproducible y eficiente de la mezcla de los seis fenoles, en el menor tiempo de análisis, se efectuó utilizando la misma fase móvil y aumentando la proporción de disolvente orgánico. Esta separación se realiza en aproximadamente 40 minutos. La composición de la fase móvil usada es: 45 % Fase A – 55% Fase B. Dicha separación se muestra en el cromatograma de la figura 2.

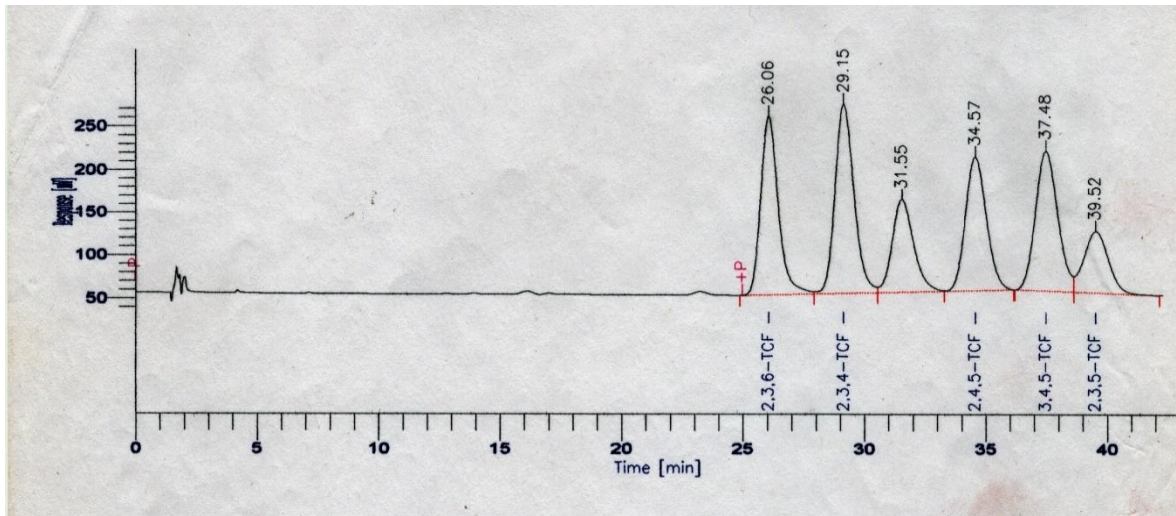


Figura 2. Separación de una mezcla de triclorofenoles de 20 (mg/L). Precolumna polimérica de fase reversa (PLRP-S), (20 x 2 mm D.I.) de 10 μ m, columna analítica C-18 (150 x 4.6 mm D.I.) de 5 μ m.

Fase A acetonitrilo-fase acuosa (pH 3.5) (25:75) v/v conteniendo un buffer de ácido fórmico-formiato de concentración 0.1 M, Fase B acetonitrilo-fase acuosa (pH 3.5) (75:25) v/v. Flujo de la fase móvil 1 mL/min. Detector UV, λ 280 nm, sensibilidad 0.1 AUFS. El orden de elución es: 1) 2,3,6-TCF, 2) 2,3,4-TCF, 3) 2,4,6-TCF, 4) 2,4,5-TCF, 5) 3,4,5-TCF y 6) 2,3,5-TCF

Las condiciones de separación usadas son:

El flujo de la fase móvil es 1 mL/min y se usó un detector ultravioleta a una λ de 280 nm para la detección de los compuestos.

Se utilizaron las siguientes columnas para realizar la separación de la mezcla de triclorofenoles:

Columna analítica, C-18, (150 x 4.6 mm D.I.) empacada con fase reversa Hypersil ODS de 5 μ m.

Precolumna polimérica (20 x 2 mm D.I.) empacada con fase reversa polimérica de tipo estireno-divinilbenceno, PLRP-S 100A, 10 μ m.

La identificación de cada clorofenol se realizó inyectando cada soluto a las mismas condiciones.

CONCLUSIONES

La separación de la mezcla de triclorofenoles de polaridad media es cuantitativa y se realiza de manera eficiente usando elución isocrática mediante la cromatografía de líquidos de fase reversa. La cromatografía de líquidos de alta eficiencia es una técnica analítica adecuada para lograr la separación de una mezcla de isómeros de posición como los fenoles triclorados. La separación cuantitativa de la mezcla de seis solutos se realizó en un tiempo de 40 minutos.

BIBLIOGRAFÍA

1. K.D. Buchholz, J. Pawliszyn, Determination of phenols by solid-phase microextraction and gas chromatographic analysis, *Environ.Sci.Technol.*, 27 (1993) 2844-2848.
2. L. Montero, S. Conradi, H. Weiss, P. Popp. Determination of phenols in lake and ground water samples by stir bar sorptive extraction-thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry, *J. Chromatogr. A*, 1071 (2005) 163-169
3. D. Puig, D. Barceló. Off-line and on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography for the determination of priority phenols in natural waters, *Chromatographia* 40 (1995) 435-444.

IDENTIFICACIÓN DE ESTADOS DE MOVIMIENTO EN EL EEG UTILIZANDO ÁRBOLES DE DECISIÓN

Lucía Ceballos-Sánchez¹, Aurora Espinoza-Valdez², Israel Román-Godínez²,
Sulema Torres-Ramos², Ricardo A. Salido-Ruiz², Griselda Quiroz³

¹Departamento de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara, ²Departamento de Ciencias Computacionales, CUCEI, Universidad de Guadalajara, ³Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León.

RESUMEN

El análisis cuantitativo de la actividad electroencefalográfica (EEG) constituye una herramienta útil y no invasiva que permite relacionar cambios en la actividad eléctrica cerebral con funciones cognitivas y motrices ante diversas condiciones experimentales.

Estudiar la actividad cerebral en procesos de locomoción, permite encontrar características que nos ayuden a interpretar la intención y el movimiento del usuario, con el fin de aportar información relevante en terapias de rehabilitación.

En este trabajo se presenta un análisis de la actividad del EEG utilizando herramientas cuantitativas como el cálculo de la coherencia, teoría de grafos y minería de datos para extraer patrones significativos. Los datos del EEG se encuentran filtrados por bandas de frecuencia (alfa, beta, delta, gamma, theta y mu) y el experimento consta de dos velocidades (baja/alta) y dos transiciones (aceleración/desaceleración).

Los resultados muestran que dependiendo de la combinación velocidad-transición que se modela, el porcentaje de desempeño es diferente para cada banda y, además, los árboles de decisión generados dependen de las medidas de tendencia central y de dispersión en la actividad eléctrica registrada por los electrodos que lo caracterizan.

En conclusión se observa que es posible caracterizar las velocidades y transiciones utilizando las medidas estadísticas del grado de conectividad en las diferentes regiones cerebrales, lo cual nos permite distinguir, a partir de la actividad eléctrica cerebral, el estado de movimiento en el que se encuentra un sujeto.

INTRODUCCIÓN

Para ayudar al diagnóstico clínico, la prevención y evaluación de trastornos neuromotrices en individuos con problemas de movilidad o población anciana, el análisis de la marcha proporciona información valiosa sobre la función de locomoción en un individuo (Nigg, Fisher & Ronsky, 1994). El valor clínico del análisis de la marcha se relaciona con muchos factores, incluida la naturaleza compleja intrínseca de los datos de la marcha y la aplicabilidad de la tecnología existente para abordar una amplia variedad de trastornos médicos (Simon, 2004). Algunos de estos factores han sido abordados utilizando técnicas matemáticas y computacionales tales como la inteligencia artificial. Por ejemplo, Prentice y Patia (2006) aplicaron redes neuronales artificiales (ANN, por sus siglas en inglés) para modelar las funciones de temporización y conformación de un generador central de patrones para la locomoción humana; Barton y Lees (1997) aplicaron redes neuronales para diferenciar la marcha simulada usando la característica extraída de las medidas del ángulo de la articulación de las extremidades inferiores. Por su parte, Su y Wu (2000) emplearon el paradigma de clúster difuso para separar los patrones de caminata de 10 sujetos sanos y 10 pacientes con artrodesis de tobillo. Begg y Palaniswami (2006) utilizaron máquinas de soporte vectorial para clasificar la marcha de jóvenes y ancianos. Si bien, aunque las anteriores investigaciones dan cuenta de las ventajas del uso de técnicas de inteligencia artificial en el análisis de la marcha, éste es todavía un campo abierto de estudio.

El propósito de este trabajo es extraer patrones relevantes de los datos del EEG, obtenidos a partir de un experimento controlado de locomoción que consta de dos velocidades (alta y baja), y dos transiciones (aceleración y desaceleración). El análisis de la actividad electroencefalográfica, filtrada por bandas de frecuencia, fue realizado a partir de cálculos de coherencia, teoría de grafos y minería de datos.

METODOLOGÍA

Protocolo Experimental

Con la colaboración consentida de cuatro sujetos sin problemas neuromotrices en miembros inferiores, se realizaron una serie de experimentos de locomoción. Éstos consistieron de una caminata controlada sobre una caminadora (XTERRA® trail raicer 3.0) a dos velocidades distintas. La velocidad V_1 es aquella en la que el sujeto inicia su caminata durante un minuto con un ritmo cómodo para él, en este caso 3mph. Transcurrido este tiempo, se le pide al sujeto que incremente su velocidad hasta llegar a 5mph, la cual se registra como V_2 . El tiempo que toma llegar a dicha velocidad es llamado T_1 . Después de un minuto de caminata en V_2 , se le pide al sujeto que disminuya gradualmente su velocidad de caminata hasta volver a alcanzar la velocidad V_1 . El tiempo de transición entre dicha desaceleración es llamado T_2 . El sujeto permanece otro minuto en V_1 . Posteriormente se le solicita que desacelere hasta detenerse por completo. El procedimiento anterior fue repetido diez veces para cada sujeto de estudio. Las señales de EEG fueron registradas utilizando el equipo B-Alert® X10 de Advanced Brain Monitoring, Inc. El sistema cuenta con un registro de nueve electrodos (Fz, F3, F4, Cz, C3, C4, POz, P3 y P4) posicionados de acuerdo con el estándar internacional 10-20 y la frecuencia de muestreo es de 256 Hz. El preprocesamiento de la señal (filtrado de ruido de baja y alta frecuencia, así como artefactos) se realizó con el banco de filtros con el que cuenta el sistema de adquisición. Para el análisis de la conectividad cerebral se trabajó con todas las bandas de frecuencia, incluyendo aquellas que están relacionadas con actividades motrices como α y β (Quiroz, Espinoza, Salido & Mercado, 2017).

Coherencia

Para conocer el grado de conectividad entre electrodos, se hace uso del análisis de coherencia (Quiroz et al., 2017), el cual devuelve la correlación entre dos señales diferentes $x(t)$, $y(t)$ para cada banda de frecuencia. Su ecuación viene dada por

$$\gamma_{XY}(w) = \frac{|S_{xy}(w)|^2}{S_{xx}(w)S_{yy}(w)} \quad (1)$$

Donde S_{xx} , S_{yy} son las densidades de los autoespectros de las series de tiempo x e y , y S_{xy} define la densidad del espectro cruzado de ambas señales. La función de coherencia está acotada entre 0 y 1; un valor de 1 implica correlación máxima y 0 mínima.

Al hacer el cálculo de coherencia entre electrodos, se pueden agrupar las series de valores de coherencia en una matriz simétrica de tamaño 9x9 cuyos elementos son vectores. Este análisis devuelve el valor de coherencia promedio en el rango de frecuencias dado por $fs/2$ donde fs es la frecuencia de Nyquist:

$$\gamma_{XY}(w) = \frac{2}{fs} \sum_{w=1}^{fs} \gamma_{XY}(w) \quad (2)$$

La matriz obtenida es C de tamaño 9x9, definida como

$$C = \bar{\gamma}_{XY_{i,j}} \quad (3)$$

Grafos

Dado que el peso de conexión de electrodos calculados en las estimaciones de coherencia viene dado en pares, podemos representar a C en un grafo de conectividad.

Un grafo es una tripleta ordenada $(V(G), E(G), \psi_G)$ el cual consiste de un conjunto $V(G) \neq \emptyset$ de vértices, un conjunto $E(G)$ de aristas y una función de incidencia ψ_G que asocia a cada arista e de G un par no ordenado (no necesariamente distinto) de vértices de V (Diestel, 2005). Como queremos conocer la relación que hay entre electrodos, omitiremos la relación reflexiva de cada arista e .

Para este particular, $C_{9 \times 9}$ es la matriz de adyacencia, los vértices V del grafo G son los electrodos, y está definida tal que sus entradas son una constante c ($0.5 \leq c \leq 1$) si $v_i v_j \in E$ y cero en otro caso. Dicha matriz es simétrica y posee en su diagonal principal ceros. El número de elementos mayores

o iguales que 0.5 en la fila o columna i de $\mathcal{C}(G)$ corresponden al grado del vértice v_i , denotado como $d(v_i)$. En lo que sigue del documento nos referiremos a dicha métrica como GIO (Quiroz et al., 2017). *Conjuntos de datos (Dataset)*

Los datos proporcionados por las señales de coherencia corresponden a matrices de tamaño $9 \times 9 \times 90$ en las velocidades, mientras que en las transiciones el tamaño fue de $9 \times 9 \times 30$. De éstas, se obtuvo la métrica GIO para cada uno de los electrodos, para posteriormente ser transformadas mediante el cálculo de medidas de tendencia central (mediana y promedio) y de dispersión (varianza), lo cual permitió reducir el tiempo de aprendizaje de los algoritmos de clasificación y la compactación de la información sin pérdida de la misma.

Derivado de lo anterior, se obtuvieron diferentes conjuntos de datos que corresponden a ciertas combinaciones de interés. Éstos comprenden las combinaciones de velocidades y transiciones para cada una de las diferentes bandas de frecuencia en los nueve electrodos, los cuales se pueden obtener a partir de las siguientes formulaciones:

$$\begin{aligned} BT_i V_j, \quad i, j \in \{1, 2\} \\ BV_k V_l, \quad k, l \in \{1, 2\} \end{aligned} \quad (4)$$

donde $B \in \{\text{alfa}, \text{beta}, \text{delta}, \text{gama}, \text{teta}, \text{mu}\}$, T representa las transiciones y V las velocidades; generando un total de 36 conjuntos de datos.

Los datos de las combinaciones fueron organizados de tal manera que cada fila corresponde a un sujeto, cada columna a uno de los atributos (mediana, promedio y varianza), y se asocia cada instancia a una posible clase (V_i, T_j) .

Minería de Datos

Para representar y categorizar estados de movimiento se hizo uso de las técnicas de minería de datos, en particular, los modelos binarios de clasificación (árboles de decisión). Éstos permiten, a partir de diagramas de construcciones lógicas, elaborar modelos que representen las generalidades de un conjunto de datos previamente etiquetado con clases. En el caso particular de este trabajo, las clases son los estados de locomoción.

En general, los procesos de clasificación automática supervisada constan de dos pasos: el primero donde el modelo de clasificación es construido, y el segundo donde el modelo es usado para predecir sobre datos diferentes a los utilizados en la etapa de aprendizaje (Han, Pei & Kamber, 2011).

Los conjuntos de datos fueron analizados utilizando el algoritmo de clasificación J48 de la colección de algoritmos del entorno para análisis de conocimiento Weka (Frank, Hall & Witten, 2016), el cual es la implementación del algoritmo C4.5 de Ross Quinlan (2014). Se construyó un modelo de aprendizaje para cada uno de los conjuntos de datos y se obtuvo su correspondiente porcentaje de instancias correctamente clasificadas, con el fin de evaluar su desempeño global. Sin embargo, se sabe que el porcentaje de instancias correctamente clasificadas no es suficiente para indicar el desempeño de clasificación de cada clase involucrada en el modelo, por ello además se obtuvo la medida *F-measure* (para cada clase), la cual es la media armónica de las medidas *precision* y *recall*. La primera se puede considerar como una medida de exactitud (es decir, qué porcentaje de tuplas etiquetadas como positivas son realmente tales), mientras que *recall* es una medida de completez, esto es, de aquellas tuplas etiquetadas como positivas, qué porcentaje son realmente positivas (Han et al., 2011). Por último, para poder tener una mejor evaluación de los resultados, el cálculo del porcentaje de instancias correctamente clasificadas y las *F-measure* para cada clase se calculan como el promedio de ejecutar 10 veces la metodología de validación cruzada estratificada con bloques de tamaño 10.

RESULTADOS

Con base en el porcentaje de instancias correctamente clasificadas de los modelos de aprendizaje generados, se seleccionó aquella banda que para cada combinación de estados de movimiento de interés obtuvo mayor porcentaje (ver Tabla 1). Por ejemplo, la combinación $V_1 V_2$ tuvo el porcentaje más alto en la banda alfa, la combinación $T_1 V_2$ en la banda beta, y así sucesivamente.

Combinación de estados de movimiento	Banda seleccionada	Porcentaje
V_1V_2	Alfa	71.87
T_1V_2	Beta	68.25
T_2V_1	Teta	66.50
T_2V_2	Beta	66.38
T_1V_1	Teta	59.50
T_1T_2	Alfa	58.13

Tabla 1. Bandas seleccionadas para cada combinación de estado de movimiento y su porcentaje de instancias correctamente clasificadas

De la Tabla 1 se puede observar que el mejor modelo generado, de acuerdo con el porcentaje de instancias correctamente clasificadas (evaluando instancias no usadas para la creación del modelo), corresponde a la combinación V_1V_2 en la banda alfa. En este modelo los valores de F -measure para V_1 y V_2 fueron 0.74 y 0.67 respectivamente, y el árbol de decisión de dicho modelo se muestra en la Figura 1.

El árbol de decisión muestra los electrodos y métricas estadísticas que fueron consideradas para determinar la velocidad en la que se encuentra un sujeto. Se puede observar que las características a tomar en cuenta para diferenciar el estado de movimiento V_1 con respecto de V_2 son: la mediana en POz, que corresponde a la raíz del árbol, mediana y varianza en C4 en profundidad dos, mientras que en la profundidad tres se observa la mediana en POz y varianza en F4.

Para identificar las hojas del árbol donde se agrupan el mayor número de individuos por velocidad, al modelo generado le presentamos todos los registros de los sujetos para ambas velocidades (80 registros). Como resultado podemos ver que existe una regla que caracteriza a la mayoría de los registros (37/40) correspondientes a V_1 :

$$1.2 < POz_{mediana} \leq 1.8 \wedge C4_{mediana} > 0.62 \quad (5)$$

mientras que para el caso de V_2 los registros (30/40) fueron distribuidos en cuatro hojas que representan las siguientes reglas:

$$POz_{mediana} > 1.8 \wedge C4_{varianza} \leq 1.56 \quad (6)$$

$$POz_{mediana} > 1.8 \wedge C4_{varianza} > 1.56 \wedge F4_{varianza} > 1.6 \quad (7)$$

$$POz_{mediana} \leq 1.8 \wedge C4_{mediana} > 0.62 \wedge POz_{mediana} \leq 1.2 \quad (8)$$

$$POz_{mediana} \leq 1.8 \wedge C4_{mediana} \leq 0.62 \quad (9)$$

Los registros que no están correctamente distribuidos en las hojas correspondientes a V_2 (10), llegaron a una hoja correspondiente a V_1 . Éstos los podemos encontrar en las hojas tres (46/9) y cinco (4/1). El primer valor representa los registros que cumplieron con las condiciones de la regla y corresponden a V_1 , y el segundo valor corresponde a registros que llegaron a la misma hoja pero que corresponden a V_2 .

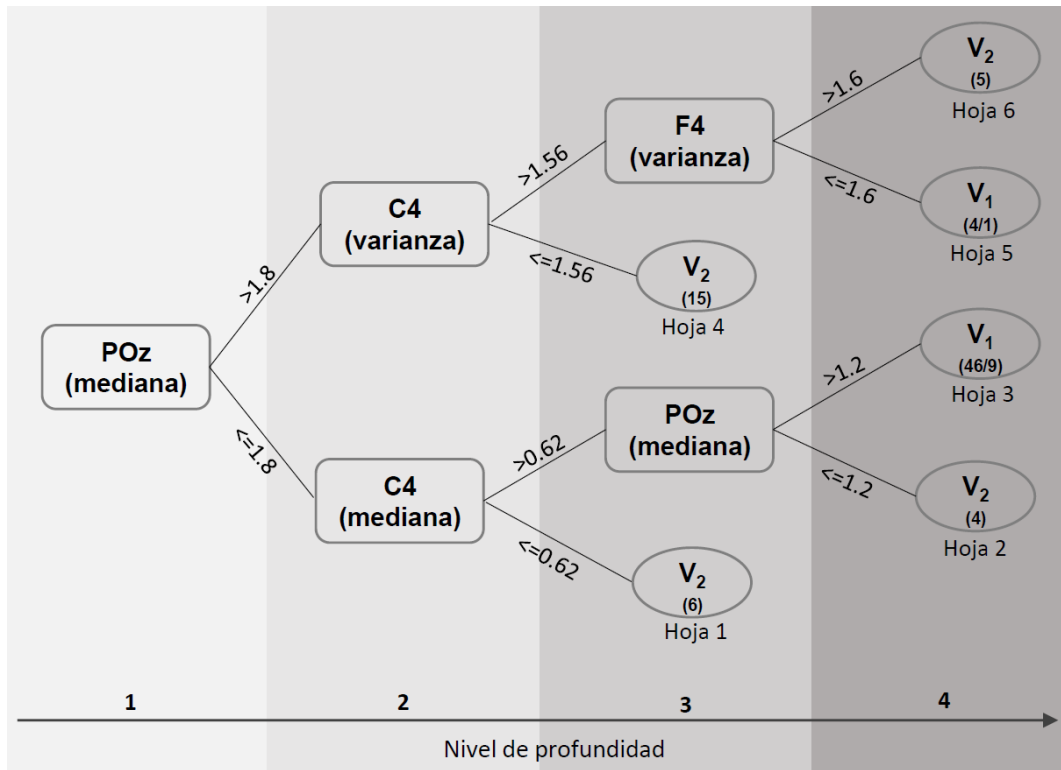


Figura 1. Árbol de decisión generado para la combinación V_1V_2 en la banda alfa.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados, observamos que los cambios de velocidad durante el experimento se presentan en los electrodos POz, C4 y F4. Específicamente, V_1 está relacionada con la mediana en POz y C4, sin embargo para el caso de la V_2 se encontraron más de una regla, sin que éstas tengan la misma proporción de certidumbre como lo tiene V_1 .

BIBLIOGRAFIA

1. Barton, J. G., and A. Lees. "An application of neural networks for distinguishing gait patterns on the basis of hip-knee joint angle diagrams", *Gait & Posture*, Vol. 5,1, 1997, pp. 28-33.
2. Begg, Rezaul, and Marimuthu Palaniswami. "Recognition of gait patterns using support vector machines", *Computational Intelligence for Movement Sciences: Neural Networks and Other Emerging Techniques*, IGI Global, 2006, pp. 243-262.
3. D. Reinhard, "Graph theory. 2005.", *Grad. Texts in Math*, Vol. 101, 2005.
4. Witten, Ian H., et al., "Data Mining: Practical machine learning tools and techniques", Morgan Kaufmann, 2016.
5. Han, Jiawei, Jian Pei, and Micheline Kamber, "Data mining: concepts and techniques", Elsevier, 2011.
6. King, Christine E., et al., "Operation of a brain-computer interface walking simulator for individuals with spinal cord injury.", *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, Vol. 10,1, 2013, pp. 77.
7. Nigg, B. M., V. Fisher, and J. L. Ronsky. "Gait characteristics as a function of age and gender.", *Gait & posture* Vol. 2, 4, 1994: 213-220.
8. Prentice, Stephen D., and Aftab E. Patla. "Modelling of some aspects of skilled locomotor behaviour using artificial neural networks.", *Computational Intelligence for Movement Sciences: Neural Networks and Other Emerging Techniques*. IGI Global, 2006, pp. 172-196.
9. Quinlan, J. Ross, "C4. 5: programs for machine learning", Elsevier, 2014.

10. Quiroz, G., et al., "Coherence analysis of EEG in locomotion using graphs.", *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica* Vol. 38,1, 2017.
11. Simon, Sheldon R., "Quantification of human motion: gait analysis—benefits and limitations to its application to clinical problems.", *Journal of biomechanics* Vol. 37,12, 2004, pp. 1869-1880.
12. Su, Fong-Chin, and Wen-Lan Wu, "Design and testing of a genetic algorithm neural network in the assessment of gait patterns.", *Medical engineering and Physics* Vol. 22,1, 2000, pp. 67-74.
13. Zheng, Huiru, et al., "Machine learning and statistical approaches to support the discrimination of neuro-degenerative diseases based on gait analysis.", *Intelligent patient management*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 57-70.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE IMPRESIÓN 3D DE UNA REGADERA DOMÉSTICA AHORRADORA DE AGUA

Edgar Marcell Vega Gaona, José Roberto Contreras Bárbara, Hannia Nereida García Cortéz, Abdiel Reyes Ramírez y Keops Xeki García Galván

Instituto Tecnológico de Atitalaquia.

RESUMEN

El agua es un recurso indispensable para la vida en el planeta y las sociedades. En los últimos años, debido a la contaminación, el cambio climático y una población cada vez más numerosa de seres humanos, la demanda hídrica ha crecido significativamente; así como, la preocupación por conservar este recurso. En este sentido, la optimización del uso del agua en la regadera doméstica es una posible ruta a seguir, puesto que durante la ducha es donde se desperdicia la mayor proporción de agua del total consumida en los hogares (180 L de agua por persona /día). En este trabajo, se reporta el diseño en *Solidworks* de una regadera para ahorrar agua. Además, se fabricó el prototipo mediante una impresión 3D y se probó su funcionamiento. Los resultados indicaron, que el consumo de agua de esta regadera es promedio de 1.82 L/min, que comparado con el consumo máximo permisible establecido por la NOM-008-CNA-1998 de 3.8 L/min, le da la clasificación de regadera ecológica, por lo que se genera un ahorro aproximado del 50 % de agua en comparación a una regadera convencional en la regadera y con costos de producción inferiores a las existentes en el mercado.

INTRODUCCIÓN

Existe una problemática notoria cuando hablamos acerca de los recursos naturales, y es que no se trata de un problema sólo de ambientalistas, sino de sobrevivencia. En el mundo la cantidad de recursos disponibles para consumo humano disminuyen alarmantemente y el cuidado del agua es de suma importancia.

Actualmente debido a la contaminación, el cambio climático y el crecimiento demográfico acelerado se presenta el reto de cubrir la demanda de agua potable, que a su vez reduce el volumen disponible en el mundo. Se estima que 663 millones de personas carecen de acceso a este vital líquido, mientras que el número de personas sin acceso fiable a agua de calidad asciende a 1,800 millones (OMS/UNICEF, 2015).

La situación podría ser más grave en el futuro ya que se estima que entre 2011 y 2050 la población mundial aumente un 33 %, pasando de 7,000 millones a 9,300 millones de habitantes (UN DESA, 2011). Sin embargo, aunque la mayor parte de nuestro planeta está compuesto por agua, 97.5 % del total es salada y solo 2.5 % de esta es agua dulce, contando que gran parte de esta última está congelada en los polos (PNUMA, 2007).

El agua es uno de los recursos naturales más valiosos con que cuenta la humanidad, por eso mismo no debe ser desperdiciada y aunque es cierto que la agricultura es la actividad humana con mayor consumo de agua; las ciudades generan una degradación del agua incluso mayor que las industrias mismas, siendo los hogares de alguna forma, la causa del problema, se crea la necesidad de utilizar dispositivos que nos permitan ahorrar el agua.

La optimización del uso del agua en la regadera es una propuesta alternativa, ya que es precisamente en la ducha donde principalmente se desperdicia una proporción considerable del total consumida en los hogares. La propuesta de solución para ahorrar no solo agua, sino tiempo y combustible consiste en diseñar un sistema de aspersores por impacto que genere dispersión y /o cobertura del agua correcta para ducharse.

TEORÍA

El agua contempla todos los aspectos de la vida en la Tierra. Al igual que el aire que se respira, el agua sostiene sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a más de 7,000 millones de seres humanos. En pleno siglo XXI a raíz del cambio climático y la misma sobrepoblación la sociedad se enfrenta a un colosal problema, se trata de una escasez de agua, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados (BM, 2017).

Se estima que de 2011-2050 la población mundial incrementara un 33 %, pasando de 7,000 millones a 9,300 millones de personas (UNESCO, 2016), lo que conlleva a estilos de vida cada vez más exigentes, impulsando la producción y el consumo de bienes y servicios, sin embargo el reto verdadero, es el proveer de agua a una población que aumenta drásticamente.

En México la distribución de volúmenes concesionados por usos agrupados consuntivos son: Agrícola 76.30 %, abastecimiento público 14.57 %, Industria autoabastecida 4.29 % y energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad 4.84 % (CONAGUA, 2016). Es notorio a simple vista que solamente el abastecimiento público sobrepasa el consumo por las industrial autoabastecidas.

El consumo promedio de agua por persona es de 360 litros al día y se estima que 11 millones de mexicanos no cuentan con agua potable (Centro Virtual de Información del Agua, 2004). Del agua empleada en el hogar (360 litros) 66 % se utiliza en bañarse y en el sanitario (CONAGUA, 2016).

Teniendo en cuenta la creencia que el promedio de veces que un ser humano debe defecar es de 3 veces al día (proporcional a las comidas mínimas que se realizan) y entre 5-8 veces para orinar (Rocío, 2014), haciendo uso de un inodoro normal con una descarga máxima de 6 litros (CONAGUA, 2001) aproximadamente según al promedio de agua por persona al día, se ocupa el 17 % para el uso del inodoro. Si se toman 7 litros de gasto de agua por minuto como media del límite mínimo y el límite máximo de una regadera, (CONAGUA, 1998) con un tiempo propuesto para ducharse de 15 minutos, se obtiene un aproximado de 100 litros. Dejando una cantidad que oscila en los 70 litros para el resto de actividades diarias de las personas.

De los 360 litros de agua al día por persona, 28 % es empleado en ducharse, es prácticamente una tercera parte de esta; una regadera ahorradora podría ayudar a proteger este vital líquido y así mismo a reducir las emisiones de contaminantes por los combustibles empleados en su calentamiento. Para poder catalogarse como regadera ahorradora, deberá ser calificada como “ecológica” y esto ocurre cuando el gasto mínimo sea menor a 3.8 litros por minuto (CONAGUA, 1998).

Actualmente se puede encontrar una amplia variedad de regaderas convencionales y ahorradoras, las cuales representan un alto costo de adquisición para la mayoría de la población. De cualquier manera siempre se puede encontrar con personas interesadas en optimizar estos sistemas; diferentes medios de comunicación se encargan de ponernos al tanto de los diseños y las propuestas innovadoras de duchas ahorradoras, a continuación se muestra de forma cronológica algunos de los casos más recientes.

En el año 2012, El Universal da a conocer las regaderas ahorradoras de la empresa Moen de su línea “Ecoformance”, las cuales presumen un ahorro del 30 % de agua al usar solo 6.6 litros por minuto. Este proceso fue logrado con un limitador, el cual reduce el paso de agua y la lanza con mayor velocidad.

Por otro lado un grupo de estudiantes del tecnológico de Monterrey campus Puebla crearon "Eco Smart Shower", una regadera que reduce el 40% del consumo de agua, se calienta el agua por medio de celdas solares y puede ser controlada con una app desde un Smartphone, además de contar con sistema de recirculado que reenvía el agua que no se utiliza al tinaco; calcula un costo de 15 mil pesos ya con la instalación incluida (El Financiero, 2014).

Mientras que en el 2016, Uno TV anuncia una regadera que cambia de color si estás desperdiciando agua, el cabezal de esta regadera será el freno a la hora de tomar una ducha, si se tiene un consumo alrededor de 10 litros, estará en color verde, si se llega los 50 litros, se tornará morada, y si excede usando más de 80 litros, se pondrá roja; incluso puede programarse para que deje de suministrar el líquido al llegar al tope preestablecido.

Finalmente en 2017, la revista Muy Interesante presenta “Nebia”, una regadera ahorradora creada por emprendedores mexicanos, asegura un ahorro del 70 % respecto al consumo de agua de las regaderas comunes, en vez de arrojar grandes gotas de agua, atomiza el agua en pequeñas gotas. La cabeza de ésta ducha ha sido diseñada con múltiples boquillas; si se utiliza en promedio 75 litros de agua durante un baño, con Nebia, el gasto se reduce a 22 litros.

Es así como el desarrollo de diversas tecnologías que permiten optimizar el uso del agua ha tenido un gran impulso, este trabajo de investigación particularmente se orienta al análisis y diseño de sus mecanismos; los cuales permiten ahorrar una considerable cantidad de agua durante la ducha.

PARTE EXPERIMENTAL

Se desarrolló una ducha ahorradora adaptando el mecanismo de un instrumento de riego ocupado en la agricultura como parte de su sistema, el aspersor por impacto; sumado a dos mecanismos empelados en las regaderas ahorradoras actuales: reducción del área de difusión y reducción de caudal.

El diseño se realizó en el software SolidWorks 2016 – 2017, en el desarrollo se adaptaron distintos elementos que componen el sistema (Figura 1A); algunos de ellos fueron eliminados por completo mientras que otros se fusionaron (Figura 1B) con la intención de tener un menor número de piezas, asegurando un tamaño final más compacto.

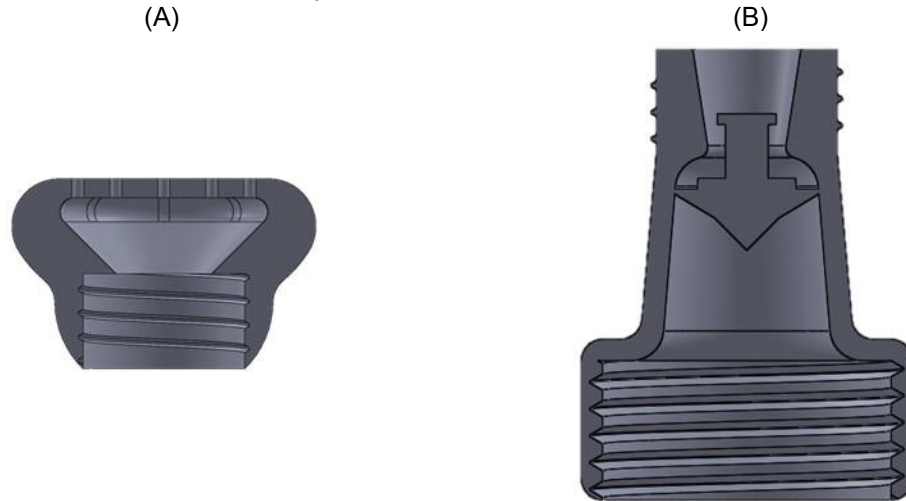


Figura 1. Colector de la ducha ahorradora (cabezal) 1A, Mecanismo de aspersión (cuerpo), 1B.

Tras concluir todos los elementos del mecanismo se prosiguió a la realización del diseño de la ducha (Figura 2A), la cual mantiene un esquema simple y poco atractivo; el cual solo permite albergar el sistema (Figura 2B).



Figura 2. Diseño de la ducha ahorradora (2A) y sistema de la ducha ahorradora (2B)

Se pretende conservar un boceto exterior minimalista (Figura 2A), con la finalidad de no crear un diseño novedoso que pueda elevar el costos de fabricación, simplemente que permita albergar los elementos básicos del mecanismo de aspersión (Figura 2B) para que las dimensiones finales de la ducha sean solo las necesarias.

Es por ello que se optó por desarrollar el sistema con ayuda de un software de diseño (SolidWorks 2016 – 2017), puesto que permite al usuario realizar repetidos ensayos mediante un método heurístico antes de trasladarlo al entorno físico, reduciendo considerablemente el proceso desmesurado que representa la labor de diseñar.

Algo semejante ocurre con la selección de posibles materiales para su futura fabricación, ya que el software de diseño (SolidWorks 2016-2017) agiliza el proceso de decisión, es decir, facilita determinar si un material es viable o no para fabricar la ducha ahorradora. Se propone hacer uso de “acrilonitrilo butadieno estireno” (ABS), debido a que presenta características idóneas para la fabricación de la ducha ahorradora; alta resistencia al impacto y al calor; permitiéndole mantener su forma así como sus dimensiones originales a pesar de cambios de temperatura y humedad.

La técnica de medición que se ocupó para definir el consumo promedio de agua utilizada para bañarse será la técnica de caudal, también llamado Gasto o Descarga, corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (tubería) por unidad de tiempo.

RESULTADOS

Una vez materializada la ducha ahorradora, se debe someter a diversos estudios y pruebas; estipulados por la NOM-008-CNA-1998, la cual señala que estos procedimientos deben efectuarse a diferentes presiones, sin importar la clasificación de las regaderas de acuerdo a su intervalo de presión (Tabla 1) con la intención de evaluar su eficiencia en condiciones distintas a las indicadas.

Tabla 1. Clasificación de las regaderas de acuerdo a su intervalo de presión.

Regadera tipo	Rango de presión de trabajo kpa (kgf/cm ²)	Niveles de edificación
Baja presión	20 a 98 (0.2 a 1.0)	1 a 4
Media presión	98 a 294 (1.0 a 3.0)	De 4 a 12 o equipo hidroneumático
Alta presión	294 a 588 (3.0 a 6.0)	Más de 12 o equipo hidroneumático

1 kPa = 0.0102 kgf/ cm²

Cabe mencionar que por ahora no se profundizará en las características que marca la norma, puesto que solamente se busca conocer la eficiencia del mecanismo. Ya que varias de las especificaciones se consideran primordialmente como características secundarias al objetivo perseguido: disminuir el consumo de agua durante la ducha y optimizar su uso. Todas las demás están principalmente orientadas a una cierta calidad y/o seguridad para los consumidores de las mismas y que por ahora no sería tan favorable emplear demasiada atención a todos los puntos que enlista la norma, considerando que aún no se sabe con certeza si el prototipo se llevará al área comercial.

Para la realización del diseño en Solidworks 2016-2017 se debe definir con anterioridad un material, el cual en este caso fue llamado “acrilonitrilo butadieno estireno” (ABS) ya que posteriormente se efectuará una impresión 3D y se deberá analizar con ayuda del software para determinar si el prototipo físico tendrá las características necesarias para someterlo a demostraciones de funcionamiento (Figura 3).

A continuación se muestran las condiciones a las cuales fue sometido la ducha ahorradora de ABS y el punto de entrada del líquido (Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones de presión y temperatura.

Tipo	Presión
Faces	Cara (entrada de flujo de agua)
Valor	Presión: 2.50 Pa Temperatura: 298.00 K

Las condiciones del volumen de salida de la ducha ahorradora de ABS (Tabla 3) según la NOM-008-CNA-1998 es de: 2.0000e-005 m³/s y de igual manera se indica la cara de salida de fluido.

Tabla 3. Condición de flujo de salida.

Tipo	Caudal
Faces	Cara (salida de flujo de agua)
Valor	Índice de flujo de volumen: 2.0000e-005 m ³ /s

Después de aplicar los valores descritos anteriormente, la prueba para la ducha ahorradora de ABS nos da los siguientes resultados (Tabla 4); una velocidad máxima de 0.790 m/s que indica la rapidez con la que saldrá el agua.

Tabla 4. Resultados.

Nombre	Unidad	Valor
Velocidad máxima	m/s	0.790

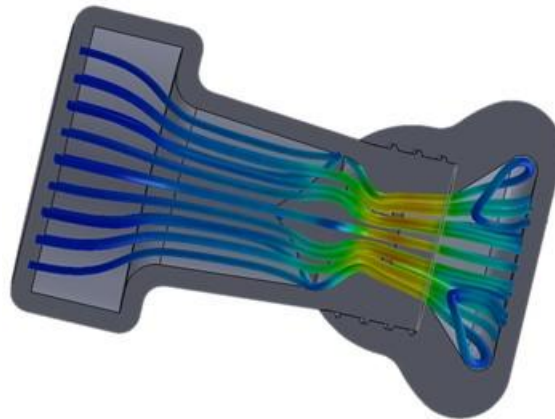


Figura 3. Ducha Ahorradora Realizada con PLA

Seguido de ello, tras culminar las pruebas de la velocidad máxima con la que sale el agua, y su comportamiento dentro del sistema con en el software de diseño (SolidWorks 2016 – 2017), se prosigue a efectuar la medición de caudal (Figura 5).



Figura 4. Técnica de Caudal.

Por consiguiente se prosigue a determinar el consumo promedio de agua utilizada para bañarse con la técnica de caudal, también llamado Gasto o Descarga, el cual consiste en registrar la cantidad de agua que pasa por un lugar (Figura 5), por unidad de tiempo.



Figura 5. Volumen del líquido.

Se optó por cuantificar de forma cronométrica el consumo de agua por minuto (Figura 4), para medir el volumen del líquido se empleó una probeta graduada con una capacidad de 500 ml, por lo cual se llenó en 3 ocasiones y una fracción más de la probeta (Figura 6), dando como resultado final un gasto total de 1.820 L/min.



Figura 6. Determinación del gasto volumétrico.

CONCLUSIONES

Dentro de los objetivos de este proyecto fue enfrentar el problema del consumo excesivo y el desperdicio de agua que ocurre durante la ducha, sin embargo el principal fue; diseñar y elaborar una ducha ahorradora de agua, que presente beneficios energéticos, económicos y ambientales.

El consumo de agua con el dispositivo ahorrador diseñado en este proyecto fue de 1.820 L/min. Sabemos que existen diferentes regaderas ahorradoras en el mercado, sin embargo la innovación en el diseño desarrollado en este proyecto genera más del 50 % de ahorro respecto del consumo máximo permisible por la NOM-008-CNA-1998.

Se consiguió superar el desafío principal al diseñar la ducha ahorradora; lograr que la ducha no excediera un caudal mayor a 3.8 L/min, por lo tanto adquirió el grado ecológico.

El sistema mecánico que se diseñó funciona de manera correcta para el rango de presión delimitada desde el comienzo: de 0.2 kgf/cm² a 1.0 kgf/cm², por otra parte cabe destacar que este mecanismo

se superó a sí mismo, es decir, permite que la ducha ahorradora funcione para baja, media y alta presión.

La labor de materializar la ducha ahorradora resulto económica, con tan solo \$48.00 pesos se logró tener las 2 piezas que comprenden el diseño, sin embargo si se podría estimar que si realizara una producción en masa el precio disminuiría significativamente.

El uso de este tipo de sistemas puede asegurar que la población en México ahorre de manera inconsciente este recurso vital, ya que al ajustar el precio final de la ducha ahorradora se pretende que tenga una buena aceptación en el mercado actual y ser una opción económica en cuanto al ahorro de agua, pues como hemos visto si esto se realizara en todos los hogares, la cantidad de agua ahorrada sería empleada para abastecer otras zonas que no cuentan con este recurso.

Disminuir el uso del agua implica una menor presión hídrica sobre los ríos, lagos y recursos de aguas subterráneas, esto es especialmente importante si se considera el número de grandes lagos y vías fluviales que están desapareciendo y los acuíferos que están decreciendo debido al uso excesivo de las fuentes de agua dulce.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bautista O. G. A. (2013). Diseño de regadera de bajo consumo de agua, "ecológica". Tesis de maestría. ESIME, México.
2. Centro Virtual de Información del Agua. El agua en México usos y datos generales.(2004).<http://www.agua.org.mx/el-agua/agua-en-mexico>. Accessed 13.03.17
3. CONAGUA, SEMARNAT. Atlas del Agua en México 2016.Edición 2016. México. (Capitulo 3).
4. CONAGUA. (1998).Norma Oficial Mexicana NOM-008-CNA-2001 Regaderas Empleadas en el Aseo Corporal - Especificaciones y Métodos de Prueba. México.
5. CONAGUA. (2001).Norma Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario-Especificaciones y métodos de prueba. México.
6. CONAGUA. (2016).NUM3RAGUA México 2016. Edición 2016.México.
7. Fernández Gómez, Rafael. (2010).Manual de Riego para Agricultores Modulo 3 Riego por Aspersión. Sevilla. (Capitulo 2).
8. Google Public Data. Población. (2017).
https://www.google.com.mx/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&ctype=l&strail=false&bcs=d&nslm=h&met_y=sp_pop_totl&scale_y=lin&ind_y=false&rdim=region&ifdim=region&dim=true&hl=es&dl=es&ind=false&xMax=180&xMin=-180&yMax=-79.99898599729873&yMin=86.46691499372602&mapType=t&icfg&iconSize=0.5
Accessed 13.03.17
9. Matías. C. L. y Ruíz. C. A. (2014). Diseño e implementación de un sistema programable para la regulación de la temperatura en una regadera. Tesis de ingeniería. ESIME, México.
- 10.PNUMA. (2007). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4 media ambiente para el desarrollo. (4ta Ed.). Dinamarca. (Capitulo 4).
- 11.SEMARNAT. (2013). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México. (Capitulo 6).
- 12.Tarjuelo Martín-Benito, José M^a. (2005). El riego por aspersión.
- 13.WWAP. (2016). The United Nations World Water Development Report 2016 - Water and Jobs. París.

DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO DE HERRAMENTAL EN LA PRENSA DE ACTIVACIÓN 3CON DE LA LÍNEA PILLARS & GARNISH DEL MODEL X EN UNA EMPRESA DE INTERIORES AUTOMOTRICES, CON LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE).

Beatriz Adriana Esparza Ramírez, Fernando Ricárdez Rueda, Karla Daniela Macías Celedonio

Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Campus Lagos de Moreno.

E-mail: beatriz.esparza@lagos.tecmm.edu.mx

RESUMEN

La productividad es un factor importante para las organizaciones, es el resultado del conjunto de actividades eficientes que permiten cumplir con los objetivos de la empresa. La productividad se veía afectada por el tiempo de cambio de la prensa de activación en la empresa de interiores automotrices, ya que las actividades involucradas no eran eficientes.

La implementación de la metodología SMED permitió innovar el proceso reduciendo el tiempo de cambio en una de las líneas de la empresa de interiores automotriz. Se formó el equipo multidisciplinario para generar las ideas de mejora: el accionamiento remoto de precalentamiento mediante un botón eliminando un recorrido, dispositivos que facilitarán las conexiones de cables, la colocación de teflón en las áreas donde se acumula el pegamento en los nidos de la prensa de activación mejorando el método de limpieza, creación de planes de mantenimiento y de verificación de las variables del cambio, modificación de los sensores, logrando una estandarización de las actividades.

Con las ideas de mejora que fueron implementadas se logró una reducción del 26% en el tiempo de cambio, lo cual es significativo ya que se reduce el tiempo muerto que generaba el tiempo de cambio. Para demostrar el impacto que tiene económicamente el proyecto se realizó un análisis financiero, lo cual demostró que son mayores los beneficios que los costos, de igual manera se realizó un análisis estadístico demostrando que si hubo una diferencia de tiempo en el cambio de prensa.

Palabras clave: Productividad, SMED, Reducción, Tiempo, Innovación.

INTRODUCCIÓN

En la empresa Draexlmaier LMI, se identificó la mejora en el cambio de herramental en la línea de Pillarse & Garnish Model X de Tesla Motors. La estación más crítica de esta línea es la estación de Upper Garnish, por lo cual, es en donde se implementó el proyecto, ya que se llevaba un promedio de 20.46 minutos realizar el cambio de la prensa, lo cual provoca que el porcentaje de eficiencia fuera menor en salidas de producción por no seguir una metodología SMED, ya que esto genera tiempos no planeados.

Shingo, un Ingeniero Industrial japonés, desarrolló la técnica sofisticada de SMED en 1987 cuando aplica esta técnica a la industria de automóvil Mazda de Prensas de moldeo de cuerpo grande y con éxito alcanzó 57 por ciento de reducción del tiempo de set-up. Ahora, SMED se está convirtiendo en un enfoque universal, que puede ser compatible para cualquier tipo de industria con el uso de algunas herramientas de ingeniería industrial adicional. Shingo, explicó que antes de aplicar el SMED cualquier recurso (máquina o equipo, etc.) es necesario analizar los recursos específicos de la teoría del punto de vista de las limitaciones que distingue el recurso dado como un recurso cuello de botella o no cuello de botella. Si SMED se aplica a un recurso no cuello de botella, entonces es de valor limitado porque los recursos no cuello de botella ya están ociosos y con capacidad de exceso de trabajo. SMED se aplica sólo a los recursos cuello de botella que tienen menor capacidad que requieren y necesitan atención inmediata. Tras la identificación de la máquina cuello de botella o el equipo, se deben recoger datos con respecto a la duración actual de cambio, método, equipo o herramientas que se utilizan en configuraciones (Bikram, 2009).

En el presente caso muestra la información documental base, para el lograr el incremento de la efectividad de los equipos, desarrollando la metodología SMED analizando temas como, reducción de tiempos de preparación para cambios y condiciones para implementación de la metodología, estandarización del proceso de cambio de herramental y material. Al igual que otras herramientas como: graficas de Gantt, Diagramas de Pareto, uso de la técnica de cronometraje, Diagrama de

Ishikawa, Diagramas de Proceso, hojas estandarizadas "HOE", se reseñan luego los resultados y logros (Mohammed, 2013).

Se llevó a cabo la implementación de la metodología SMED para la eliminación de las actividades que no son efectivas en la estación de Upper Garnish, para disminuir y estandarizar el tiempo de cambio de la prensa de activación.

Al implementar el SMED disminuyó el tiempo de cambio que se generaban al realizar el cambio de la prensa de activación, lo cual tuvo un impacto en las líneas de A Pillar, B Pillar y C Pillar, ya que se pudo tomar en cuenta las mejoras, debido a que también se realiza el cambio de la prensa, de tal modo que se logró la disminución de los tiempos de cambio y la estandarización.

TEORÍA

Actualmente se exige una producción que pueda adaptarse rápidamente a la demanda, por lo que las empresas deben ser capaces de iniciar la fabricación de un producto en el mismo momento en que reciben el pedido del cliente. Para conseguir esto, es preciso tener un plazo de fabricación muy corto (Mohammed, 2013). El tiempo de fabricación se puede descomponer en varios tiempos sucesivos:

Tiempo de Elaboración

Tiempo de espera entre procesos sucesivos

Tiempo de Transporte

Reducir cualquiera de estos tiempos supondrá reducir el tiempo de fabricación.

Para reducir el tiempo de elaboración se puede: Eliminar la producción por lotes. Buscar la producción por unidades. Esto exige normalmente modificar el Lay-Out y tener trabajadores polivalentes que puedan realizar varias funciones cada uno. Reducir el tiempo de preparación o cambio de útiles (SMED)

Para reducir el tiempo de espera es necesario eliminar las causas que originan dicha espera: Desequilibrio en el tiempo de producción entre procesos, que en el último caso puede ser debido a la distinta aptitud de los operarios o las diferentes capacidades de las máquinas. Habrá que estandarizar operaciones

Finalmente, para reducir el tiempo de transporte se puede optar por pasar de una distribución en planta por procesos a una distribución por producto, utilizar nuevos medios de transporte (cintas transportadoras, vehículos guiados) o la reducción del tiempo de preparación (SMED) (Cakmakci, 2008), (Guzmán 2013).

SMED es un proceso dirigido paso a paso para mejorar la eficiencia y exactitud del trabajo de cambios. Incluye procedimientos técnicos bien documentados.

El propósito que busca esta herramienta es: Incrementar flexibilidad y estar disponible para reaccionar rápidamente a las necesidades de nuestros clientes y reducir los inventarios.

El proceso SMED:

Establecer el tiempo actual del cambio.

Identificar todas las actividades que se llevan a cabo.

Identificar actividades que pueden ser eliminadas

Distinguir entre actividades Internas y Externas.

Eliminar las actividades innecesarias.

Hacer externas todas las actividades posibles.

Optimizar las actividades internas y externas

Establezca el nuevo tiempo de cambio

Tiempo de Cambio, es el tiempo desde la última parte buena de la primera orden hasta la primera parte buena de la nueva orden. Uno de los criterios usados para determinar el tiempo de cambio es el tiempo parado de la maquina o el tiempo de la maquina no es productivo a cierto nivel (Patel, 2001).

Una vez que se ha reducido el tiempo de paro, es necesario concentrarse en la reducción de pasos externos para liberar a los operadores tan rápido como sea posible para las tareas productivas. De nuevo a través de la discusión y trabajo en equipo encontrar soluciones que puedan reducir el tiempo total del cambio (no solo el tiempo de paro). Incluyendo a los operadores en el proceso de mejora también se mejoran las condiciones para estandarizar el nuevo proceso. Crear un estándar documentado que describa la operación completa. Este estándar debe incluir quién es el

responsable, quién hace qué, cómo, cuándo y con qué herramientas, y en qué tiempo un cambio debe desarrollarse. Muestre en documento cerca de la máquina. Lleve a cabo entrenamiento intensivo. Audite y controle los resultados (Bikram, 2009).

PARTE EXPERIMENTAL

La implementación de la metodología SMED permitió innovar el proceso reduciendo el tiempo de cambio en una de las líneas de la empresa de interiores automotriz. Se formó el equipo multidisciplinario para generar las ideas de mejora: el accionamiento remoto de precalentamiento mediante un botón eliminando un recorrido, dispositivos que facilitarán las conexiones de cables, la colocación de teflón en las áreas donde se acumula el pegamento en los nidos de la prensa de activación mejorando el método de limpieza, creación de planes de mantenimiento y de verificación de las variables del cambio, modificación de los sensores, logrando una estandarización de las actividades. Con las ideas de mejora que fueron implementadas se logró una reducción del 26% en el tiempo de cambio, lo cual es significativo ya que se reduce el tiempo muerto que generaba el tiempo de cambio.

Ya que se realizó la implementación de las ideas de mejora se realizó la comparación de los tiempos que se cuándo se realizó el diagnóstico (Tabla 1) y los tiempos actuales que se tienen después de que se realizaron las implementaciones (Tabla 2).

Tabla 1: Promedio de cambio de prensa en el diagnóstico.

No. de cambio	Tiempo de cambio de prensa	Promedio
1	13.61666667	20.4694444
2	18.9	
3	18.91666667	
4	20.11666667	
5	25.03333333	
6	26.23333333	

Tabla 2: Promedio actual de tiempo de cambio.

No. de cambio	Tiempo de cambio de prensa	Promedio
7	8.65	15.1083333
8	16.38333333	
9	12.9	
10	22.5	

En la gráfica se muestra la disminución que hubo en cada una de los cambios que se realizaron después de las implementaciones.

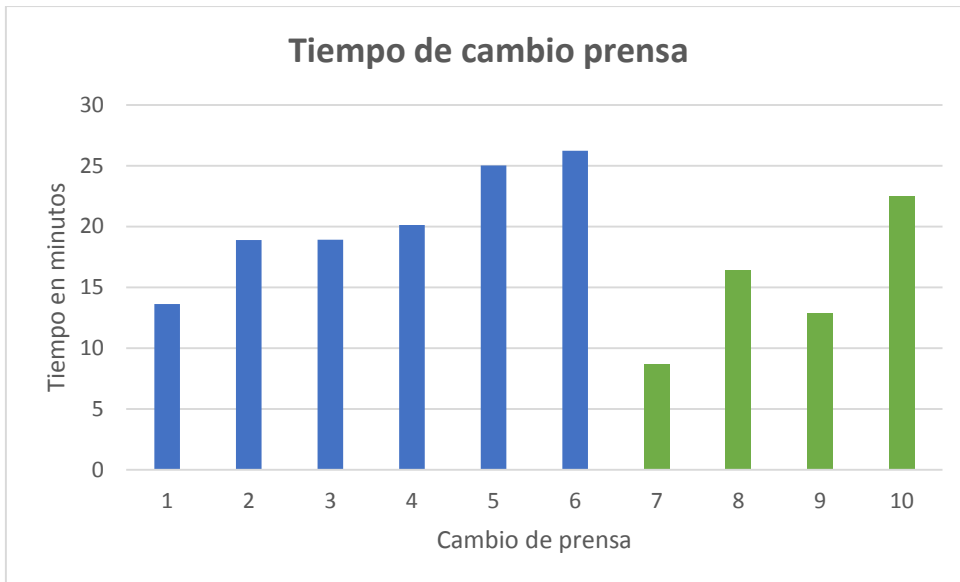


Figura 1: Grafica de comparación de tiempos de cambio de prensa de activación.

Mediante los cambios que se observaron se estandarizo los tiempos de acuerdo al tiempo que se realizan las actividades en el cambio automático, se agregaron las actividades que no están en la instrucción de trabajo como el precalentamiento, ir por el carro de herramienta, acomodar el carro y herramienta en su lugar asignado. Se asignó la cantidad de operarios para cada una de las actividades.

Se implementó el accionamiento remoto del calentador en el área de espreado, por lo que esa actividad ya está designada al operador de la cabina de espreado, eliminando un recorrido para el operador de prelamación ya que el operador ya mencionado tenía que caminar para conectar la prensa de activación al calentador para el precalentamiento de la prensa.

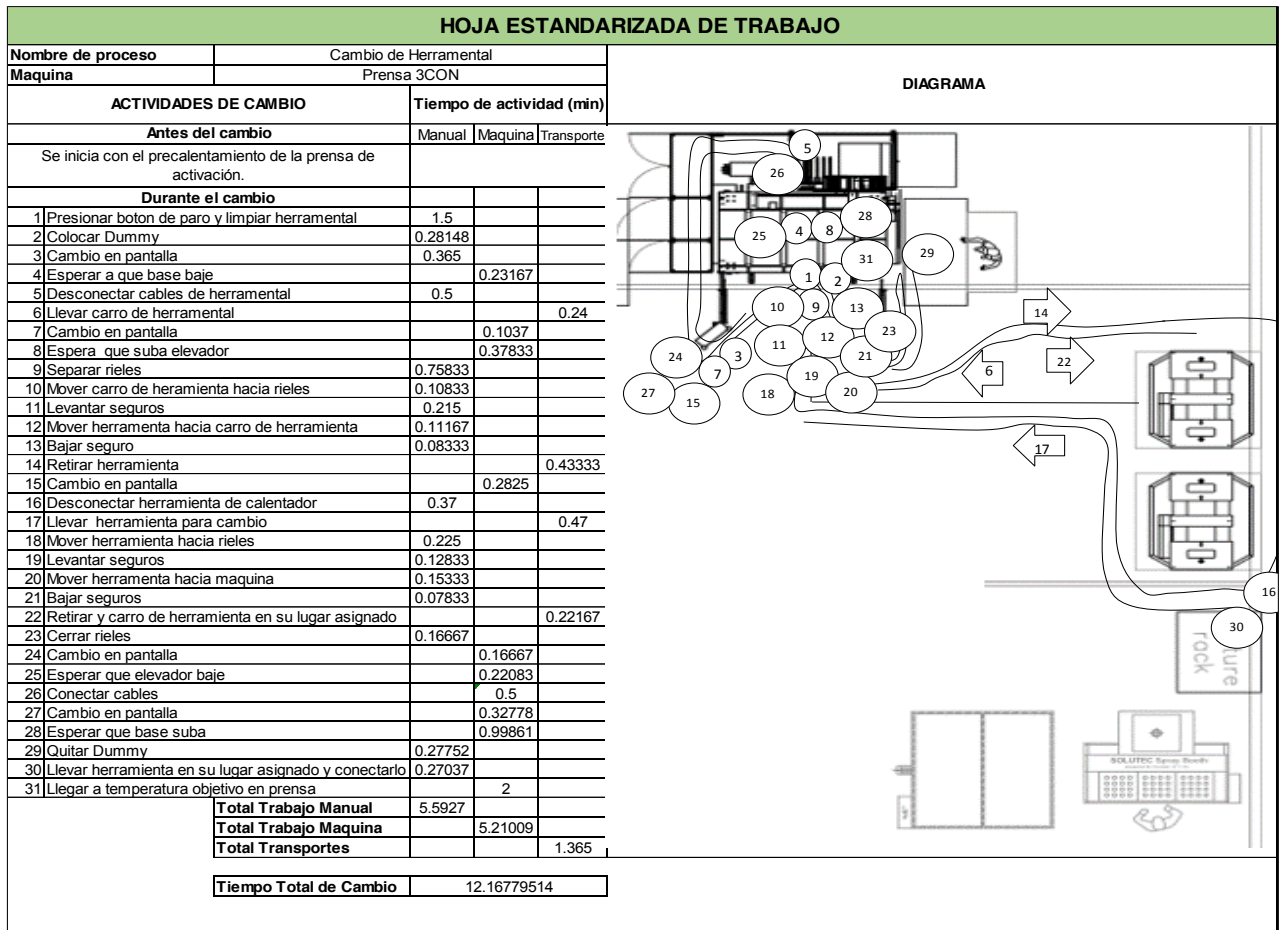


Figura 2: Hoja estandarizada de trabajo para cambio de herramental.

CONCLUSIONES

Se logró desarrollar el proyecto para la disminución de tiempo de cambio en la prensa de activación con la implementación de la metodología SMED.

Mediante la implementación de la metodología SMED se logró mejorar las actividades de cambio de la prensa de activación. Documentando los tiempos se logró estandarizar las actividades de los cambios de la prensa de activación, para dejar un tiempo establecido, ya que no se contaba con ello en la empresa. Mediante las implementaciones de las ideas de mejora se logró disminuir la problemática encontrada, logrando una disminución del 59.25% del tiempo de cambio en la prensa de activación. Lo cual tiene una gran relevancia ya que tendrá impacto en otras tres líneas de la empresa, lo cual representa mayores beneficios a la empresa.

Es fundamental el involucramiento del equipo multidisciplinario para poder llevar a cabo la solución de la problemática observada y conseguir el objetivo que se tiene. De igual manera es importante que se le dé seguimiento a lo establecido para de esta manera seguir mejorando cada uno de los cambios que se realizan. Ya que el tiempo que se tenía era porque no se le daba seguimiento a la problemática que se presentaba en los cambios, lo cual generaban cada vez tiempos mayores y a consecuencia mayor personal involucrado en los cambios de prensa, ya que tenían que concluir el cambio el personal de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bikram Jit Singh Dinesh Khanduja, (2009), "SMED: for quick changeovers in foundry SMEs", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 59 Iss 1 pp. 98 – 116 Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/17410401011006130>.
2. Mohammed, A. A., Mohammed A., Abdelhakim, A., Ahmad M. (2013). "A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques". *Computers & Industrial Engineering*, 66, 461–469.
3. S. Patel P. Shaw B.G. Dale, (2001), "Set-up time reduction and mistake proofing methods – A study of application in a small company", *Business Process Management Journal*, Vol. 7 Iss 1 pp. 65 – 75 Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/14637150110383953>.
4. Cakmakci M. "Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry" Springer-Verlag London Limited 2008. DOI 10.1007/s00170-008-1434-4
5. Guzmán P., Salonitis K. "Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells" Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013. The Authors. Published by Elsevier.

DESARROLLO DE UNA MÁQUINA PARA RECUPERACIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS SMD DE DESECHO MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE imagen UTILIZANDO LABVIEW

Avryl Márquez López, Carlos Alberto Beltrán López, Edwin Uriel Pérez Loaiza, Roel González Montes de Oca, y Ángel de Jesús Castro Romero.

Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Pachuca, carretera Pachuca- Ciudad Sahagún km20, Ex Hacienda de Sta. Bárbara, Zempoala, Hidalgo.

RESUMEN

Los desechos electrónicos superan 20 millones de toneladas anuales y van en aumento debido a la evolución tecnológica que considera obsoleto a un dispositivo electrónico en tiempos menores a un año. Esto genera desechos tecnológicos con vida útil importante. Para el procesamiento de estos desechos, se ha desarrollado un dispositivo de identificación de patrones mediante el software de desarrollo LabVIEW® que permite identificar resistencias de montaje superficial (SMD) y capacitores cerámicos por medio de una cámara orientada a la tarjeta madre de cualquier dispositivo electrónico con un tamaño máximo de 20 centímetros por lado. Las tarjetas madre se sujetan a un banco de trabajo invertido, la cámara captura una imagen y determina la ubicación de los componentes indicados. Se desarrolló un robot tipo SCARA con un caudín de doble punta en el efector final. Los componentes caen por gravedad al contenedor correspondiente a su tipo.

La comunicación entre el robot y la computadora se realiza a través de una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments denominada myRIO 1900, en esta misma se encuentra embebido el algoritmo de control del robot de 3GDL. El reconocimiento de patrones se realiza mediante una arquitectura tipo máquina de estados.

Finalmente, este dispositivo ofrece una recuperación de componentes electrónicos para su reutilización. La recolección emplea un robot tipo SCARA basado en un control PD más compensador de gravedad. Los desechos electrónicos quedan parcialmente procesados, ya que una segunda etapa de este proyecto tiene por objetivo la recuperación de componentes con un encapsulado de tipo *BGA*.

INTRODUCCIÓN

La producción y la utilización de aparatos y equipos electrónicos aumenta de manera acelerada a nivel mundial en todos los ámbitos en los que se desenvuelve el ser humano, de ahí que la industria electrónica y principalmente la de producción de aparatos constituye actualmente el sector de mayor crecimiento en los países desarrollados.

Pero, así como el aumento del consumo de los aparatos electrónicos ha sido vertiginoso a nivel mundial, así también ha ido aumentando la producción de desechos de este tipo de productos ocasionado por la sustitución, renovación o eliminación paradójicamente por el desarrollo de los mismos.

El desarrollo tecnológico actual conduce a que la industria del reciclaje se convierta en importantes suministradoras de materias primas para la fabricación de los más disímiles artículos de consumo diario o de equipos de larga duración. Al mismo tiempo permite proteger el medio ambiente, ahorrar los recursos minerales y la energía.

El uso de aparatos electrónicos ha proliferado en las últimas décadas y, de manera proporcional, aumenta rápidamente en todo el mundo la cantidad de aparatos electrónicos como PC, teléfonos móviles y juegos electrónicos que se desechan.

La basura electrónica es todo desecho de un dispositivo diseñado para funcionar con energía eléctrica, baterías u otros campos electromagnéticos. También se conoce como Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) o Waste Electrical (e-Waste). Los aparatos electrónicos funcionales, en estado íntegro, no son basura electrónica, ni fuentes activas de residuos peligrosos, que en ese estado de funcionalidad están convenientemente empaquetados y en estado no dispersivo.

TEORÍA

Un robot SCARA (por sus siglas en inglés Selective Compliant Assembly Robot Arm) es un robot de tres grados de libertad con posicionamiento horizontal, este tipo de robots se conocen por sus rápidos ciclos de trabajo, excelente repetitividad, gran capacidad de carga y su amplio campo de aplicación, están equipados de total libertad de movimientos en los ejes X, Y pero limitados severamente en sus movimientos en el eje Z.

El Espacio de Trabajo es otro parámetro importante el cual servirá de gran ayuda para optimizar las dimensiones del robot. El espacio de trabajo de un robot es el espacio en el cual el mecanismo puede trabajar, la geometría del espacio de trabajo puede considerarse no sólo un aspecto fundamental para el diseño del robot, sino que también es esencial para la ubicación del robot en el entorno de trabajo y también para la planificación de trayectorias.

Para el posicionamiento del efector final de nuestro robot, el gripper, se hará uso de la cinemática directa e inversa del robot. El problema cinemático directo consiste en determinar cuál es la posición y orientación del extremo final del robot, con respecto a un sistema de coordenadas que se toma como referencia, conocidos los valores de las articulaciones y los parámetros geométricos de los elementos del robot.

Para describir la relación que existe entre dos sistemas de referencia asociados a eslabones, se utiliza la representación Denavit - Hartenberg (D-H). Denavit y Hartenberg propusieron en 1955 un método matricial que permite establecer de manera sistemática un sistema de coordenadas (S_i) ligado a cada eslabón i de una cadena articulada. Además, la representación D-H permite pasar de un sistema de coordenadas a otro mediante 4 transformaciones básicas que dependen exclusivamente de las características geométricas del eslabón. El problema cinemático inverso consiste en encontrar los valores que deben adoptar las coordenadas articulares del robot $q = [q_1, q_2, \dots, q_n]$ para que su extremo se posicione y oriente según una determinada localización espacial. Al contrario que el problema cinemático directo, el cálculo de la cinemática inversa no es sencilla ya que consiste en la resolución de una serie de ecuaciones fuertemente dependiente de la configuración del robot. Esto se puede conseguir usando geometría y trigonometría, de igual forma, se puede usar las matrices de la cinemática inversa para hacer las multiplicaciones e ecuaciones correspondientes a las articulaciones deseadas. Todo este análisis es necesario para tener un control del efector final y para la automatización del robot.

Se usará un servomotor (o servo), este mismo es un tipo especial de motor con características especiales de control de posición. Al hablar de un servomotor se hace referencia a un sistema compuesto por componentes electromecánicos y electrónicos. De la misma manera se usará un motor DC con encoder para el posicionamiento del robot. Se usará un motor FualHaber. El motor Coreless Faulhaber, 12V Coreless con caja de cambios planetaria 64: 1 y 120RPM con 12CPR Encoder. El diseño simple y la fiabilidad de un motor de CC lo convierten en una buena opción para muchos otros usos diferentes. Para controlar este motor se usará el módulo puente H L298N es una tarjeta para el control de motores de corriente directa, motores a pasos, solenoides y en general cualquier otra carga inductiva. La tarjeta está construida en torno al circuito integrado L298N, el cual dispone en su interior de 2 puentes H independientes con capacidad de conducir 2 amperios constantes o 4 amperios en picos no repetitivos.

La tarjeta expone las conexiones hacia el motor a través de bloques de terminales (clemas), mientras que las entradas de control y habilitación del puente H se exponen a través de headers macho estándar para facilitar todas las conexiones. Esta tarjeta es ideal para controlar motores en pequeños robots como seguidores de líneas, zumbos, robots de laberinto, etc. El L298N también es una excelente opción para manejar motores a pasos bipolares. Recomendamos utilizar cables tipo dupont para conectar las señales de control. Finalmente, se necesita saber qué tipo de microcontrolador usar.

El microcontrolador es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación embebida. Es como una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. También incluye a un procesador y por supuesto memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM). Funciona como una mini PC. Su función es la de automatizar procesos y procesar información.

Para el proyecto se hará uso de un caudín para el calentamiento de la soldadura y extracción de las mismas.

El caudín es una herramienta eléctrica muy sencilla que posee un conjunto de elementos que al estar correctamente conectados van a generar en una barra de metal el calor suficiente para poder derretir los distintos metales (estaño, oro, etc.) utilizados para las soldaduras de los circuitos eléctricos y electrónicos.

PARTE EXPERIMENTAL

En el sistema electrónico se utilizaron dos servomotores Mg995 15 Kg los cuales fueron los actuadores correspondientes al movimiento del brazo y antebrazo del robot, donde en el efector final cuenta con un caudín de doble punta. También se utilizó una cámara tipo GoPro Hero 5, la cual se orientó de forma horizontal hacia abajo, lo que permite capturar la imagen de las tarjetas y determinar la ubicación de los componentes indicados.

Caudín de doble punta: Es eficiente para este tipo de trabajos deseados ya que se puede acoplar las dos puntas a una separación deseada y poder separar los componentes SMD sin exponerlos tanto tiempo al calor producido por el caudín. Para la explicación del sistema eléctrico del caudín se hace necesaria la definición de sistema. Por lo cual se tiene que un sistema es un conjunto de elementos que se encuentran dinámicamente relacionados formando una actividad para producir información, energía, materia, etc.

Partiendo de lo anteriormente planteado, el sistema eléctrico del caudín, va a comenzar por el paso de la energía eléctrica mediante el enchufe adquirido de una toma corriente, y luego a través del cable de conexión hasta llegar al alambre de cobre que al estar enrollado sobre la barra de metal va a generar calor.

GoPro HERO 5: Es resistente al agua hasta 10 metros, cuenta con un sensor GPS y control de voz, la resolución que tiene es 4K a 30fps cuadros por segundo, puede crear videos e imágenes de 1080p, incluye fotos en ráfaga, conector USB-C, grabación en RAW, cuenta con una estabilización digital de imagen, así como ajustes profesionales en la toma de las mismas, la resolución máxima con la que cuenta este dispositivo es de 12MP.

Servomotores Mg995: Fueron elegidos ya que su consumo de voltaje es de 5 Volts además de que cuenta con un alto torque de hasta 15 kilogramos. Es un actuador robusto, de alto rendimiento y compacto a demás es fácil su control.

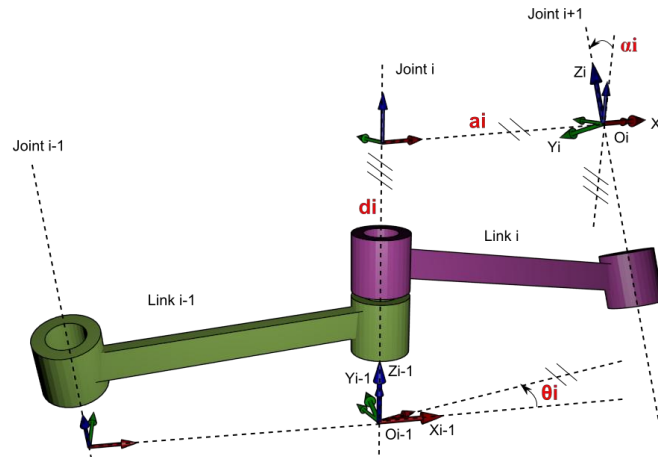
Sistema embebido: La comunicación entre el robot y la computadora se realiza a través de una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments denominada myRIO 1900, en esta misma se encuentra embebido el algoritmo de control del robot de 3GDL. Este sistema embebido fue elegido ya que cuenta con entradas y salidas en ambos lados del dispositivo en forma de conectores MXP y SMP. Incluye entradas y salidas tanto analógicas como digitales, cuenta con un procesador dual-core ARM Cortex-A9. Es una buena opción para el proyecto ya que los VIs se pueden implementar en un tiempo real y en FPGA.

Ley de control: La comunicación entre el robot y la computadora se realiza a través de una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments denominada myRIO 1900, en esta misma se encuentra embebido el algoritmo de control del robot de 3GDL.

Convención o metodología de Denavit-Hartenberg: La convención o metodología de Denavit-Hartenberg (DH) permite establecer la ubicación de los sistemas de referencia de los eslabones en los sistemas robóticos articulados, ya sean prismáticas o de revolución, con cadenas cinemáticas abiertas.

Jacques Denavit y Richard Hartenberg introdujeron esta convención en 1955 con el propósito de estandarizar la ubicación de los sistemas de referencia de los eslabones de un robot.

Parámetros D-H: Se trata de una metodología ampliamente utilizada que permite definir las transformaciones relativas entre eslabones con tan solo cuatro parámetros, siendo éste el número mínimo de parámetros para configuraciones genéricas, según se muestra en la siguiente figura:



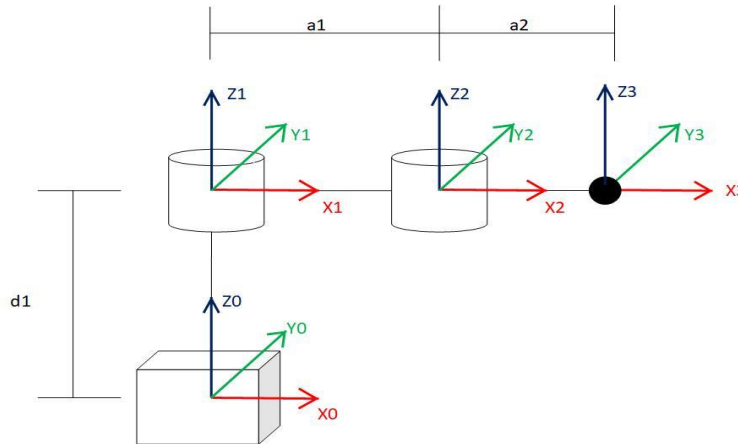
En general, un robot de n grados de libertad está formado por n eslabones unidos por n articulaciones, de forma que cada par articulación - eslabón constituye un grado de libertad. A cada eslabón se le puede asociar un sistema de referencia solidario a él y, utilizando las transformaciones homogéneas, es posible representar las rotaciones y traslaciones relativas entre los distintos eslabones que componen el robot. La matriz de transformación homogénea que representa la posición y orientación relativa entre los distintos sistemas asociados a dos eslabones consecutivos del robot se denomina A_i^{i-1} . Del mismo modo, la matriz $0A_k$, resultante del producto de las matrices A_i^{i-1} con i desde 1 hasta k , es la que representa de forma total o parcial la cadena cinemática que forma el robot con respecto al sistema de referencia inercial asociado a la base. Para poder crear la tabla de parámetros se hace lo siguiente:

Articulación	α	a	θ	d
	Angulo entre el eje $Z_i - Z_{i-1}$ sobre el plano perpendicular a X_i y el signo lo da la regla de la mano derecha	Distancia entre los ejes Z_{i-1} y Z_i , a lo largo de X_i y el signo lo define el sentido de X_i	Angulo que forman los ejes $X_i - X_{i-1}$ sobre el plano perpendicular a Z_i y el signo lo determina la regla mano derecha.	Distancia a lo largo del eje Z_{i-1} desde el origen del sistema S_{i-1} hasta la intersección del eje Z_i , con el eje X_i .

Con esta tabla se puede crear la tabla de transformación Homogénea la cual se compone de la siguiente manera:

$$A_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \text{Cos}\theta_i & -\text{Sen}\theta_i * \text{Cosa}\alpha_i & \text{Sen}\theta_i * \text{Sen}\alpha_i & a_i * \text{Cos}\theta_i \\ \text{Sen}\theta_i & \text{Cos}\theta_i * \text{Cosa}\alpha_i & -\text{Cos}\theta_i * \text{Sen}\alpha_i & a_i * \text{Sen}\theta_i \\ 0 & \text{Sen}\alpha_i & \text{Cosa}\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

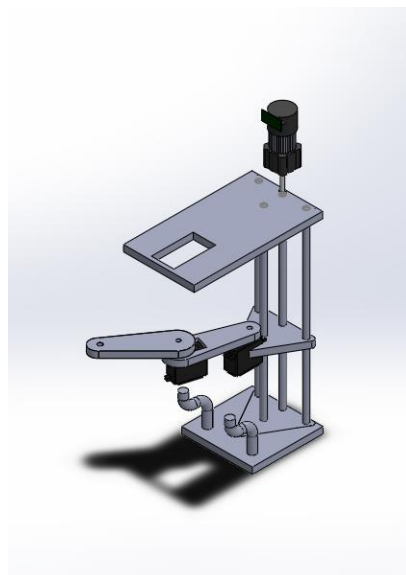
RESULTADOS



Articulación (i)	R_z (θ_i)	d_z (d i)	a_x (a i)	R (α_i)
1	0	d1	0	0
2	θ_2	0	a1	0
3	θ_3	0	a3	0

T30 =

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_2 + \theta_3) & -\sin(\theta_2 + \theta_3) & 0 & a_2 \cos(\theta_2 + \theta_3) + a_1 \cos(\theta_2) \\ \sin(\theta_2 + \theta_3) & \cos(\theta_2 + \theta_3) & 0 & a_2 \sin(\theta_2 + \theta_3) + a_1 \sin(\theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$




Simulación de un antebrazo para el robot.

La siguiente figura es un eslabón el cual representa el ante brazo del robot, dicha figura nos sirve para poder posicionarnos en el espacio, el cual tendrá un giro de 180° con medio círculo frontal
Propiedades del material

CONCLUSIONES

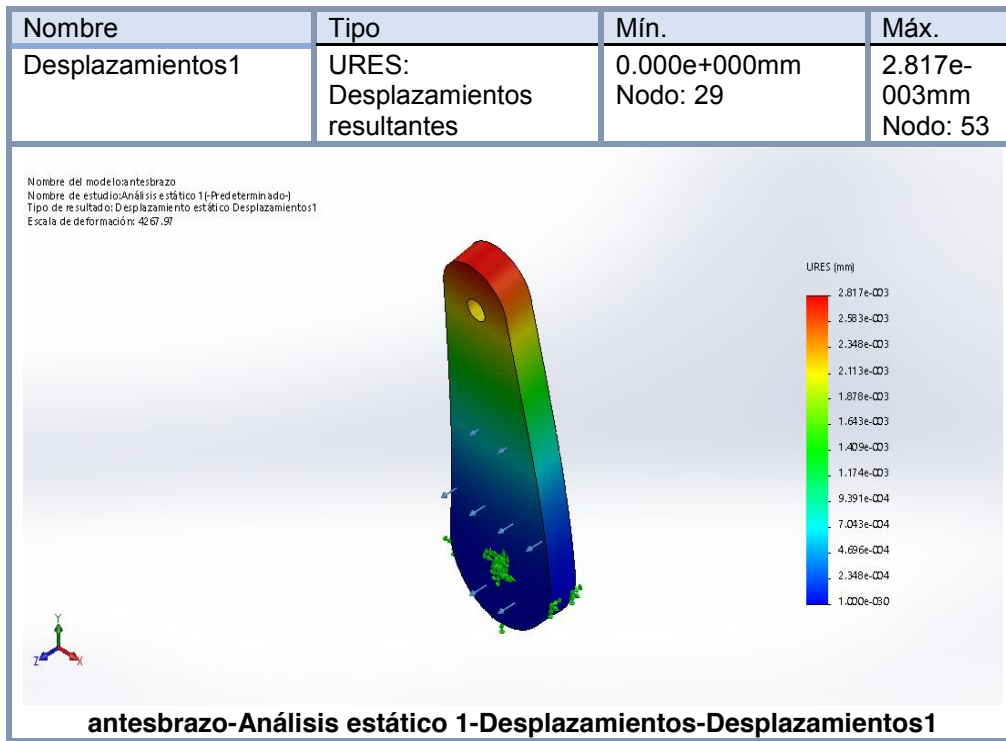
 <p style="text-align: center;">Nombre del modelo: antesbrazo Configuración actual: Predeterminado</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p style="text-align: center;">Cortar-Extruir3</p> 	Sólido	<p style="text-align: center;">Masa:0.0437527 kg Volumen:3.64606e-005 m³ Densidad:1200 kg/m³ Peso:0.428776 N</p>

Al tener los parámetros de Denavit – Hartenberg de la cinemática directa e inversa se pudo observar

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Acrílico (Impacto medio-alto)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 4.5e+007 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 7.3e+007 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 3e+009 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.35</p> <p>Densidad: 1200 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8.9e+008 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 5.2e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir3)(antesbrazo)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

que las revolutas finales tenían singularidad al tener codo arriba porque el grado de giro al estar completamente extendido tenía una infinidad de soluciones. Esto se solucionó usando el segundo eslabón como medio círculo frontal y de la misma manera el eslabón final. La plataforma que se eligió fue LabVIEW, fue elegido debido a su versatilidad con la plataforma y su capacidad de memoria

y tiempo de respuesta a la transmisión de datos. En conjunto este robot permite tener versatilidad para el uso de un gripper para el proceso de desoldar por medio de un caufín y una cámara GoPro HERO para el procesamiento de datos.



BIBLIOGRAFÍA

1. M. Berenguer Húngaro, "El reciclaje, la industria del futuro", Ciencia en su PC, 2006. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181322792005>> ISSN 1027-2887
2. L. Aguilera Hidalgo, " La basura electrónica y la contaminación ambiental", Universidad Tecnológica Equinoccial, 2010, disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/16/15>, 16pp, Vol. 1
3. S. Olukoya, "Ambiente: Nigeria bajo la basura electrónica, Noticias en Español, 2007
4. R. Moguer Guillermo, "Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México, 2008.
5. X. Elias, "Reciclaje de residuos industriales", 2009, 1294pp, 2da edición.

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA MANUFACTURA DE ALIMENTOS EN ETAPA DE SECADO DE JAMONCILLO DE LECHE CON ENFOQUE SISTÉMICO.

María Jannet Delgado Segura, Lilia García Azpeitia y José David Contreras Becerra

Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henrriquez Unidad Académica Lagos de Moreno. Itslm2014@outlook.com

RESUMEN

La confitería tradicional es un sector de las MIPYMES del estado de Jalisco, a nivel nacional representa un campo para la investigación aplicada ya que el 63% de la producción de estos alimentos se produce en Jalisco. Uno de estos productos es el "jamoncillo de leche" que representa el alimento de confitería de mayor producción en la región Altos Norte del estado. El objetivo de esta investigación tuvo la finalidad de conjuntar herramientas de ingeniería industrial con el procesamiento de alimentos, como parte de un proyecto multidisciplinario para el mejoramiento de la última parte del proceso del jamoncillo de leche previo al envasado, etapa de reposo del producto bajo condiciones ambientales no controladas ("costreado") que tiene una duración de hasta 18 horas. Se determinaron los parámetros de proceso en esta etapa y los valores permisibles para la formulación con base en la normatividad nacional de la secretaria de salud (SSA) y de organismos internacionales como el Codex alimentarius y FDA, ya que estas regulan de calidad e inocuidad en materia prima, insumos y equipos para la manufactura de alimentos. Se determinaron e interpretaron los requerimientos del cliente mediante herramienta de Despliegue de la Función de la Calidad (QFD) que permitiera considerar estos aspectos en el diseño del prototipo y se desarrollaron y aplicaron los procedimientos para la evaluación sensorial del producto procesado tradicionalmente para después poderlo comparar con el producto tratado en el prototipo de secado.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería industrial se encargan del análisis, la interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos y logísticos hacia la gestión, la implementación y el establecimiento de estrategias de optimización con el objetivo de lograr el máximo rendimiento de los procesos en la creación de bienes y/o la prestación de un servicio, como parte de una investigación es capaz de proporcionar herramientas para la toma de decisiones en áreas de su desempeño además se encarga de implementar procesos de producción y llevar a cabo proyectos que permitan el desarrollo de las actividades de forma productiva y eficiente mediante normas, conocimientos teóricos y prácticos que se aplican profesionalmente para disponer de las bases, recursos y objetos, materiales y los sistemas hechos por el hombre para proyectar, diseñar, evaluar, planear, organizar, operar equipos y ofrecer bienes, y servicios, con fines de dar soluciones a las necesidades que requieren las empresas.

De acuerdo al desarrollo de proyectos vinculados a empresas de este ramo de confitería realizados desde 2014, se determinó que dentro del proceso de secado tradicional, un equipo que estandarice esta etapa del proceso podría ser un secado en túnel por convección. En 2015 se participó en la convocatoria de Programa de estímulos a la Innovación de CONACYT obteniendo una evaluación satisfactoria, sin embargo se terminó el recurso económico en Jalisco y no se otorgó el financiamiento de 1, 500 000 para el desarrollo del secador industrial.

Se consideró necesario continuar con la investigación para el desarrollo del secador por convección, solo que en etapas secuenciales desde el prototipado hasta la construcción del equipo y su validación. Siendo inicialmente necesaria la evaluación de la formulación del producto basado en la regulación nacional e internacional y especificaciones de exportación; posteriormente la determinación de parámetros del secado tradicional (tiempo, temperatura y humedad relativa); establecer los requerimientos del cliente interno (área de envasado) para el producto "costreado", mediante el despliegue de la función calidad (QFD); posteriormente desarrollar el procedimiento para la evaluación sensorial del producto bajo el secado tradicional y finalmente se realizar el diseño de experimentos y el ensayo en el prototipo, con un análisis estadístico al 95 % de confianza.

Solo se incluyen algunos de los resultados que se obtuvieron al realizar la investigación multidisciplinaria.

TEORÍA

De acuerdo a la norma oficial los “Dulces a base de leche”, son productos elaborados mediante tratamiento térmico de la leche y edulcorantes, pudiendo ser adicionados de aditivos e ingredientes opcionales. Se considera a los productos: caramelos, chicloso, jamoncillos, a aquellos que deben tener una baja humedad menos del 12% (NOM 185 SSA1, 2002).

Uno de los dulces tradicionales de México que más se consumen es el jamoncillo. En los estados de Puebla, Veracruz y otros del centro de México se elaboran con semillas de calabaza y piñón y se le da forma de barra de dos colores.

El Instituto de Alimentos de EEUU (IFT), define la evaluación sensorial como “la disciplina utilizada para medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los cinco sentidos; vista, olfato, gusto, tacto y oído (Hernández, E. 2005). La evaluación sensorial, es importante para la industria de alimentos, principalmente para los encargados de la estandarización proceso y productos, para los encargados de la producción y promoción de los productos alimenticios, ya que deben conocer la metodología apropiada, que les permita evaluar, y de esta manera tener competitividad en el mercado (Hernández, E. 2005).

Es un factor primordial en el estudio de alimentos ya que no existe ninguna otra herramienta instrumento que pueda reemplazar la respuesta humana. La secuencia de percepción que tiene un consumidor hacia un alimento: 1) Color, 2) Olor, 3) Textura percibida por el tacto, 4) Sabor, 5) Sonido al ser masticado e ingerido (Malagón, D. 2007).

Por otra parte la herramienta de QFD se conoce “como la voz del cliente” y también como “la casa de la calidad”. Se pregunta por la verdadera calidad; por “QUÉ” necesitan y esperan del servicio o el producto los clientes, se interroga por “CÓMO” conseguir satisfacer necesidades y expectativas, lo que conduce a la cuestión de cómo diseñar el servicio o producto para que responda a la calidad esperada. Esta metodología se centra en brindar valor a través de buscar necesidades del cliente tanto explícitas como implícitas, traducir estas necesidades en acciones o diseños. El QFD facilita a una organización entender la prioridad de las necesidades de sus clientes, ya que permite obtener información sobre los aspectos del servicio en los que hay que centrarse, encontrando respuestas innovadoras a esas necesidades mediante la mejora continua de los productos y servicios (Mejías, A. 2009).

Esta metodología sirve para: Identificar las necesidades y expectativas de los clientes, tanto externos como internos. Priorizar la satisfacción de estas expectativas en función de su importancia. Focalizar todos los recursos, humanos y materiales, en la satisfacción de dichas expectativas. Consta de ocho pasos que conllevan desde:

1. Fijación de los objetivos; es necesario fijar “a qué se va a aplicar la metodología QFD” mediante una definición clara y concreta, y que ésta sea entendida y compartida por los participantes.
2. Establecimiento de la lista de expectativas a satisfacer “QUÉS”; es conveniente establecer una sesión de tormenta de ideas en la que participen un grupo interdisciplinar.
3. Asignar coeficientes de peso a los “QUÉS”; Para jerarquizar los “Qués” se utilizan unas escalas de pesos.
4. Evaluación de productos o servicios ofertados por la competencia; es evidente que conviene ver si los productos o servicios ofertados por la competencia incorporan esos “QUÉS” y qué grado de excelencia tienen.
5. Establecimiento de “CÓMOS” con los que podremos satisfacer los “QUES”
6. Análisis de los “CÓMOS”; se estudia si existe alguna correlación entre los “CÓMOS”.
7. Establecimiento de una matriz entre los “QUÉS” y los “CÓMOS”; valorar la influencia que tienen los distintos “QUÉS” en la obtención de los distintos “CÓMOS”.
8. Cuantificar objetivos de los “CÓMOS”.
9. Puntuación final y análisis (Ruiz, A. 2014).

PARTE EXPERIMENTAL

Bajo la premisa de contar con información relevante de un estudio realizado en un lapso de 1 año y 6 meses en tres fábricas de del ramo de éste producto, se realizó la siguiente metodología:

Como primera parte se evaluó el producto con base a las normas nacionales: normas de la secretaría de salud: NOM 251 SSA y NOM 185 SSA, en las cuales se obtuvo información relevante en cuanto al jamoncillo de leche, general como en las prácticas de higiene en productos de grado alimenticio y de normas internacionales de los alimentos, Organización de las Naciones Unidas Para La Alimentación y Las Naciones Unidas (CODEX) y se gestionaron las normas internacionales, U.S. Food Y Drug (FDA), en las cuales ninguna norma está dirigida a él jamoncillo de leche de igual manera ninguna en relación con la confitería tradicional.

Determinación de las condiciones de proceso con base en los parámetros y lineamientos normados para la manufactura de estos productos. Se integró la tabla de definición y dimensiones de control de características fisicoquímicas del producto, donde se enlistan los parámetros de temperatura, color, textura y humedad en malaxado con valores mínimos y máximos. Considerando como variables independientes a controlar: tiempo, temperatura, presión de vapor, revoluciones por minuto (RPM) y flujo de agua, por lo que se presentan para las fases del proceso malaxado

Posteriormente se determinaron los requerimientos del cliente (área de envasado) para el producto "costreado", mediante el despliegue de la función calidad Quality Function Deployment (QFD). Primero se fijó el objetivo / Jerarquización del cliente. Posteriormente se estableció la lista de expectativas a satisfacer, QUE'S. Asignación del coeficiente de peso a los QUE'S; evaluación de los productos o servicios ofertados por la competencia. Establecimiento de los COMO'S con los QUE'S se pueden satisfacer los QUE'S fijados anteriormente, y su análisis de los COMO'S. Establecimiento de la matriz de relaciones entre QUE'S y COMO'S. Cuantificar objetivos de los COMO'S y finalmente Realizar la valoración final y el análisis.

Como cuarta etapa se desarrolló el procedimiento para la evaluación sensorial del producto bajo el secado tradicional. Para lo que se analizaron los métodos de evaluación sensorial. Selección de los jueces semi- entrenados. Elaboración del procedimiento. Aplicación del estudio de evaluación sensorial.

RESULTADOS

Se realizó la búsqueda en organismos internacionales como lo fue CODEX y FDA, en los cuales no se encontró información que se relacionara con el jamoncillo de leche ni de la confitería tradicional, de igual manera se realizó la búsqueda en organismos nacionales como la Secretaria de Salud, obteniendo información referente en dos normas referentes a productos lácteos, jamoncillo y prácticas de higiene; obteniendo así parámetros que se deben tener en la manufactura de productos de grado alimenticio.

Además se cuenta con análisis previos del proceso del jamoncillo y de la producción del mismo tanto nacional como la que se exporta en algunas empresas de confitería. En cuanto al proceso de elaboración del jamoncillo analizado durante un año en una empresa de confitería, cuya venta es nacional y exportación a Estados Unidos se consideraron parámetros críticos la temperatura (42-49°C, para pasta y de 53-57°C para malaxado) y el tiempo de proceso.

La característica de porcentaje de humedad encontrada tiene un valor de 8.0% mínimo y 9.0% máximo, al compararse ante la norma oficial mexicana NOM-185-SSA1-2002, clasifica a dulce de leche tipo jamoncillo como un producto de baja humedad (menos del 12 %) o endurecidos al igual que al caramelo, chicloso, entre otros, por lo que cumple con la especificación y como parámetros microbiológicos: coliformes totales (UFC/g)=10, Staphylococcus aureus UFC/g<100 y Salmonella spp. en 25g= ausencia.

En el secado tradicional como se mencionó se coloca el producto en charolas bajo una humedad relativa en promedio de 32-75 % y una temperatura de 17-25 C. De igual manera al caracterizar el producto en la fase de secado. Se establecieron propiedades fisicoquímicas de "jamoncillo".

Se realizó un estudio no formal de la pérdida de peso del jamoncillo en las diferentes presentaciones en una empresa cuya principal línea de producción fue el jamoncillo de leche, se determinó la pérdida de peso durante 25 horas durante el secado tradicional. Y se encontró en promedio que fue alrededor de 0,75% por pieza de jamoncillo.

Respecto a QFD se analizaron de igual manera artículos de aplicación del mismo. A continuación se muestran 3 de ellos. El Primero tenía como propósito presentar el desarrollo de la metodología QFD, sus beneficios y limitaciones. Ya que no sólo es importante conocer su desarrollo sino también ser consciente de los beneficios y limitaciones en el momento de aplicarla. En el segundo para realizar

la evaluación, se recurrió a una guardería que recibe a niños entre 1 y 5 años, de clase media. Preguntando a 12 niños del aula de 4 a 5 años y a sus madres, sobre cuáles deberían ser las características de un disfraz ideal, obteniendo respuesta a los QUE'S y los COMO'S, y por último obtener así los resultados del QFD. Y el tercero utiliza la casa de la calidad, en la cual se considera no sólo los aspectos inherentes a las relaciones entre los requerimientos del cliente y las características del producto, sino también las relaciones entre las características de éstos y sus procesos. Los resultados alcanzados permitieron determinar las características y técnicas más importantes para el cliente, así como de los procesos del embotellado de refrescos para garantizar la satisfacción de sus clientes, mostrando así la utilidad que la aplicación del QFD tiene como herramienta para la mejora continua y dar un enfoque de orientación al cliente.

A un nivel general nuestro producto en relación a la competencia es superior en un 12%, el factor de éxito en la venta es definido como el primer punto "Que el dulce no pierda las propiedades de consistencia, olor, aroma y sabor", donde la competencia tiene un 60% de calificación superior a la que se tendrá en nuestro producto. Sobre este planteamiento, el Cómo relacionado se calificó como Completamente Factible, y obtuvo una puntuación alta, es decir que se relaciona con los que en forma directa, así que si queremos tener oportunidades reales en el mercado, debemos trabajar en "que el dulce no pierda las propiedades de consistencia, olor, aroma y sabor", sin perder el resto de atributos.

Dentro de los métodos de evaluación sensorial, se seleccionaron dos pruebas correspondientes, se sabe que los jueces pueden ser entrenados, semi entrenados y no entrenados es por ello que se seleccionó como primera prueba, la prueba descriptiva, análisis descriptivo, perfil de sabor y textura para obtener de esta manera algunas características que caractericen al jamoncillo de leche según nuestros jueces semi entrenados. Como segunda prueba se seleccionó una prueba discriminativa de diferenciación triangular, esta para evaluar si se encuentra significancia en el jamoncillo de leche por secado tradicional vs. El jamoncillo de leche por secado por convección esto pues para determinar si el dulce sufre alguna alteración debido al secado por convección. De acuerdo a los resultados tabulados, se puede decir que el jamoncillo de leche presenta un sabor moderadamente dulce. Presenta atributos de textura; de dureza moderada, no presenta adhesividad y en cuanto al flavor percibido moderadamente (figura 1).

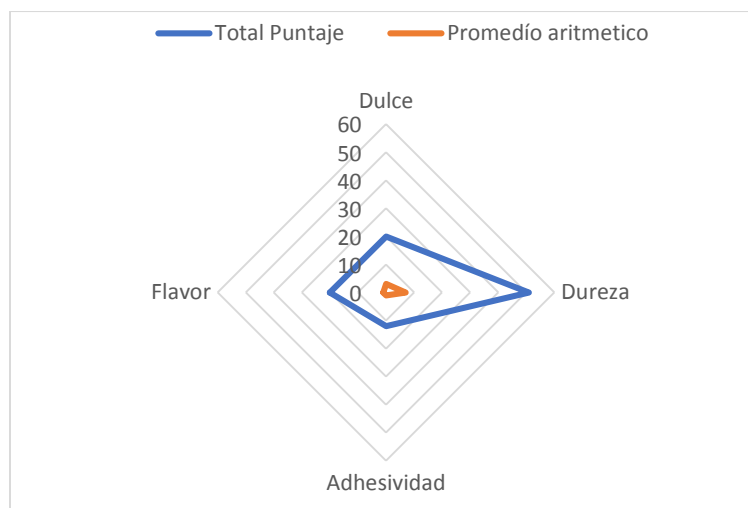


Figura 1: resultados de la evaluación sensorial.

CONCLUSIONES

El realizar este proyecto permitió determinar los requerimientos del cliente interno en el proceso de secado y validar las variables de proceso de secado por convección del prototipo necesarias para su desarrollo. Permitiendo una validación estadística y tener las recomendaciones de materiales

normados, necesarios para continuar con la segunda y tercera etapa consistentes en el escalamiento industrial del equipo y la construcción; etapas ajenas a este proyecto.

La aplicación de las herramientas de ingeniería industrial dentro del prototipo del secador por convección fueron esenciales para el desarrollo del mismo, ya que de la ingeniería industrial podemos obtener desde la voz del cliente mediante el QFD, los parámetros permisibles para la formulación del jamoncillo nacionales e internacionales por medio de las normas de la secretaria de salud, Codex y FDA oficiales y vigentes, puesto que estas control tanto de calidad en materia prima e insumos y equipos para la manufactura del jamoncillo, el desarrollo de procedimientos para un control y registro, y que esto sea medible mediante las estadísticas en este caso el diseño de experimentos y el ANOVA, de igual manera en el análisis financiero nos dio que es un proyecto rentable ya que generara ganancias y se garantizara un número de jamoncillos secados mediante el secador por convección.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández, E. (2005) Evaluación sensorial, Universidad Nacional Abierta Y Adistancia – UNAD.
2. Malagón, D (2007) Estandarización y validación de formulaciones base para confitería en caramelo duro y blando para la aplicación de agentes saborizantes en Disaromas S.A. UNIVERSIDAD DE LA SALLE.
3. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-185-SSA1-2002, Productos Y Servicios. Mantequilla, Cremas, Producto Lácteo Condensado Azucarado, Productos Lácteos Fermentados Y Acidificados, Dulces A Base De Leche. Especificaciones Sanitarias. Secretaria De Salud.
4. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/185ssa12.html>
5. Ruiz, A. (2014) Despliegue de la función calidad (QFD). Universidad Pontificia de Madrid.

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE HILOS DE QUITOSANO PARA USO EN APLICACIONES BIOMÉDICAS (DISPOSITIVO DE LIBERACIÓN CONTROLADA DE FÁRMACOS)

Isela Fernanda Rodríguez Cabrera, Ida Olivia Rivera-Debernardi, Isabel Delgadillo-Holtfort, José Jorge Delgado García, Argelia Rosillo De La Torre.

Universidad de Guanajuato, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León.

RESUMEN

El quitosano es un copolímero abundante en la naturaleza que presenta propiedades tales como excelente capacidad de adsorción, biocompatibilidad y biodegradabilidad, entre otras, las cuales lo vuelven atractivo como material para distintas aplicaciones, siendo una de estas un dispositivo de liberación controlada de fármacos.

Las fibras o hilos, son una geometría poco explorada para la aplicación en cuestión. Es por ello que se decide sintetizar un hilo de quitosano empleando técnicas microfluídicas. Utilizando capilares de diámetro conocido en el chip y variándose las velocidades de flujo de los fluidos implicados en la síntesis, se tiene control sobre el diámetro del hilo; también es posible obtener muestras de diferentes pesos moleculares. En este trabajo se lleva a cabo la caracterización mecánica de los hilos por medio de ensayos de tensión hasta ruptura, utilizando una máquina de esfuerzos a escala compuesta por un motor a pasos y una celda de carga. De los diagramas esfuerzo-deformación resultantes se cuantifica la rigidez del material mediante el cálculo del módulo de Young para distintos parámetros tales como las velocidades de flujo en la síntesis y el peso molecular del quitosano. Como resultado se puede observar un cambio en el módulo de Young para distintas velocidades de flujo, que correspondería con una mayor alineación en las fibras del material. Esto tiene como fin el conocer sus propiedades fisicoquímicas y así realizar un análisis en conjunto de estas características y plantear un modelo que permita acoplar idóneamente un fármaco para liberación controlada dentro del cuerpo.

INTRODUCCIÓN

El quitosano es un copolímero lineal de unidades repetitivas de D-glucosamina, la cual es la unidad predominante y N-acetil-glucosamina, unidas por enlaces glicosídicos β (1-4) (Fig 1) [1].

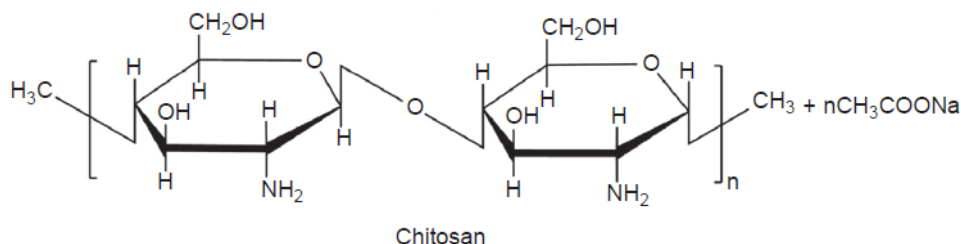


Fig. 1. Estructura química del quitosano. [14]

El quitosano es obtenido de la desacetilación parcial de la quitina, la cual es el segundo polisacárido más abundante de la naturaleza, después de la celulosa, este biopolímero se encuentra en los exoesqueletos de crustáceos, insectos e incluso en la pared celular de algunos hongos [2]. La presencia de los grupos funcionales amino e hidroxilos en la estructura del quitosano, lo provee de propiedades interesantes como excelente capacidad de adsorción, biocompatibilidad [3], biodegradabilidad, baja toxicidad, es además buen hemostático, fungistático y bactericida [1].

Estas propiedades permiten el procesamiento del polímero en distintas geometrías como nanopartículas y micropartículas, soportes, esponjas, hidrogeles, perlas, hilos y otras formas [4]. Algunas de las aplicaciones de dichas geometrías son apósitos, excipiente de tabletas [5], liberación controlada de fármacos [6], geles con antibiótico [7], encapsulamiento de genes, proteínas y péptidos [11].

Los métodos comúnmente usados para la síntesis de las distintas geometrías enunciadas son: técnicas basadas en emulsiones, gelación iónica, coacervación/precipitación [10].

La microfluídica es una técnica novedosa que manipula una cantidad pequeña de fluido empleando un chip compuesto de canales con dimensiones de décimas de micrómetros, por los cuales fluye el polímero que se procesará, dependiendo del arreglo de los canales, se puede obtener la estructura deseada [8]. El uso de esta técnica tiene varias ventajas, entre estas, mayor control sobre la dinámica de los fluidos y aumento en la transferencia de masa y calor al maximizarse el área superficial del polímero procesado [9], siendo apta para aplicaciones biomédicas al manipular volúmenes muy pequeños con gran eficiencia.

En este trabajo se emplean técnicas microfluídicas para sintetizar un hilo de quitosano para su uso en aplicaciones biomédicas como dispositivo de liberación controlada de fármacos, empleando quitosano de pesos moleculares distintos, alto y medio, se llevaron a cabo ensayos de tensión hasta fractura para caracterizar propiedades mecánicas como la rigidez y el comportamiento viscoelástico del material.

TEORÍA

Cuando se aplican fuerzas externas sobre un material, se generan esfuerzos debido a las fuerzas internas del mismo. El esfuerzo se define como la resistencia que ofrece una unidad de área de sección transversal a una fuerza externa aplicada:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

donde σ es el esfuerzo unitario (N/m^2), F es la magnitud de la carga externa aplicada (N) y A es el área de sección transversal del objeto de estudio [12]. Para cuantificar el cambio en la longitud se utiliza la deformación unitaria

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2)$$

que es la deformación total del objeto, δ , entre la longitud original, L . Las ecuaciones (1) y (2) son válidas en el caso de esfuerzos uniformes y materiales homogéneos y la gráfica de que las relaciona se conoce como diagrama esfuerzo-deformación [13].

Los materiales elásticos pueden recuperar su forma original después de someterse a deformación por una fuerza externa, dentro del llamado límite elástico. Su diagrama esfuerzo-deformación es una línea recta. Si la carga excede el llamado esfuerzo de fluencia, se presenta deformación plástica. La pendiente de la recta en el diagrama se conoce como módulo de elasticidad (E) (4) y es un indicador de la rigidez del material.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

La curva de esfuerzo-deformación obtenida presenta dos regiones de comportamiento distinto.

En sólidos, cuando se observa un comportamiento de esfuerzo-deformación no lineal, es común suponer una ecuación constitutiva de ley potencial o "power law" [15]. En nuestro caso, creemos que el comportamiento no lineal representa la alineación de las fibras del polímero y puede ajustarse mediante este tipo de ecuación de ley de potencia (5). El mismo valor de potencia observado en todas las curvas de ajuste, 1.66 en promedio, cumple el principio de equipresencia requerido para ecuaciones constitutivas [16] y nos da confianza en el uso del modelo de ley de potencial propuesto. El comportamiento lineal puede ajustarse mediante la ecuación (6).

$$\sigma = E_{nl}\varepsilon^n \quad (5)$$

$$\sigma = E_l\varepsilon \quad (6)$$

PARTE EXPERIMENTAL

MATERIALES

El quitosano fue comprado de Sigma-Aldrich de peso molecular medio (190-310 kDa) y alto (310-375 kD). El ácido acético glaciar grado analítico e hidróxido de potasio grado técnico fueron comprados también de Sigma-Aldrich.

MÉTODOS

-Preparación de solución de quitosano

La solución de quitosano de concentración 1.5 % (p/v) se preparó disolviendo quitosano en ácido acético 5 % (v/v). Las soluciones se dejaron en reposo durante 24 horas para eliminar las burbujas de aire.

-Arreglo microfluídico

Se planteó un arreglo microfluídico (Fig. 2) para la síntesis de hilos de quitosano. Este consiste en un portaobjetos con tubería de teflón (Cole-Parmer, diámetro interno de 1.42 mm) adherida a él usando pegamento epóxico de secado rápido. Se unen dos canales: el primero (canal superior de la figura 2) se conecta al segundo mediante una aguja de diámetro interno de 0.84 mm. En la figura 2 se observa una fotografía de la aguja insertada en el canal. Los flujos empleados en la obtención de hilos se controlaron con bombas perfusoras marca Cole-Parmer, una bomba para cada canal del arreglo microfluídico.

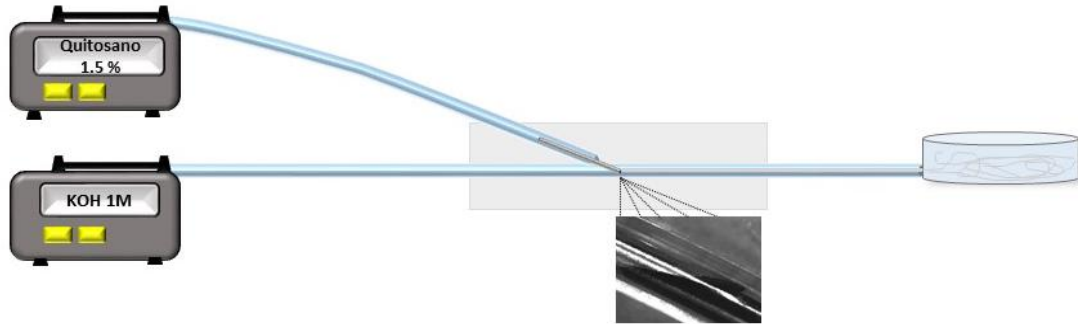


Figura 2. Arreglo microfluídico. A la izquierda, dos bombas perfusoras se utilizan para bombear hacia el chip (mostrado en el centro), las soluciones de quitosano y KOH. La foto muestra el momento de salida del quitosano de la aguja dentro del chip. Posterior a la salida del quitosano, un tramo de tubería lleva el hilo formado a un baño básico.

-Síntesis de hilos de quitosano

Para la síntesis de hilos de quitosano se utiliza el arreglo microfluídico anteriormente especificado (Fig. 2). El canal principal contiene hidróxido de potasio 1.0 M y el secundario solución de quitosano 1.5 % (p/v). Cada canal se conecta a una bomba perfusora, la cual controla las velocidades de flujo empleadas para la obtención de hilos de acuerdo con la Tabla 1.

Velocidad de flujo de quitosano (ml/min)	5.0	3.0	0.5	0.3
Velocidad de flujo de KOH (ml/min)	1.0	1.0	0.3	0.3

Tabla 1. Velocidades de flujo empleadas en el canal principal (KOH) y secundario (quitosano) para la formación de hilos.

Al unirse los flujos, el quitosano comienza a gelificar conservando el diámetro establecido por la aguja. Se deja un tramo de tubería posterior a la salida del quitosano que permite la neutralización y gelificación de la pared del hilo. Esto evita conglomeraciones del hilo en el baño colector que contiene también hidróxido de potasio 1 M. Los hilos se dejan en reposo por 24 horas; posteriormente se enjuagan y almacenan en agua deionizada.

- Caracterización mecánica

La caracterización mecánica se llevó a cabo en una máquina de esfuerzos a escala compuesta por un motor a pasos Thorlabs MTS25X y celda de carga marca Futek LB200. Se realizaron ensayos de tensión hasta ruptura usando porciones de 2 cm. de hilo de quitosano. Las muestras se sometieron a una deformación progresiva de manera lenta (velocidad de 0.03 mm/s). Se alcanzó el punto de fractura y se registraron los valores de esfuerzo y deformación máximos.

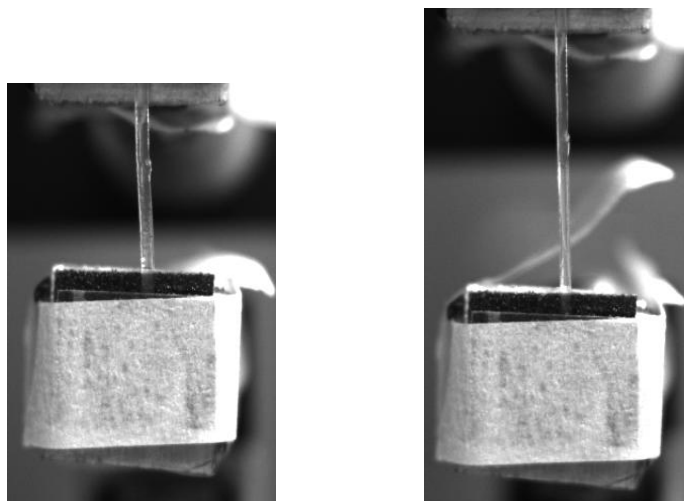


Figura 3. Montaje de hilo al inicio de una prueba de tensión (izquierda) y elongación del hilo (derecha).

RESULTADOS

-Síntesis de hilos de quitosano por técnica de microfluídica

Se obtuvieron ocho tipos de muestras distintas de acuerdo a la Tabla 2.

Muestra	Velocidad de flujo de quitosano (ml/min)	Velocidad de flujo de hidróxido de potasio (ml/min)	Diámetro (mm)
H-1	5.0	1.0	0.91
H-2	3.0	1.0	1.06
H-3	0.5	0.3	0.75
H-4	0.3	0.3	0.70
M-5	5.0	1.0	1.02
M-6	3.0	1.0	0.92
M-7	0.5	0.3	0.92
M-8	0.3	0.3	0.70

Tabla 2. Muestras obtenidas de síntesis de hilos de quitosano. Muestras con prefijo "H" se constituyen de quitosano de peso molecular alto y muestras con prefijo "M" se constituyen de quitosano de peso molecular medio.

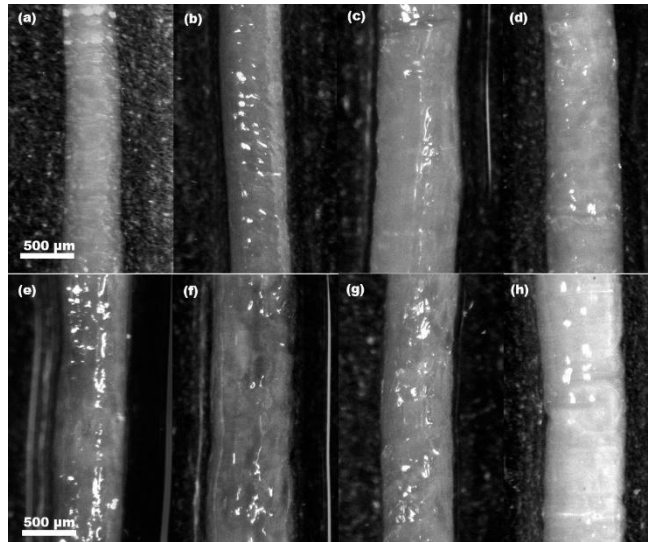


Figura 4. Hilos de quitosano obtenidos por técnica microfluídica a distintas velocidades de flujo. (a) H-4. (b) H-3. (c) H-2. (d) H-1. (e) M-8. (f) M-7. (g) M-6. (h) M-5. La escala en todas las muestras es de 500 μm .

La tabla 2 muestra los diámetros obtenidos dependiendo la velocidad de síntesis. No existe gran variación entre muestras ($\pm 0.15\text{mm}$). Las muestras sintetizadas a velocidad alta (H-1, H-2, M-5, M-6) presentan un diámetro mayor, lo cual nos indica que existe hinchamiento del hilo. Las muestras sintetizadas a velocidad baja (M-8, M-7, H-4, H-3) presentan un diámetro menor al de la aguja (0.84 mm). El peso molecular no tuvo influencia en el diámetro de los hilos independientemente de la velocidad empleada en la síntesis.

Los hilos obtenidos presentan cierta rugosidad e imperfecciones superficiales (Figura 4). Las imperfecciones superficiales visibles aumentan en los hilos de peso molecular medio.

-Caracterización mecánica

Las propiedades mecánicas obtenidas de las distintas muestras son:

Muestra	Esfuerzo máximo promedio (kPa)	Deformación máxima promedio (%)	Módulo de Young no lineal promedio (kPa)	Módulo de Young lineal promedio (kPa)	Exponente n
H-1	49	68	82	110	1.76
H-2	45	94	58	60	1.57
H-3	46	69	79	90	1.59
H-4	38	82	53	55	1.50
M-5	22	53	52	55	1.75
M-6	34	76	59	60	1.67
M-7	14	53	46	36	1.73
M-8	43	99	55	57	1.67

Tabla 3. Propiedades mecánicas de hilos de quitosano.

La tabla 3 muestra los distintos parámetros resultantes de las pruebas de tensión hasta ruptura. La poca variación del exponente indica que se trata del mismo material en todos los casos. El peso molecular no influye en este parámetro.

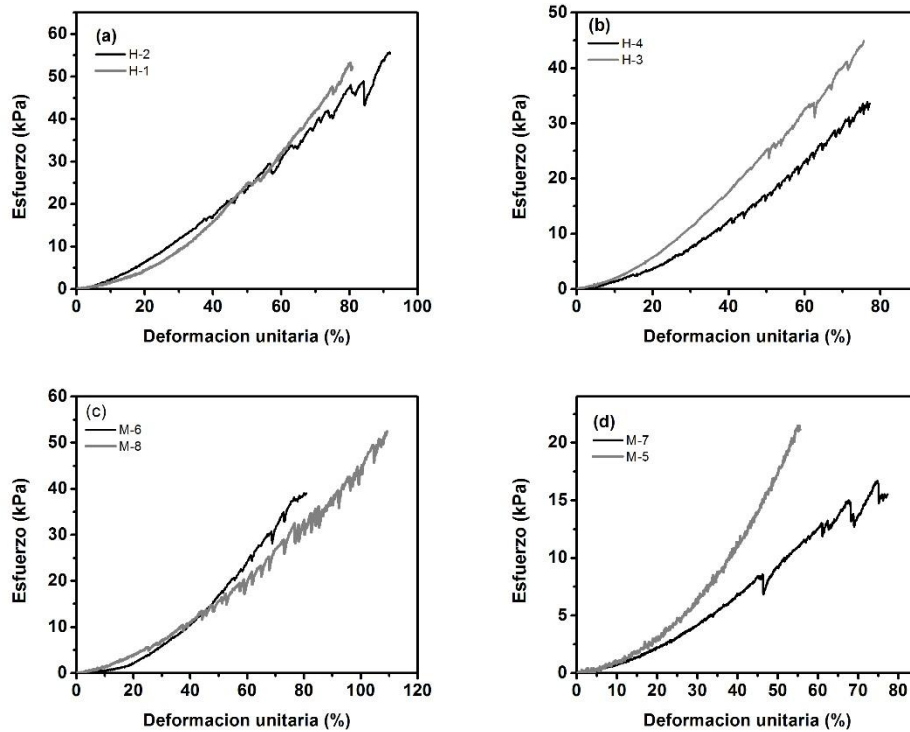


Figura 5. Diagramas Esfuerzo-Deformación de distintas muestras de hilos de quitosano. (a) H-2,H-1. (b) H-4,H-3. (c) M-6,M-8. (d) M-7,M-5.

La curva muestra dos regiones de comportamiento distinto. La primera región exhibe un comportamiento no lineal (cóncavo hacia arriba). Aquí el material se deforma y las cadenas del polímero comienzan a alinearse. La segunda región de la curva muestra un comportamiento lineal con picos. A estas deformaciones, el material ya se encuentra alineado y las cadenas del polímero comienzan a deslizarse unas entre otras (picos mostrados en la curva) llegando finalmente a la ruptura. Las muestras de peso molecular alto (Figura 5.a, 5.b) resisten esfuerzos mayores, posiblemente debido a un aumento en la alineación de las cadenas poliméricas que no ocurre tan fácilmente a peso molecular medio. En contraste, las muestras de peso molecular medio (Figura 5.c, 5.d) soportan deformaciones mayores que las muestras de peso molecular alto; posiblemente debido a que estas cadenas poliméricas se encuentran en mayor desorden y no son tan frágiles como las supuestamente ordenadas a pesos moleculares altos.

Las velocidades de síntesis influyen en la alineación del material. Velocidades altas favorecen la alineación del material. En contraste, con velocidades bajas las cadenas poliméricas se mantienen más desordenadas.

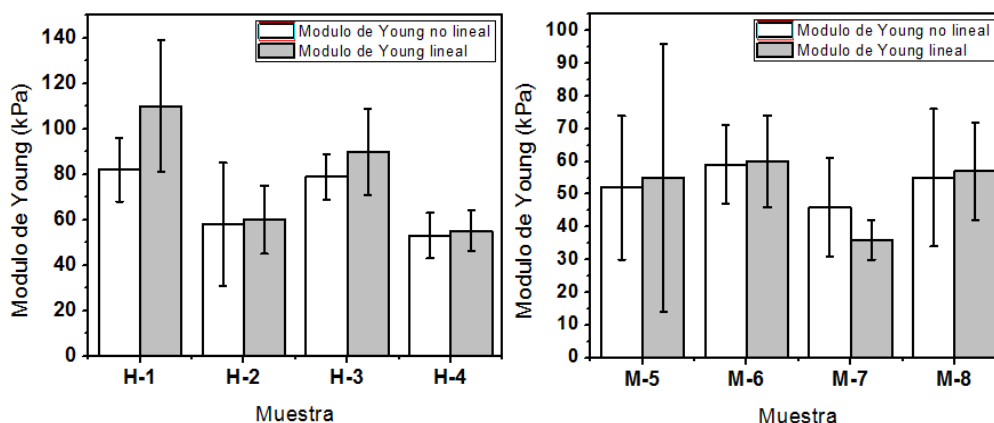


Figura 6. Gráficos de barras de muestras de peso molecular alto (H) y peso molecular medio (M). Comparación de Módulo de Young no lineal y lineal entre muestras del mismo peso molecular.

Los módulos de Young reflejan la rigidez del material (Figura 6). Muestras de peso molecular medio son materiales más suaves. Los módulos de Young obtenidos de dichas muestras, tanto lineal como no lineal, no sobrepasan los 60 kPa. El valor de los módulos, mayores para muestras de peso molecular alto, también sugiere que dichas muestras presentan con la deformación mayor alineación del material.

CONCLUSIONES

Se logró sintetizar hilos de quitosano de peso molecular alto y medio a distintas velocidades de síntesis. El diámetro de los hilos presentó una variación de ± 0.15 mm respecto al diámetro establecido por la aguja (0.84 mm). Los hilos presentan cierta rugosidad que es visualizada en las micrografías (Figura 4). La caracterización mecánica permitió visualizar el comportamiento elástico de los hilos y cuantificar la rigidez del material. Los diagramas de esfuerzo-deformación muestran la componente viscosa y elástica del hilo, en todas las muestras se notan dos regiones en la curva, una primer región no lineal y una segunda región lineal. La región no lineal corresponde al material siendo deformado y como consecuencia ordenamiento de las cadenas poliméricas. La región lineal corresponde al material ya ordenado y alineado. Los picos de esta región representan las cadenas poliméricas cediendo y deslizándose entre ellas, contribuyendo a la ruptura del material. Muestras de peso molecular alto soportan esfuerzos mayores. Muestras de peso molecular medio resisten mayores deformaciones. La rigidez de hilos varía dependiendo del peso molecular y de la velocidad de síntesis empleada. El uso de velocidades rápidas y peso molecular alto en la síntesis favorece la alineación del material. Los módulos de Young resultantes de muestras de peso molecular medio van de los 45-60 kPa dependiendo del tipo de muestra; similar al módulo de Young del músculo supraespinoso humano que va de los 30-50 kPa[17]. Los módulos de Young resultantes de muestras de peso molecular alto van de 50-110 kPa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rinaudo, M. "Chitin and chitosan: properties and applications.", Progress in Polymer Science. Vol. 31, 2006, pp. 603-63.
2. Rudall, K.M. "Chitin and Its Association With Other Molecules." J. Polym. Sci. Part C-Polym. Symp. Vol. 28, 1969, pp. 83-102.
3. Muzzarelli, R., Muzzarelli, C. "Chitosan chemistry: relevance to the biomedical sciences." Polysaccharides I. Vol. 186. 2005, pp. 1-67.
4. Barbosa, MA., Goncalves, IG., Moreno, PMD., Goncalves, RM., Santos, SG., Pego, AP., Amaral, IF. "Chitosan." Comprehensive Biomaterials II. Vol 2. 2017, pp. 279-305.
5. Sawayanagi, Y, Nambu, N., Nagai, T. "Directly compressed tablets containing chitin or chitosan in addition to lactose or potato starch." Chem. Pharm. Bull. Vol. 30. 1982, pp. 2935-2940.

6. Nagai, T., Sawayanagi, Y., Nambu, N. "Applications of chitin and chitosan to pharmaceutical preparations." Chitin, Chitosan Related Enzymes. 1984, pp. 21–39.
7. Aranaz, I., Harris, R., Navarro-Garcia, F., Heras, A., Acosta, N. "Chitosan based films as supports for dual antimicrobial release." Carb. Polym. Vol 146. 2016, pp. 402-410.
8. Fontana, F., Ferreira, M., Correia, A., Hirvonen, J., Santos, H. "Microfluidics as a cutting-edge technique for drug delivery applications." Journal of Drug Delivery Science and Technology. Vol 34. 2016, pp. 76-87.
9. Whitesides, GM. "The origins and the future of microfluidics." Nature 442. Vol. 7101. 2006, pp. 368- 373.
10. S.A. Agnihotri, N.N. Mallikarjuna, T.M. Aminabhavi, "Recent advances on chitosan-based micro- and nanoparticles in drug delivery." J. Control Release. Vol. 100. 2004, pp. 5–28.
11. Saad, A., Mathai, T., Kranthi, R., Sujata, S., Amit, A., Ira, B. "Chitosan as biomaterial in drug delivery and tissue engineering". International Journal of Biological Macromolecules. 2017. Article in Press.
12. Beer, F., Johnston, J. and DeWolf J., *Mechanics of Materials* (McGraw-Hill, USA, 2001).
13. Fitzgerald, R., *Mecánica de Materiales* (Alfaguara, México, 2002).
14. Vunain, E., Mishra, A.K., Mamba, B. B. "Chitosan Based Biomaterials. Chapter 1. Fundamentals of chitosan for biomedical applications." (Elsevier, University of South Africa, Johannesburg, 2017) p. p. 3-30
15. D. De Tommasi. et al., Phys. Rev. Lett. 100, 085502 (2008).
16. L. E. Malvern, Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., (1969)
17. Liu, Juan & Zheng, Huaiyuan & Poh, Patrina & Machens, Hans-Günther & Schilling, Arndt. (2015). Hydrogels for Engineering of Perfusable Vascular Networks. International Journal of Molecular Sciences. 16. 15997-16016.

ESTUDIO Y APLICACIÓN DE SISTEMAS CAÓTICOS A TRAVÉS DE LA BIFURCACIÓN DE SUS PARÁMETROS

Juan Daniel González Del Río, Luis Javier Ontañón García Pimentel, Marco Tulio Ramírez Torres

Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, UASLP, Salinas, S.L.P
j.danielgr18@hotmail.com, Luis.ontanon@uaslp.mx, marcotulio_rmz@hotmail.com

RESUMEN

Los sistemas caóticos son sistemas no lineales que cambian o evolucionan con el estado del tiempo, pueden llegar a tener resultados impredecibles y ser complejos. Dichos sistemas son extremadamente sensibles a las condiciones iniciales puesto que la más mínima alteración repercute en su comportamiento, como es en el caso de la meteorología, la cual es la disciplina que estudia los fenómenos atmosféricos. En este proyecto de investigación se realizó el estudio de los sistemas caóticos de Lorenz y Rössler los cuales son sistemas que no llegan a pasar por un mismo punto dos veces. El estudio de estos sistemas se llevó a cabo través de la solución de su sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias mediante el método numérico Runge-Kutta de cuarto orden. Con este estudio se determinó su comportamiento caótico o periódico al variar los parámetros del sistema para obtener sus estados estacionarios así como los diagramas de bifurcación donde se observan las soluciones continuas y los cambios de las soluciones periódicas a múltiple periodo o periodo infinito. Con el estudio de estos sistemas se espera diseñar un sistema lo suficientemente complejo y eficaz que pueda llegar a contribuir al cifrado de datos. Ya que existen algoritmos convencionales que no presentan un buen desempeño en el cifrado de imágenes debido a las propiedades intrínsecas, por lo que se planea desarrollar algoritmos criptográficos con enfoque caótico, los cuales demuestran una mejor calidad de cifrado brindando seguridad perceptual y criptográfica, además son sensibles a las condiciones iniciales y son difíciles de predecir.

INTRODUCCIÓN

El caos ha sido objeto de investigación en los últimos años. Se han encontrado diversos sistemas dinámicos con comportamiento no lineal o inclusive caótico los cuales abarcan una gran cantidad de áreas de la ciencia, y el número de aplicaciones aumenta día a día. Los sistemas dinámicos no lineales son capaces de producir un comportamiento caótico y no presentan dependencia al tiempo con respecto a su posición en el espacio. El estado de un sistema dinámico se conoce para cualquier tiempo dadas las condiciones iniciales, a las cuales son extremadamente sensibles [1]. A continuación se da una breve explicación de los sistemas utilizados en este proyecto y de su solución mediante el método numérico Runge-Kutta.

PARTE EXPERIMENTAL

1. Sistema de Lorenz.

Este atractor surgió a través del estudio de Edward N. Lorenz en el año de 1963, con este sistema pretendía describir comportamientos climatológicos y fue basado en la dinámica de fluidos, con base en sus estudios postuló la famosa teoría del "Efecto mariposa" donde describe que los sistemas con comportamiento caótico tienen una gran sensibilidad a las condiciones iniciales [2]. Su sistema está representado por un modelo de tres ecuaciones diferenciales ordinarias:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \sigma(y - x) \\ \dot{y} &= x(\rho - z) - y \\ \dot{z} &= xy - \beta z\end{aligned}\tag{1}$$

Este sistema está representado por tres parámetros (σ , ρ , β) y tres estados (x , y , z), los valores más utilizados para que el sistema presente caos son $\beta = 8/3$, $\sigma = 10$ y $\rho = 25$. Cada uno de estos parámetros puede ser utilizado como parámetro de bifurcación, y dependiendo del valor establecido en los parámetros, el sistema puede presentar oscilaciones periódicas o caóticas. En la Figura 1 se muestra el atractor del sistema Lorenz y sus proyecciones en diferentes planos.

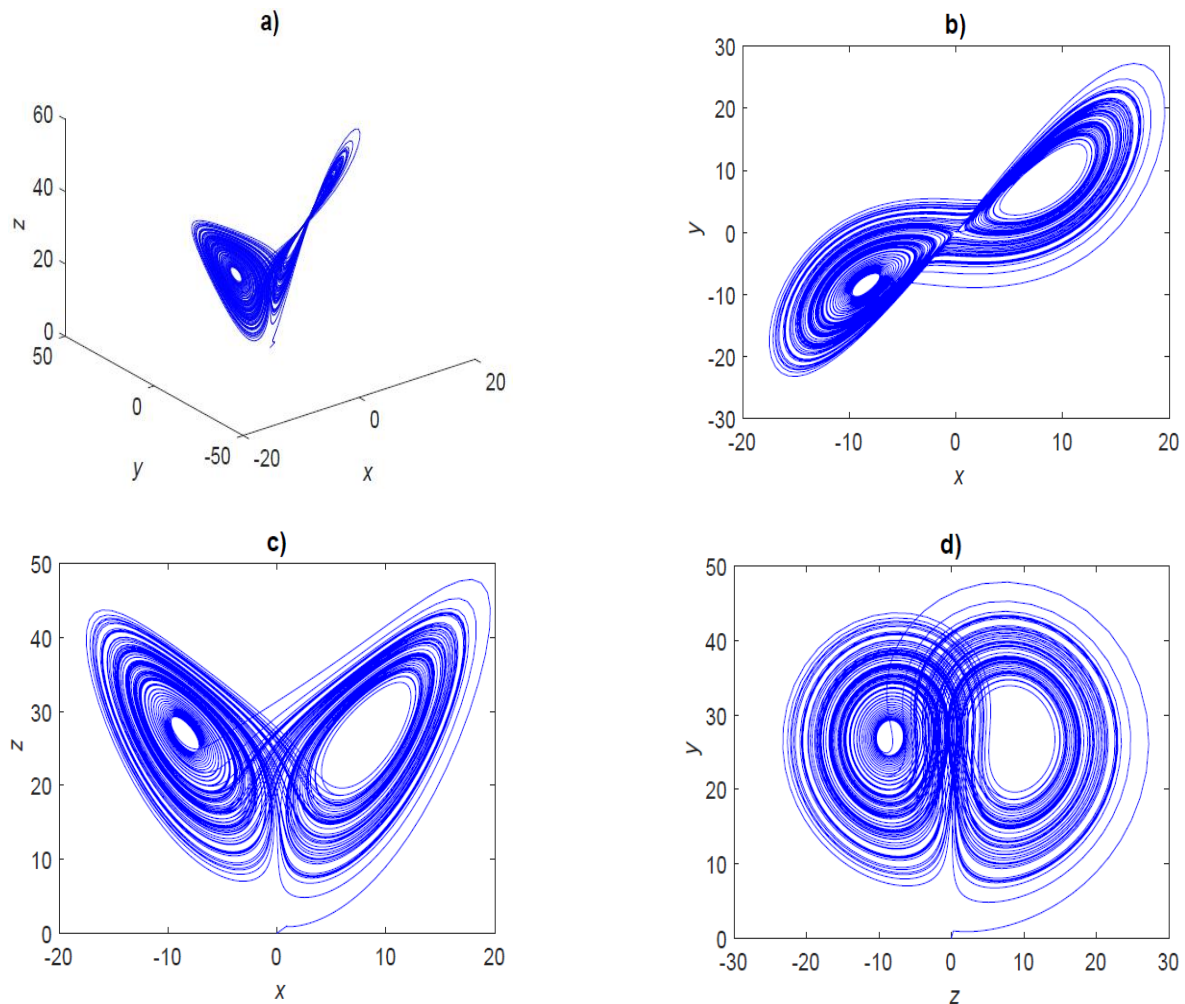


Figura 1: a) Atractor de Lorenz. b) Proyección del atractor sobre el plano (x, y) . c) (x, z) , d) (y, z) .

Los valores de los parámetros son $\beta = 8/3$, $\sigma = 10$ y $\rho = 25$.

2. Sistema de Rössler.

El atractor de Rössler surgió a través del estudio de Otto Rössler en 1976 [3]. Su intención original fue que presentara un comportamiento parecido al sistema de Lorenz pero con ecuaciones más simples. El sistema está descrito por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= -y - z \\ \dot{y} &= x + ay \\ \dot{z} &= b + z(x - c)\end{aligned}\tag{2}$$

Este sistema también está representado por tres estados (x, y, z) y tres parámetros (a, b, c) . Los valores más utilizados para obtener comportamiento caótico son $a = b = 0.2$ y $c = 5.7$. En la Figura 2 se puede observar el atractor Rössler y sus proyecciones en diferentes planos.

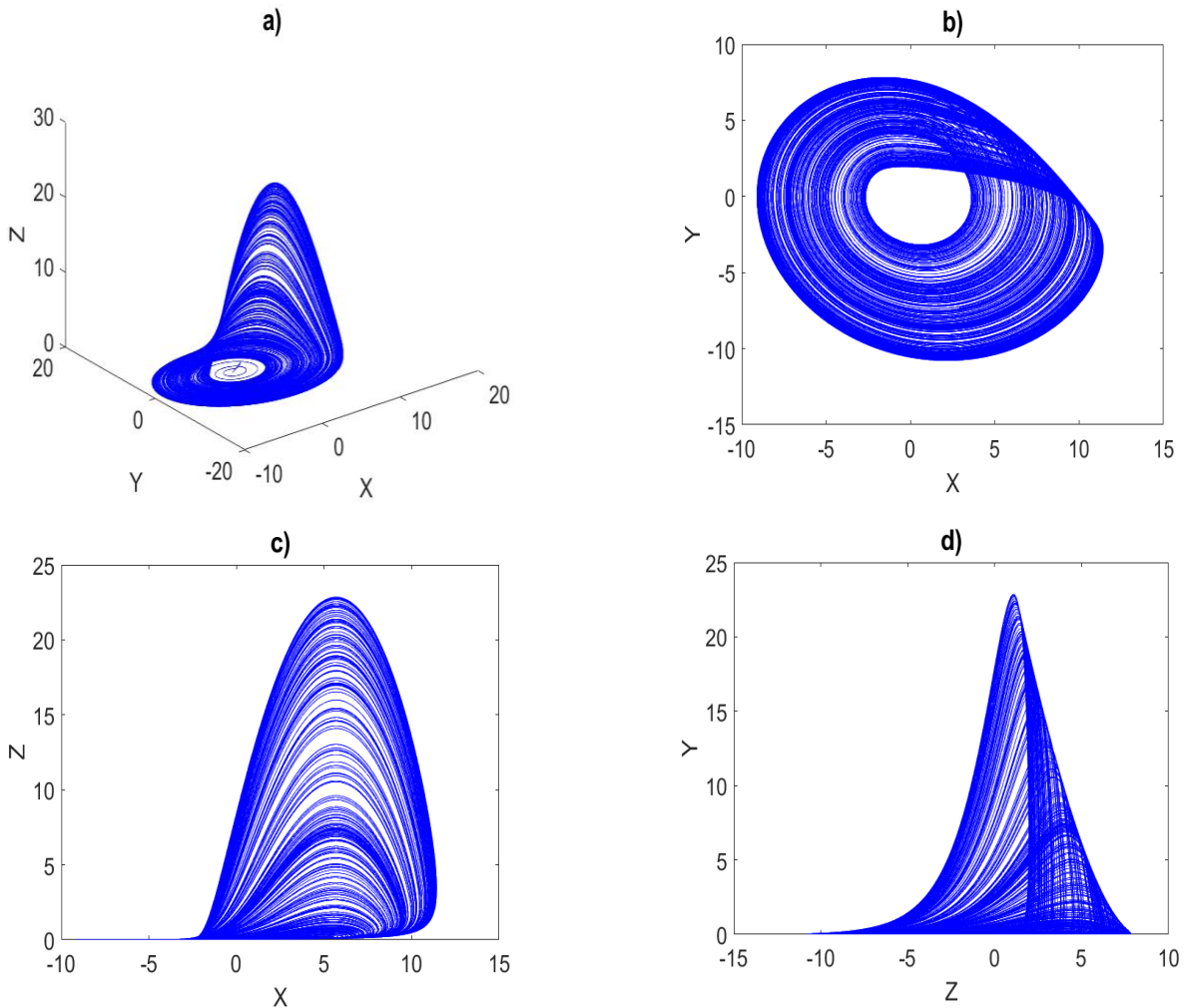


Figura 2: a) Atractor de Rössler. b) Proyección del atractor en el plano (x, y) . c) (x, z) . d) (y, z) . Los parámetros usados para simular al sistema de Rössler son $a = b = 0.2$ y $c = 5.7$.

3. Runge-Kutta de cuarto orden.

Para realizar las simulaciones numéricas de los sistemas descritos anteriormente se hace uso del método numérico de Runge-Kutta de cuarto orden. Este método depende de una función de incremento, y cuatro ecuaciones recurrentes k_1, k_2, k_3, k_4 . Esta recurrencia hace que el cálculo de este método sea más eficiente utilizando una computadora y toman la siguiente forma:

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}h(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

Donde

$$\begin{aligned} k_1 &= f(x_i, y_i) \\ k_2 &= f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}hk_1\right) \\ k_3 &= f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}hk_2\right) \\ k_4 &= f(x_i + h, y_i + hk_3) \end{aligned}$$

El parámetro h o tamaño de paso, es el que da resolución al cálculo del sistema. Para todas las simulaciones que se realizaron en este trabajo se asignó un valor de $h = 0.01$. Las simulaciones y cálculos se realizaron mediante código generado en MATLAB.

4. Bifurcación.

La teoría de bifurcación se originó a principios del siglo XX, gracias a los estudios realizados por Henri Poincaré acerca de sistemas de ecuaciones diferenciales. Poincaré designó la palabra “Bifurcación” como una aparición de múltiples soluciones generadas de una solución dada. El término, ahora generalizado, se utiliza para indicar cuando la solución de una ecuación o sistema de ecuaciones cambia cualitativamente en un valor fijo o crítico de un parámetro característico. Una bifurcación ocurre cuando a un sistema se le aplica un cambio de valor en alguno de sus parámetros, este cambio ocasiona que el sistema modifique la periodicidad de su solución gracias al cambio.

Un punto en el que se presente este fenómeno a partir del parámetro mencionado se le llama “punto de bifurcación”, y a partir del conjunto de estos puntos, emerge una o más ramas de la solución, ya sean estables o inestables. La representación gráfica a partir de estos parámetros de bifurcación se le conoce como “Diagrama de Bifurcación”.

RESULTADOS

En las siguientes figuras se muestran los diagramas de bifurcación de los sistemas de Lorenz y Rössler al variar cada uno de sus parámetros, en ellos se observa en que zonas presenta un comportamiento periódico o caótico. En la Figura 3 se muestran las gráficas de bifurcación del sistema de Lorenz, de los parámetros β , ρ y σ .

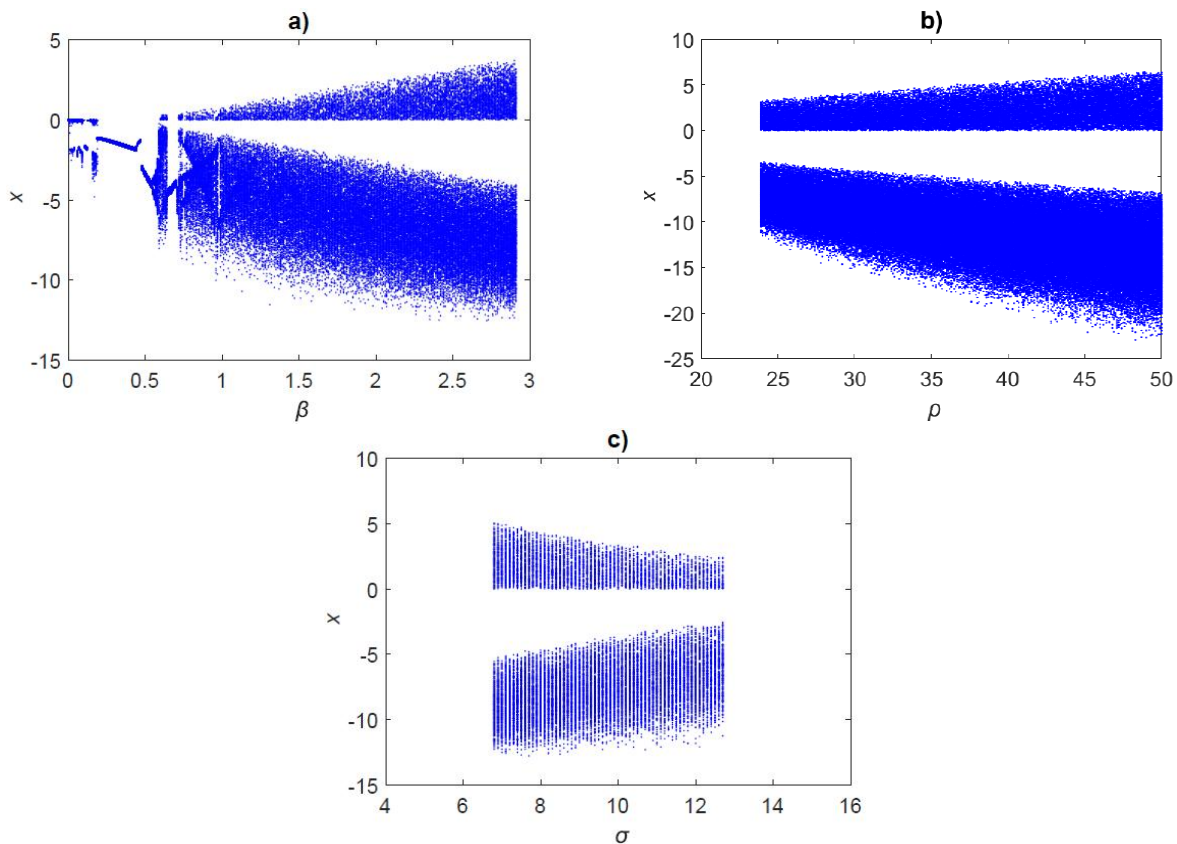


Figura 3: Diagramas de Bifurcación del sistema Lorenz: a) Variación del parámetro β desde 0 hasta 3 con $\sigma = 10$ y $\rho = 25$. b) Variación del parámetro ρ desde 20 hasta 50 con $\beta = 8/3$, $\sigma = 10$.

c) Variación del parámetro σ desde 0 hasta 20 con $\beta = 8/3$, $\rho = 25$.

En la Figura 3a, el primer parámetro a variar es β , se realizó una variación desde 0 hasta 3 con incrementos de 0.01, dejando los otros dos parámetros fijos $\sigma = 10$ y $\rho = 25$. En este diagrama de bifurcación se puede observar claramente algunos valores para los cuales se comporta periódicamente. Esto se puede corroborar a partir de 0.7 aproximadamente, donde se generan dos cuencas, una para x positivo y otro negativo, después para valores mayores de 3 se estabiliza.

En la Figura 3b, el segundo parámetro a variar es ρ , se realizó una variación desde 20 hasta 50 con incrementos de 0.1, con $\beta = 8/3$, $\sigma = 10$. En el diagrama se puede observar como presenta comportamiento caótico con dos cuencas de atracción cerca de 25, antes se encuentra en un punto sumidero, y después las cuencas tienden a aumentar de tamaño, una para x positivo y otro para negativo.

En la Figura 3c, se realizó una variación del parámetro σ , desde 4 hasta 16 con incremento de 0.1 dejando fijo $\beta = 8/3$ y $\rho = 25$. En este diagrama se observó que los valores para que se genere caos están únicamente entre 7 y 13, para cualquier otro valor el sistema se encuentra también estable en un punto de equilibrio tipo sumidero.

En la Figura 4 se muestran las gráficas de bifurcación del atractor de Rössler de los parámetros a , b y c .

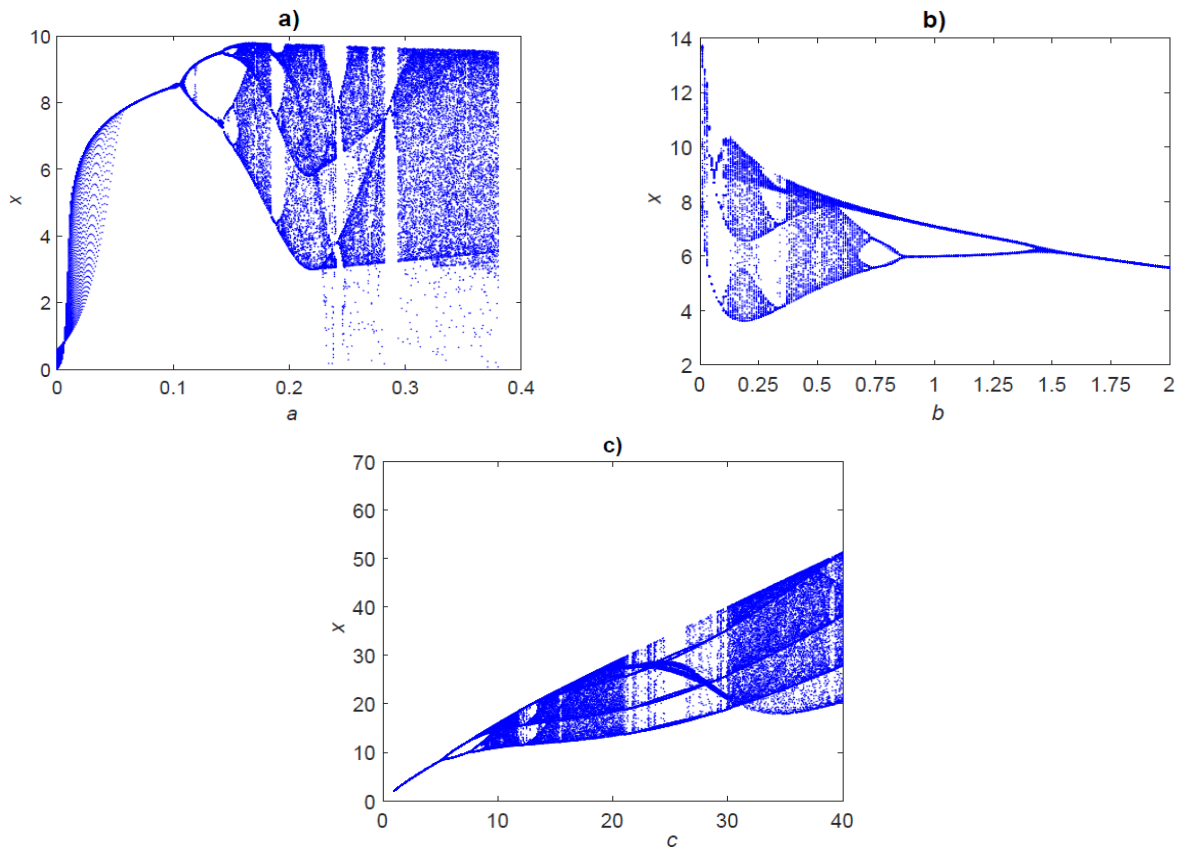


Figura 4. Diagramas de Bifurcación del sistema de Rössler: a) Variación del parámetro a desde 0 hasta 0.4 con $b = 0.2$ y $c = 5.7$. b) Variación del parámetro b desde 0 hasta 2 con $a = 0.2$ y $c = 5.7$. c) Variación del parámetro c desde 0 hasta 40 con $a = b = 0.1$.

En el diagrama de bifurcación de la Figura 4a, se realizó una variación del parámetro a desde 0 hasta 0.4 con incrementos de 0.001 dejando fijos los parámetros $b = 0.2$ y $c = 5.7$. Se puede observar que el comportamiento del sistema es periódico para ciertos valores como son de 0.07 hasta 0.14, en donde se comporta con periodos de uno y dos, también presenta periodo tres para

valores cercanos a 0.2 y 0.25, esto nos indica que el sistema puede comportarse de manera caótica también, y presenta periodo cuatro para valores mayores cercanos a 0.15.

En la Figura 4b, se realizó una variación del parámetro b , con una variación desde 0 hasta 2 con incremento de 0.01. En este diagrama se puede observar que también presenta comportamiento periódico para ciertos valores, periodo uno para b mayor de 1.5 en donde el sistema bifurca y tiene un doblamiento de periodo, a partir de 0.5 a 0.9 tiene periodo dos hasta tener otro doblamiento y presentar periodo cuatro y después ocho. Cerca de 0.05 y de 0.3, el sistema presenta oscilaciones de periodo tres.

En la Figura 4c, el ultimo valor a variar fue el parámetro c , con una variación más grande, desde 0 hasta 40 con incrementos de 0.1, los parámetros $a = b = 0.1$ se mantienen fijos. Las oscilaciones muestran un comportamiento periódico para diferentes valores en la simulación, periodo uno de 0 a 5, bifurca en periodo dos de 5 a aproximadamente 7, después periodo cuatro, y cerca de 12 y 28 presenta periodo 3.

Con el estudio de estos sistemas se espera generar un sistema hipercaotico de secciones múltiples lo suficientemente complejo y eficaz para generar secuencias aleatorias las cuales puedan encriptar imágenes de escala de grises mediante un algoritmo de clave simétrica. La calidad del cifrado dependerá de la variación del número de enroscados.

CONCLUSIONES

Se estudiaron los osciladores caóticos de Lorenz y Rössler en función de sus parámetros de bifurcación. Las gráficas de bifurcación son muy importantes, debido a la información que dan acerca de los modelos, en ellas se puede observar para que valores tiene comportamiento periódico o caótico. Se comprobó la importancia de las condiciones iniciales, ya que por muy pequeña que fuese la variación entre estas la distancia entre orbitas de los atractores podría ser muy grande. A futuro se planea diseñar sistemas caóticos que sean complejos y eficaces, los cuales sean eficientes y demuestren una mejor calidad y seguridad para el cifrado de datos.

BIBLIOGRAFÍA

1. L. J. Ontañón Garcia Pimentel. (2010). "ESTUDIO DEL FENOMENO DE SINCRONIZACIÓN EN SISTEMAS ALINEALES" (tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, IICO, San Luis Potosí.
2. L. A. Smith, "CHAOS – A very short introduction", Oxford University Press, (2007).
3. O. E. Rössler, "An equation for continuous chaos", Physics Letters, Vol. 57A, No. 5, pp 397-398, (1976).

ANÁLISIS TERMOHIDRAULICO PARA LA EXTRACCIÓN DE FLUJO GEOTERMICO UTILIZANDO UN SISTEMA DE AIRLIFT

Javier Gutiérrez Martínez, Jesús Pacheco Ibarra, Alicia Aguilar Corona, Jorge Rangel Arista y
Alberto Gutiérrez Martínez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESUMEN

Un Airlift pump es un dispositivo, comúnmente, utilizado para elevar líquidos o mezclas de líquidos y sólidos. La utilización del sistema Airlift en un reservorio geotérmico, no solo se verá influenciado por la acción del diferencial de presión y la reducción de la densidad de la mezcla líquido-gas, sino que también tendrá la influencia de la temperatura a la que se encuentre el fluido geotérmico. Modelar la relación entre la extracción de Calor y las variables relacionadas en el sistema para la extracción de Calor en un pozo Geotérmico, permite mejoras en el aprovechamiento de esta propiedad termodinámica contenida en el agua, de tal manera que se requieran obtener datos experimentales de un sistema de extracción y con los cuáles se pueda determinar la funcionalidad de este sistema de extracción de Calor, por lo que se evalúa el efecto de flujo de aire de entrada sobre la extracción de Calor en el pozo Geotérmico, evaluando también el funcionamiento de los diferentes diseños de las boquillas de inyección del aire, siendo necesario, realizar modificaciones técnicas de la instalación del sistema Airlift a diferentes profundidades. Se llevan a cabo pruebas físicas experimentales en un sistema a instalar en un pozo ubicado en la ranchería San Nicolás Simirao perteneciente al Municipio de Zinapécuaro Michoacán, México y cuya administración está a cargo de la UMSNH a través del "Greener" de la Facultad de Ingeniería Mecánica. La puesta en marcha de estas pruebas de campo implica trabajar realizando maniobras físicas de las tuberías tanto la principal de elevación como en la secundaria de inyección de aire en el pozo para modificar las alturas antes mencionadas será necesario: Determinando y caracterizando las condiciones necesarias para la extracción de Calor del pozo Geotérmico.

INTRODUCCIÓN

Un Airlift pump es un dispositivo, comúnmente, utilizado para elevar líquidos o mezclas de líquidos y sólidos (mayormente líquidos) a través de una tubería vertical parcialmente sumergida en un líquido, por medio de aire comprimido introducido a través de una tubería cerca del extremo inferior por medio de una boquilla. [1]

La elevación de la mezcla se genera derivado de la diferencia de presión creada al suministrar el aire a una presión tal que debe vencer tanto la columna de agua estática como dinámica y la reducción de la densidad del agua al crear la mezcla líquido-gas.

La utilización del sistema Airlift en un reservorio geotérmico, no solo se verá influenciado por la acción del diferencial de presión y la reducción de la densidad de la mezcla líquido-gas, sino que también tendrá la influencia de la temperatura a la que se encuentre el fluido geotérmico.

Las bombas de transporte aéreo Airlift pueden usarse para levantar sustancias corrosivas y/o tóxicas en las industrias químicas y la eliminación de lodos en plantas de tratamiento de aguas residuales. [2]

Otras aplicaciones del Airlift incluyen bombear líquidos arenosos o salados viscosos como hidrocarburos en la industria petrolera, perforación de pozos, minería submarina [3] y bio-reactores. Además, son fáciles de usar en pozos de forma irregular donde otras bombas de pozo profundo no encajan. Recientemente, aplicaciones del sistema Airlift se utilizan para bombear líquido hirviendo donde hay un cambio de fase de líquido a gas. En los campos petrolíferos se emplean bombas elevadoras de gas o el sistema Airlift para extraer petróleo de pozos débiles. [4]

La mecánica de fluidos es importante en diferentes ramas de la industria, en particular la formación de burbujas. El estudio de burbujas y gotas se realiza en dos diferentes aproximaciones, la aproximación no viscosa y la viscosa, respectivamente, entendiéndose por fluidos no viscosos aquellos cuya viscosidad dinámica sea como la del agua. Los líquidos viscosos tienen importancia en áreas como la industria petrolera, en la extracción de crudo. Existen además otras aplicaciones que requieren un conocimiento detallado sobre el crecimiento y desarrollo de burbujas, por citar la industria de los polímeros. También en el estudio del magma el conocimiento de la población y

tamaño de burbujas es importante ya que en este caso las burbujas aumentan la viscosidad neta del fluido, aspecto que debe ser considerado en el uso del sistema Airlift en general, [5], aspecto que debe ser considerado en el uso del sistema Airlift en general.

En la figura 1, se muestra una representación esquemática de la implementación de un sistema Airlift en un pozo geotérmico.

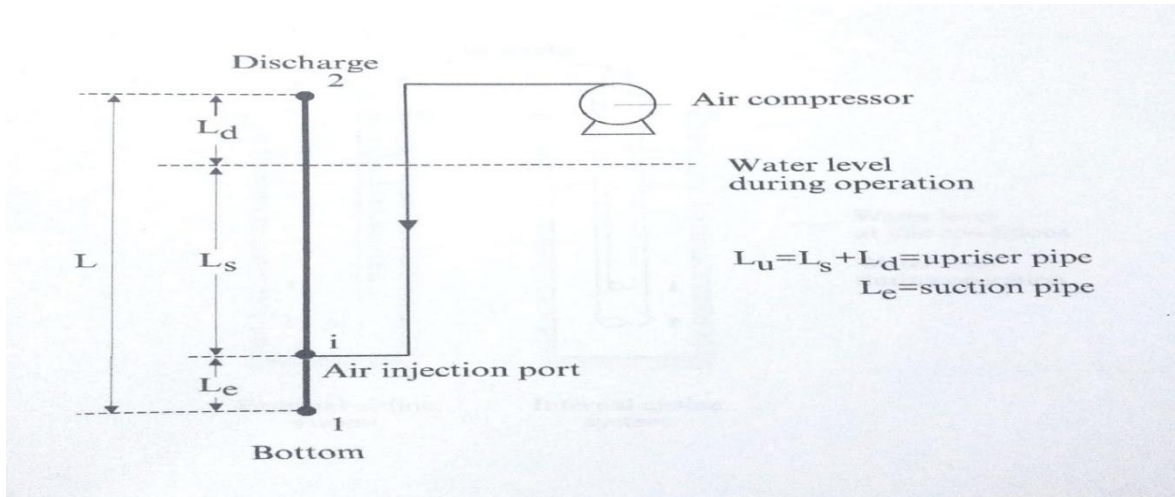


Figura 1. Representación esquemática de un sistema Airlift.

En esta figura la parte que corresponde a la sección más baja del tubo vertical que es donde se realiza la succión, punto 1, esta sección termina en el punto de inyección de aire y en este empieza la sección vertical L_s que es la sección sumergida y termina en el nivel de agua, justo aquí inicia también L_d la que es la sección de descarga que finaliza en el punto 2.

Este tipo de sistema de bombeo por Airlift es de baja eficiencia en comparación con otros, sin embargo, su simplicidad en construcción y la ausencia de partes mecánicas son dos ventajas muy importantes que lo hacen muy útil en ciertas aplicaciones. [6]

El sistema Airlift es de fácil instalación, operación y mantenimiento, pueden usarse materiales económicos y de uso común, como tuberías de PVC (dependiendo de la aplicación), carece de partes móviles inmersas en el pozo y es adaptable a gran variedad de condiciones de instalación, tiene problemas de intermitencia en el bombeo y dificultad para el control de flujo, es inoperante en algunas condiciones de profundidad/elevación.

Para implementar el sistema es necesario conocer la presión mínima que deberá tener el aire en la boquilla de inyección, la cantidad de aire para seleccionar el compresor; es necesario recurrir a un análisis de flujo bifásico para conocer las condiciones de buena operación del bombeo, se requiere conocer el nivel estático del pozo y el abatimiento del nivel a distintas condiciones de extracción.

En forma genérica y a manera de ejemplo se puede citar que según [7] se ha usado el sistema Airlift para elevaciones de alrededor de 420 ft con compresores comerciales de 350 cfm, 200 psi. Siendo la alternativa Géiser únicamente aplicable a bombeo para elevaciones limitadas (menores a 30 m).

Nicklin 1963 sugiere que los mayores factores que contribuyen al rendimiento de un Airlift pump son: profundidad de sumersión de la tubería vertical, altura de elevación de la tubería vertical, flujo de aire y área de tubo vertical, [8], en la figura 2, se puede observar una vista en perfil de un sistema Airlift en el que la tubería de inyección de aire es concéntrica a la tubería de elevación o descarga de un sistema Airlift.

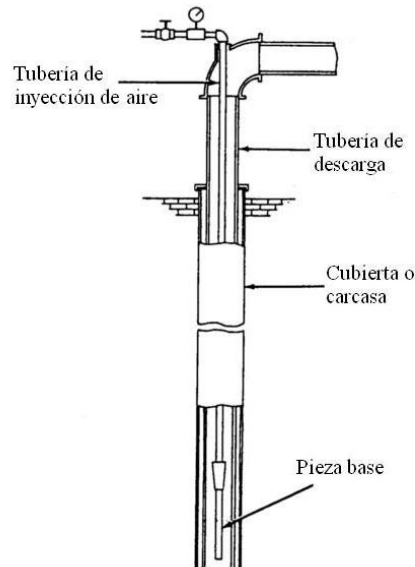


Figura 2. Características del sistema de bombeo Airlift.

En un sistema de bombeo por Airlift se pueden distinguir las siguientes partes, como se ve en la Figura 2:

Cubierta o carcasa

Tubería de inyección del aire: que es donde se ingresa el aire al sistema, que puede ser interna o externa a la tubería de descarga.

Tubería de descarga: es la tubería vertical donde se hace ascender y descarga el flujo, también conocido como tubo eductor.

Pieza base: es una pieza final de la tubería de aire, que esta perforada para generar pequeñas líneas de corrientes de aire de modo que formen burbujas lo más pequeñas posibles, esto es para mejorar la eficiencia del equipo.



Figura 3. Cabezal típico para inyección de aire.

TEORÍA

Hasta el momento se han llevado a cabo varios estudios para investigar el rendimiento de las bombas de transporte aéreo o Airlift que operan en flujo de dos fases. Clark, N.N., Dabolt, R. J., presentaron un enfoque analítico para investigar la función de la bomba de elevación de aire o Airlift. Utilizaron el modelo de flujo fijo combinado con una relación aproximada para predecir la pérdida de presión, que se substituyó por la presión diferencial total. La integración de su ecuación resultante proporciona una fórmula explícita para el cálculo de la sustentación. [9]

Saito, T., Kajishima, T., Tsuchiya, K., Kosugi, S. Se presenta un método para capturar CO₂ de baja pureza emitido por una central eléctrica alimentada por el océano. Este método se lleva a cabo con un sistema de bombeo Airlift, para disolver solamente CO₂ del gas de combustión en la superficie del agua de mar y para transportar CO₂-rico en agua de mar a grandes profundidades. El sistema es una tubería en forma de J inversa colocada en el océano a profundidades entre 200 y 3,000 mt. [10] Una técnica visual para medir el tamaño de burbuja en equipos de flotación ha sido desarrollada por Grau, R.A. Heiskanen, K., la técnica combina métodos de visualización de burbujas con procedimiento de procesamiento de imágenes digitales para procesar la información. El método utiliza un dispositivo simple para dibujar burbujas en una cámara de visualización y las expone a una cámara de visualización progresiva CCD monocromática. Los datos visuales se capturan y almacenan a intervalos regulares de tiempo. [11]

Otro método más reciente es basado en técnicas de procesamiento de imágenes digitales, para medir los parámetros de flujo tales como tamaños de burbujas, fracción de área de gas y velocidad de burbuja, etc. en flujo de dos fases gas-líquido. Además, este método también tiene la capacidad de analizar otras características del flujo bifásico, como la distribución del diámetro de las burbujas, [12].

Dinh, T.B., Choi, T.S., se introdujeron aplicaciones de la técnica de procesamiento de imágenes en flujos de dos fases. En su artículo, se presenta un método basado en técnicas de procesamiento de imágenes para una identificación automática de burbujas de flujo burbujeo/slug en dos fases en un tubo vertical pequeño. Este método también permite identificar de forma automática, rápida y precisa los parámetros de la burbuja, [13].

El concepto de Airlift pump fue descubierto por un Ingeniero Alemán en la industria de la minería llamado Carl E. Loescher en 1797 donde el encontró esta útil forma de bombeo en pozos, [14].

En 1846 se utilizó en los campos petroleros en Pensilvania, Estados Unidos de América. Se han utilizado para recolección de muestras de agua de mar, así como para circulación y aeración de tanques de agua (Parker and Suttle, 1987, Wurset al 1994), [15].

En la figura 3 se muestra la parte superior mediante la cual se introduce el aire hacia la parte inferior del sistema a través de una tubería concéntrica en el interior de la tubería de elevación del líquido caliente que se extrae del pozo geotérmico.

C. Baujard, A. Genter, E. Dalmais, V. Maurer, R. Henn, R. Rosillette, J. Vidal, J. Schmittbuhl., presentaron caracterización hidrotérmica de dos pozos profundos en Rittershoffen, Francia: Implicaciones para comprender el sistema de flujo natural en Rhine Graben. Que permitió obtener un programa de registro de datos que se aplicó en la caracterización Térmica e Hidráulica. Donde índices de productividad e inyectividad fueron estimados post-simulación respectivamente con una inyección de aire a 2.5 y 3.5 l/s/bar. Las propiedades hidráulicas del embalse se infieren de la prueba de producción. Implicaciones de la caracterización de larga escala natural del sistema hidrotérmico son discutidos, [16].

Douglas Joseph Reinemman, presentó en su trabajo los efectos del tamaño de burbuja inicial y calidad del agua sobre la dinámica de flujo y la transición del patrón de flujo. Los efectos de las pequeñas burbujas dispersas en el líquido y en la velocidad promedio del gas en el flujo burbujeante, donde concluyó también que la contaminación del agua en la superficie no influyó significativamente en el flujo dinámico. Reinemman reportó también que aproximadamente una tercera parte de la energía para un apropiado diseño de un Airlift pump fue necesaria para el funcionamiento general del sistema respecto a lo que se necesita para una configuración tradicional basada en una bomba centrífuga y aireador, [17].

Reinemann, D.J., Parlange, [18] investigaron los efectos del diámetro de la tubería en flujo vertical slug, específicamente en lo que se refiere al rendimiento de la bomba de aire Airlift 3-25 (mm). La teoría presentada previamente por Nicklin (1963) se extiende a esta gama de diámetros de tubo teniendo en cuenta los efectos de la tensión superficial en la velocidad de subida de la burbuja. Se observan diferencias entre la velocidad de subida de una sola burbuja tipo bala y un tren de burbujas slug en pequeños tubos verticales. Las comparaciones se hacen entre observaciones experimentales y predicciones teóricas. Se observa un buen acuerdo para $Re > 500$ y para los números de tensión superficial entre 0.02 y 0.2.

Kumar, E.A., Kumar, K.R.V., Ramaya, A. V., informaron una forma simple de mejorar el rendimiento de una bomba de transporte aéreo Airlift. Remolcaron una bomba con una tubería ascendente

cónica. La razón principal de tal mejora se discute como un gradiente de presión adverso en la tubería ascendente cónica. en las transiciones del régimen de flujo bifásico y los parámetros de flujo slug. La utilidad del levantamiento intensivo también se exploró en su trabajo, [19].

Sámaras, V.C., Margaris, D.P., analizaron la transformación de mapas de régimen de flujo en un sistema de coordenadas seleccionado para bombas de elevación de aire. Su trabajo presenta mapas muy simples, que muestran directamente los datos medidos y las transiciones del régimen de flujo. Indican cuatro regímenes de flujo diferentes, slug, churn, anular y anular wispy como los regímenes aplicables en las bombas de elevación neumática, [20].

Dare, A. A., Oturuhoi, O., introdujeron el número adimensional de elevación (l_{dn}) y el número adimensional de la bomba (p_{dn}) para capturar todos los parámetros de flujo. Observaron que las bombas de transporte aéreo con diámetros más pequeños de tubería ascendente producen elevaciones más altas. También descubrieron que los fluidos con mejores propiedades adhesivas producen elevaciones más altas. Llegaron a la conclusión de que, en todos los casos, la elevación aumenta al aumentar la sumersión, [21].

Pougatcha y Salcudean. Simularon el levantamiento de aire en mar profundo con un modelo matemático del flujo trifásico en una tubería ascendente. En su artículo, se estudió la influencia del diámetro del tubo en la eficiencia del levantamiento aéreo. Descubrieron que la eficiencia de elevación aumenta con el aumento del diámetro de la tubería debido a la reducción de la influencia de la fricción de la pared en el flujo, [22].

PARTE EXPERIMENTAL

Se cuenta ya con un pozo geotérmico localizado a unos 30 km al noreste del campo geotérmico los Azufres y al oriente del lago de Cuitzeo a 1900 msnm, que forma parte de una zona tectónica conocida como Graben Cuitzeo-Maravatío, en la falla Araró-Simirao. Tiene una profundidad de 1,000 metros, el diámetro de la tubería de la carcasa son 10 plg hasta los 48 metros de profundidad y se reduce a 4 pulgadas hasta el fondo. Se realizaron pruebas de limpieza en el pozo el 07 de Diciembre de 2017, durante 4 horas de las 12:00 a 16:00 hrs, con una productividad de 1.5 l/s/bar, se obtuvo flujo geotérmico a 101 °C a una profundidad de 40 metros con un tipo específico de boquilla (de los diferentes arreglos que se tienen) en el punto de inyección con 117 perforaciones de 8 mm de diámetro cada una (se utilizó un tipo de boquilla con arreglo especial de perforaciones, de las diferentes que se tienen programadas utilizar y que se estarán cambiando para diferentes profundidades), así como también se modificarán el flujo de inyección de aire, la presión, y la profundidad de inyección.

Se utilizó un compresor 4 cilindros que trabaja con diésel de 61 HP, con turbo, capacidad 185 scfm, para alimentar la inyección de aire al pozo mediante una tubería de acero galvanizado de 1 pulg de diámetro.

Esta experimentación forma parte del inicio de este proyecto, ya que para analizar los datos obtenidos de un sistema Airlift para extracción de calor en un pozo geotérmico, es de particular importancia analizar los datos obtenidos del sistema de bombeo Airlift para comprender el comportamiento del sistema modificando sus variables (profundidad de la succión, longitud de la tubería vertical ascendente, profundidad de inyección de suministro de aire) inclusive el ángulo de inyección respecto al punto de inyección de aire.

Para este propósito se llevarán a cabo una buena cantidad de pruebas físicas experimentales.

La puesta en marcha de estas pruebas de campo implica trabajar realizando maniobras físicas de las tuberías tanto la principal de elevación como en la secundaria de inyección de aire en el pozo para modificar las alturas antes mencionadas será necesario:

Determinar las condiciones necesarias para la extracción de calor del pozo geotérmico.

Caracterizar las condiciones operativas para llevar a cabo la extracción de calor del pozo geotérmico.

Instalación del sistema Airlift en el pozo geotérmico.

Realizar modificaciones físicas de la instalación del sistema Airlift a diferentes profundidades

Evaluación del funcionamiento de diseños de las boquillas de inyección de aire.

Evaluación del efecto de flujo de aire de entrada sobre "extracción de calor" en el pozo geotérmico.

Una vez obtenidos los datos experimentales de campo se determinará la funcionalidad de la extracción de calor utilizando el sistema Airlift.

Modelar la relación entre la extracción de Calor y las variables relacionadas en el sistema Trabajo no presentado los días del encuentro, no será considerado para el libro.

RESULTADOS

Se realizó la extracción de fluido geotérmico a profundidades someras, el diámetro de la tubería de la carcasa son 10 plg hasta los 48 metros de profundidad y se reduce a 4 pulgadas hasta el fondo y es a través de la cual se extrajo el fluido geotérmico. Se realizaron pruebas de limpieza en el pozo el 07 de Diciembre de 2017, durante 4 horas de las 12:00 a 16:00 hrs, con una productividad de 1.5 l/s/bar, se obtuvo flujo geotérmico a 101 °C, realizando la inyección de aire a una profundidad de 40 metros con un tipo específico de boquilla de acero inoxidable, en el punto de inyección con 117 perforaciones de 8 mm de diámetro cada una (se utilizó un tipo de boquilla con arreglo especial de perforaciones, de las diferentes que se tienen programadas utilizar, el flujo de extracción fue inestable ya que inesperadamente se vio un incremento elevado y se tuvo que enfriar el pozo mediante recirculación con agua a temperatura ambiente 21 °C, siendo la Temperatura del aire 29 °C. Lo anterior genero una interrupción en el proceso de extracción durante una hora, desde las 14:25 hrs hasta las 15:25 y se reinició nuevamente la extracción del fluido durante 35 minutos hasta las 16:00 horas, de manera que de las 4 horas de prueba se trabajaron 3 horas efectivas.

CONCLUSIONES

La extracción de fluido geotérmico de mediana entalpía en un pozo con 1,000 metros de profundidad, durante las pruebas de limpieza del mismo y las cuales duraron 3 horas efectivas, nos permitieron extraer una mezcla de agua-vapor a una Temperatura de 101 °C, suficiente para mover una pequeña turbina para generación eléctrica. Las condiciones inestables del fluido y por consiguiente detener el proceso de inyección de aire, nos limitó para tener mayor cantidad de horas experimentales que nos permitieran evaluar de mejor manera la operación del sistema Airlift para la extracción de fluido geotérmico de este pozo con una inyección de aire a 40 metros de profundidad, y con la boquilla de acero inoxidable con las condiciones físicas específicas para distribuir el aire en el punto de inyección y la cual se encuentra en la parte final de la inyección del aire de manera concéntrica a la tubería de elevación de la mezcla aire-agua, siendo a esta profundidad el diámetro de tubería de transporte o elevación del fluido de 10 pulgadas y disminuye su diámetro a los 48 metros de profundidad a 4 pulgadas de diámetro, sin embargo es un referente importante para determinar diferencias en la productividad de fluido geotérmico probando con boquillas con perforaciones de diámetros mayores y menores, así como en cantidades y ubicaciones diversos en las boquillas de inyección, asimismo la variación en el flujo de inyección de aire nos permitirán determinar la funcionalidad del sistema Airlift en la extracción de Calor para este pozo geotérmico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Awari et al., (2004), Todoroki et al, (1973). "The Airlift phenomena occurs because of a pressure differential created when air which has a much lower density".
2. Storch, B., 1975. "Extraction of sludges by pneumatic pumping. Proceedings of the 2nd Symposium on Jet Pumps, Ejectors and Gas Lift Techniques. Churchill College, Cambridge, England". G4-51-G4-60.
3. Hatta, N., Fujimoto, H., Isobe, M., Kang, J., 1998. "Theoretical analysis of Flow características of multiphase mixtures in a vertical pipe". Int. J. Multiph, Flow 24 (4), 539-561.
4. Khalil, M.F., Elshorbagy, K.A., Kassab, S.Z., Fahmy, R.L., 1999. Effect of air injection method on the performance of an airlift pump. Int. J. Heat Fluid Flow 20 (6), 598-604.
5. López, A., Soriano C., y Medina A., (2010). "PIV En la formación de burbujas".
6. A. Nenes, D. Assimacopoulos, N. Markatos and E. Mitsoulis (1996). "Simulation of Airlift Pumps for Deep Water Wells".
7. Comisión Federal de Electricidad (2009). "Estrategias de explotación en el sector I en el campo geotérmico de Cerro Prieto, B.C."
8. Nicklin, D.J., (1963) "The Airlift Pump: Theory and Optimization," Transactions of the institution of Chemical Engineers.

9. Clark, N.N., Dabolt, R.J., (1986), "A general design equation for Airlift Pumps operation in slug Flow". *Aiche J.* 32, 56-64.
10. Saito, T., Kajishima, T., Tsuchiya, K., Kosugi, S., (1999). "Mass transfer and structure of bubbly flows in a system of CO₂ disposal into the ocean by a gas-lift column." *Chem. Eng. Sci.* 54, 4945-4951.
11. Grau, R.A. Heiskanen, K., 2002. "Visual technique for measuring bubble size in flotation machines". *Int. J. Miner. Eng.* 15, 507-513.
12. Shi, D., Harkisanka, A., Queck, C., 2004. "CMAC with fuzzy logic reasoning. Proceedings of the 11 th International Conference on Neural Information Processing", pp. 898-903
13. Dinh, T.B., Choi, T.S., 1999, "Application of image processing techniques in air/water two phase Flow". *Mech. Res. Commun.* 26 (4) 463-468.
14. Castro et al, (1975). "Much of the early use of the Airlift pump was seen in the coal mining industry because of its ability to extract ful for pumping Wells".
15. Parker and Suttle (1987); Wurts et al., (1994). "Water delivery capacity of a vacuum airlift – Application to water. A vacuum airlift – application ..."
16. C. Baujard, A. Genter, E. Dalmais, V. Maurer, R. Henn, R. Rosillette, J. Vidal, J. Schmittbuhl (2016) "Hydrothermal characterization of Wells GRT-1 and GRT-2 in Rittershoffen, France: Implications on the understanding of natural flow system in the Rhine Graben."
17. Riemman D.J. (1987) "A Theoretical and experimental study of airlift pumping and aeration with reference to aquacultural applications."
18. Reinemann, D.J., Parlange, J.Y., Timmons, M.B., (1990). "Theory of small diameter airlift Pumps." *Int. J. Multiph. Flow* 16 (1), 113-122.
19. Kumar, E.A., Kumar, K.R.V., Ramaya, A. V., (2003). "Augmentation of air lift pump performance with tapered riser pipe-an experimental study." *IE (1) J.- MC84*, 114-119.
20. Sámaras, V.C., Margaris, D.P., (2005). "Two phase Flow regime map for air-lift pump vertical upward gas-liquid Flow." *Int. J. Multiph. Flow* 31, 757-766.
21. Dare, A. A., Oturuhoyi, O., (2007). "Experimental investigation of airlift pump." *Afr. J. Sci. Tech. (AJST) Sci. Eng. Ser.* 8 (1), 56-62.
22. Pougatcha, k., Salcudean, M., (2008). "Numerical modeling of Deep sea air-lift." *Ocean Eng.* 35, 1173-1182.

CADENA DE FRÍO COMO IMPULSOR ECONÓMICO EN MÉXICO

Alicia García Torres, Ana Gabriela Silvestre Murillo, Dahiana Yajaira Oviedo Montenegro

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

En la actualidad ante la necesidad creciente de ofrecer variedad de productos tanto perecederos, como de la industria farmacéutica, exige en el país una cadena de frío más moderna y eficiente con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes para eliminar las mermas y dar cumplimiento a los tiempos de respuesta, sin embargo recientes cifras revelan que en México de la industria alimentaria solo un 15 % de hortalizas y productos cárnicos se distribuye de forma profesional por cerca de 80 empresas certificadas, por lo que hay una significativa oportunidad para dar cumplimiento al abasto con calidad. La cadena de frío ha asumido un rol importante para su crecimiento, pero existen obstáculos que dificultan el logro de los objetivos de las compañías, impactando en el desarrollo económico del país, por ello es necesario que las empresas conozcan la información necesaria sobre el proceso de frío, la tecnología existente, las innovaciones y los métodos de enfriamiento más eficaces, así como las tendencias de la transportación en frío. La presente investigación muestra el avance que ha tenido la cadena de frío en México en los últimos años, así como las estrategias a seguir para su fortalecimiento y dar cumplimiento a las necesidades contemporáneas de los consumidores.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con datos del Instituto Internacional del Frío, las pérdidas de productos alimentarios derivadas de manejo, almacenamiento y transporte inadecuados en los países en desarrollo ascienden hasta 50 por ciento en productos tropicales; en naciones avanzadas con instalaciones frigoríficas adecuadas alcanzan cerca de 10 por ciento. Actualmente, la cadena de suministro conformada como una red operativa de almacenamiento, transporte y distribución; representa un factor de crecimiento estratégico para las ventas de cualquier empresa, pues logra abastecer de manera puntual la demanda a varios sectores de productos de consumo, farmacéuticos, químico, entre otros. Respecto a la cadena de frío es el transporte refrigerado el medio estratégico y principal por el cual hace posible que grandes cantidades de productos perecederos se transporten y distribuyan de un extremo a otro de un país, incluyendo los mercados globales, conservando su composición y calidad. Sin estas soluciones en la logística, la venta de los productos estaría restringida a su lugar de cultivo o producción, o bien, el costo operativo de transportación sería muy elevado. Por esta razón, es importante la implementación de acciones para su fortalecimiento, principalmente de los proveedores involucrados en esta parte de la cadena de frío, así como en los recursos tecnológicos utilizados para tal función. La presente investigación muestra el impacto que ha tenido la cadena de frío en México en los últimos años, sus principales áreas de oportunidad, sus retos, perspectivas y propuestas para su fortalecimiento.

TEORÍA

Cadena de Frío es el proceso de garantizar el mantenimiento de la temperatura de los productos perecederos a lo largo de fases sucesivas, de acuerdo a las características de cada producto. (Navarro, 2013), se refiere a una cadena de suministro donde la temperatura siempre está controlada. Es decir, una cadena de distribución donde se mantiene la calidad e inocuidad del producto en cada eslabón, desde la post cosecha, procesamiento, almacenamiento y transporte hasta llegar al consumidor final. (Corado, 2012), en suma es un sistema en que tiene como objetivo asegurar que los productos lleguen al consumidor con la conservación de las propiedades de los productos. Los principales productos que requieren de la cadena de frío son: carne cruda y fresca, la leche y sus derivados, frutas, vegetales, alimentos congelados, tales como el helado, alimentos procesados, alimentos precocidos, floricultura, medicamentos, en especial las vacunas, los órganos, materias primas para ser procesadas.

La etapas de la cadena de frío son: el preenfriamiento, la segunda etapa es el almacenamiento en el que se tiene varias actividades principales: primeramente es la ubicación de producto y equipo en el que se deben mantener las distancias mínimas entre productos para ubicar los evaporadores de

aire forzado adecuadamente, consideración de los embalajes con el objetivo de realizar una medición de temperaturas de manera objetiva, la carga y descarga, en el que se considera que los vehículos deben pre-enfriarse antes de ser cargados lo más rápido posible y los recorridos entre el cuarto frío y el vehículo deben ser muy cortos, la temperatura del producto y el vehículo antes de cargar y/o descargar debe ser verificada. Los muelles de carga o descarga deben estar equipados con aislantes de temperatura externa, plataformas niveladoras, y/o puertas tipo persiana y finalmente el picking: se recomienda que los productos deben estar bien identificados y el cuarto frío debe contar con buena iluminación para facilitar la preparación del pedido. La tercera etapa es el transporte, se debe tener en cuenta que los equipos de frío instalados en los vehículos están diseñados para extraer el calor del sol, del aire y del producto, sin embargo, los equipos ayudan a mantener la temperatura del producto no la disminuyen.

MÉTODO

El diseño de la investigación fue no experimental y descriptiva, la búsqueda de información fue de los elementos básicos de la cadena de frío en un entorno nacional y regional con el fin de encontrar una comparativa, las áreas de oportunidad, consultando fuentes de diversas empresas, dependencias de gobierno y artículos de investigación recientes acerca del tema.

La cadena de frío en México

La cadena de frío puede ser vista desde diferentes ángulos, pues es utilizada para diversos fines dentro de la industria. Por ello, a continuación, se identifican y muestran diversas tendencias que representan áreas de oportunidad para la cadena de frío en México. El primero es la industria de distribución y venta de alimentos encaminada hacia el servicio de comida, implica la experiencia en el manejo de productos alimenticios y asesoramiento a restaurantes. La demanda hacia este servicio ha aumentado en los últimos años en nuestro país, se ha identificado que aproximadamente el 30 % de la población come en establecimientos fuera de casa ya sea en restaurantes, cafeterías o lugares establecidos y al alto consumo dentro de las cadenas comerciales, sin embargo la mayoría de ellos no cuentan con proveeduría profesional. Uno de los grandes desafíos para el sector es prolongar al máximo el tiempo de vida de productos frescos y congelados pues una tendencia de crecimiento del sector de los alimentos congelados aumenta hasta 30 % del 2013 a 2019, de acuerdo a Pacific Star. Se ha identificado que el consumo de productos frescos ha crecido de manera considerable, Un estudio elaborado por Master Research, señala que alrededor de 96 % de los hogares mexicanos que cuenta con refrigerador compra por lo menos una vez a la semana un alimento congelado, o para guardar en el congelador, los productos de mayor consumo son frutas y vegetales frescos o alimentos precocidos, seguidos de papas para freír, helados, carnes y pescado preparados, por lo que sector de los alimentos congelados podría crecer hasta 30 por ciento, de 2013 a 2019, con el paso de los años, la experiencia del consumidor ha mejorado y con ello la demanda ha crecido, gracias a las innovaciones y mejoramiento de la cadena de frío.

Otro de las tendencias es el crecimiento de la agroexportación no tradicional en México, que consiste en dar valor a los productos del campo, adaptándose a los estándares de selección, empaque y marca, que exige el mercado internacional, principalmente la de frutas y hortalizas. México se ha integrado al sistema alimentario mundial en fresco, participando como oferente en una red de producción y distribución en la que los países desarrollados son los principales consumidores y así obtener mejores oportunidades. Actualmente se han creado verdaderos corredores industriales, destacando Sonora, Sinaloa, Baja California y Baja California Sur, donde se procesan hortalizas; la costa del Pacífico hasta el estado de Guerrero, que ofrece mango, melón, pepino y aguacate, y el Bajío con hortalizas congeladas y frescas.

No solo en México sino a nivel global, la demanda y la oferta de los productos médicos es una necesidad inmediata, se trata de lograr una logística de cadena de frío correcta, en el que el margen de error es cero, por lo que se requiere una logística con alta tecnología en su cadena de frío, de acuerdo a Biopharma Cold Chain Sourcebook el 25% de todos los productos de asistencia médica requiere un ambiente de temperatura controlada, adicional nuevos tratamientos como la criocirugía y crioterapia están siendo desarrolladas gracias a tecnologías de ultra baja temperatura. Otra de las áreas de oportunidad muy significativas no solo a nivel nacional es el nivel de mermas por la deficiencia de tecnología de frío desde la producción hasta la comercialización a varios puntos de la ciudad, un reciente análisis del estudio realizado por Włodzimierz Kaminsky, titulado "Refrigeration

and the World Food Industry”, reveló que un 30% de la producción primaria mundial y un 40% de las frutas y verduras se perdían por falta de una refrigeración adecuada, mientras que en México de la industria alimentaria solo un 15 % de hortalizas y productos cárnicos se distribuye de forma profesional. De acuerdo a un estudio de la Revista Claridades Agropecuarias el transporte refrigerado presenta un panorama de concentración en ciertas rutas y determinadas áreas geográficas, con servicios de punta y conviviendo con otros factores para los propósitos de las cadenas de frío limitando el crecimiento del país, pero también constituye un área de oportunidad para el desarrollo nacional y empresarial.

Adicional, De acuerdo con un estudio de la Asociación Internacional de Almacenes Refrigerados, junto con la Organización Mundial de Logística de Alimentos, en México conviven dos estructuras de venta, conservación y transportación de productos perecederos muy distintas, un segmento que utiliza de modo cotidiano la cadena de frío y los que para el almacenaje, el transporte y la venta de mercancías perecederas no recurren a las cadenas de frío, tales como en los mercados populares o en los comercios ambulantes, que almacenan y transportan los productos perecederos con poco o nulo cuidado de las variaciones de temperatura. De acuerdo al artículo *Las cadenas de frío y el transporte refrigerado en México*, más de 50 por ciento de los productos perecederos consumidos en México se comercializa sin los beneficios que ofrecen las cadenas de frío. Se tienen implicaciones relevantes, ya que hay un riesgo de salud pública, así como pérdidas económicas por desperdicios de alimentos. Finalmente se identifica la carencia de una infraestructura adecuada para la cadena de frío es una gran área de oportunidad, de acuerdo al Director de *Pacific Star Foodservice*, en México la distribución profesional con estándares de enfriamiento y conservación de inocuidad puede abarcar alrededor del 15%, mismo que realizan entre 60 y 80 empresas en todo el país, con la tecnología para tal efecto.

La actividad logística para la cadena de frío tiene grandes retos y oportunidades, los esfuerzos que están realizando las empresas para impulsar su crecimiento es insuficiente, ya que se enfrenta a obstáculos que limitan los objetivos trazados por las compañías instaladas en México, de acuerdo al estudio Retos y Tendencias del Sector Logístico. México 2017, en el que de acuerdo a las opiniones de 700 ejecutivos logísticos consultados, se identifican cinco vectores principales donde se ubican los obstáculos y anticipa su nivel de prioridad: Gestión de Gobierno (31%), Infraestructura (19%), Procesos (18%), Tecnología de la Información (TI - 17%) y Capital Humano (15%). En Gestión de Gobierno, los ejecutivos consideraron que lo más importante que lo que se debería trabajar para mejorar es en la seguridad y el traslado de mercancías, la transparencia en los procesos / combate a la corrupción; el acceso al financiamiento, principalmente, En el tema de Infraestructura, se identificó la necesidad de fortalecer la infraestructura carretera como el principal factor de desarrollo de competitividad en el sector logístico, seguido de parques logísticos, infraestructura marítima, de transporte, ferrocarriles, nodos logísticos y clústeres. En el tema de Procesos, se consideró que se deben abordar nuevas y mejores prácticas, el fortalecimiento del trabajo con las, asociaciones y alianzas para el desarrollo del sector; la planeación de procesos, principalmente. Respecto a las tecnologías de información se destacaron temas como un mayor uso de las herramientas enfocadas a las cadenas de suministro, el acceso a herramientas innovadoras, la automatización y tecnificación del proceso, y el desarrollo del comercio electrónico. Finalmente, respecto al Capital Humano se identificaron problemáticas como disponibilidad de programas de capacitación, retención del talento, disponibilidad de personal capacitado en el lugar donde se requiere y conocimientos de los programas de desarrollo disponibles.

RESULTADOS

Adicional a las anteriores propuestas de los empresarios y compiladas en el estudio anteriormente mencionado, a continuación se enumeran otras propuestas relevantes para fortalecer la cadena de frío, derivado de un proceso de análisis y de las lecciones aprendidas de las estrategias implementadas en otros países para el fortalecimiento a la cadena de frío. Se recomiendan inversiones en tecnología de vanguardia través de la implementación de herramientas innovadoras, automatización y tecnificación para incrementar su productividad y eficiencia, tiene un impacto de un menor consumo y ahorro de energía de 3 a 4 %, reducción en emisiones indirectas de CO₂, es una iniciativa que impacta a medio ambiente. La utilización de Software especializados que ayude a la operación de refrigerados, es muy probable que se pueda garantizar el éxito operativo,

complementado con personal calificado y capacitado, que pueda llevar el registro y control permanente de las temperaturas de los productos a lo largo de toda la Cadena de Abastecimiento, Incorporar las tecnologías de información para gestionar y dar seguimiento en línea a la cadena de frío, lo que permite a los clientes obtener la trazabilidad de sus envíos. La selección de equipamiento y refrigerantes acorde a las necesidades y aplicaciones de cada empresa de acuerdo a los productos, así como el uso eficiente de la energía eléctrica. Tales como: sistemas de temperatura única, de multitemperatura, sistemas criogénicos, eficiente servicio de soporte y mantenimiento. Se recomienda que los fabricantes y detallistas elaboren manuales de mejores prácticas de conservación de productos perecederos, enfocado tanto al personal de la cadena de frío como a los consumidores. Además, en los puntos de exhibición de estos productos se deben colocar carteles explicativos sobre el mantenimiento de la calidad de los productos refrigerados y/o congelados. Además, es importante capacitar e informar acerca de las mejores prácticas de higiene y salubridad a las personas que intervienen directa o indirectamente en la elaboración, transformación, comercialización y consumo de alimentos, la buena presentación y exhibición de los productos perecederos respetando la cadena de frío, garantiza una buena rotación de los mismos. El que las empresas contraten Operadores Logísticos especializados para los procesos dentro de la cadena de frío en toda la cadena de abastecimiento, ya que es evidente que cada sector (lácteo, cárnico, avícola, hortofrutícola, etc.) presenta unas particularidades muy concretas que revelan estrategias logísticas, ya sea de distribución o de aprovisionamiento. Finalmente el apoyo de Gobierno para agilizar la tramitología, la promoción, el apoyo a la profesionalización de los servicios, apoyos para la certificación en la calidad y normas nacionales e internacionales para el sector, fortalecimiento a la cadena de suministro estatales con modelos eficientes de utilidad

CONCLUSIÓN

La internacionalización de las empresas y la globalización están provocando que la logística y el comercio exterior se integren cada vez más, lo que precisa de cadenas logísticas más flexibles y adaptadas a los requisitos de los mercados internacionales. El éxito de la cadena de frío está ligado a una efectiva planeación de los modelos de negocio de la agrologística así como la de los sectores que requieren del clima para su conservación, adicional de una adecuada combinación entre la inversión de la tecnología y la rentabilidad que ésta puede traerle a la empresa. Para el fortalecimiento de las empresas inmersas en esta actividad, se requieren de esfuerzos integrados de partes interesadas como la visión de Gobierno, de las asociaciones, de empresas operadoras de servicio, entre otros, la planificación de los procesos logísticos el transporte y almacenaje de productos frescos o congelados requiere una gran eficiencia y consistencia en los procesos para abatir costos de adquisición de tecnología, de infraestructura, el logro de certificaciones, capacitación, modelos de utilidad y sobre todo la aportación de ideas para que todos los procesos sean ágiles y esbeltos; esto traerá como consecuencia el abastecimiento de alimentos de calidad y en el traslado de productos indispensables para la salud pública, ayudarán al desarrollo de los productores e intermediarios a garantizar el valor de los productos sensibles al frío. La presente investigación tiene el objetivo de proveer información a los empresarios y partes interesadas al proceso de la cadena de frío para la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cárdenas, A. (2008). Mundo HVACR. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/06/analisis-de-la-cadena-del-frio-de-frutas-y-hortalizas-en-mexico/>
2. Cervantes, P. (2014). Mundo HVACR. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/08/eleccion-de-tecnologia-en-la-cadena-de-frio/>
3. Reseña "Cadena de frío... ¿importante en los alimentos?" Obtenido de <https://blogdeliia.wordpress.com/resena-cadena-de-frio-importante>
4. Daluz, M. (2008). Cadena de Frío. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/26092-La-cadena-de-frio.html>

5. Duarte, E. (2017). T21. Obtenido de <http://t21.com.mx/logistica/2017/06/16/estudio-revela-principales-obstaculos-logistica-mexico>
6. El Economista. (2016). El Economista. Obtenido de <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Foodservice-alcanza-valor-por-400000-millones-20161030-0106.html>
7. Gómez, J. (2017). Revistas Énfasis. Obtenido de <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/77215-cadena-frio-garantizar-la-frescura->
8. Holt, N. (2016). Industria Alimenticia. Obtenido de <https://www.industriaalimenticia.com/articulos/88246-trazabilidad-y-el-futuro-de-la-seguridad-alimentaria>
9. InfoAserca. (2006). Las Cadenas de Frío Y el Transporte Refrigerado en México. Claridades Agropecuarias.
10. Navarro, H. (2013). Logística en la Cadena de Frío. Obtenido de http://www.colombiatrade.com.co/sites/default/files/conferencia_logistica_en_la_cadena_de_frio_proexport_2013.pdf
11. Navarro, H. (2013). Proexport Colombia. Obtenido de http://www.colombiatrade.com.co/sites/default/files/conferencia_logistica_en_la_cadena_de_frio_proexport_2013.pdf
12. Navarro, H. (2013). Zona Logística. Obtenido de <http://www.zonalogistica.com/articulos-6681/articulos-mas-leidos/la-logistica-de-la-cadena-de-frio/>
13. Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI). Obtenido de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/3304/Taller%20sobre%20planificaci%20n,%20administraci%20n,%20evaluaci%20n%20modulo%20III%20cadena%20de%20frio.pdf?sequence=1>
14. Pelayo, M. (s.f.). Seguridad Alimentaria. Obtenido de http://www.seguridadalimentaria.posadas.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=83%3Acadenafrio&catid=20%3Ainformacionelboradores&Itemid=2
15. Renedo, C. (2008). Tecnología Frigorífica. Obtenido de <http://personales.unican.es/reneDOC/Trasp%20WEB/Trasp%20Tec%20Frig/003%20Elem%20Maq%20Frig.pdf>
16. Reyes, E. (2014). Mundo HVACR. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/08/optimizar-cadena-de-frio-indispensable-para-la-seguridad-alimentaria/>
17. Rodríguez, I. (2014). Manufactura. Obtenido de <http://www.manufactura.mx/industria/2014/04/30/cadena-de-frio-reduce-descomposicion-de-alimentos>
18. Ruiz, S. (2017). Mundo HVACR. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2017/11/salud-bienestar-traves-del-frio/>
19. Sagredo, B. (2017). Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2017/01/perspectivas-la-cadena-del-frio/>
20. Serrano, M. J. (2014). Logística de almacenamiento. España.
21. Soler, D. (2009). Diccionario de Logística. España: MARGE BOOKS.
22. Stark, K. (2017). Evaluando Software. Obtenido de <http://www.evaluandosoftware.com/aporte-las-tecnologias-moviles-la-cadena-frio/>

SÍNTESIS DE NANOESTRUCTURAS DE CARBONO A PARTIR DE BENCENO POR DEPOSICIÓN QUÍMICA EN FASE VAPOR.

Carmen Judith Gutiérrez-García¹, Jael Madaí Ambríz-Torres¹, José de Jesús Contreras-Navarrete¹, Francisco Gabriel Granados-Martínez¹, Diana Litzajaya García-Ruiz¹, Leandro García-González², Luis Zamora Peredo², Luis Fernando Ortega-Varela¹, Francisco Méndez³, Lada Domratcheva-Lvova¹

¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Gral. Francisco J. Múgica S/N, Felicitas del Río, Morelia, Michoacán, 58030, México. ladamex@yahoo.es ² Centro en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, CP. 94294, Boca del Río, Veracruz, México. ³ Departamento de Química, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, A.P. 55-534, México, D.F., 09340, México.

RESUMEN

Desde el descubrimiento del fullereno en 1985, ha habido un particular interés en la investigación sobre los materiales de carbono nanoestructurados, lo anterior debido a las propiedades físicas y químicas que poseen a escala nanométrica, las cuales permiten utilizarlos en distintas aplicaciones. De los métodos de síntesis para nanoestructuras de carbono el método de deposición química en fase vapor, es el más versátil en el uso de fuentes de carbono. El objetivo de la presente investigación fue sintetizar nanoestructuras de carbono a partir de benceno como fuente de carbono y un acero inoxidable (AISI 304) como catalizador a través del método CVD, manteniendo flujo y tiempo de síntesis constantes y la temperatura de reacción como variable. Los resultados por microscopía electrónica de barrido mostraron que se obtuvo una mezcla entre nanotubos y nanoesferas de carbono y a manera que aumenta la temperatura, se observa una mayor cantidad de esferas respecto de la cantidad de nanotubos. La presencia de los grupos funcionales fue confirmada mediante espectroscopía Infrarroja por transformada de Fourier. Espectroscopía Raman mostró las bandas D y G características para este tipo de nanoestructuras. El uso de un precursor aromático en combinación con el acero inoxidable a temperaturas superiores a los 800°C favorece la formación de micro y nanoesferas de carbono sólidas que pueden ser utilizadas en soportes catalíticos, lubricantes, en dispositivos de almacenamiento de energía, entre otros.

INTRODUCCIÓN

Desde el descubrimiento del fullereno en 1985 por Kroto [1], ha habido un particular interés en la investigación sobre los materiales de carbono nanoestructurados tales como los nanotubos, el grafeno, las nanobarras, las nanofibras, las nanoesferas, entre otras, lo anterior debido a las propiedades físicas y químicas que estas estructuras poseen a escala nanométrica que son disímiles a las que ofrecen los macromateriales, como el módulo de Young que para los nanotubos es de hasta 1.2 TPa y la alta relación de aspecto, además son materiales conductores, ligeros y presentan una elevada área superficial, estas propiedades amplían las posibilidades de poder utilizar estos nanomateriales en aplicaciones en distintas áreas de la ciencia [2-4]. Existen varios métodos de síntesis de nanoestructuras de carbono, entre los más usados se encuentran el método de ablación láser, arco eléctrico [5] y deposición química en fase vapor [6,7], de los cuales, la Deposición Química de Vapor (CVD), es superior a otros métodos respecto a pureza, concentración y crecimiento controlado de las nanoestructuras, además es el más económico, es fácil de usar y escalar a nivel industrial [8,9]. Otra ventaja de este método es que es versátil en el uso de precursores, ya sean compuestos naturales o sintéticos, en estado líquido o sólido [10,11]. Está reportado que tanto el catalizador como la fuente de carbono juegan un papel importante en la síntesis de las nanoestructuras [12]. El benceno es un compuesto ya estudiado por otros autores en la síntesis de nanoestructuras [13-16], sin embargo, las condiciones y el tipo de catalizador que se evalúan en el presente proyecto son distintas a las ya reportadas. El objetivo de la presente investigación fue sintetizar nanoestructuras de carbono a partir de benceno como fuente de carbono y un acero inoxidable (AISI 304) como catalizador a través del método CVD, manteniendo flujo y tiempo de síntesis constantes y como variable la temperatura de reacción; posteriormente caracterizar mediante técnicas microscópicas y espectroscópicas con la finalidad de conocer el contenido elemental y características estructurales de la muestra obtenida.

PARTE EXPERIMENTAL

La síntesis de nanoestructuras de carbono se realizó mediante el método de deposición química en fase vapor, donde se empleó benceno (C_6H_6) de alta pureza (Sigma Aldrich) como fuente de carbono. Para desarrollar este método se requirió de un reactor tubular el cual consta de un tubo de cuarzo con diámetro de 0.03 m y 0.60 m de longitud; en su interior se colocó una barra de acero inoxidable de 0.5 m de longitud y 0.01 m de diámetro que fungió como catalizador y donde se depositaron las nanoestructuras. El reactor se introdujo en un horno tubular programado a tres temperaturas: 800, 850 y 875 °C a presión atmosférica. Se utilizó gas argón a razón de 10 ml/min para transportar el precursor a la zona de reacción y se trabajó a tiempos de 30 min. El esquema se muestra en la figura 1. Una vez que terminó la síntesis, la muestra se deja enfriar a temperatura ambiente. Con la finalidad de conocer la estructura obtenida y sus características, se le realizaron técnicas de caracterización como Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), Espectroscopía de Energía Dispersa (EDS), Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) y Espectroscopía Raman.

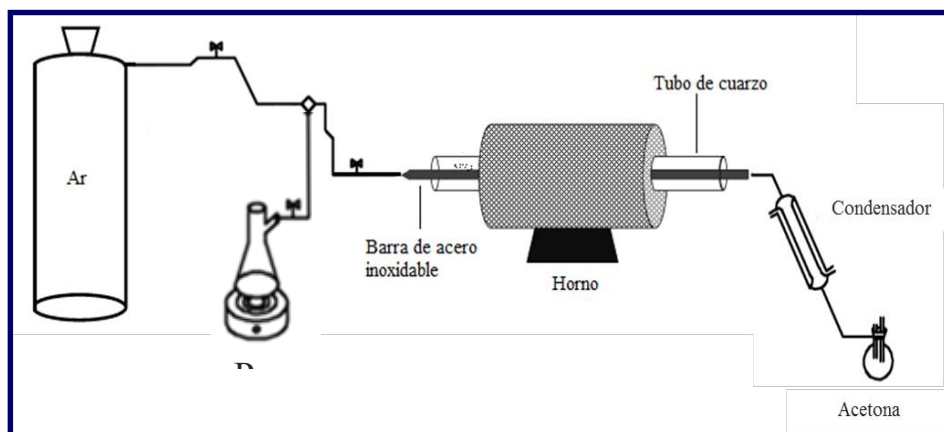


Figura 1. Esquema de síntesis de CNS

RESULTADOS

Las micrografías SEM mostraron el efecto de la temperatura en la síntesis de las nanoestructuras. La figura 1a correspondiente a la síntesis a 800°C muestra la formación de algunas estructuras tubulares y lo que parece ser el apilamiento de capas de carbono que se aglomeran entre sí, esto nos indica que a estas condiciones, la temperatura inicial no es suficiente para que suceda la formación de esferas. La figura 1b correspondiente a 850 °C, muestra la formación de una mezcla entre nanotubos y nanoesferas bien definidas y a $T= 875$ °C (Fig. 1c) se observa la formación de nano y microsferas de carbono. Lo anterior sugiere que al incrementar la temperatura varía el tipo de nanoestructura formada, bajo las condiciones presentadas en este proyecto.

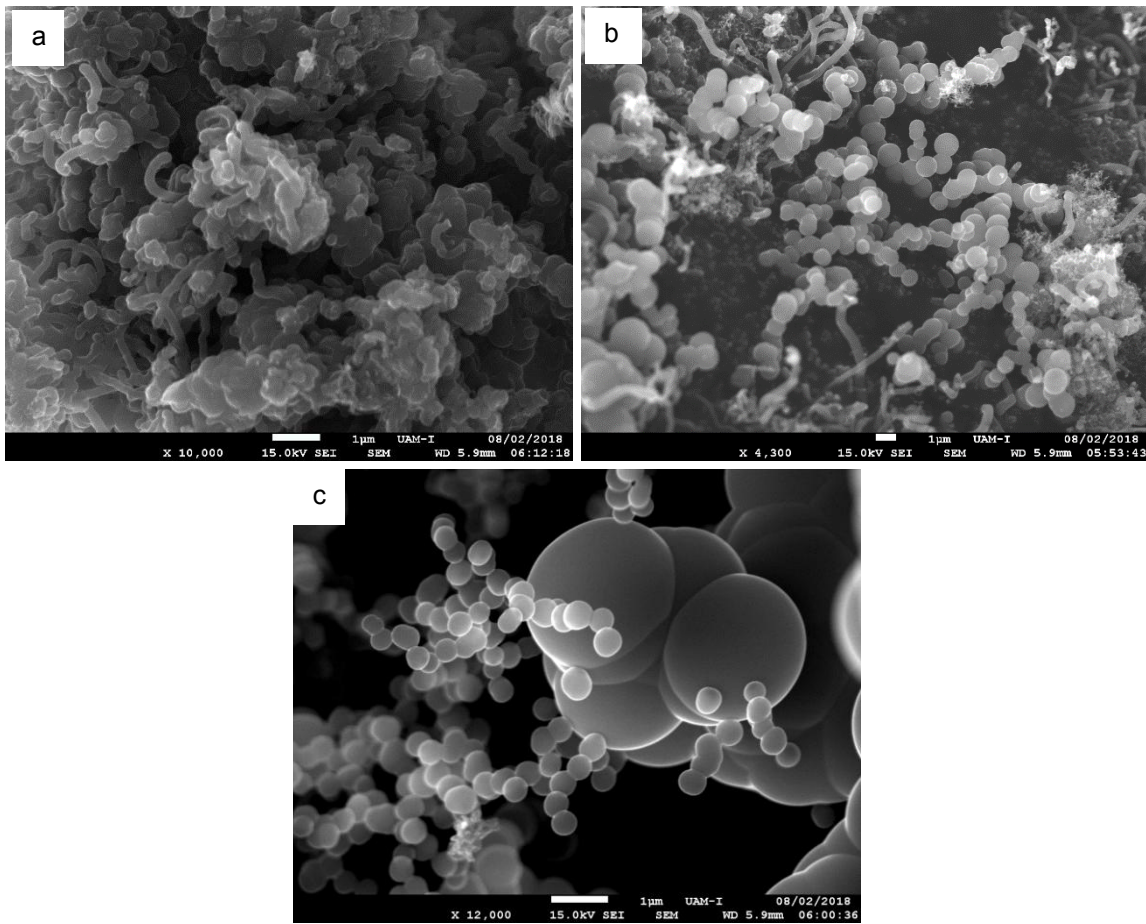


Figura 2. Micrografías de las CNS a) 800 °C, b) 850 y c) 875°C

Las esferas de carbono, a diferencia de los nanotubos, son completamente sólidas como se muestra en la figura 3. Esferas similares a las obtenidas en este proyecto han sido reportadas por Koprinarov y Konstantinova en la síntesis a partir de benceno a 20 MPa de presión [17].

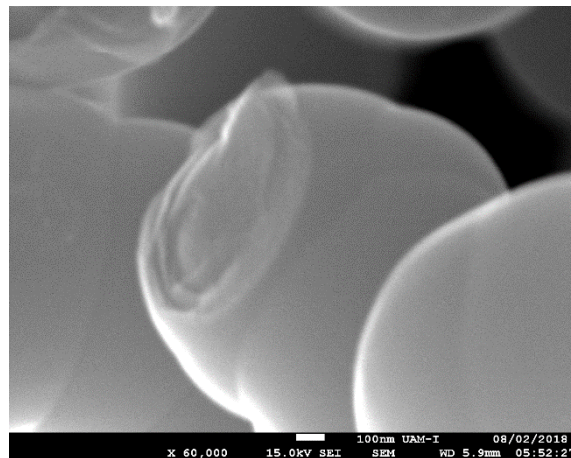


Figura 3. Esfera rota

Los diámetros de las nanoestructuras resultaron variables, para los nanotubos de carbono los diámetros que fue posible medir oscilan entre 70 y 300 nm para las temperaturas de 800 y 850 °C. Para el caso de las esferas, la presencia de éstas se observó en 850 y 875 °C, la distribución se muestra en la figura 4. A la T = 850 °C, las esferas que se encuentran entre 400 y 800 representan un 38.3 % y las que están entre 801 y 1200 nm representan el 51.3 % que es la mayoría. Para T = 875 °C la mayor cantidad de esferas medidas se encuentran por debajo de 800 nm; el 48.7 % se encuentran por debajo de 400 nm y el 42.6 % de 400 a 800 nm. Lo que esta distribución sugiere es que a la mayor temperatura de síntesis utilizada las esferas tienden a ser más pequeñas, sin embargo, también se observó una mínima presencia de esferas de tamaño microscópico por arriba de 2 μm (7%).

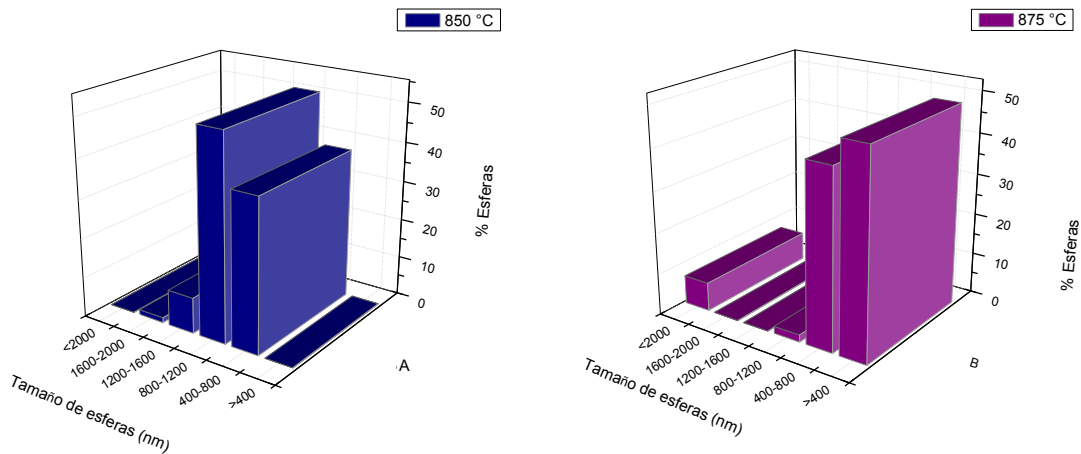


Figura 4. Distribución de diámetros de esferas a) 850 y b) 875 °C

El espectro FTIR (Fig. 5) muestra señales en 2923 y 2853 cm^{-1} , las cuales se pueden atribuir a la vibración del estiramiento de CH_2 y CH_3 , estas vibraciones son características para nanoestructuras de carbono obtenidas por procesos de deposición química de vapor [18]. En 3428 cm^{-1} puede observarse una banda muy marcada atribuida al grupo hidroxilo (OH), por el ancho de banda se puede deducir que este grupo funcional se encuentra interactuando en la superficie de las nanoestructuras [19, 20]. También es posible observar el estiramiento del grupo carboxilo $\text{C}=\text{O}$ en el rango de 1590 and 1706 cm^{-1} , las señales en el rango de 1680-1500 cm^{-1} se pueden asociar al estiramiento del doble enlace carbono-carbono características para la mayoría de los hidrocarburos aromáticos como es el caso del precursor utilizado [21].

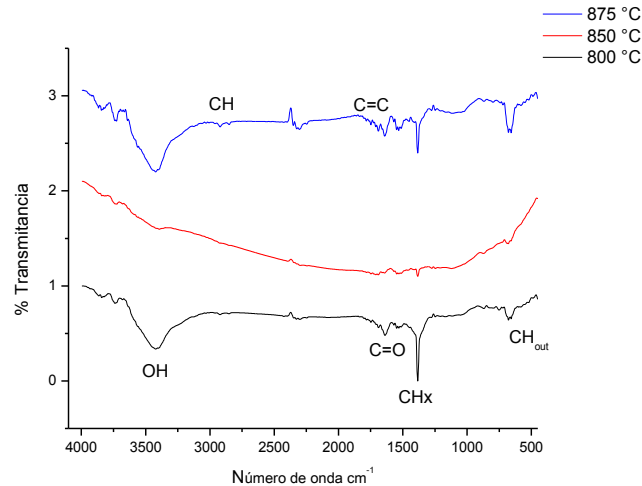


Figura 5. Espectro FTIR

El espectro Raman (Fig. 6) permite observar la presencia de la banda D atribuida a los defectos en las nanoestructuras, la banda G se refiere a que tan grafítico es el nanomaterial y la banda G', que es un sobretono de la banda G, más débil que D y G. Los valores reportados para el grafito y los nanotubos de carbono son muy similares y rondan aproximadamente los 1300 cm^{-1} para D, 1600 cm^{-1} para G y 2650 cm^{-1} para G' [22,23]. Los valores obtenidos de los espectros en la figura 6 se reportan en la Tabla I y sugieren que tanto los nanotubos como las esferas presentan defectos en su estructura, sin embargo, también un alto grado de grafitización.

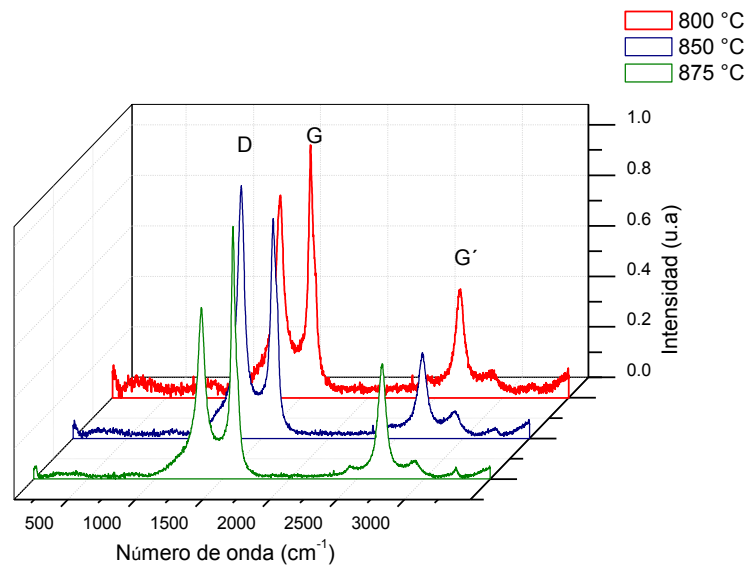


Figura 4. Espectro Raman

Tabla I. Valores Raman

	D (cm-1)	G (cm-1)	G' (cm-1)
800 °C	1345.74	1570.61	2680.98
850 °C	1348.97	1584.21	2693.88
875 °C	1344.45	1579.64	2689.77

CONCLUSIONES

El uso de un precursor aromático como el benceno en combinación con el acero inoxidable como catalizador a temperaturas superiores a los 800°C permite obtener dos tipos de nanoestructuras: tubulares y esféricas, bajo las condiciones presentadas en la presente investigación.

Conforme aumenta la temperatura se favorece la formación de micro y nanoesferas de carbono y disminuye la presencia de nanotubos.

La presencia de grupos funcionales polares en ambos tipos de estructuras mejora la solubilidad de las mismas lo que favorece su uso en distintas aplicaciones.

Las esferas son completamente sólidas lo que hace que estas estructuras se puedan aplicar como soportes catalíticos, por su forma esférica se pueden usar como lubricantes, también en dispositivos de almacenamiento de energía, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kroto, H. W., Heath, J. R., O'brien, S. C., Curl, R. F., & Smalley, R. E. C. "This Week's Citation Classic"®. *Nature*, vol. 318, 1985, pp. 162-163.
2. Dresselhaus, M. S., & Avouris, P. "Introduction to carbon materials research. In Carbon nanotubes". *Springer*, Berlin, Heidelberg. 2001, pp 1-9.
3. BalandrAn-Quintana, R.R., et al., "Nanotubos de carbono y bionanotecnología". *Interciencia*. 33(5), 2008, pp. 331-336.
4. Vasilievna Kharissova, O., "Nanoestructuras de carbono con diferentes grupos funcionales". *Celerinet*, vol. 1, 2013, pp. 89-96.
5. Hernández, Y., Holguina, G., Baqueroa, M., & Gómez-Baquero, F. "Síntesis de nanotubos de carbono por el método de arco de descarga eléctrica". *Revista colombiana de física*, Vol. 36(2), 2004, pp. 296-300.
6. Wasel, W., Kuwana, K., Reilly, P. T., & Saito, K. "Experimental characterization of the role of hydrogen in CVD synthesis of MWCNTs". *Carbon*, 45(4), 2007, pp. 833-838.
7. Kunadian, I., Andrews, R., Qian, D., & Mengüç, M. P. "Growth kinetics of MWCNTs synthesized by a continuous-feed CVD method". *Carbon*, vol. 47(2), 2009, pp. 384-395.
8. Yoon, Y. J., Bae, J. C., Baik, H. K., Cho, S. J., Lee, S. J., Song, K. M., & Myung, N. S. "Nucleation and growth control of carbon nanotubes in CVD process". *Physica B: Condensed Matter*, vol. 323(1-4), 2002, pp. 318-320.
9. Teo, K. B., Singh, C., Chhowalla, M., & Milne, W. I. "Catalytic synthesis of carbon nanotubes and nanofibers". *Encyclopedia of nanoscience and nanotechnology*, Vol.10 (1), 2003, pp.1-22
10. Cassell, A. M., Raymakers, J. A., Kong, J., & Dai, H. "Large scale CVD synthesis of single-walled carbon nanotubes". *The Journal of Physical Chemistry B*, vol. 103(31), 1999, pp. 6484-6492.
11. Pol, V. G., Pol, S. V., Moreno, J. M. C., & Gedanken, A. "High yield one-step synthesis of carbon spheres produced by dissociating individual hydrocarbons at their autogenic pressure at low temperatures". *Carbon*, vol. 44(15), 2006, pp. 3285-3292.
12. Balbuena, P. B., Zhao, J., Huang, S., Wang, Y., Sakulchaicharoen, N., & Resasco, D. E. "Role of the catalyst in the growth of single-wall carbon nanotubes". *Journal of nanoscience and nanotechnology*, vol. 6(5), 2006, pp. 1247-1258.

13. Tian, Y., Hu, Z., Yang, Y., Wang, X., Chen, X., Xu, H., ... & Chen, Y. "In situ TA-MS study of the six-membered-ring-based growth of carbon nanotubes with benzene precursor". *Journal of the American Chemical Society*, vol. 126(4), 2004, pp. 1180-1183.
14. Mayne, M., Grobert, N., Terrones, M., Kamalakaran, R., Rühle, M., Kroto, H. W., & Walton, D. R. M. "Pyrolytic production of aligned carbon nanotubes from homogeneously dispersed benzene-based aerosols". *Chemical Physics Letters*, vol. 338(2-3), 2001, pp.101-107.
15. Sen, R., Govindaraj, A., & Rao, C. N. R. (1997). "Carbon nanotubes by the metallocene route". *Chemical Physics Letters*, vol. 267(3-4), pp. 276-280.
16. Benito, A. M., Maniette, Y., Muñoz, E., & Martínez, M. T. (1998). "Carbon nanotubes production by catalytic pyrolysis of benzene". *Carbon*, vol. 36(5-6), pp. 681-683.
17. Koprinarov, N., & Konstantinova, M. "Preparation of carbon spheres by low-temperature pyrolysis of cyclic hydrocarbons". *Journal of materials science*, vol. 46(5), 2011, pp. 1494-1501.
18. Jung, Y.S. and D.Y. Jeon, "Surface structure and field emission property of carbon nanotubes grown by radio-frequency plasma-enhanced chemical vapor deposition". *Applied surface science*. Vol. 193(1), 2002, pp. 129-137.
19. Chen, J., et al., "Mesoporous carbon spheres: Synthesis, characterization and supercapacitance". *Int. J. Electrochem. Sci*, Vol. 4. (2009), pp. 1063-1073.
20. Griffiths, P. R., & De Haseth, J. A. "Fourier transform infrared spectrometry". Ed. John Wiley & Sons (Vol. 171. 2007).
21. Suart, B. "Infrared spectroscopy: Fundamental and applications". (University of Technology, Sydney, Australia, 2004). Ed. John Wiley & sons.
22. Domingo, C., & Santoro, G. "Espectroscopía Raman de nanotubos de carbono". *Opt. Pura Apl*, vol. 40(2), 2007, pp. 175-186.
23. Pimenta, M. A., Dresselhaus, G., Dresselhaus, M. S., Cancado, L. G., Jorio, A., & Saito, R. "Studying disorder in graphite-based systems by Raman spectroscopy". *Physical chemistry chemical physics*, vol. 9(11), 2007, pp. 1276-1290.

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL MEDIANTE LA TÉCNICA A3 EN UNA EMPRESA DEL SECTOR AUTOMOTRIZ

Norma Elizabeth Rodríguez Bustos, Mónica Mendoza Korhs, José Miguel García Guzmán

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta de mejora, que consiste en resolver los principales problemas de seguridad e higiene industrial relacionados con los accidentes e incidentes laborales en una empresa del sector automotriz mediante el uso de la técnica A3. Se utiliza esta técnica porque en comparación con otras permite identificar la causa raíz de los problemas en un espectro más amplio lo que ayuda a proponer soluciones óptimas e implementar un plan de acción con fechas específicas, ya que utiliza el diagrama Ishikawa y los cinco porqués. La propuesta de solución de problemas se llevó a cabo en los departamentos de moldeo, materiales, cromo y pintura debido a que eran las áreas con mayor índice de accidentes. Los resultados mostraron que la fatiga, la prisa, la frustración y el exceso de confianza son las causas principales que originan los accidentes, siendo la última la de estas la que mayor influencia tiene en la cantidad de accidentes presentados en las distintas áreas de la empresa. De esta manera, al identificarse las causas raíz de los accidentes, se propusieron distintas soluciones entre las cuales se puede mencionar la capacitación del personal mediante talleres, cursos y posteo de ayudas visuales, así como cambios de layout en las áreas de trabajo. Se debe mencionar que hasta el momento no se tienen datos asociados con resultados de las soluciones propuestas, ya que esta etapa es sujeta de un proyecto posterior.

INTRODUCCIÓN

La seguridad industrial ha sido considerada como parte fundamental dentro del sistema hombre-máquina y marca sus inicios con la revolución industrial dando lugar a cumplir con los objetivos básicos que son: evitar lesiones y muerte por accidente, reducción de los costos operativos de producción, mejorar la seguridad del trabajador y contar con los medios necesarios para montar un plan de seguridad [1]. La seguridad industrial es el conjunto de técnicas que tienen por objeto la prevención de accidentes [2]. Un accidente es cualquier lesión en el cuerpo del ser humano que provoca daño en los tejidos, es importante mencionar que cuando ocurre un accidente se tienen pérdidas económicas ya que la empresa está obligada a reparar los daños ocurridos dentro de la organización, estos gastos tienen que ver con la reparación del lugar donde ocurrió el accidente, de la multa que se tiene que pagar ante las instituciones gubernamentales aunado con la incapacidad de la persona que sufrió la lesión, es por tal motivo que hoy en día las empresas están cada vez más comprometidas con la seguridad de sus trabajadores y el principal objetivo de las mismas en la cuestión de seguridad es la de cero accidentes, para cumplir esta meta se tiene que seguir una política de prevención que incluye: a) Interés en la seguridad, b) investigación de causas, c) evaluación de efectos y d) acción correctiva [1], dentro de este trabajo de investigación se desarrollan cada una de las etapas antes mencionadas dentro de una empresa del sector automotriz, para desarrollar el análisis y llegar a las acciones correctivas se utiliza una técnica conocida como A3, la cual tiene sus orígenes en Japón y es una herramienta de gestión clave que forma parte del sistema de producción de Toyota TPS 3 [3, 4, 5]. Es una herramienta de toma de decisiones y a la vez es el proceso de resolución de problemas, que está fundamentado en el Ciclo de Deming (PDCA). Se llama A3 porque tiene el tamaño de una hoja A3, la estructura de un informe A3 es simple: Se trata de un modelo estándar que se estructura en una serie de apartados. Se lee de arriba abajo, primero la columna de la izquierda y después la de la derecha. El informe A3 comienza con un profundo conocimiento de la situación actual [3, 4, 5] donde se consideran estrategias de solución de problemas como los cinco porqués y el diagrama Ishikawa [6, 7, 8], con la finalidad de disminuir los accidentes que tienen más influencia dentro de la organización y que tienen relación con espacios confinados, trabajo en alturas, trabajo con sustancias químicas y manejo de montacargas, según el Diario Oficial de la Federación el espacio confinado es “un lugar sin ventilación natural, o con ventilación natural deficiente, en el que una o más personas puedan desempeñar una determinada tarea en su interior, con medios limitados o restringidos para su acceso o salida, que no está diseñado para ser ocupado en forma continua” [3]. Considerando lo anterior en este trabajo se

presenta una propuesta de mejora que permite identificar y dar soluciones a los principales problemas de seguridad e higiene para evitar accidentes dentro de las áreas críticas de la empresa.

TEORÍA

Teorías sobre el origen de los accidentes

Según esta teoría, un accidente se origina por una secuencia de hechos, al caer una de ellas origina la caída de una de las demás.

Heinrich postulaba una serie de factores [9]:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \quad (1)$$

Donde:

A=Herencia y medio social; B=Acto inseguro; C=Falla humana; D=Accidentes; E=Lesiones

Según el reglamento federal de seguridad y salud en el trabajo en el Artículo 3 [10] se entiende por: **Accidente de Trabajo** “Toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se preste”.

Condiciones Inseguras “Aquéllas que derivan de la inobservancia o desatención de los procedimientos o medidas de seguridad dispuestos en este Reglamento y las Normas, y que pueden conllevar la ocurrencia de incidentes, Accidentes y Enfermedades de Trabajo o daños materiales al Centro de Trabajo”.

Riesgo “La correlación de la peligrosidad de uno o varios factores y la exposición de los trabajadores con la posibilidad de causar efectos adversos para su vida, integridad física o salud, o dañar al Centro de Trabajo”.

Informe estadístico

Unos informes estadísticos tienen como objetivo disponer de datos para extraer conclusiones y es conveniente que conste de tres partes: a) introducción, b) presentación de datos, c) conclusiones. En la introducción se precisará el periodo de estudio y los índices a utilizar; en la presentación de los datos constituye el núcleo del informe y se debe presentar de preferencia gráficamente [1].

Costos de los accidentes de trabajo

Una de las principales implicaciones dentro de un accidente son los costos generados por el mismo. Heinrich ha determinado que los costos indirectos de los accidentes son cuatro veces mayores que los costos directos. Considerando los siguientes [1]:

Costos directos:

1. Indemnización
2. Gastos médicos

Costos indirectos:

1. Costos del tiempo perdido por el empleado accidentado
2. Costo del tiempo perdido por otros trabajadores que tienen que suspender el trabajo
3. Costo del daño causado a la máquina, herramienta y otras propiedades.
4. Costo incidental debido a falta de cumplimiento a término de pedidos.
5. Costo por desembolsar de acuerdo con las leyes sociales.

Principios de prevención de accidentes

La prevención de accidentes se realiza mediante los siguientes principios básicos [1].

1. Creación y mantenimiento del interés en la seguridad: la prevención de los accidentes industriales requiere interés por parte de todos, tanto de la empresa como del trabajador para participar activamente en los programas preventivos que se desarrollen.
2. Búsqueda de las causas de los accidentes: La tarea de investigar lo sucedido es de gran importancia y es necesario conocer la hora, el lugar del accidente, la persona afectada, la importancia, la frecuencia y el tipo de lesión. Es necesario también conocer el acto inseguro que lo originó y el riesgo mecánico o físico si lo hubo.
3. Acción correctiva basada en los hechos causantes: Es la acción que se toma inmediatamente después de ocurrido el accidente para evitar que más personas puedan sufrir la misma lesión.

TÉCNICA A3

Como se mencionó, un informe A3 considera diferentes secciones que permiten, en este caso, identificar y proponer soluciones a problemas de seguridad e higiene industrial a fin de facilitar la toma de decisiones. Las secciones que considera este reporte son las siguientes: a) Antecedentes, b) Situación actual, c) el análisis de las causas, objetivos de mejora, acciones de mejora, el plan de acción, seguimiento de resultados [4, 5].

En la primera se toman en cuenta aspectos tales como el contexto estratégico y operacional para entender el problema, el motivo para la elección de este problema y el indicador específico que necesita que ser mejorado. En la segunda sección se realiza una observación y un mapeo del proceso en su contexto actual y se cuantifica la magnitud del problema. En la tercera se realiza un análisis detallado de los problemas y sus causas empleando la técnica de los cinco por qué, posterior a eso se genera el diagrama causa efecto asociado a ese análisis. En la cuarta sección se establecen los objetivos concretos de mejora que deberán estar alineados con la estrategia operativa de la compañía. En la quinta sección se involucra a las personas afectadas, se desarrollan las posibles medidas a aplicar, se genera un consenso sobre cuáles son las mejores soluciones y posterior a eso se estiman los resultados deseados a nivel cuantitativo. La sexta sección se refiere a desarrollar un plan de acción con las contramedidas detalladas, determinando responsables, que se espera obtener con cada medida y la fecha prevista de inicio y fin, se determinan los indicadores de evaluación de la implantación del evento de mejora. En la séptima etapa se desarrolla el plan de acción tal cual se ha diseñado, en la fecha especificada en el plan de seguimiento, mide los resultados de la ejecución y documentarlo. Si por alguna razón los resultados obtenidos difieren de los esperados se procede a investigar la causa y se aplican las contramedidas que permitan los resultados previstos.

RESULTADOS

Con el fin de identificar los problemas de seguridad industrial se llevan a cabo actividades para determinar las causas que originan los principales accidentes dentro una empresa del giro automotriz. La propuesta de mejora implementada en este trabajo consistió de varias actividades entre las cuales se pueden mencionar, en forma cronológica de ejecución, el análisis de los principales accidentes, selección de los accidentes de mayor frecuencia de ocurrencia en cada una de las áreas seleccionadas por la empresa, formación estratégica de equipos de trabajo multidisciplinarios y generación de propuestas de solución a los accidentes de mayor frecuencia. Los resultados de la primera y segunda actividad para el área de materiales durante el año 2017 se presentan en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1. Accidentes con mayor frecuencia.

No.	Tipo de incidentes	Frecuencia
1	Daño a la infraestructura	7
2	Caída de material	7
3	Conducta del personal	3
4	Daño al equipo de montacargas	4
5	Daño sin equipo móvil	3

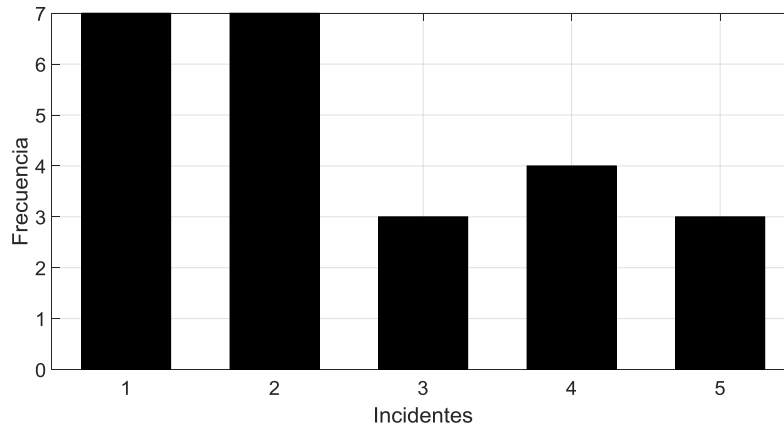


Figura 1. Accidentes con mayor frecuencia.

Se debe mencionar que la primera y segunda actividad se llevaron a cabo en el área de moldeo, cromo y pintura, pero solo se muestran los resultados del área de materiales por ser la más significativa de la empresa y por falta de espacio en el documento.

La formación de grupos de trabajo se llevó a cabo de manera estratégica considerando las habilidades del personal involucrado en el desarrollo de la propuesta de mejora, así como del personal de trabajo de las áreas dentro de la empresa a fin de encontrar un esquema multidisciplinario que permita desarrollar las mejores propuestas para la solución de los problemas de seguridad e higiene. Los problemas identificados y propuestas de solución por área de la empresa se describen enseguida: a) Cromo. Los problemas identificados en esta área fueron en trabajos especiales, los cuales consistieron en falta de capacitación, ausencia de hoja de seguridad para llevar a cabo trabajos especiales, equipo de protección personal no utilizado y candado inadecuado. Las propuestas de solución a estos problemas consistieron en determinar una forma adecuada de control visual y administrativo a través de una matriz de habilidades de seguridad. b) Pintura y ensamble. El principal problema identificado en estos departamentos fue la falta de validación de la maquinaria que se opera en cada turno, para lo cual se requiere llenar un check list en el que se incluye identificar la iluminación adecuada, y el funcionamiento correcto de la máquina. Las propuestas de solución a estos problemas es la implementación de auditorías para asegurar que se realice la validación de cada una de las máquinas de los departamentos involucrados, para prevenir la recurrencia de las fallas. c) Moldeo. En este departamento se identificó como principal problema la falta de seguimiento al procedimiento de candado (loto), ya que para llevar a cabo el bloqueo de una máquina es necesario contar con el candado adecuado y la tarjeta de identificación de la persona que esa llevando a cabo la intervención de la misma. La propuesta de mejora es implementar auditorías para asegurar el procedimiento correcto en el candado de las máquinas y prevenir la ocurrencia de accidentes dentro del área.

Después del análisis de la causa raíz de los accidentes se determinó que independientemente del departamento analizado de la empresa el origen principal de los problemas relacionados con los accidentes es el exceso de confianza, el cual es debido principalmente a irresponsabilidad y habilidad por parte del personal en el manejo de los procesos y procedimientos dentro de la empresa.

CONCLUSIONES

Una propuesta de mejora para resolver los principales problemas de seguridad e higiene industrial relacionados con los accidentes e incidentes laborales en una empresa del sector automotriz se ha presentado. La técnica A3 y el diagrama de Ishikawa demostraron ser herramientas útiles para identificar tales problemas y establecer propuesta de solución en los departamentos de moldeo, materiales, cromo y pintura, los cuales resultaron ser las áreas con mayor índice de accidentes. A partir de los resultados obtenidos se puede inferir que en general los mostraron que las causas principales que originan los accidentes en los departamentos mencionados son la fatiga, la prisa, la frustración y el exceso de confianza. De estas, el exceso de confianza es la principal causa del origen de accidentes presentados en las distintas áreas de la empresa. Ante estas problemáticas, la

propuesta de mejora consistió de distintas soluciones entre las cuales se puede mencionar la capacitación del personal mediante talleres, cursos y posteo de ayudas visuales, así como cambios de layout en las áreas de trabajo y elaboración de matrices de seguridad, entre otros. Es importante mencionar que las soluciones propuestas no se han implementado en la empresa y, por lo tanto, no se tienen datos asociados con tal implementación, lo cual se llevará a cabo en un trabajo futuro.

BIBLIOGRAFÍA

1. C. Ramírez. (2014). *Seguridad Industrial, un enfoque integral*. Ciudad de México: Limusa.
2. Creus et al. (2011). *Seguridad e higiene en el trabajo*. Buenos Aires: Alfaomega
3. K. Durward, Il Sobek & A. Smalley. (2008). *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System*. New York: CRC Press.
4. J. Liker (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
5. J. Liker & D. Meier. (2005). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. New York: McGraw-Hill.
6. E. Guajardo. (2003). *Administración de la calidad total*. Ciudad de México: Pax México Editorial.
7. Kondo, Yoshio. (1994). Kaoru Ishikawa: What He thought and Achieved, A Basis for Further Research. *Quality Management Journal*, 1 (4), 86-91.
8. Watson, Greg (2004). The Legacy of Ishikawa. *Quality Progress*, 37 (4), 54-57.
9. Hayhurst, ER (January 1932). "Review of Industrial Accident Prevention: a Scientific Approach". *Am J Public Health Nations Health*. 22 (1), 119–20.
10. Diario oficial de la federación (2015). SIAAT.STPS.GOB.MX. Recuperado de <http://siaat.stps.gob.mx/Reglamento%20Federal%20de%20SST.pdf>.

REDUCCIÓN DE DESPERDICIO EN LÍNEA DE SELLADO DE AUTOPARTES

Gaeli Marañón Ramírez, María Guadalupe de Lourdes Acosta Castillo

Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato

RESUMEN

Para su producción en el año 2018, una de las principales industrias automotrices (cuyo nombre se reserva por confidencialidad) solicitó durante el año anterior el ensamble de unidades con un menor peso, con el objetivo de aumentar su potencia en los nuevos modelos. Debido a que el costo de modificar el peso de los motores es muy alto, en lugar de esto se solicita a los proveedores de autopartes para sus carrocerías que disminuyan el peso de sus materiales.

Uno de estos proveedores es la empresa encargada de la fabricación de selladores adhesivos anti ruido y anticorrosivos. El proveedor redujo el peso de su material sellador para ayudar a la potencia de la carrocería como lo marca el requerimiento del cliente, sin embargo, dicho cambio impactó también en su densidad y en su viscosidad castor. El cambio en las propiedades del sellador ocasionó defectos en la línea de sellado, incluyendo escurrimiento y desperdicio de material, así como incumplimientos de entrega debido a fallas de calidad.

La metodología utilizada para la reducción de los desperdicios y defectos de producción incluyó la determinación de los puntos críticos del proceso, delimitación de los parámetros de tiempo de horneado idóneos, estandarización de operaciones y la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total para la maquinaria involucrada en el proceso, lo anterior en el marco de los requerimientos del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa.

Con la implementación de las acciones antes mencionadas, se obtuvo una reducción en un 35% de los defectos generados en la operación de sellado y se disminuyó el tiempo de horneado de 65 a 18 segundos, agilizando el proceso de producción.

Adicionalmente, el material redujo su peso en un 14%, contribuyendo a la solicitud realizada por la industria automotriz.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las empresas son dirigidas por la demanda de un mercado caracterizado por una fuerte competencia, un rápido avance en los negocios y programaciones de tiempo, los cuales son continuamente reducidos. Por otra parte, la manufactura experimenta ciclos de producción y tamaños de lote reducidos, aunque se ha incrementado la variedad de tipos de productos, así como su personalización y las demandas de los clientes. Por lo tanto, las organizaciones líderes en diferentes sectores de la industria, necesitan mejorar la optimización y eficiencia de sus procesos con el objetivo de mantener y mejorar su ventaja competitiva (D'Antonio, Bedolla y Chiabert, 2017). Por otra parte, después de la crisis financiera de 2007, el comercio internacional y las inversiones extranjeras directas experimentaron una caída repentina, no solamente por la reducción de la demanda externa, sino por el acceso restringido de las empresas para recibir financiamiento externo. Es por esto que cada vez se realizan una mayor cantidad de estudios relacionados con la productividad de las empresas y su impacto en la economía (Yan, Zhang, Shen, Jian, 2018).

El pensamiento Esbelto es una estrategia de producción que incentiva el aumento de las ganancias con recursos limitados. Las prácticas Justo a Tiempo (JIT), reducción de desperdicios, mejora de estrategias, producción libre de defectos y estandarización del trabajo son las principales características del pensamiento Lean. La meta primaria de la producción Esbelta consiste en reducir los costos y aumentar la productividad por medio de la eliminación del desperdicio, utilizando la mínima cantidad de equipos, materiales, partes, espacio y tiempo de los trabajadores (Susaki, 1987). Se han identificado siete tipos de desperdicios que afectan negativamente la productividad de las compañías de manufactura: correcciones, sobreproducción, movimiento, movimiento de materiales, espera, inventario y sobre procesamiento. La presencia de los siete tipos de desperdicio afecta negativamente el tiempo de espera, costo y calidad de los productos (Walder, Karlin y Kerk, 2007). Muchas industrias y procesos de manufactura, desde la industria automotriz hasta la industria de servicios, integran el pensamiento esbelto a sus estrategias de producción, con el objetivo de aumentar su productividad y calidad, a través de la reducción de costos (Boti, Mora y Ragattieri, 2017).

Debido a lo anterior, las herramientas de manufactura esbelta se presentan como una opción viable en la disminución de desperdicio en la línea de sellado de una industria automotriz, la cual solicitó a sus proveedores la disminución del peso de sus selladores, ocasionando diferentes defectos y desperdicios debido al cambio en las propiedades del material.

TEORÍA

El concepto de Manufactura Esbelta se originó en Toyota, la industria automotriz japonesa que se ha mantenido en la competencia global por décadas. En 1988, se introdujo el Sistema de Producción Toyota. Dicho concepto fue desarrollado para sobrevivir con la mínima cantidad de recursos en la crisis económica, debido a la falta de materiales, recursos humanos y económicos, el sistema fue obligado a utilizar la política de reducción de desperdicios en el área de producción como una meta estratégica. Durante la crisis económica, Toyota sobrevivió gracias a la alta eficiencia y productividad de su sistema de producción (Behrouzi y Wong, 2011).

La Manufactura esbelta representa un concepto multifacético que puede agruparse en distintas prácticas organizacionales. Un listado de las prácticas esbeltas incluye el Justo a Tiempo, Administración Total de la Calidad, Mantenimiento Preventivo Total, y Administración de Recursos Humanos, flujo, procesos controlados, mantenimiento productivo y trabajadores involucrados (Yang, M. G. M., et al. 2011).

El rápido crecimiento en la manufactura ha creado una gran cantidad de problemas económicos, ambientales y sociales, desde el calentamiento global hasta la disposición de los residuos locales. Existe una gran necesidad de mejorar el desempeño de la manufactura, de tal forma que se produzca menor contaminación industrial, menor consumo de materiales y energía, menores desperdicios y menos desordenes psicológicos en los recursos humanos (Kumar, 2014).

Las perspectivas actuales que consideran a la Manufactura Esbelta como un sistema socio - técnico, han ampliado su enfoque más allá de herramientas para el control de la producción. Sus herramientas técnicas son utilizadas para reducir el desperdicio en el esfuerzo humano, tiempo en el mercado y espacio de manufactura. Desde la perspectiva de recursos humanos, el pensamiento Esbelto está diseñado para promover un trabajo de mayores retos, con una mayor responsabilidad para los trabajadores que se encuentran frente a los clientes, a través de equipos de trabajo con funciones cruzadas y auto dirigidos (Cullinane, 2013).

PARTE EXPERIMENTAL

Determinación de los puntos críticos del proceso.

La operación de sellado se encuentra en la línea de producción de Back Panel, donde se combinan aplicaciones de sello automáticas y manuales, utilizando boquillas y sistemas de bombas de aplicación. De acuerdo al seguimiento realizado por la empresa automotriz, el punto crítico de la operación consiste en la aplicación manual en ambos lados de la coraza en el automóvil (Figura 1). En la zona de sellado se encuentran identificadas cuatro tipos de fallas (Figura 2), donde las aplicaciones manuales en Back Panel (falla por escurrimiento), representan el mayor índice, hasta con un 96% al inicio de la producción.

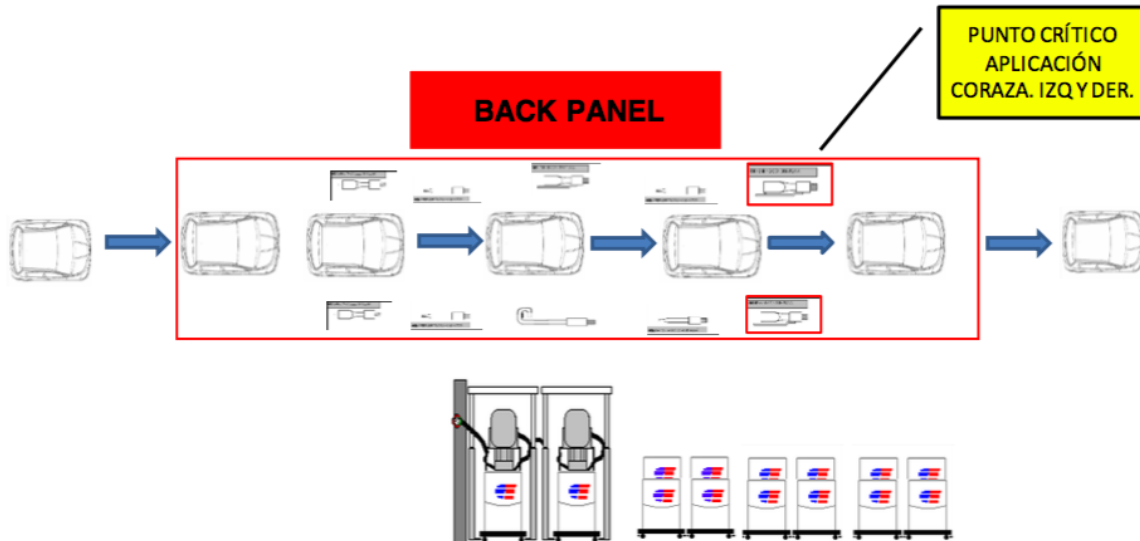


Figura 1. Punto crítico de aplicación.

GRÁFICA DE FALLAS 2017

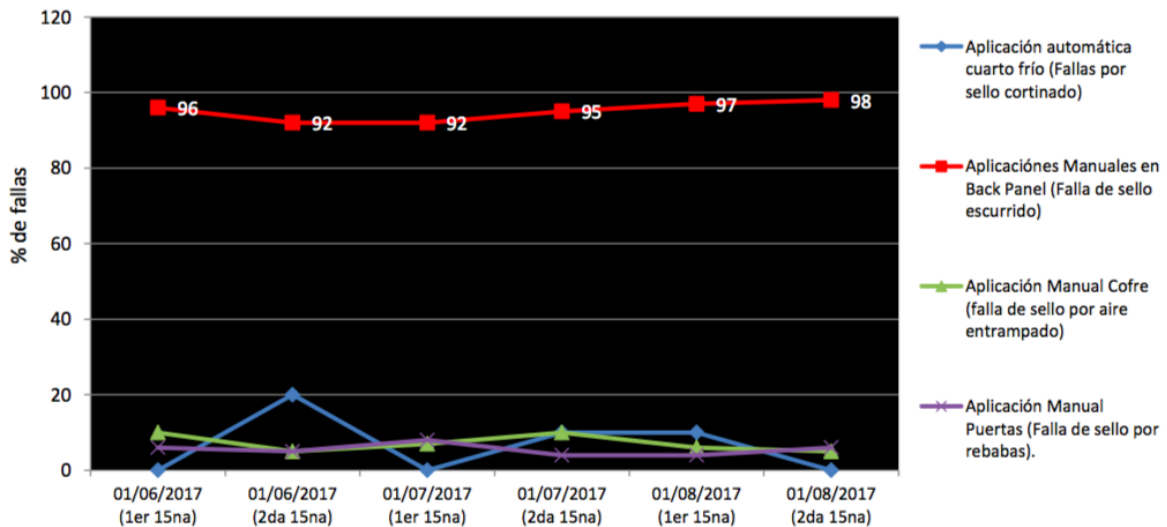


Figura 2. Gráfica de porcentaje de fallas en aplicaciones de sellador.

Una vez definido el punto crítico en la operación y a la falla de aplicación manual como principal causa de defectos, se procedió a la realización de un diagrama causa efecto (Gómez, 2006) para determinar las causas que generan el escurrimiento en el área de Back Panel, utilizando la metodología de 5 "M" las cuales son: Mano de Obra, Maquinaria, Medio ambiente, Método y Material (Figura 3). Para posteriormente dar enfoque a cada una de las sub causas del problema, dar seguimiento, y buscar una mejora continua.



Figura 3. Diagrama causa – efecto.

Estandarización de las operaciones con el seguimiento a las causas principales de falla. Viscosidad castor y tixotropía.

Debido al requerimiento realizado por la industria automotriz, el proveedor desarrolló un material sellador con nuevas características de adhesión al sustrato, lo cual permite reducir el peso del material y el peso en la carrocería, definiendo esto mediante la densidad, y cambiando materias primas, así como niveles de solvatación del material. El resultado es una densidad de 1.2 g/cm³, con menor peso en 14.3% por presentación, en comparación a 1.4 g/cm³ al material anterior.

Para bajar la densidad es necesario aumentar la solvatación de los selladores, por tanto, se modifica la viscosidad en menor rango (viscosidad tiende a bajar). Dicho esto, la viscosidad es directamente proporcional al nivel de solvatación. Las figuras 4 y 5 presentan el comportamiento del material anterior y el nuevo material en cuanto a viscosidad, lo que llevó a la modificación de los rangos iniciales de 40 – 65 segundos, a nuevos rangos de 13 – 18 segundos. La tixotropía fue monitoreada a través de los medios de aplicación del sellador.

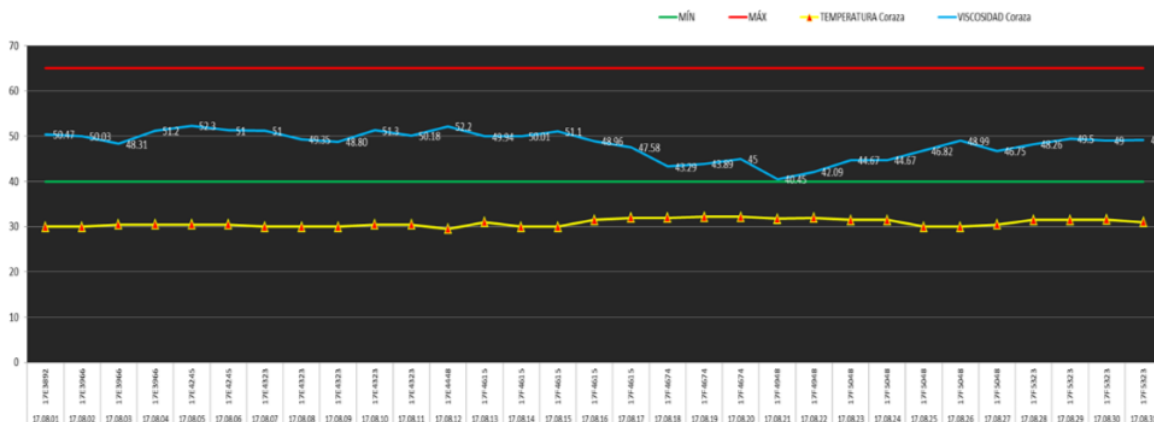


Figura 4. Comportamiento de viscosidad castor en material anterior.

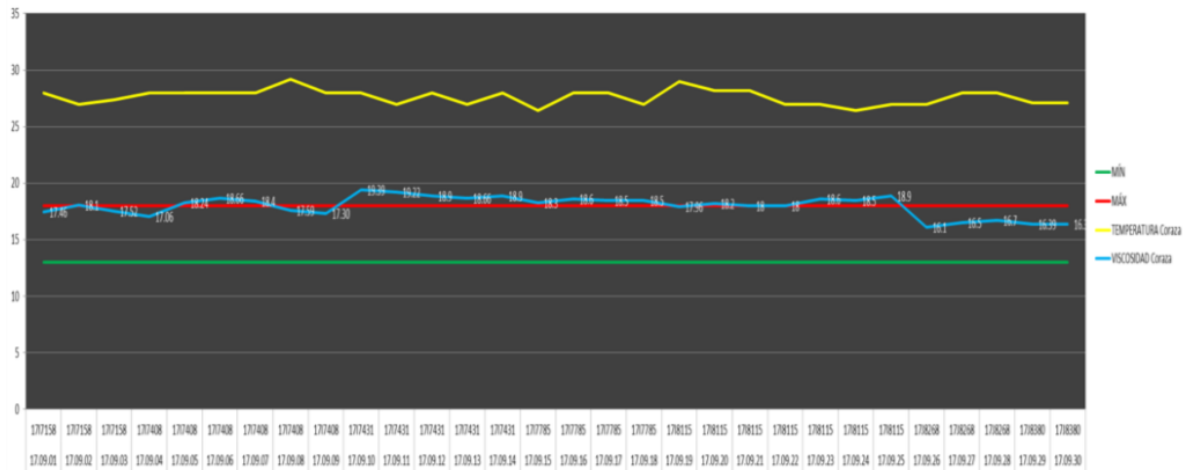


Figura 5. Comportamiento de viscosidad en nuevo material.

Parámetros y estandarización de la aplicación.

Una vez que ya se ha establecido la viscosidad y el rango del nuevo material es conveniente tomar un plan de acción para la modificación de parámetros de equipos como lo son los reguladores de presión de aplicación manual ya que son una variable dependiente de la viscosidad del material. En la Figura 6 se muestra el comportamiento de los reguladores de presión con el antiguo material, llegando has 4000 psi, y rango de presión de 2200 a 4200 psi.

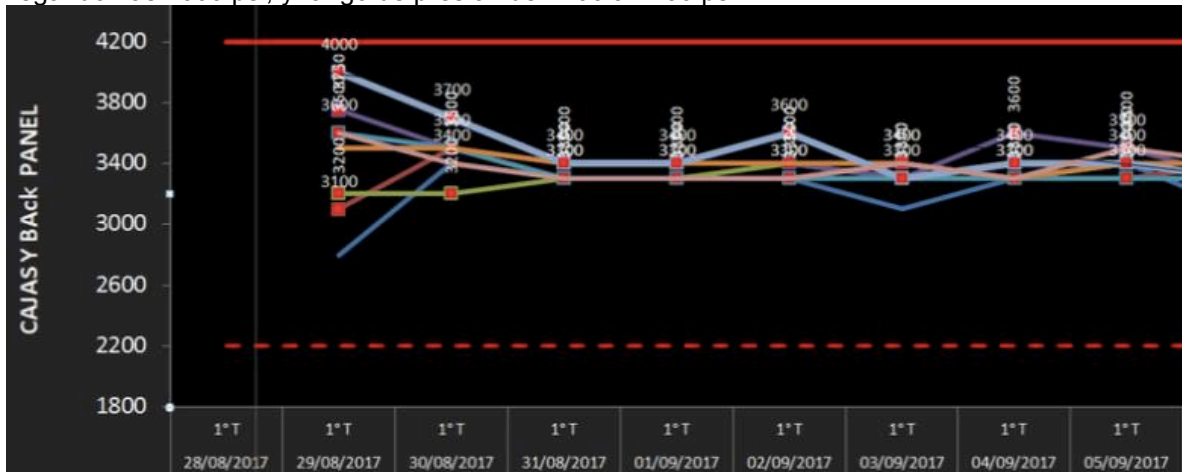


Figura 6. Regulación de presión con material anterior.

Los rangos mencionados corresponden a una densidad de 1.4 g/cm³, programados para una mayor densidad y un mayor esfuerzo de fluido de material. Debido al cambio en el material, la presión anterior excedía la fuerza para su aplicación por lo que se generaba un escurrimiento y mala apariencia en el área aplicada.

De acuerdo al comportamiento semanal de presiones de aplicación se establece los nuevos rangos de presión de aplicación 1000psi a 4200psi, manteniendo el rango superior de 4200 por viscosidades de invierno y la tendencia del material a subir su viscosidad por enfriamiento del medio ambiente (Figura 7).

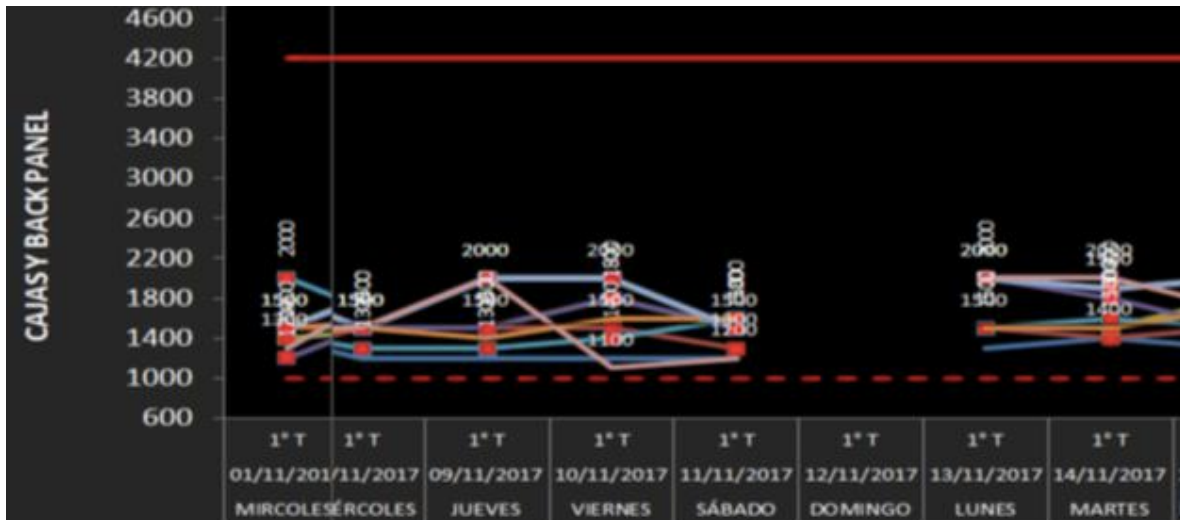


Figura 7. Regulación de presión con nuevo material.

Para la estandarización de la aplicación del material se elaboró una ayuda visual (Figura 8), ya que anteriormente la forma de aplicación de sello era en modo zigzag y cortar hasta la punta final de la lámina con el material de mayor densidad. El nuevo material necesita la aplicación del sellador en un solo punto y el corte antes de su aplicación.

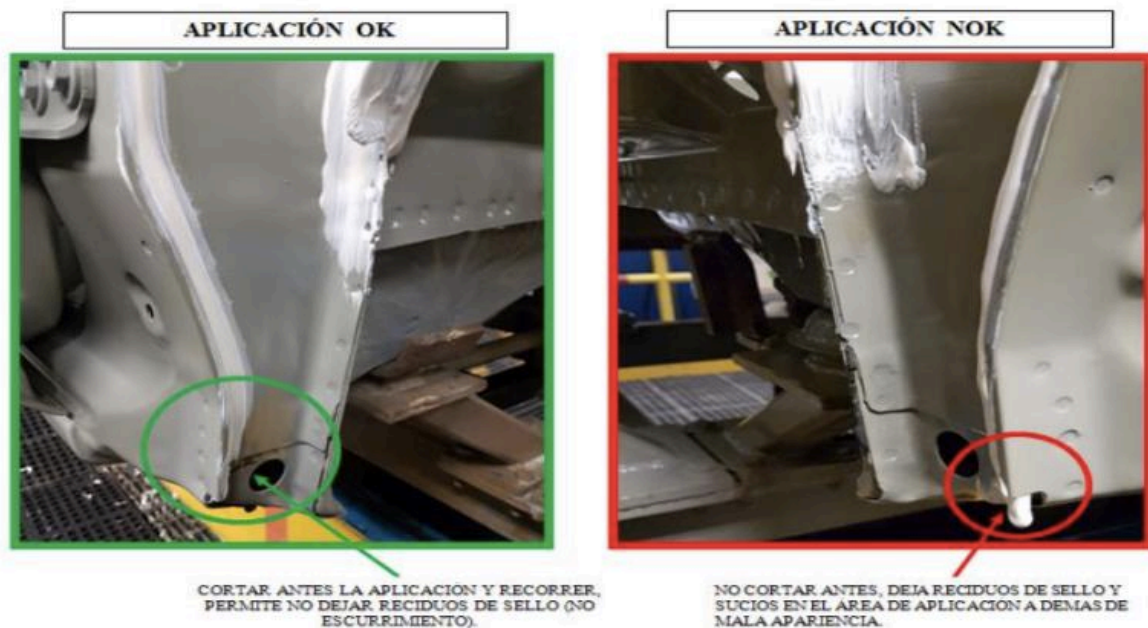


Figura 8, Ayuda visual en aplicación del sellador.

Climatización y temperatura.

La climatización y temperatura son dos variables que van de la mano ya que el material conforme al cambio de temperatura y el transcurso de tiempo, es transformado significativamente, este material es muy delicado y tiene ciertas restricciones como la de no exponerse al sol directamente. En este punto se disminuyó la temperatura ambiente de aplicación a 20°C, ya que con el material anterior no se creaba escurrimiento debido a la temperatura. Si la temperatura es alta disminuye la viscosidad y viceversa.

Mantenimiento Productivo Total

Como parte de los pilares para la implementación del Mantenimiento Productivo Total, se desarrolló un check list de mantenimiento autónomo para revisión de boquillas, reguladores, mangueras, y brochuelo, que cada técnico revisa, llena y sobre todo realiza al equipo personalmente, para la verificación temprana de posibles averías en sus equipos.

Como mantenimiento preventivo se realizó programación para cada uno de los equipos de la línea de sello para evitar degradación del equipo y paros de línea, por degradación del mismo, se trata de evitar taponamientos en cada una de las pistolas de aplicación (Figura 9).

		PROGRAMA DE LIMPIEZA DE EQUIPO DE SELLADO													
		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO			
		PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL		
ZONA AUTOMÁTICA SISO	Limpieza del tren de filtración	30/08/2017				30.10.17					30.12.17				
	Limpieza filtro R1	30/08/2017				30.10.17					30.12.17				
	Limpieza filtro R2	30/08/2017				30.10.17					30.12.17				
	Limpieza filtro R3	30/08/2017				30.10.17					30.12.17				
	Limpieza filtro R4	30/08/2017				30.10.17					30.12.17				
	Inspección Peltier R1	30/08/2017				30.10.17					30.12.17				
	Inspección Peltier R2	30/08/2017				30.10.17					30.12.17				
	Inspección Peltier R3	30/08/2017				30.10.17					30.12.17				
BACK PANEL	Limpieza de tren de filtración			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza de reguladores			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza a pistolas lado derecho			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza a pistolas lado izquierdo			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
ZONA DE ANTICUP	Limpieza del tren de filtración			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza filtro R1			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza filtro R2			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza filtro R3			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza filtro R4			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
ZONA DE CORNAS	Limpieza de tren de filtración			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza de reguladores			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza a pistolas bajada 1			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza a pistolas bajada 2			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
ZONA DE PASTERAS	Limpieza de tren de filtración			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza de reguladores			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza a pistolas lado derecho			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
	Limpieza a pistolas lado izquierdo			1.09.17		1.10.17		1.11.17		1.12.17		1.01.18			
												ELABORÓ			
												CARGO			
												FIRMA			

Figura 9. Programación de limpieza para los equipos de aplicación de sellado

RESULTADOS

Los resultados en este proyecto muestran un cambio significativo en la zona de Back Panel aplicación Coraza después de la utilización de herramientas de manufactura esbelta, con una disminución de los escurrimientos de material de sellado en un 35% para el mes de noviembre de 2017. (Figura 10).

GRÁFICA DE FALLAS 2017

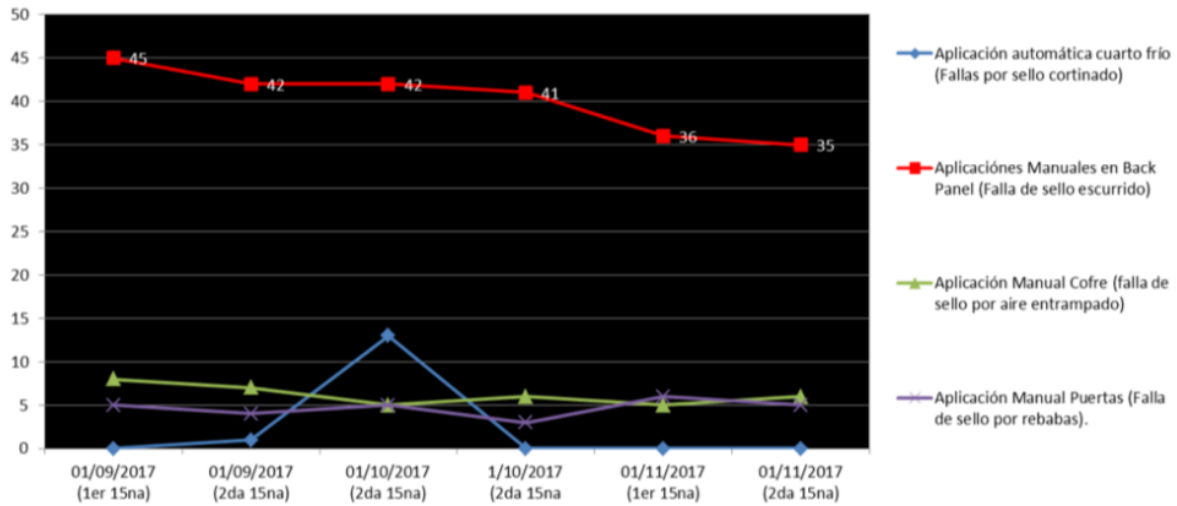


Figura 10. Gráfica de número de fallas en aplicaciones de sellador.

CONCLUSIONES

Después del análisis del comportamiento diario del nuevo sellador y la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta, se lograron establecer los rangos ideales para que entre a la línea de producción cumpliendo los requerimientos del cliente, reduciendo el peso de unidad del material en un 14.39%, ya que anteriormente el peso por tambor era de 275.5kg y ahora con la disminución de densidad 236.18kg (Figura 11).

	GALONES EN UN TAMBO	POR UNIDAD EN LITROS	LITROS RESULTANTES	POR DENSIDAD	KG RESULTANTES
material anterior	52	3.79	196.82	1.40	275.55
nuevo material	52	3.79	196.82	1.20	236.18
				DIFERENCIA:	39.36
				%	14.30%

BIBLIOGRAFÍA

- Behrouzi, F., & Wong, K. Y. (2011). Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach. *Procedia Computer Science*, 3, 388-395.
- Botti, L., Mora, C., Regattieri, A. (2017). Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line. *Computers & Industrial Engineering*. 111 pp. 481 – 491.
- D'Antonio, G., Bedolla, J.S., Chiabert, P. (2017). A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach. *Procedia Manufacturing*. 11 pp. 2243 – 2251.
- Gómez, M. (2006). Lean Manufacturing como eliminar desperdicios. México. Algaomega.
- Kumar, M. V. (2014). Development and validation of drivers for barriers to and stakeholders of green manufacturing, Birla institute of technology and science, Pilani
- Walder, J., Karlin, J., & Kerk, C. (2007). Integrated lean thinking & ergonomics: Utilizing material handling assist device solutions for a productive workplace.
- Yan, B., Zhang, Y., Shen, Y., Han, J. (2018). Productivity, financial constraints and outward foreign direct investment: Firm-level evidence. 47 pp. 47 – 64.

PROTOTIPO DE BRAZO ROBÓTICO CON PINZA, CONTROLADO POR PIC E INTERFAZ PARA TELÉFONO CELULAR ANDROID

Xiomara González Ramírez¹, Lisseth Celeste Razo Vargas², Héctor Javier Estrada García¹, Iván Abel Hernández Robles¹, Adrián González Parada¹ y Alejandro Pizano Martínez¹

¹División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, ²Escuela del Nivel Medio Superior Salamanca, Universidad de Guanajuato. x.gonzalez@ugto.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue controlar mediante una aplicación Android y un teléfono inteligente, un brazo mecánico con pinza, por medio de un PIC. La conexión entre el PIC y el teléfono se realiza a través de una interfaz bluetooth. Se realizó el diseño de las partes del brazo robótico en el programa Solidworks.

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó la plataforma grafica de MIT INVENTOR, utilizando un lenguaje de programación por bloques. El objetivo de la aplicación es tener control completo de los movimientos del brazo y la pinza, manteniendo una comunicación entre el PIC y el teléfono móvil, alcanzando una distancia máxima entre ellos de 10 metros. En la aplicación se selecciona la acción que se desea que el prototipo realice, para así mandar la información correspondiente al PIC, el cual mueve el servomotor de la articulación deseado.

Para poder controlar los servomotores se realizó un programa que utiliza la información obtenía vía bluetooth, para así crear una rutina que genera un PWM, el cual es enviado al servomotor correspondiente provocando su movimiento.

Este trabajo describe la instrumentación y el manejo de un brazo robótico. Empezando desde el diseño de las piezas del brazo robótico, se utilizan 5 grados de libertad, y para lograr la parte de la programación, se implementó un código con un microcontrolador, el cual manejaría el PWM de los servo-motores.

El trabajo presento un gran reto, ya que se debe tener cuidado en cada aspecto del desarrollo del mismo, como, por ejemplo, conocer cómo funcionan los servo-motores y como se pueden manejar, y saber diseñar la estructura mecánica del robot, teniendo cuidado con el peso de los servo-motores y de las partes del brazo, para que el hombro, la muñeca y las pinzas no estén pesadas.

TEORÍA

Un brazo robótico es un tipo de brazo mecánico, normalmente programable, con funciones parecidas a las de un brazo humano; este puede ser la suma total del mecanismo o puede ser parte de un robot más complejo. Las partes de estos manipuladores o brazos son interconectadas a través de articulaciones que permiten tanto un movimiento rotacional (tales como los de un robot articulado), como un movimiento traslacional o desplazamiento lineal. El efector final, o mano robótica, se creó para sujetar o girar objetos pequeños, y de un peso menor a 0.5 kg.

Para programar el brazo robótico se utiliza un PIC, abreviatura de Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico) que son microcontroladores de arquitectura tipo RISC uno de los principales fabricantes es Microchip Technology Inc. Los PIC que suelen usarse son de 8, 16 y 32 bits. Estos microcontroladores según el modelo disponen de diferentes sistemas de comunicación con el exterior como puertos UART, USB y conversores de analógico a digital. El tipo de señal que maneja el PIC es de tipo analógica, que es una señal que varía de forma continua a lo largo del tiempo. Las señales analógicas pueden tomar todos los valores posibles de un intervalo.

Cuando los valores del voltaje o la tensión tienden a variar en forma de corriente alterna se produce una señal eléctrica analógica. En este caso se incrementa durante medio ciclo el valor de la señal con signo eléctrico positivo; y durante el siguiente medio ciclo, va disminuyendo con signo eléctrico negativo. Es desde este momento que se produce un trazado en forma de onda senoidal, ya que este da a lugar a partir del cambio constante de polaridad de positivo a negativo.

Es necesario que el robot esté controlado por servomotores, por las características que posee. Un servomotor es un motor eléctrico al que podemos controlar tanto la velocidad, como la posición del eje que gira (también llamada dirección del eje o giro del rotor). Los servomotores no giran su eje

360° (aunque ahora hay algunos que si lo permiten), como los motores normales, solo giran 180° hacia la izquierda o hacia la derecha (ida y retorno). Gracias a esto, con los servomotores podemos crear toda clase movimientos de una forma controlada.

La mayoría de los servomotores que se utilizan son de corriente continua, pero también existen en corriente alterna. Las características principales de un servomotor son el par y la velocidad.

El par: fuerza que es capaz de hacer en su eje. El par también se puede llamar torque. Se suele expresar en Kg/cm, por ejemplo, 3Kg/cm. A mayor par, mayor corriente de consumo del servo, pero no suelen consumir mucho, dependiendo del tipo de servomotor.

Velocidad: velocidad angular o de rotación.

Normalmente la tensión de alimentación de los servos en c.c. está entre 4 y 8V (voltios).

PARTE EXPERIMENTAL

MATERIALES

- Acrílico 3mm de espesor
- Madera 25cm*10 cm*3mm para la base
- Medios de sujeción (tornillos, rondanas planas, tuercas)
- Caimanes
- Pinzas
- Desarmadores
- Cautín
- Estaño
- Placa perforada
- 4 servos mg996r
- 1 mini servo sg90
- Cable UTP
- Jumpers
- Teléfono inteligente Android.
- PIC18(L)F45K50.
- Programador de PIC.
- Plataforma grafica de MIT INVENTOR
- módulo HC-06

Como primera parte de nuestro proyecto fue desarrollar los planos del armazón del brazo que consta den 5 grados de libertad, donde cada grado de libertad corresponde a una articulación del robot que puede tener movimiento. resultando los siguientes planos:

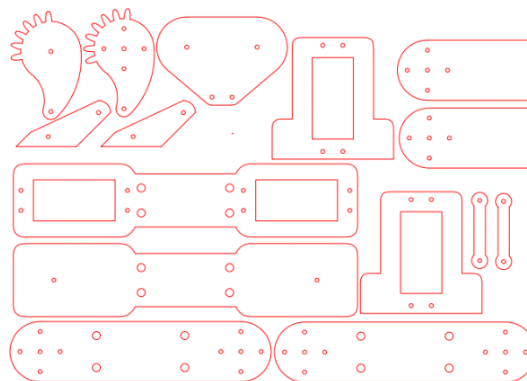


Figura 1. Pecera de acrílico de dimensiones 40cm*40cm*40cm.

Posteriormente se debían maquinar las piezas el material utilizado fue acrílico debido a que presentaba ciertas ventajas como ser barato, fácil de conseguir, fácil de maquinar, ligero lo cual ayudo a no tener que comprar servos más potentes, etc.

Las piezas se cortaron con láser quedando de la siguiente manera:

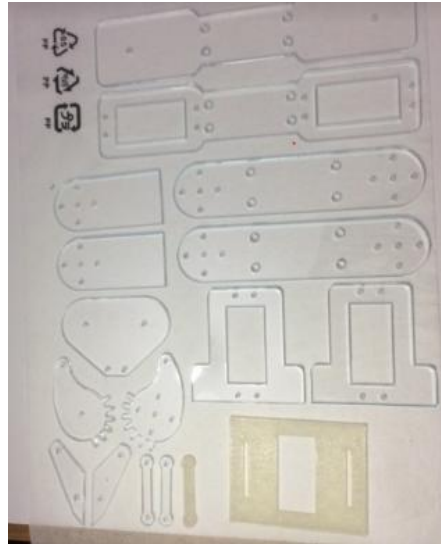


Figura 2. Piezas que conforman el brazo robótico.

La programación del brazo robótico se realizó con un PIC. El pic utilizado fue un PIC18(L)F45K50 ya que cuenta con varias entradas y salidas digitales necesarias para el movimiento independiente de cada servomotor, así como la facilidad de programación.

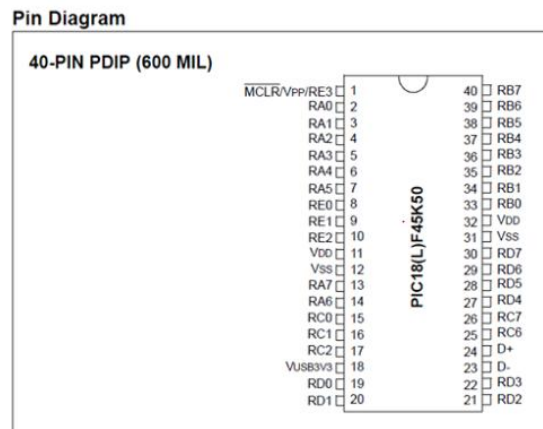


Figura 3. Diagrama del microcontrolador.

Se simuló el circuito en el programa Proteus para depurar el programa realizado para el PIC, se comprobó mediante esta simulación el correcto funcionamiento del movimiento de cada articulación:

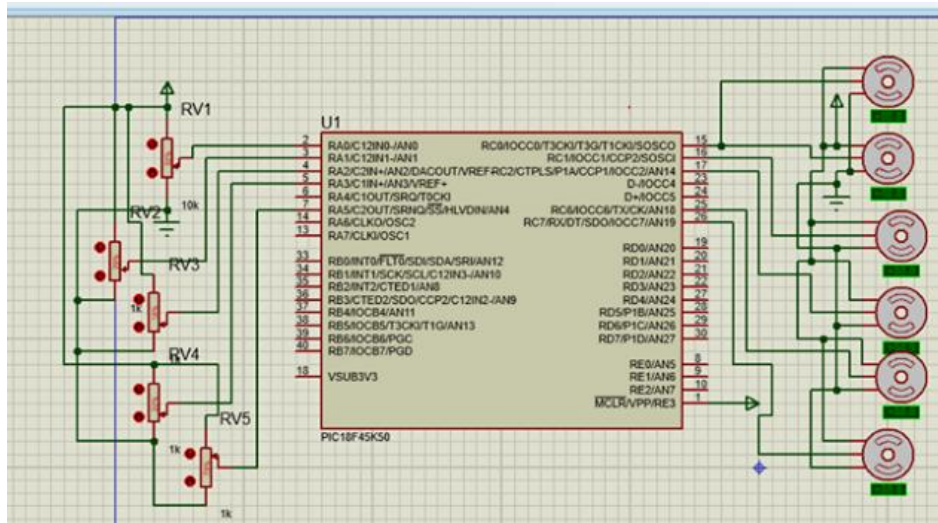


Figura 4. Simulación del circuito.

Los servos utilizados fueron el mg966r y el miniservo sg90, se cambió el servomotor de la pinza para disminuir el peso del brazo mecánico y que pudiera realizar el movimiento sin vencer el torque de los servomotores de las otras articulaciones.



Figura 5. Servomotor mgr966r.



Figura 6. Servomotor sgr90.

Para la comunicación Bluetooth se utilizó el módulo HC-06, el cual es un receptor – emisor Bluetooth montado en tarjeta base de 4 pines para fácil utilización, interfaz serial, modo esclavo, Bluetooth v2.0 + EDR, 2.4 GHz, alcance 5 m a 10 m.



Figura 8. Módulo de comunicación Bluetooth.

RESULTADOS

Después de la programación se armó el brazo robótico con los servos, se interconectaron y quedó de la siguiente manera.

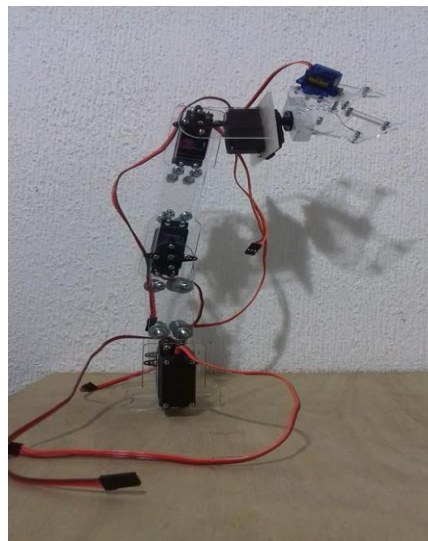


Figura 8. Brazo robótico construido.

Se diseñó la interfaz gráfica en MIT Inventor para el teléfono inteligente, con su propio icono, un menú independiente y su portada.

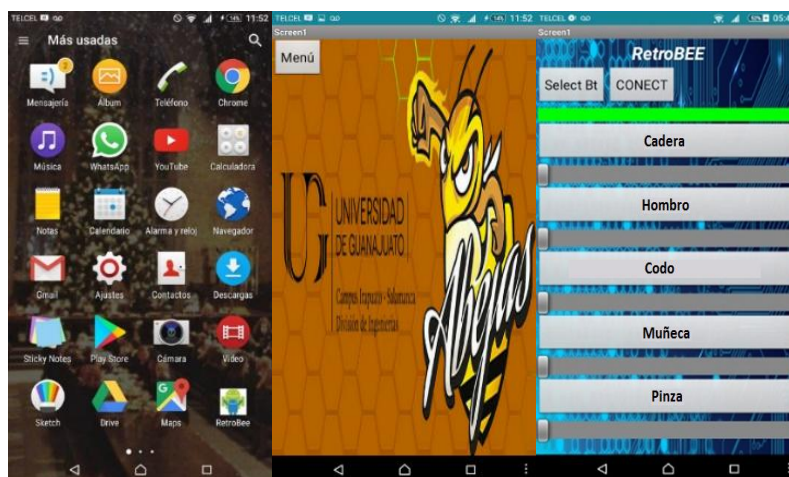


Figura 9. Interfaz gráfica para teléfono inteligente.

Como se puede observar de la figura anterior, la interfaz gráfica nos permite realizar el movimiento de cada una de las articulaciones, las cuales se les asignó un nombre para identificar cada parte del brazo robótico.

CONCLUSIONES

Se cuenta con el prototipo de brazo robótico con pinza, controlado mediante una aplicación en un teléfono Android, que se conecta al prototipo a través de una conexión bluetooth. El control de los servomotores se realiza mediante una señal PWM. Todo el diseño y la aplicación inalámbrica son propias.

El diseño de prototipos es un trabajo muy importante para la comprensión de los aspectos teóricos. Se debe realizar un diseño cuidadoso de las partes que componen el brazo robótico, ya que, si no se consideran aspectos como el peso y la resistencia de los materiales, puede ocasionar un mal funcionamiento del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. José María Angulo Usategui, Susana romero Yesa, Ignacio Angulo Martínez. "Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones". Mc Graw Hill, 2º Edición, 2006
2. www.freescale.com
3. www.microchip.com
4. Introducción a la Programación del PIC. www.gooligum.com.au
5. Entorno de desarrollo MPLAB www.microchip.com.
6. V. Edison (07/02/15). Control de Servomotores con PIC. Tutoriales de Electrónica. Recuperado de <http://www.editronikx.com/search/label/control%20de%20servos%20con%20pic>
7. Control de 8 Servos con PIC. Pesadillo. Recuperado de <http://www.pesadillo.com/pesadillo/?p=9302>
8. Reyes, C.F., "Robótica: Control de Robots Manipuladores" , Ed. Marcombo, 2011.

CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS CAOLINÍTICAS DE LA ZONA DE AGUA BLANCA DE ITURBIDE, HIDALGO Y MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD DE LAS SUSPENSIONES A DIVERSAS CONCENTRACIONES Y PH's

Macaria Hernández Chávez¹, Marissa Vargas Ramírez¹, Jesús GarcíaSerrano¹, Alejandro Cruz Ramírez² y Juan Hernández Ávila¹

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ²Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE), IPN.

RESUMEN

La arcilla caolinítica de coloración beige se obtuvo de la mina "El Recreo", perteneciente al Ejido "El Palizar" del Municipio de Agua Blanca de Iturbide, Estado de Hidalgo. Se realizó la caracterización fisicoquímica de la arcilla caolinítica debido a que estas características son importantes para entender el comportamiento de la viscosidad en las suspensiones caoliníticas.

La caracterización física del caolín beige incluyó: Distribución de Partícula, Área Superficial Específica por método BET y la morfología de las arcillas caoliníticas por MEB. Para la caracterización química-mineralógica se utilizaron las siguientes técnicas: Para la caracterización Química: EDS y Análisis Químico por ICP, para la caracterización Mineralógica: DR-X. La caracterización fisicoquímica de la superficie se realizó mediante la medición del potencial Z, en función del pH de las suspensiones caoliníticas acuosas.

Se realizaron mediciones de las viscosidades de suspensiones de caolín beige a diversas concentraciones (porcentaje en peso de sólidos: 3.06, 12.04, 16.79, 26.17, 31.45 y 39.39) considerando las rpm, y el pH, obteniendo como resultado que la viscosidad aumenta al aumentar la concentración del caolín en suspensión y cuando el pH es cercano al pH natural (5.0); disminuyendo la viscosidad al disminuir y aumentar el pH, es decir, al alejarse del pH natural, donde la viscosidad es máxima.

INTRODUCCIÓN

El caolín, posee múltiples aplicaciones industriales, las más conocidas son: como recubrimiento y relleno para papel, imprenta, lubricación, adhesión, industria cerámica, pinturas, plásticos, refractarios, cementos, muy importante en la industria de cosméticos y farmacéutica, construcción, en cauchos y hules, química y forraje (Bartolomé, 1997). Este mineral se usa generalmente disperso en agua para determinadas aplicaciones en la industria, se utiliza en suspensiones de altas concentraciones en sólidos y baja viscosidad.

Esta variedad de usos derivan de sus propiedades fisicoquímicas entre las que destacan: blancura, poca reactividad ante agentes químicos, atoxicidad, poder cubriente, resistencia mecánica después de calcinación y elevada refractariedad (Murray, 2000).

De acuerdo a la información del Servicio Geológico Mexicano (SGM) el estado de Hidalgo tuvo una producción de 15450 toneladas en el año 2015, ocupando el cuarto lugar a nivel nacional. La industria del caolín en México tiene amplias posibilidades de desarrollarse aún más y aprovechar la demanda existente. Entre las acciones que tendrían que emprenderse para hacer esto posible son: la realización de un inventario del mineral, lo cual permitiría identificar su vocación y consolidar la oferta hacia las industrias; por otro, la modernización de la cadena productiva garantizaría la elevación de la producción al nivel que requiere la demanda (Minería, 2016).

En la industria, el área de procesamiento de materiales utiliza caolín en aplicaciones como la industria de la cerámica, de papel, aplicaciones agrícolas, construcción, aplicaciones en conservación ambiental, entre otras (Murray, 2006). Estas aplicaciones van desde materia prima, hasta conformado de un producto, por lo que estos procesos manejan al caolín como suspensión, donde el comportamiento reológico depende de las características fisicoquímicas de las partículas de caolín y del líquido que forma la suspensión. Un aspecto importante a nivel industrial es la viscosidad de las suspensiones de caolín.

Factores como la concentración, la temperatura y el pH son decisivos a nivel industrial para considerar las condiciones óptimas para el transporte de la materia prima y los procesos industriales en las diferentes aplicaciones del caolín.

En este trabajo se determinaron las viscosidades bajo diferentes concentraciones de caolín, desde 1.2 a 20% de volumen de caolín en la solución acuosa experimental y variando el pH de las suspensiones.

TEORÍA

Caolines y arcillas caoliníticas

Un caolín es una roca que contiene una cierta proporción de minerales del grupo de caolín, que puede ser económicamente extraída y concentrada.

La arcilla caolinítica es también un caolín en sentido amplio. Igualmente, se trata de una arcilla compuesta, fundamentalmente, de minerales del grupo del caolín. Esta no se procesa, se usa tal cual, e inicialmente los porcentajes en minerales del grupo del caolín son más altos que en el caolín (>50%).

El caolín, tal como se obtiene en una explotación mineral posee un contenido variable de caolinita y/o halloysita que, a veces no llega al 20 %, además suele tener cuarzo, feldspatos, micas, y, dependiendo de la roca madre otro tipo de minerales accesorios. Para concentrar el mineral es preciso someterlo procesos de beneficiado (tamizado, separación magnética, hidroclonado, centrifugado, deslaminación, etc.), que eleven el contenido en filosilicatos por encima del 80 %. El producto final, generalmente, recibe el nombre de caolín lavado.

Las importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales radican en sus propiedades físico-químicas. Dichas propiedades derivan principalmente de: su pequeño tamaño de partícula (inferior a 2µm), su morfología laminar (filosilicato) y las sustancias isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar (Murray 2007).

Viscosidad

Si el esfuerzo aplicado es mayor que el límite de resistencia que el material puede soportar se puede romper la estructura de la muestra, que sufre una deformación irreversible, o lo que es igual, comienza a fluir. En este caso, la muestra se comportará como un líquido y seguirá la ley de Newton, que se puede ilustrar representando dos planos paralelos de superficie A cuyo espacio de separación está lleno del líquido cizallado, según se ilustra en la figura 1. Al aplicar una fuerza tangencial sobre el plano superior, éste se desplaza con una velocidad relativa V y se genera un régimen laminar en el que la velocidad de las sucesivas capas de líquido disminuye al aumentar la distancia con el plano cizallado. El esfuerzo de cizalla aplicado es proporcional al gradiente de velocidad (V/y), que normalmente se representa con el símbolo $\dot{\gamma}$, en donde el punto indica que la velocidad de cizalla es la derivada con respecto al tiempo de la deformación provocada por la cizalla. Considerando esto, la ecuación constitutiva posee la forma de la ecuación (1):

$$\sigma = \eta \dot{\gamma} \quad (1)$$

en donde el coeficiente de proporcionalidad η es el coeficiente de viscosidad o, simplemente, viscosidad. La ecuación (1) define el comportamiento en condiciones de flujo estacionario, es decir, cuando el valor en cada punto no depende del tiempo, y sólo se aplica para describir el flujo laminar entre dos planos paralelos.



Fig. 1. Flujo de líquido entre dos planos paralelos para condiciones de baja velocidad de cizalla (1) y alta velocidad de cizalla (2).

A la vista de la figura 1 se puede comprobar la ecuación (2):

$$\eta(\dot{\gamma}) \dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{dL/dy}{dt} = \frac{dL/dt}{dy} = \frac{dv}{dy} \quad (2)$$

La unidad de viscosidad en el SI es el (Pascal.segundo, Pa.s). Sin embargo, hasta fechas muy recientes, ha sido frecuente expresar la viscosidad en Poise (P), cuya equivalencia con la anterior es (1 mPa.s=1cP) La velocidad de cizalla se expresa en unidades de (s⁻¹) (Moreno 2005).

Electroviscosidad

Es un término aplicado fundamentalmente a suspensiones. Al dispersar las suspensiones se producen cargas eléctricas en la superficie de las partículas originadas en la polaridad del agua y la ionización de las partículas (grupos polares), lo que genera interacciones de London y fuerzas de Repulsión Electroestática. Esta influencia principalmente en la viscosidad por interacción de las fuerzas de Van Der Waals y electrostáticas superficiales en las partículas es llamado electroviscosidad. (Funk & Dinger, 1994, Daubert et al., 2005).

PARTE EXPERIMENTAL

La caracterización de las muestras de caolín beige se realizó por: Microscopía electrónica de barrido (MEB) y la espectroscopia de energía dispersada (EDS), para la determinación de la morfología, propiedades texturales y composición de las muestras de caolín beige se realizó en un equipo JEOL 6300 con detector EDX-ISIS Oxford, con aditamento EDS (Espectroscopia de energía dispersada) para la identificación del tipo de átomos y cuantificación elemental. La Espectrometría de plasma por acoplamiento inductivo (ICP por sus siglas en inglés) para la realización del análisis químico de las muestras de caolín se realizó en un equipo marca Perkin Elmer, modelo Optima 8300 ICP-OES. Para el análisis químico, las muestras de caolín blanco y beige se digitaron con HF y posteriormente se neutralizaron con CaCO₃. La caracterización por Difracción de Rayos X (DRX), se realizaron en un difractómetro de rayos X marca Inel, modelo EQUINOX 2000 con fuente de radiación Co K_{α1} (λ=1.79 Å). Las muestras se barrieron en el intervalo de ángulos de 5°≤2θ≤110°. La fisisorción de nitrógeno (área superficial BET), se obtuvo con un equipo Quantacrom, aplicando la ecuación de Elmer, Teller y Braunnet (BET). Previo al análisis, las muestras se desgasificaron a T=300 °C y P=0.0001 mmHg por 12 h. Para la distribución del tamaño de partícula, una pequeña cantidad de muestra se colocó en agua desionizada y se expuso a baño ultrasónico durante 3 minutos, posteriormente se procesó mediante un analizador de tamaño de partícula por difracción de rayo láser marca Beckman Coulter, modelo LS13320. El potencial Z, se determinó en un equipo Zetasizer, marca Malvern, modelo Nano Z.

Para la evaluación del efecto de la viscosidad en suspensiones de caolín a diversas concentraciones y pH se prepararon suspensiones de caolín en agua desionizada considerando las siguientes fracciones volumétricas de sólidos (φ_v), considerando un volumen máximo del 20% de caolín:

Tabla 1. Fracción volumétrica de sólidos (φ_v)

0.012
0.05
0.072
0.12
0.15
0.2

Se evaluó el efecto de la concentración en la viscosidad de las suspensiones de caolín beige y el efecto de la variación del pH de las suspensiones de caolín a pH 3, 6 y 9 a 6, 12, 30 y 60 rpm en un viscosímetro rotativo digital NDJ-5S.

RESULTADOS

Caracterización del caolín beige

Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Se obtuvieron las siguientes micrografías, figura 2, para el caolín beige, se observan 2 tipos de partícula, las láminas de la caolinita de tamaño aproximado menor a $2\ \mu\text{m}$ y partículas de morfología variable tipo “roca” de tamaño que oscila entre 3 y $10\ \mu\text{m}$. La agrupación en poblaciones de tamaños de partícula tan grande, se debe a la aglomeración de las partículas por efectos electrostáticos presentándose en forma de cúmulos de partículas pequeñas y partículas pequeñas alrededor de partículas tipo “roca” de mayor tamaño (aproximadamente 10 veces más grandes que las pequeñas partículas).

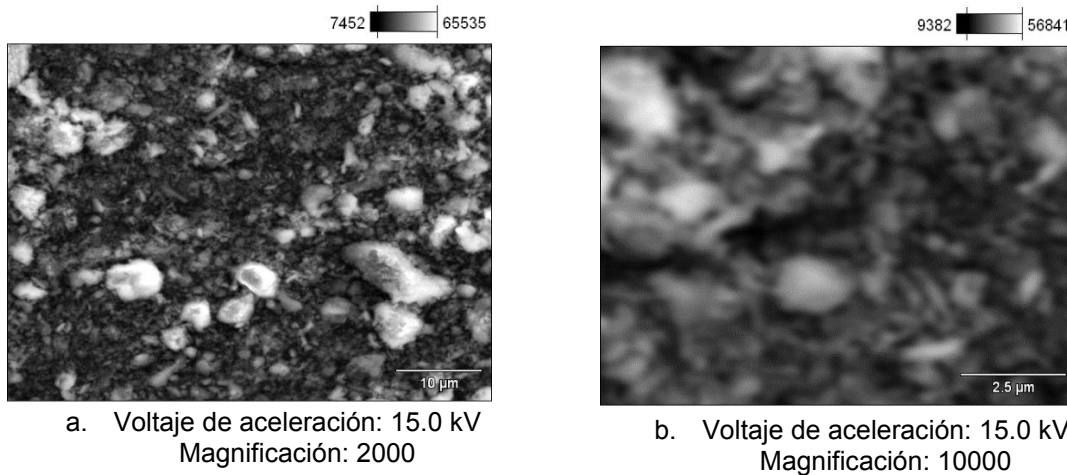


Fig. 2. Micrografías correspondientes a la muestra de caolín beige. a) Magnificación 2000, b) Magnificación 10000.

Espectroscopía de energía dispersada (EDS)

La composición elemental para el caolín beige, figura 3, presenta 7 tipos de átomos: oxígeno, aluminio, silicio, azufre, potasio, titanio y hierro, presentándose como átomos mayoritarios el oxígeno, aluminio y silicio.

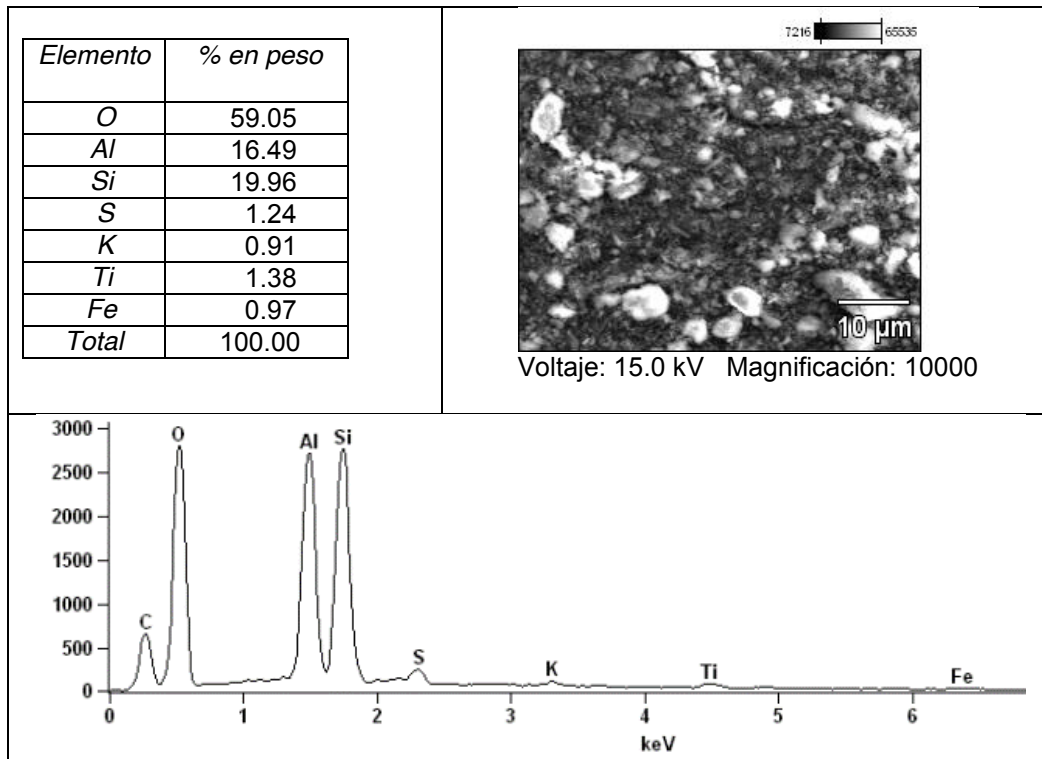


Fig. 3. Composición elemental para el caolín beige.

Los siete átomos identificados se distribuyen de manera homogénea de acuerdo a los siguientes mapeos:

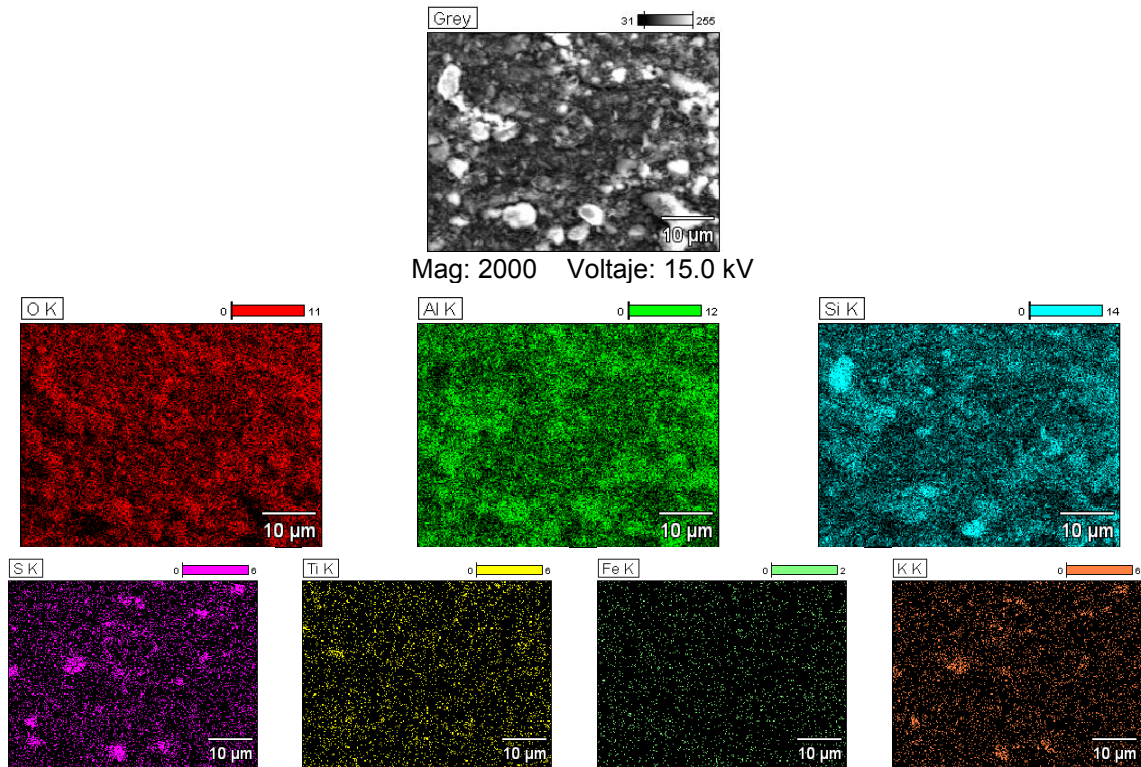


Fig. 4. Mapeos correspondientes a la distribución de la composición elemental del caolín beige (oxígeno, aluminio, silicio, azufre, titanio, hierro y potasio).

En la figura 4 se observa que los mapeos corresponden a varios tipos de partícula. Para los elementos mayoritarios, oxígeno, aluminio y silicio, se observa una distribución uniforme. Las partículas con morfología tipo “roca”, tienen correspondencia en los mapeos de potasio y azufre. El titanio y el hierro se encuentran dispersos en menor cantidad.

Espectrometría de plasma por acoplamiento inductivo (ICP)

La tabla 2 presenta el resultado del análisis químico de las muestras de caolín beige:

Tabla 2. Análisis químico por ICP

	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	LOI
Caolín beige	17.4990	38.7740	5.7057	11.2420	4.6965	22.0828

Los óxidos mayoritarios son el Al₂O₃ y el SiO₂, también se encuentran en menor cantidad Fe₂O₃, K₂O y TiO₂.

Caracterización por Difracción de Rayos X (DRX)

La figura 5 muestra el patrón de difracción del caolín beige, donde se identifican las siguientes fases: caolinita (H₄Al₂O₉Si₂), cuarzo (O₂Si₁), alunita (H₆Al₃K₁O₁₄S₂), rutilo (TiO₂), illita ((Al₄KO₁₂Si₂) y Fe₂O₃. Se observan las reflexiones definidas para 2θ = 12.4, 20.1, 24.9, 38.6, 55.1 y 62.3 para la caolinita (Al₂H₄O₉Si₂, tarjeta 96-154-1966), y son reflexiones características del cuarzo 2θ = 20.85, 26.65, 50.13, 59.9 y 68.3 (Si₂O, tarjeta 96-900-9667). Adicionalmente se observan señales definidas para alunita (H₆Al₃K₁O₁₄S₂ tarjeta 96-900-0035) en 2θ = 15.51, 17.87, 36.22, 39.49, 54.81 y 72.57, rutilo (TiO₂ tarjeta 96-153-0152) en 2θ = 25.17, 38.61, 55.47, 62.54, 76.48, illita (Al₄KO₁₂Si₂ tarjeta 96-900-9666) en 2θ = 38.61, 55.47 y 62.54 y Fe₂O₃ (tarjeta 96-400-2384) en 2θ = 20.16, 26.91, 35.28, 38.61, 39.49, 45.93, 48.29, 73.94, 84.13.

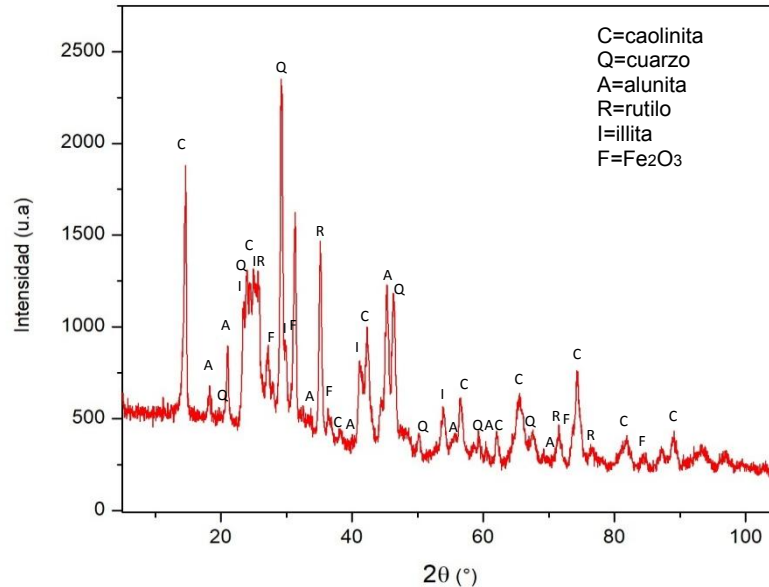


Fig. 5. Difractograma de la muestra de caolín beige.

Fisiorción de nitrógeno (Área superficial BET)

Con la fisiorción de nitrógeno, se obtuvo el área superficial BET de $2.729 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$. El caolín beige presentó poca área específica superficial debido al mayor tamaño de partícula y a la formación de agregados de material producto de las interacciones electrostáticas entre partículas.

Distribución del tamaño de partícula.

El mayor porcentaje del volumen de la muestra se encuentra en la población de $41.68 \mu\text{m}$, la segunda mayor población se encuentra en el tamaño de $2.5 \mu\text{m}$ y la tercer población en abundancia se encuentra en el tamaño de $18 \mu\text{m}$.

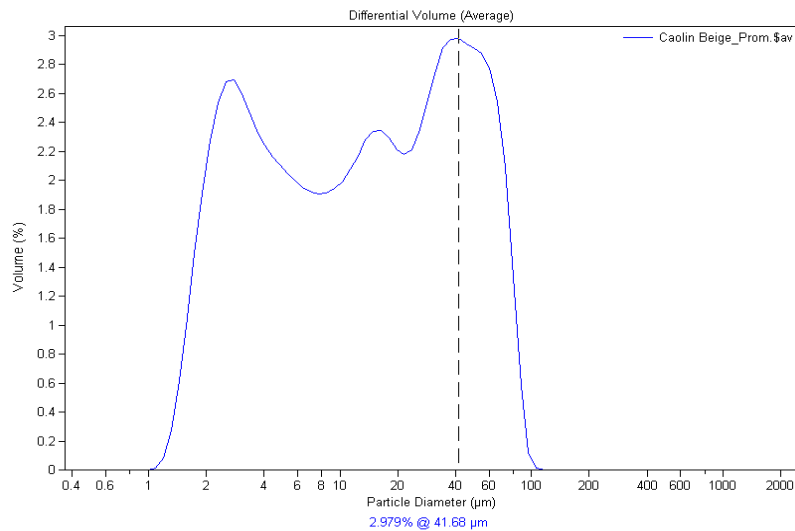


Fig. 6. Análisis de tamaño de partícula para el caolín beige.

Potencial Z

Se determinó el Potencial Z de las arcillas caoliníticas y pudo observarse el carácter catiónico de las partículas en suspensión, la Zona de Potencial Cero se observó a pH de 3.

Efecto de la viscosidad en suspensiones de caolín a diversas concentraciones y pH

Efecto de la concentración en la viscosidad de las suspensiones de caolín beige

En la figura 7 se muestra la variación de la viscosidad de las soluciones acuosas de caolín con respecto al porcentaje en peso del mismo en agua desionizada; donde se observa que al aumentar la concentración del caolín en la solución, aumenta la viscosidad de la misma. En todas las soluciones de caolín se presenta el mismo comportamiento.

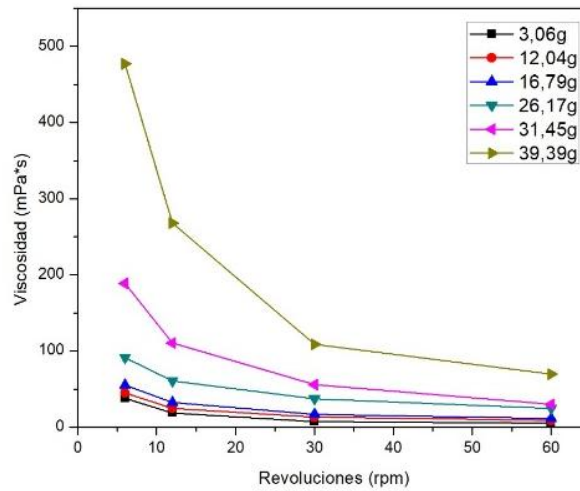


Fig. 7. Viscosidad con respecto a la concentración de caolín en solución.

Se observa un comportamiento cizalla-adelgazante, ya que la viscosidad disminuye con el aumento de las rpm.

Efecto del pH en la viscosidad de las suspensiones de caolín beige

La adición de la base (NaOH), causa cambios más importantes en la viscosidad de la suspensión de caolín, que en el caso de pH's ácidos, donde también disminuye la viscosidad con respecto a la viscosidad al pH natural del caolín beige (pH natural=5). Para pH's altos existe un fenómeno de defloculación muy alto debido a la repulsión extrema entre partículas. En la figura 8 se observa este efecto al medir la viscosidad de las diferentes concentraciones de suspensiones de caolín a pH ácido, natural y básico a 6, 12, 30 y 60 rpm, modificando el pH con HCl e NaOH.

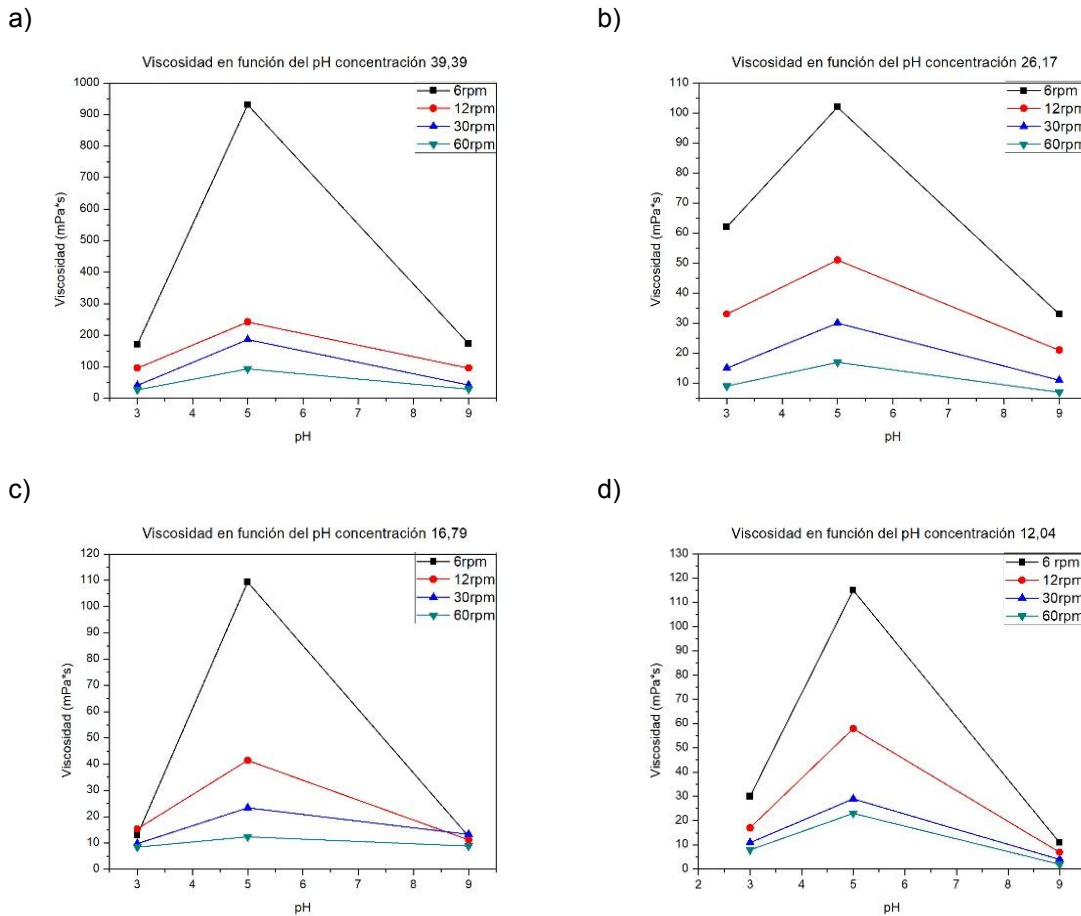


Fig. 8. Efecto del pH en la viscosidad de las suspensiones de caolín a 6, 12, 30 y 60 rpm.

Se observan 2 regiones en las mediciones de viscosidad al variar el pH a diferentes concentraciones de caolín: la región que va desde pH 3 y hasta pH natural de 5. Es esta región se observa que la viscosidad disminuye cuando el pH empieza a descender, hasta acercarse a la Zona de Potencial Cero (ZPC). LA segunda región se observa desde pH natural de 5 hasta pH 9, donde la viscosidad disminuye cuando el pH empieza a aumentar, hasta llegar a un mínimo de viscosidad.

CONCLUSIONES

La caracterización física, química, mineralógica y fisicoquímica realizada al caolín beige, así como las mediciones de viscosidad a diferentes concentraciones de caolín y a pH ácido, natural y básico a 6, 12, 30 y 60 rpm pueden ser analizados considerando la anisotropía fisicoquímica de las partículas de caolín, que se traducen en efectos electroviscosos adicionales a los efectos mecánicos, al observar un comportamiento cizalle-adelgazante, ya que la viscosidad disminuye con el aumento de las rpm.

Pudo constatar que es posible modificar las condiciones reológicas en las suspensiones de caolín mediante el control de carga superficial modificando el medio alrededor de las suspensiones, por variación del pH. Se tienen dos comportamientos dependientes del pH, donde el punto de inflexión lo tiene el pH natural de la suspensión de caolín y la mínima viscosidad se presenta a pH básico, considerando el carácter predominantemente catiónico del caolín. Esa información es valiosa, ya que en la industria que utiliza caolín como materia prima, es muy importante que la concentración de sólidos en suspensión sea lo más alta posible y la viscosidad sea lo más baja posible, esto sin utilizar aditivos químicos defloculantes.

El significado físico es muy importante a nivel industrial, porque la modificación de la doble capa eléctrica por adición de ácido (HCl) o base (NaOH), de acuerdo al proceso industrial, es suficiente para reducir la viscosidad, mejorando las condiciones de transporte.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bartolomé, J. F. (1997). "El Caolín: composición, estructura, génesis y aplicaciones". Boletín Sociedad Española de Cerámica Y Vidrio, 36, 20.
2. Daubert, C. et.al. Rheological Characterization and Electrokinetic Phenomena of Charged Whey Protein Dispersions of Defined Sizes. LWT. ELSEVIER
3. Funk, James & Dinger, Dennis, "Predictive Process Control of Crowded Particulate Suspensions Applied to Ceramic Manufacturing. Kluwer Academic Publishers, 1994.
4. *Inventario nacional de arcillas especiales: (palygorskita/attapulgita, sepiolita y bentonita)* Volume 3 of Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España: Serie Recursos minerales · Issue 3 of Recursos minerales, IGME, 2002.
5. Minería, C. G. D. (2016). Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. C. G. D. Minería, Servicio Geológico Mexicano.
6. Moreno R. (2005). Reología de suspensiones Cerámicas. Madrid, España: Consejo superior de Investigaciones Científicas.
7. Murray, H. H. (2000). Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview. Applied Clay Science, 17(5–6), 207–221.
8. Murray, H. H. Applied Clay Mineralogy. Developments in Clay Science, vol. 2. Elsevier. Amsterdam, 2007, pp. 188.
9. Pruet Robert J y Pickering, Sam M. (2006). "Kaolin". En: Industrial Minerals & Rocks by Jessica Elzea Kogel "et al." 7th edition United States of America. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. pp. 383-399.

CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SECADOR INDUSTRIAL POR MEDIO DE LA TARJETA MYRIO-1900 Y LABVIEW.

Héctor García Estrada¹, Ángelo Pastrana Manzanero¹, Víctor Andrés Cervantes Lopez¹, Lilia Leticia Méndez Lagunas³, Juan Rodríguez Ramírez³, María Guadalupe Ramírez Sotelo², Agustín Ignacio Cabrera Llanos¹

¹Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, México, CDMX, ²Departamento de Bioingeniería, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, México, CDMX
³Laboratorio de tecnología agroalimentaria, CIIDIR Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional, México, Oaxaca. aicllbuda@yahoo.com

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta el desarrollo de la automatización y control de un secador de flujo continuo utilizado en procesos de investigación en la industria alimentaria. El procedimiento se dividió en tres etapas: Adquisición de las variables, diseño de los circuitos interfaz y la programación de los controles. En la primera etapa se emplearon un conjunto de transductores para cada una de las variables que emplea la dinámica del sistema. Posteriormente, en la segunda etapa se llevó a cabo el diseño y desarrollo de los circuitos electrónicos necesarios en la interfaz con la tarjeta de adquisición y procesamiento de datos NI myRIO-1900, para así, lograr adaptar la electrónica de potencia presente en el secador con la electrónica de baja potencia de la tarjeta. Por último, la etapa del desarrollo de la programación se realizó mediante el software de LabVIEW, utilizando un controlador proporcional integral derivativo (PID) para el desarrollo de cada uno de los controles, para las variables que son: temperatura, humedad y velocidad del aire. Controlando y visualizando así, estas tres variables necesarias para una correcta evolución en el proceso de secado; dichos parámetros oscilaron dentro de valores aceptables en el tratamiento de secado, logrando de esta manera un sistema adecuado y permitiendo que el proceso de secado cumpla con las condiciones necesarias, haciendo que el mismo material fresco pueda terminar siendo un producto completamente diferente al original, dependiendo del método de secado y las condiciones aplicadas en el mismo.

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria ha desarrollado múltiples técnicas para el secado de los alimentos con fines de conservación. El propósito principal de la deshidratación de alimentos es prolongar la durabilidad del producto final, manejando la reducción del contenido de humedad en el producto, limitando el crecimiento microbiano y las reacciones químicas. En la industria alimentaria se usan diversos tipos de secadores de alimentos, entre los cuales podremos encontrar: secadores de horno, de cabina o bandeja, de túnel; entre otros. (Cánovas, 1996).

El secador aquí trabajado funciona mediante la técnica de secado convectivo, en el cual el calor se transfiere al sólido a secar mediante una corriente de aire caliente, el cual es impulsado a través del secador por medio de ventiladores (Fito M., J., & A., 2016).

Dicho secador se encuentra dentro de las instalaciones del laboratorio de tecnología agroalimentaria del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional. Este es un secador piloto empleado para analizar las condiciones ideales de operación, con la finalidad de mejorar la conservación de alimentos y la optimización de los factores en el proceso de secado.



Figura 1. Secador de flujo continuo.

Este secador está compuesto por los módulos de velocidad de aire, temperatura, y humedad. Cada uno de estos módulos cuenta con su sistema de adquisición, regulación y compensación.

A. TRANSDUCTORES

La serie de transmisores HMP230 de la marca Vaisala consiste en un grupo de instrumentos con microprocesadores dedicados a la medición de la humedad relativa y la temperatura. Estas señales pueden estar en rangos de medición que pueden ser cambiados dentro de ciertos límites. Este dispositivo cuenta también con 2 tipos de salidas analógicas, en un rango que va desde 0 a 20 mA y de 0 a 10 V como máximo (Vaisala, 2002).



Figura 2. Transductor modelo HMP230 de la marca Vaisala.

Los transductores de velocidad de aire modelos AVT55, AVT65 y AVT75 son ideales en instalaciones temporales y permanentes para la medición de la velocidad del aire. Todos los modelos contienen curvas de calibración que suministran una señal de salida de tipo lineal, permitiendo que esta sea adaptable a sistemas de adquisición de datos (Alnor, 2010).



Fig 3. Transductor de velocidad de aire Alnor AVT55.

B. CONVERTIDOR DE FRECUENCIA

Un equipo convertidor de frecuencia es un dispositivo industrial que trabaja como regulador de la velocidad en los motores eléctricos. La energía de la red pasa por el variador y hace que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor y adaptando la fuente de potencia (ABB, 1995).

C. CONTROLADOR PROPORCIONAL INTEGRATIVO DERIVATIVO (PID)

Desde una perspectiva moderna, un controlador PID es simplemente un controlador de hasta segundo orden, conteniendo un integrador. Adicionalmente, el controlador PID permite realizar acciones de control a partir de un valor medido y un valor deseado, resultando así una aplicación rápida y sencilla en los procesos industriales, ya que solo necesita un sensor que adquiera la variable del proceso y un actuador que reaccione a la salida de control. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se encuentra en la siguiente expresión:

$$c(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Descubrimientos empíricos demuestran que la estructura del PID por lo general tiene la suficiente flexibilidad como para alcanzar excelentes resultados en muchas aplicaciones de control (V., 2002).

D. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS NI MYRIO-1900

La tarjeta de adquisición y control de señales, conocida como NI myRIO-1900, es un dispositivo de diseño para estudiantes, el cual cuenta con múltiples entradas y salidas analógicas, así como también digitales, canales de audio, entre otras cosas.

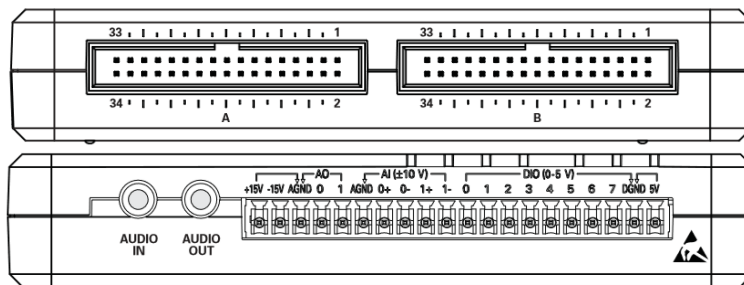


Figura 4. Puertos de conexión de la myRIO-1900.

La tarjeta cuenta con una herramienta principal y útil en todo proceso moderno, nos referimos a su capacidad integrada de Wi-Fi, logrando con esto desplegar aplicaciones de forma remota y ejecutarlos de manera "*Headlessly*", es decir, sin conexión a un ordenador remoto (instruments, 2014) y (Instruments, 2016).

E. LabVIEW

El software conocido como LabVIEW es un lenguaje gráfico de programación, utilizado como estándar en el desarrollo de aplicaciones de test y medida, control de instrumentación y sistemas de adquisición de datos. LabVIEW cuenta con una caja de herramientas exclusivas para la tarjeta myRIO-1900, en la cual encontramos los bloques de adquisición o generación de las señales a emplear, ya sean de tipo analógicas o digitales (Lajara & Pelegri, 2011).



Figura 5. Logotipo de LabVIEW

PARTE EXPERIMENTAL

La automatización del secador se divide en tres etapas, las cuales son: adquisición y medición de las variables a controlar, diseño de los circuitos de interfaz que requiere el sistema y la programación de los controles en LabVIEW. A continuación, se presenta un esquema general del sistema diseñado, seguido del desarrollo de cada una de las tres etapas mencionadas.

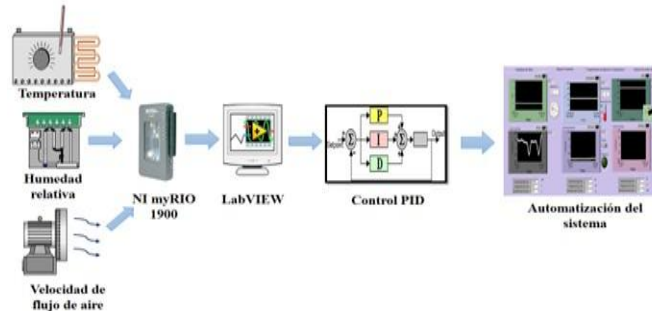


Figura 6. Esquema general del sistema diseñado.

A. ADQUISICIÓN DE LAS VARIABLES

Para la adquisición de las variables se utilizaron los transductores previamente mencionados. Ambos se configuraron para que la señal de salida se entregara en voltaje, de manera que no fue necesario implementar circuitos de adecuación en la señal.

En el caso del transductor de velocidad de aire, este se configuro para que la señal de salida se encontrara en un intervalo de 0-5 volts; también se configuro para que el rango de medición se encontrara en el mismo intervalo de 0-5 con unidades de metros por segundo. De esta manera se consiguió una relación 1:1 en cuanto a la salida de voltaje y la velocidad del aire.

Para el transmisor de humedad relativa y temperatura, se requirió nuevamente configurarlo para que entregara de igual manera, una salida de 0-5 volts. El intervalo de medición en ambas variables se configuro de 0-100, en porcentaje para la humedad relativa y grados Celsius para la temperatura; por lo que fue necesario realizar un ajuste por pendiente para obtener las variables.

Dichas salidas de voltaje fueron conectadas en el puerto "A" de la myRIO, realizando posteriormente los ajustes mencionados para el caso de la humedad y la temperatura.

B. CIRCUITOS DE INTERFAZ

Para cada uno de los procesos se contaba con un equipo encargado de compensar las variables. En el caso de la velocidad del aire del secador, se cuenta con un motor de corriente alterna bifásico como ventilador; la regulación de la velocidad de giro de este motor se implementó por medio del variador de frecuencia modelo SAMI 018MD2. La velocidad del aire depende directamente de la velocidad de giro del motor, la salida del control de velocidad es la frecuencia de operación del variador.

La entrada del variador de frecuencia está dada en voltaje con un rango de 0-10 V. Para conseguir colocar la salida del control dentro de esos valores, se procedió a utilizar una de las salidas analógicas de la myRIO (ABB, 1995). Debido a que las salidas analógicas de la tarjeta se encuentran en el intervalo de 0-5 V, fue necesario un circuito para amplificar la señal y empatarla con el intervalo de la entrada del variador de frecuencia. Para esto se utilizó un arreglo de OPAMS, compuesto por dos amplificadores inversores; el primero le da la ganancia necesaria mientras que el segundo, corrige la polaridad.

Debido a que el variador de frecuencia es un sistema de potencia se agregó un diodo a la salida de los OPAMS para proteger tanto el circuito como la tarjeta ante cualquier corriente de retorno.

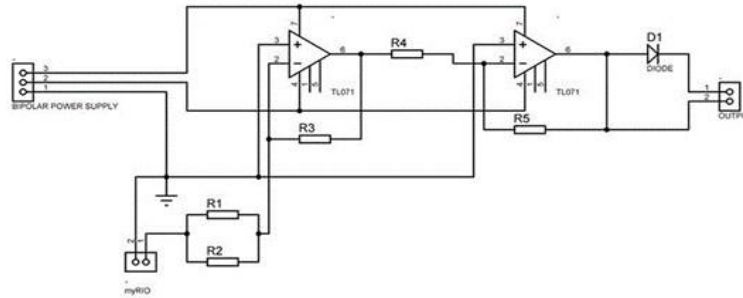


Figura 7. Circuito para adecuación de la salida analógica de la myRIO.

Por otra parte, la salida del control de temperatura es una resistencia aleteada para calefacción de aire alimentada a 220V. Para proteger el sistema y evitar que el resistor se calcinara, se cuenta con una etapa de seguridad que no permite el encendido de la resistencia a menos que el ventilador se encuentre encendido; por esto, la activación de la resistencia se da por medio de un relevador de estado sólido (SSR3-440B), el cual tiene una entrada de corriente alterna de 120 V y una operación de salida a 450 V en corriente alterna (Relay, 2010).

Para controlar la resistencia fue necesario diseñar un circuito de interfaz entre la tarjeta y el relevador. Por ello se recurrió al optoacoplador modelo MOC4011 por su salida en forma de fototriac (Motorola, 1995) para completar el circuito de activación se usó el triac BTA12 con un arreglo de resistencias, logrando controlar la operación de la resistencia por medio de una salida digital de la tarjeta myRIO (Semiconductor, 2017)

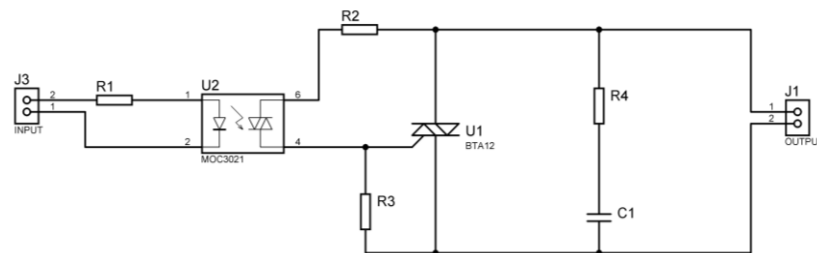


Figura 8. Circuito de potencia para activación de la resistencia y el generador de vapor.

Para el caso de la variable de humedad se utilizó un generador de vapor como salida de control; con este generador se inyecta vapor al secador, aumentando así la humedad. Dicho generador opera con una corriente alterna de 220 V, controlando de esta manera el flujo de vapor por medio de electroválvulas.

Debido a que el diseño del circuito aplicado para el control de la resistencia opera dentro de los mismos parámetros a los del generador de vapor, se implementó nuevamente con el generador de humedad (Semiconductor, 2017).

C. PROGRAMACIÓN Y ENTONACIÓN DE LOS CONTROLES

La programación y entonación de los controles se realizó usando LabVIEW por medio del módulo "Control and Simulation". El tipo de controlador que se decidió implementar es el controlador PID, esto debido a la facilidad de implementación.

Para realizar las pruebas necesarias a los controles se desarrolló un instrumento virtual en LabVIEW donde se pueden variar los parámetros mientras el programa está en funcionamiento.

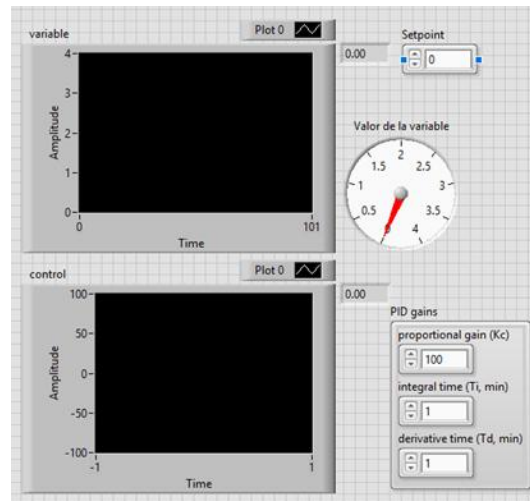


Figura 9. Panel para entonación del PID.

La entonación de los PID se realizó mediante ensayo y error comparando como se comportaban cada uno de los controles al realizar los cambios en las ganancias. Cada uno de los tres controles fue entonado por separado, obteniendo valores diferentes en cada uno.

Las salidas de control del sistema se programaron de diferentes formas. En el caso de la salida del control de velocidad esta se configuró para que utilizara una salida analógica de la tarjeta myRIO, junto con el circuito de adecuación.

Para las salidas de temperatura y humedad, se configuró de manera que si la salida del control era positiva se activaran la resistencia o la electroválvula del generador de vapor dependiendo del caso; si la salida del control es negativa, los sistemas se apagan, esto se logró mediante las salidas digitales de la myRIO.

RESULTADOS

Se automatizó un secador de flujo continuo mediante la implementación de controladores PID para cada una de las variables, realizando un instrumento virtual para el ingreso y cambios en el *setpoint*, visualización de las variables y las respuestas de los controles. Las salidas de control se comportaron de manera que el proceso de secado no se viera afectado. Entonando los controles por ensayo y error se logró llegar a los valores de ganancia con mejor desempeño que se presentan a continuación:

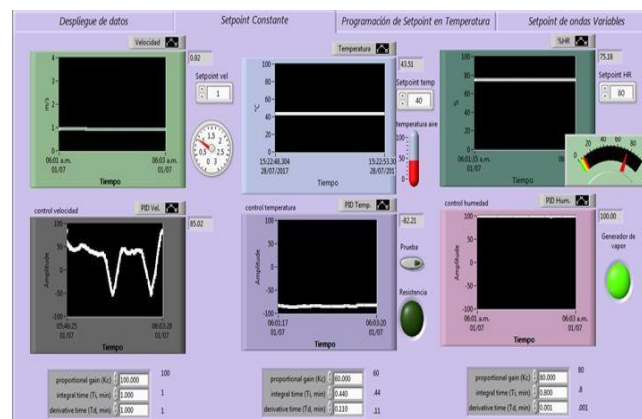


Figura 10. Panel frontal del instrumento virtual para la programación de los controles.

En el caso del control de velocidad con valores de ganancias de $K_p = 100$, $K_i = 1$, $K_d = 1$, se logró el siguiente comportamiento, con un *setpoint* de 2.5 m/s.

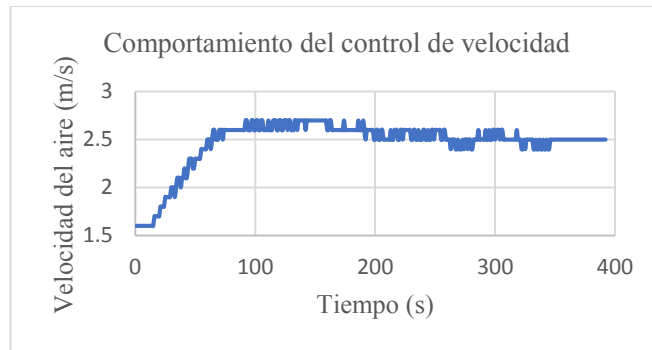


Figura 11. Gráfica del comportamiento del control de velocidad.

Para el control de humedad con valores de ganancias de $K_p = 80$, $K_i = 0.8$, $K_d = 0.001$, con un *setpoint* de 55% se logró que la variable tuviera una oscilación de ± 5 por ciento de humedad relativa, siendo este valor aceptable para el proceso de secado.

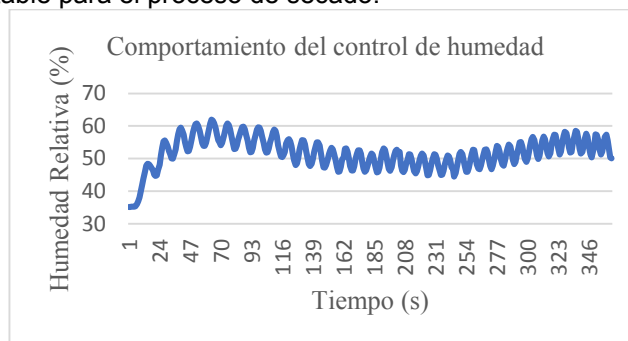


Figura 12. Gráfica del comportamiento del control de humedad relativa.

Finalmente, la variable de temperatura con valores de ganancias de $K_p = 60$, $K_i = 0.44$, $K_d = 0.11$, con un *setpoint* de 40 °C se logró mantener con una oscilación de ± 2 grados centígrados, un intervalo aceptable para el sistema. Los valores de ganancia en cada control pueden ser modificados de acuerdo con las condiciones de experimentación que requieran los investigadores de la unidad (H. García, y otros, 2018).

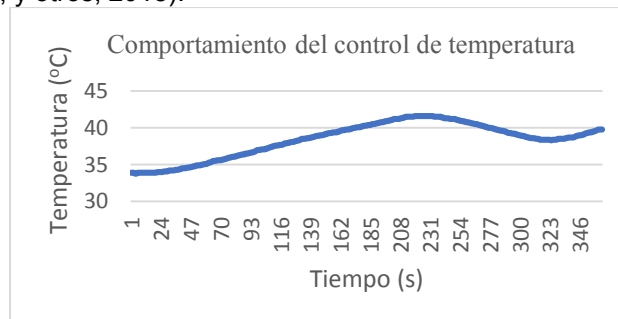


Figura 13. Gráfica del comportamiento del control de temperatura.

Por otra parte, sabemos que una de las principales razones para automatizar un sistema es el aumento de los niveles de productividad, reduciendo el consumo energético, aumentando la confiabilidad del resultado y por supuesto, optimizando el recurso humano dentro de las instalaciones del laboratorio, permitiendo que el usuario pueda desarrollar otras actividades mientras el proceso se lleva a cabo.

Los programas de mantenimiento a la tarjeta NI myRIO y a los circuitos de interfaz son mínimos, ya que (si fuera el caso), solo se necesitaría de repuestos de los componentes electrónicos dentro de los circuitos de interfaz puesto que no se empleó en la tarjeta algún módulo externo que tenga que

ser remplazado. Por último, es importante indicar que en la mayoría de los casos siempre es más económico utilizar instrumentos nuevos que reparar uno antiguo, esto debido a que el secador aquí presentado utilizaba un sistema de adquisición FieldPOINT de la serie FP-1000 cambiando el costo por mantenimiento de este sistema, y aunado a eso, con módulos difíciles de conseguir en el mercado (J, 2004) y (Gómez, 2008)

Debido a las características del controlador PID y a la forma de entonación que se empleó se obtiene un sistema de control rápido y funcional de acuerdo con las características para las cuales el secador es requerido, esto y la facilidad de empleo de este control por parte del módulo de LabVIEW, hace que el sistema de control PID sea una herramienta útil para este proceso, sin descartar la posibilidad de implementar en futuros trabajos otros sistemas de control más modernos (A. Ruiz, 2007).

CONCLUSIONES

Se automatizaron las variables de temperatura, humedad relativa y velocidad de aire en un secador de túnel, de manera que las variables a controlar oscilaran dentro de un rango aceptable en cuestiones experimentales, logrando de esta manera un sistema controlado y permitiendo que el proceso de secado cumpla con las condiciones que los investigadores del CIIDIR requieran en sus estudios.

La realización de este proyecto involucra una innovación en el sistema, optimizando el proceso remplazando tecnología obsoleta por tecnología contemporánea. Dejando habilitado los cambios en los valores de ganancia de cada uno de los controles se pueden realizar diferentes pruebas a gusto del usuario, observando así diferentes comportamientos en la dinámica del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. Ruiz, H. A. (2007). *Control Difuso Vs Control PID: Análisis y Simulación Numérica*. Tesis en Ciencia Básicas en Ingeniería. Pachuca de Soto: Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo .
2. ABB. (1995). *User's*. Finland: ABB Industry Oy.
3. Alnor. (2010). *Air Velocity: Transducers Models AVT; AVT65 and AVT75*. Estados Unidos: Alnor.
4. Cánovas, B. (1996). *Dehydration of Foods*. USA: Champman and Hall.
5. Fito M., A. G., J., B., & A., S. (2016). *Introduccion al secado de alimentos por aire caliente* . Valencia: Universidad Politecnica.
6. Gómez, G. N. (2008). *"Cineticas de acido piruvico durante el proceso de secado constante y variable del ajo"* Tesis en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de los Recursos Naturales. Oaxaca, Oax. Oaxaca: Instituto Politécnico Nacional CIIDIR.
7. H. García, A. P., Pastrana, A., Méndez, L., Rodríguez, J., Ramírez, M., & Cabrera, A. (2018). Automatización de un secador de flujo continuo por medio de la tarjeta myRIO-1900 y LabVIEW. *Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico*, 5.
8. instruments, N. (2014). *User Guide and specifications NI myRIO-1900*. USA: National Instruments.
9. Instruments, N. (2016). *Desarrollo de Sistemas con NI myRIO y compactRIO*. USA: National instruments.
10. J, V. (2004). *Como justificar proyectos de automatización*. Mexico: Industrial Data.
11. Lajara, & Pelegri. (2011). *LabVIEW entorno grafico de programación* . España: Marcombo.
12. Motorola. (1995). *6-Pin DIP Randon Phase Optoisolations Triac Driver Output*. USA: Motorola.
13. Relay, A. (2010). *SSR3 Solid State Relay*. China: Asiaon Relay.
14. Semiconductor, S. (2017). *BTA 12, BTB 12, T12xx 12 A Snubberless logic level and standard: Triacs*. USA: ST semiconductor.
15. V., M. (2002). *Controladores PID*. Argentina: Universidad Nacional de Quilmes.
16. Vaisala. (2002). *HMP230 Series Transmitters USER'S GUIDE*. Finland: Vaisala.

MONITOREO Y VISUALIZACIÓN DE SIGNOS VITALES MEDIANTE SERVIDOR WEB Y SISTEMAS EMBEBIDOS

Blanca Jazmín Espíndola Paizano, Maximiliano Martínez López, Juan Daniel González Del Rio, Marco Tulio Ramírez Torres, Ana Francisca Martínez Betancourt.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, CARAO.

RESUMEN

En este proyecto de investigación se realizó la medición de signos vitales de personas que necesiten estar vigiladas a causa de alguna enfermedad, esto con la finalidad de poder prevenir o dar aviso de anomalías que se presenten en ellos. En el desarrollo de este proyecto se midió el pulso cardíaco y temperatura corporal haciendo uso de sensores como el XD-58C, la placa Arduino UNO y el módulo ESP8266-01 con el que se conectó a una red WiFi para transferir la información a ThingSpeak un servidor web y una página web creada con la finalidad de procesar, almacenar la información en una base de datos de un servidor local y mostrar los datos al personal médico. La programación de esta página brinda seguridad a los usuarios ya que cuenta con la función de Hashing, esta función es aplicada a las contraseñas antes de almacenarlas en la base de datos, de esta forma dificultamos al atacante el determinar la contraseña original, pese a que en un futuro podrá comparar el resultado de esta función con la contraseña original. Esta página web permite la visualización de los datos en tiempo real mediante el uso del internet de las cosas, además de información acerca de pacientes, sección de noticias sobre la salud y datos de especialistas y hospitales. Uno de los objetivos es implementar este sistema en clínicas y hospitales para obtener datos con el fin de ser analizados en un diagnóstico médico. Y requieran tener la información a distancia mediante un sistema de bajo costo.

INTRODUCCIÓN

El internet de las cosas (por sus siglas en inglés IoT, Internet of Things) es una de las creaciones más importantes y poderosas de la actualidad. Representa la próxima evolución de internet la cual será un enorme avance en su capacidad para reunir, analizar y distribuir datos que podremos convertir en información y conocimiento. Existen hoy en día proyectos de IoT que prometen mejorar la distribución de los recursos del mundo enfocados en resolver problemas ambientales, ahorro de iluminación, desarrollo de invernaderos inteligentes y además de enfrentar los desafíos que nos presenta una sociedad cada vez más conectada, para ir mejorando la calidad de vida de las personas en corto, mediano y largo plazo. A lo largo del proyecto de investigación se estudiará el IoT, así como las diferentes herramientas tanto de software como de hardware y su relación entre ellos, para poder llevar a cabo de la manera más simple y clara posible, la lectura y monitoreo de sensores implementados en pacientes que necesitan de un cuidado específico, realizando un perfil detallado de las condiciones del paciente tales como temperatura y pulso cardíaco, gracias a IoT, toda la información recogida a través de internet se podrá revisar en una página web en tiempo real para lograr anticiparse a posibles problemas.

TEORÍA

En la actualidad, los avances tecnológicos han sido de gran ayuda para la optimización de los recursos y la simplificación de la atención sanitaria, razón por la cual la Dirección General de Información en Salud creyó oportuno la implementación de expedientes clínicos electrónicos (ECE), cuyo principal objetivo ser una fuente de información que amplía el dictamen médico de un experto, conformándose por una descripción de la propeuéutica médica aunado a documentos, imágenes, procedimientos, pruebas diversas, análisis e información de estudios practicados al paciente.

Según estimaciones oficiales, la aplicación del ECE podría representar el ahorro de 38 mil millones de pesos para el sistema de salud, debido a que se contrarrestarían posibles negligencias médicas, retrasos en la atención, cirugías, robo de información del paciente, entre otros. Esto debido a que la falta de información clínica retrasa la atención y puede ser la causa de errores médicos.

Las ventajas del ECE son varias, anunciando a continuación las más relevantes:

- Al estar en formato electrónico, el expediente es uniforme, legible y rápido de consultar.

- Se resolverá el problema del transporte de archivo debido a la accesibilidad de la información, se aseguran los datos sin duplicar la información ganando tiempo en la consulta.
- Los expedientes se encuentran en línea garantizando el acceso al personal autorizado.
- La mayor ventaja del ECE, es que reúne en un formato fácil de consultar y en forma actualizada, toda la información relativa al paciente. Provee de una mejor comunicación entre todos los profesionales implicados en la atención médica del paciente, contribuyendo a una mejor recuperación del mismo.

PARTE EXPERIMENTAL

La conexión del ESP8266-01 con Arduino UNO se llevó a cabo uniendo los pines RX y TX de ambos y alimentando el dispositivo a 3.3v. Mediante la placa Arduino se calculan señales físicas por medio de sensores como la temperatura corporal del paciente y el pulso cardiaco. Dichas señales son convertidas en datos de distintos tipos, los cuales son transmitidos vía inalámbrica a través del módulo ESP8266-01, el cual permite conectarse a una red WIFI con el uso de comandos AT y realizar la conexión con un servidor web, para enviar dicha información que se estará actualizando constantemente para ser visualizada en tiempo real.

Para ello se utiliza la plataforma ThingSpeak Open Source, para conectar productos y servicios al Internet de las Cosas (IoT), siendo un servidor gratuito y fácil de usar. Este servidor se maneja como un sustituto de la futura base de datos local. Básicamente, permite enviar datos a sus servidores y ellos se encargan de guardarlos y de facilitar las herramientas de visualización y gestión. La información se guarda en memorias, a las que ThingSpeak denomina canales. En cada canal se pueden añadir hasta 8 variables que se requieran monitorizar, y la manera en que se puedan guardar nuevos datos es haciendo una petición HTTP con un método llamado GET, que permite obtener la información desde el servidor. Las variables que se incluyen en la petición HTTP es el código del canal. La información capturada en el servidor es visualizada mediante gráficos. De esta manera quedará registrado automáticamente en ThingSpeak. En la tesis de González Daza, E. Red de sensores - Internet de las cosas [1], se explica el uso de esta herramienta para la obtención de datos de sensores.

RESULTADOS

Cada uno de los resultados fue ejecutado en tiempo real como lo son la lectura de los sensores, la comunicación con el internet, la verificación del envío de la información a la plataforma creada en HTML Y PHP y la conexión realizadas en Arduino Uno. En las siguientes Figura1 1, Figura1 2, Figura 3 y Figura 4 se muestra lo resultados obtenidos.

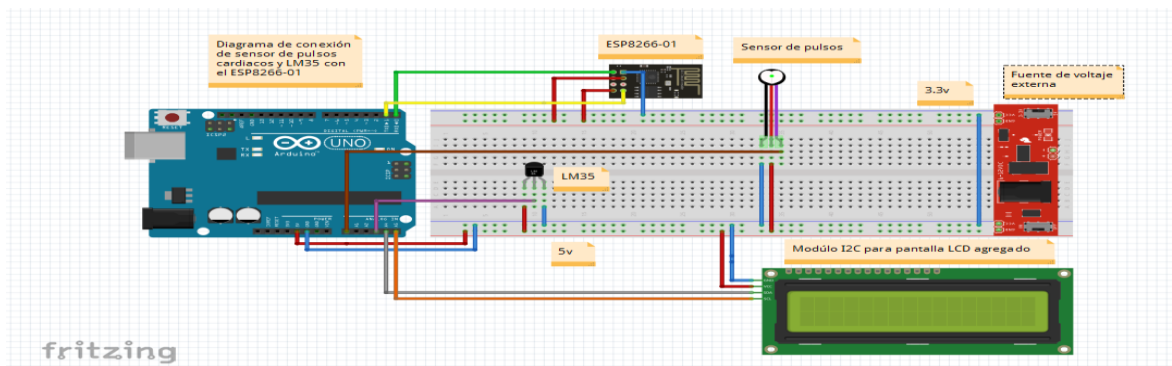


Figura 1.- Conexión de sensor LM35, sensor de Pulsos, pantalla LCD y ESP8266-01 con Arduino Uno.

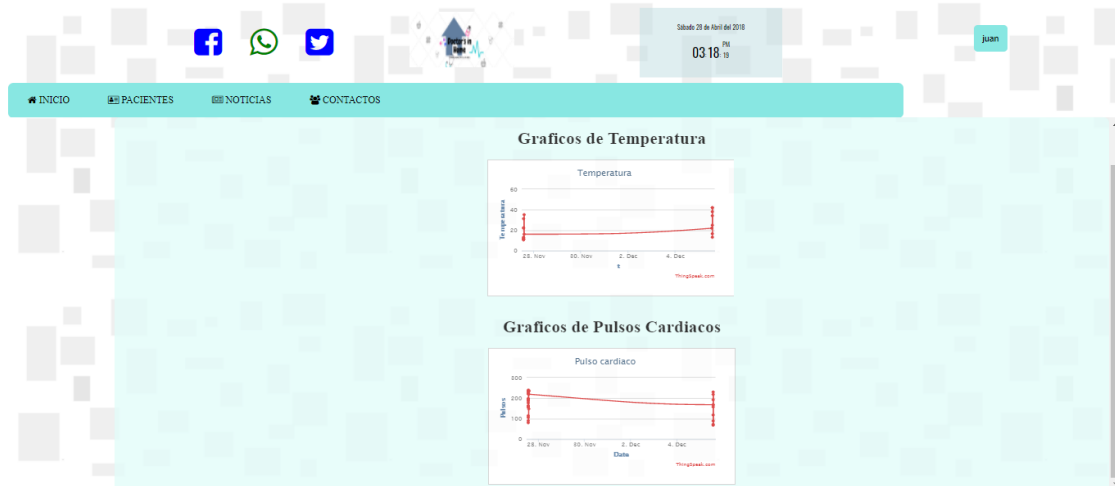


Figura 2.- Captura de datos de lectura en tiempo real de sensor LM35 y sensor de pulsos en plataforma creada en HTML y PHP.

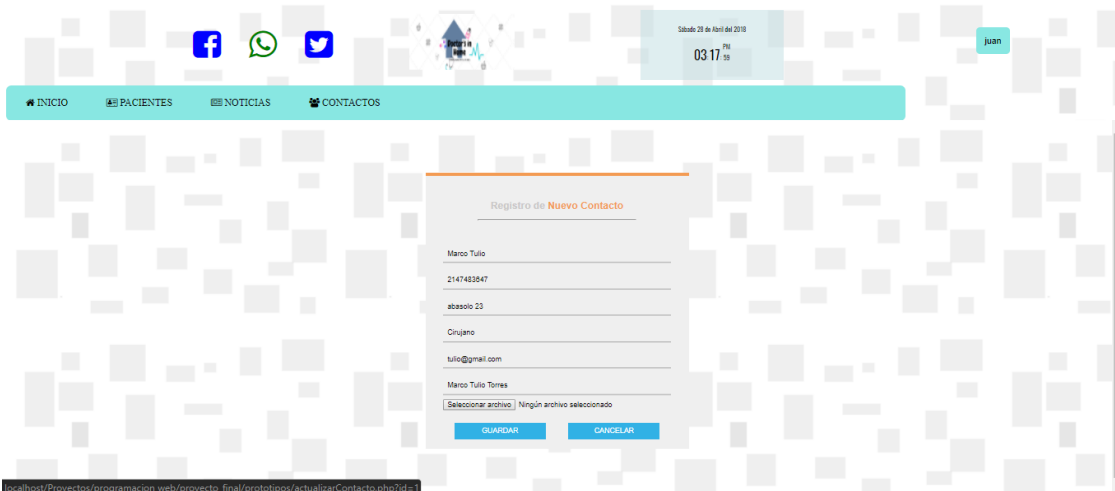


Figura 3.- Creación de contacto para toma de registro de paciente en plataforma creada en HTML y PHP.

Foto	Clave	Apellidos	Nombre(s)	Direccion	Ciudad	Telefono	Email	Modificar	Eliminar	Ver
	1	Espindola Paizano	Lucero	Santiago 52	San Luis Potosi	1123456879	lucero@hotmail.com	Modificar	Eliminar	Ver Paciente
	2	Martinez	Blanca	Insurgentes 514	Salinas	324587462	b@hotmail.com	Modificar	Eliminar	Ver Paciente
	3	garcia	emiliano	Insurgentes 514	mexico	7654321	emi@hotmail.com	Modificar	Eliminar	Ver Paciente

Figura 4.- Información de pacientes registrados en plataforma creada en HTML y PHP para consulta, modificar, eliminar y ver el proceso de lectura que toman los sensores.

CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto se desarrolló una plataforma web, la cual brinda aporte al área de medicina, ya que gracias a este sistema de bajo costo puede obtener los signos vitales de cualquier persona a las que se aplique teniendo información rápida y exacta del paciente para el médico.

BIBLIOGRAFÍA

1. García López, P. (Abril 2016). Sensado de temperatura y humedad mediante sistemas embebidos en internet de las cosas. Dr. Alfonso Lastras Martínez, Premio de instrumentación y electrónica. IICOUASLP, San Luis Potosí.
2. González Daza, E. (2016). Red de sensores - Internet de las cosas. 1st ed. España, pp.30-31.

GENERACION DE ENERGIA RENOVABLE

Roxana García Andrade, Arnoldo Fernández Ramírez, Armando Martínez Reyes

Instituto Tecnológico de Nuevo Leon.

RESUMEN

La presente recopilación de información expone la posibilidad de implementar un generador de energía renovable a base de biomasa, con un digestor anaeróbico en una casa habitación con un promedio de 5 habitantes incluida una mascota. Se pretende que los desechos sean residuos de heces fecales tanto humanas como de la mascota. Se han descartado los residuos de cocina por las características químicas. El resultado de la digestión anaeróbica es un biogás, el cual es una mezcla de gas metano puede variar en un porcentaje de 50% a 70% y dióxido de carbono de un 30% a 50% contiene otros componentes en pequeñas cantidades nitrógeno, oxígeno, hidrogeno, sulfuro de hidrogeno. El digestor se alimenta con heces humanas. El promedio de heces de un hombre es de 100g-200g diarios. Las heces fecales solamente contienen un pequeño porcentaje de agua de 3-4% de la excreción por lo tanto es necesario que se incluya 4 partes de agua. El tiempo de fermentación dependerá de la temperatura, considere que Nuevo León tiene clima con temperaturas que oscilan de 20°C a 32°C. Se ha encontrado que el humano genera 28dm³ diario equivalente a 15ikcal. Esto dependiendo de la densidad. Se pretende que el gas metano se utilice como fuente de energía calorífica y de esta manera contribuir a la generación de energías renovables.

INTRODUCCION

La composta es un abono natural obtenida de la descomposición de los desechos orgánicos de los animales, plantas. Este se obtiene de excremento de animales y seres humanos, etc.

Los alcances de esta investigación es el análisis de viabilidad y la conveniencia de la instalación de la infraestructura para la producción de un biocombustible en una casa habitación común de 4 habitantes, una mascota, y un pequeño jardín. Como se puede apreciar estamos hablando de una casa habitación de interés social con un promedio de construcción de 150-200m²

TEORIA

El estudio se inició por conocer la cantidad de heces que produce un ser humano diariamente por lo cual encontramos lo siguiente:

“El consumo de fibra dietética está directamente relacionado con el peso de las deposiciones; por ejemplo, un campesino africano medio puede superar los 500 gramos de “producción” al día, frente al peso medio (también variable) del producto de la “sentadas” de un ciudadano medio occidental, que se calcula entre los 100 y 200g diarios.” [1].

Después de revisar la literatura de la cantidad de heces generadas pasamos a ver como se clasificarían los residuos generados en la casa habitación. Tendríamos clasificaciones: residuos de cocina, jardinería, papel, vidrio, y otros. Se consideraran bolsas para basura biodegradables para la recolección.

Los residuos que analizaremos serían los residuos orgánicos e inorgánicos que se pudieran descomponer con proceso de digestión anaeróbica y aeróbico.

Los tratamientos aerobios y anaerobios constituyen las dos grandes alternativas de purificación biológica de aguas domésticas y desperdicios orgánicos fermentables. Sin embargo, el hecho de no necesitar aire y la generación de biogás, que se puede utilizar con finalidades energéticas, hacen que la digestión anaerobia resulte mucho más favorable económicamente, permitiendo en muchos casos la autonomía o autosuficiencia.

La digestión anaeróbica es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases, conocida como "biogás" y a una suspensión acuosa o "sedimentos" que contiene los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica. Debemos de considerar que el metano o biogás se puede obtener tanto de residuos orgánicos provenientes de seres humanos, animales así como de plantas, pero es muy complejo la estructura de las plantas, estas tardan mucho más en el proceso de fermentación.

El resultado de la digestión anaeróbica es un biogás, el cual es una mezcla de gas metano, puede variar en un porcentaje de 50 a 70% y dióxido de carbono de un 30 a 50% contiene otros componentes en pequeñas cantidades nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno.

Métodos para la obtención de energía por biomasa

Para la obtención de energía por biomasa se cuentan con varias opciones la elección dependería de los recursos y las características de los recursos con que se disponen y el tipo de energía que se requiera. Podríamos mencionar los sistemas que utilizan la biomasa húmeda y que su proceso es por digestión anaeróbica, por otro lado existen los de biomasa seca y por último, existen para ambos la obtención de biocarburantes.. Los biocarburantes son líquidos o gaseosos producidos a través de biomasa.

En la actualidad se obtienen 3 tipos de biocarburantes:

- 1.- Biodiesel.
- 2.- Bioetanol.
- 3.- Biogás.

Tenemos varios sistemas comerciales mencionaremos algunos [2]:

A. Combustión de biomasa

Con los equipos que se encuentran en el mercado se pueden obtener rendimientos de hasta un 95% acoplando equipos de recuperación de calor.

Una planta de combustión de biomasa consta de los siguientes sistemas:

- Almacenamiento de combustible
- Transporte y dosificación al equipo de combustión
- Cámara de combustión
- Caldera
- Depuración de gas
- Extracción de cenizas

B. Gasificación de biomasa

Una planta de gasificación consta de los mismos sistemas que una planta de combustión salvo que la caldera se sustituye por el gasificador y el sistema de limpieza del gas. Estos equipos presentan la ventaja de que poseen mayor rendimiento que los sistemas de combustión.

C. Digestión anaeróbica

La biomasa de residuos sólidos húmeda de origen orgánico, pueden ser resultado de manejo humano que por su contenido de agua y materia orgánica pueden ser tratadas por un proceso biológico

Estos procesos biológicos permiten el aprovechamiento del potencial energético de este tipo de biomasa, y además genera otros productos que se pueden emplear como fertilizantes.

Estos sistemas mencionan el compostaje y el de digestión anaeróbica.

La materia orgánica de residuos sólidos, en ausencia de oxígeno, se degrada o descompone por la actividad de unos microorganismos específicos convirtiéndose en un gas de alto contenido energético o biogás y en otros productos que contienen la mayor parte de los componentes minerales y compuestos de difícil degradación que en ocasiones se denominan lodos.

El metano es el componente que otorga el valor energético a este gas, 1m³ de biogás con un 60% de metano, tiene un poder calorífico próximo a las 5.500 kcal.

Para que el proceso tenga lugar con la máxima eficiencia se deben controlar una serie de factores como el pH, la alcalinidad, la acidez volátil, la temperatura, los nutrientes, los inhibidores y los tiempos de estancia

Análisis Técnico

La energía eléctrica que consume una casa habitación familiar de 5 personas es de un promedio de 172kw/h bimestralmente, lo que se analiza es la factibilidad de autogeneración de energía eléctrica por medio de biomasa a través de los residuos orgánicos de toda una familia.

Si para un promedio mensual de 100Kw/h de energía consumida en casa habitación se requiere 46.52m³de biogás. [3] los cuales se pueden producir con 124.73 excremento sólido porcino.

El excremento sólido contiene un 15% de materia seca y estas deben ingresar al biodigestor como una sustancia en agua con aproximadamente 3% de materia seca esto implica una mezcla de 4 partes de agua por una parte de materia seca

El tiempo de retención, suficiente para la digestión anaeróbica más eficiente de la materia orgánica componente de las excretas es de 50 días por lo que la cantidad diaria de excretas para alimentar el biodigestor se calcula dividiendo el volumen de su fase líquida entre los 50 días de retención.

En el caso de los seres humanos la pérdida de agua se realiza principalmente a través de la orina, por la respiración o la sudoración. Las heces fecales solamente contienen un pequeño porcentaje de agua de 3-4 % de la excreción [4].

Por tanto requeriremos una cantidad de agua por cada ingreso de desecho humano estamos hablando que si en promedio un ser humano defeca 150gramos por día necesitaremos 4 partes de agua serian 0.600 litros de agua.

Ahora veremos el tiempo de almacenado o retención para que la digestión anaeróbica se lleve a cabo, en forma eficiente.

Para excretas porcinas se requiere 50 días sin embargo esto dependerá de la temperatura del almacenamiento de las heces porcinas. La alimentación del digestor se calcula:

$$E(\text{KG})+4\text{PartesH}_2\text{O}(\text{l})=\text{litros de solución} \quad (1)$$

De acuerdo a la siguiente tabla de referencia de temperaturas y tiempos de retención podemos observar que a mayor temperatura menor tiempo de retención se tendrá.

Tabla I. Temperatura y tiempo de retención

Temperatura	Tiempo de retención
35 °C	23 días
30 °C	26 días
25 °C	34 días
20 °C	44 días
15 °C	58 días
10 °C	80 días

[5]La temperatura media anual es alrededor de 20°C, la temperatura máxima promedio es de 32°C y se presenta en los meses de mayo a agosto, la temperatura mínima promedio es de 5°C y se presenta en el mes de Enero.

De acuerdo a esta información la temperatura promedio de la ciudad seria de 20°C, con esta información y la de la tabla I podemos decir que el tiempo de retención seria de 34-44 días.

Esta tabla es solo una aproximación, este valor es altamente variable y depende de muchos factores; Alimentación, temperatura, etc...

Tabla II. Aproximaciones de generación de biogas

Animal	Cantidad de biogás diario	Equivalente en energía
vaca	226dm ³	1209kcal
puerco	254dm ³	1361kcal
gallina	14dm ³	75kcal
humano	28dm ³	151kcal

1dm³= 1L

1kcal= 0.0011622kwh

Proceso

El sistema de digestión anaeróbica es un sistema ideal para la reducción de efecto invernadero se puede aplicar en desechos de animales y nuestro motivo de estudio es para una casa habitación.

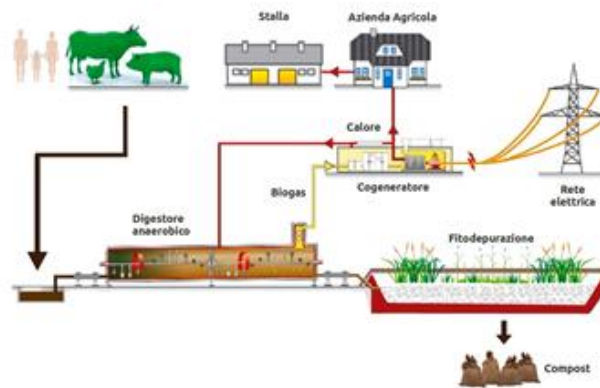


Fig 1. Proceso de digestor anaeróbico [6]

El proceso anaeróbico se lleva a cabo mediante un depósito donde se coloca los desechos, posteriormente pasan a un digestor horizontal e3s ahí donde se lleva a cabo el proceso anaeróbico, los gases se extraen y los desechos se utilizan como fertilizantes.

Este es un proceso industrial un digestor anaeróbico casero se vería mas así.



Fig. 2. Digestor anaeróbico casero [7]

En esta parte es donde se produce el Biogás y el desecho se utiliza para fertilizante a partir de la materia orgánica. Como ya mencioné, esto es el resultado del proceso químico de ciertas bacterias y para proporcionar las condiciones adecuadas para ellas, debemos asegurarnos que al biodigestor no le entre nada de aire. También estas bacterias trabajan a distintas velocidades según la temperatura en la que se encuentren y de acuerdo a la tabla I.

La operación del digestor es muy simple debe de ser alimentado diariamente con un volumen aproximado utilizando la formula siguiente:

$$CD=Vt/T \quad (2)$$

CD= carga diaria

Vt= volumen de trabajo (l)

T=tiempo (días)

Se debe de tener cuidado de no rebasar el 80% de la carga del tanque recordemos que se requiere un 20% de espacio para el biogás.

Por último el biogás generado se almacenara en un deposito aquí el gas quedara almacenada entre el agua y el deposito. La existencia de agua en el depósito es de principal importancia ya que ayuda a escapar al gas y permite también que salga el oxígeno

CONCLUSIONES

Después de haber analizado algunos trabajos sobre la factibilidad de la producción de biogás por medio de desechos orgánicos podemos concluir que el proceso para la instalación de un biodigestor seria apropiada con ciertos cuidados, existen algunas variables a controlar en el proceso de la digestión anaeróbica como son la temperatura, el pH, la alcalinidad. El proceso de generación de lixiviado debe de ser cuidadoso porque este es la base para la descomposición de los desechos y la generación del biogás. La generación del biogás dependerá directamente del digestor y de la entrada de desechos. El tiempo estimado para hacer una colonia anaeróbica seria de acuerdo a la tabla I de tal forma que tendríamos que esperar aproximadamente de 35-40 días por la temperatura ambiente que tenemos en Nuevo León

La generación de este biogás pudiera ser empleado como energía térmica para cocinar, calentar agua etc. Considerando el poder calorífico que tiene el gas.

Por lo anterior considero que si es viable la instalación de la infraestructura de un biodigestor anaeróbico para la generación de biogás.

BIBLIOGRAFÍA

1. G. Baez,, & D.Benitez, D. (2015). *Diseño y construcción de un biodigestor tipo campana flotante con la utilización de desechos porcinos para la finca "El Recuerdo"*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
2. Guia de biogás desde la producción al uso. Quinta edición completamente revisada, Gülzow, 2010 .
3. M. Williams, (S.F). Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo. Raleigh, NC, Estados Unidos: Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura.
4. P. Torres, Perspectiva del tratamiento anaeróbico de aguas residuales domesticas en países desarrollados, Revista ELA (18), 115-129 (2012)
5. <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/nl/territorio/clima.aspx?tema=me&e=19>
6. <http://servicios.prensalibre.com/pl/domingo/archivo/revistad/2009/abril/19/ambiente.shtml>

FORMACION DE NANOHIBRIDOS CONFORMADOS CON NANOESTRUCTURAS BASE CARBONO Y NANOPARTICULAS METALICAS, UTILIZANDO COMO AGENTE REDUCTOR DMSO.

Méndez Rodríguez Eduardo¹, Flores Pedroza Cedrick Arturo¹, Garibay Febles Vicente², Ortiz Landeros José³, Mercado Zúñiga Cecilia¹

¹ Depto. Ing. Materiales, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco

² Instituto Mexicano del Petróleo. ³ Depto. Metalurgia y Materiales, ESIQIE-IPN.

RESUMEN

El estudio de nanopartículas metálicas sobre nanoestructuras base carbono tiene una gran gama de aplicaciones en el mundo, estas aplicaciones se derivan de las propiedades de los materiales utilizados. Particularmente, la plata tiene excelentes propiedades antibacteriales, las cuales se pueden usar en el tratamiento y purificación de agua y aplicaciones biomédicas. El método para la formación de nanohíbridos se llevó a cabo por un método sonoquímico. Se utilizó como precursor AgNO_3 y agente reductor DMSO. Los materiales resultantes fueron caracterizados mediante Difracción De Rayos X (DRX), Microscopia Electrónica De Barrido (MEB) y Microscopia Electrónica De Transmisión (MET). Los resultados obtenidos por DRX mostraron la presencia de 2 fases, una fase de Carbono y una fase de plata. Las imágenes obtenidas por MEB mostraron una dispersión heterogénea de las partículas de plata sobre los nanotubos de carbono. Adicionalmente, las observaciones realizadas con MET mostraron un tamaño de partícula de 47.77 nm.

INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas metálicas (NPM) presentan propiedades y comportamientos muy particulares que las hacen especialmente atractivas en campos relacionados con las áreas que hoy en día se denominan de nanociencia y nanotecnología, cuyos ámbitos de estudio y aplicación están relacionados con la preparación de materiales útiles en diversas aplicaciones como, entre otras; la electrónica, optoelectrónica, catálisis, almacenamiento de energía, y como sensores [1]. Los nanotubos de carbono (NTC) en combinación con NPM han conformado un nuevo tipo de material compuesto (NPM/NTC) el cual integra las extraordinarias características de estas dos clases de materiales exhibiendo nuevas propiedades causadas por los efectos cooperativos entre ambos. Esta combinación de propiedades ha encontrado diversos campos de aplicación, dentro de los cuales destaca su uso para el desarrollo de nanodispositivos [2]. Por otra parte, existe un gran interés en el estudio de nanoestructuras Ag/NTC debido al plasmón de resonancia superficial que estos materiales presentan. Algunas investigaciones se han enfocado a la funcionalidad de la interacción de este metal con algunas radiaciones electromagnéticas en combinación con sus singulares propiedades antibacteriales para el diseño de dispositivos aplicados a la eliminación fotocatalítica de bacterias [3-4]. Se estima que de todos los nanomateriales utilizados en productos para el consumo, las nanopartículas de plata (AgNPs) son las que tienen un mayor grado de comercialización, se utilizan en electrónica, ropa, pinturas, cosméticos, bactericidas, biofungicidas, aplicaciones biomédicas, en la industria médico-farmacéutica y alimentaria. Por ello, se hace tremendamente necesario que los productos fabricados con nanopartículas así como sus aplicaciones sean seguros tanto para la salud de las personas como del medio ambiente [5].

TEORÍA

Los nanotubos son estructuras cuyo diámetro es del orden del nanómetro (si divide un centímetro en diez millones de partes iguales, cada una de ellas es un nanómetro), y su longitud puede alcanzar hasta un milímetro (aunque en la actualidad se desarrolló un método para obtener nanotubos mucho más largos), por lo que se dispone una relación longitud-anchura tremendamente alta, ya que el radio suele ser inferior a un par de nanómetros y, sin embargo, la longitud puede llegar a ser incluso de 10^5 nanómetros [6]. Un NTC es una nanopartícula cilíndrica compuesta por una o varias capas de grafeno enrolladas, las cuales están formadas por múltiples anillos de átomos de carbono perfectamente estructurados, de acuerdo con la estructura de su pared, los NTC se clasifican en nanotubos de pared sencilla (SWNT; del inglés single walled carbon nanotubes) y nanotubos de pared compuesta (MWNT; del inglés multi-walled carbon nanotubes). Sus extremos pueden estar

cerrados por media esfera de fullereno o pueden estar abiertos. Los nanotubos de carbono de pared múltiple tienen una estructura similar a varios SWNT concéntricos con diferentes diámetros [7]. Hoy en día se fabrican varias miles de toneladas de NTC al año, pero su utilidad se reduce a aplicaciones donde se puedan colocar de forma aleatoria y en grandes cantidades (baterías recargables, piezas de automóviles y artículos deportivos para cascos de barco y filtros de agua) [8].

La incorporación de NPM sobre NTC tratados químicamente de manera previa, favorece la adherencia de la nanopartícula [9-10]. Diversos parámetros pueden influenciar el tamaño de la NPM y su dispersión en las paredes de los NTC, tales como la naturaleza y distribución de los grupos funcionales en la superficie del NTC, el tipo de NTC utilizado (pared simple o multicapa) y la concentración del precursor metálico aplicado [11-12].

PARTE EXPERIMENTAL

Para la decoración se utilizó 1 mg de NTC, 25 ml de DMSO (agente reductor) y 0.85 g de AgNO_3 (agente precursor) que fueron mezclados durante un periodo de 10 minutos por ultrasonido. La mezcla estuvo en agitación a 120 RPM a 60°C por 30 minutos, fue secada a 200°C durante 30 minutos, posteriormente se almacena para ser caracterizada mediante DRX, MEB Y MET.

RESULTADOS

DRX sirvió para determinar si hay fases correspondientes a Ag o si hay diferentes fases presentes en los NTC. Se utilizó un difractómetro de polvos Bruker AXS modelo D8 Advance, el cual consta de un tubo de rayos X de cobre con un potencial de 35 Kv y 25 mA, empleando radiación $\text{Cu K}\alpha=1.54056 \text{ \AA}$. El difractograma fue obtenido en un intervalo de 2θ de 5 a 100° .

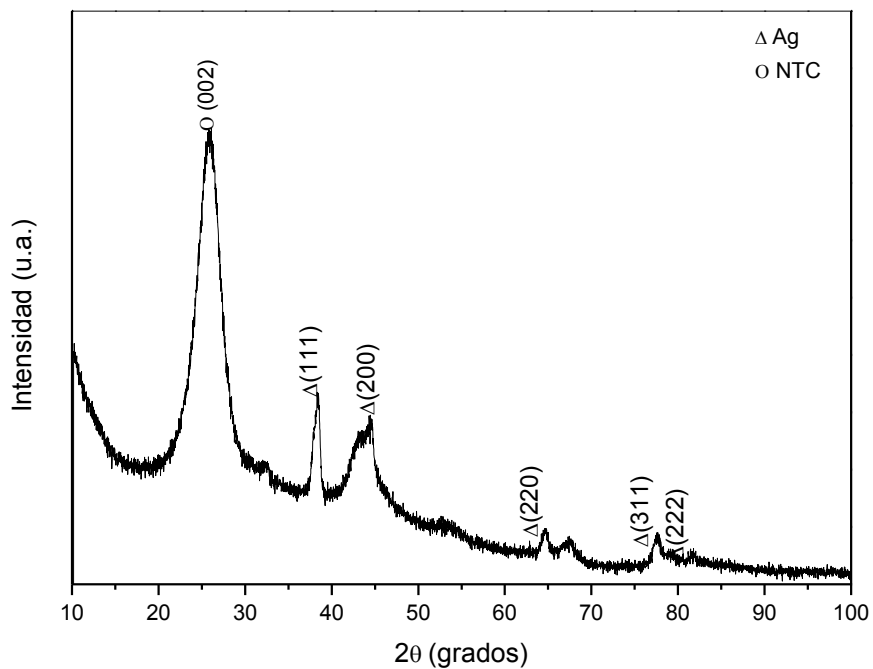


Figura 1. Patrón de DR-X de NTC/Ag/DMSO

En la Figura 1 se muestra el Patrón de DR-X de NTC/Ag/DMSO, en donde se observan diferentes reflexiones en las siguientes posiciones 38.29° , 44.45° , 64.6° , 77.56° y 81.83° en 2θ las cuales se asocian a los planos (111), (200), (220), (311) y (222) correspondientes a la carta JCPDS 00-004-0783 de la plata metálica FCC. Adicionalmente se observa una reflexión a 26.06° en 2θ que

corresponde al plano (002) de la estructura grafitica del carbono no metálico hexagonal correspondiente a la carta JCPDS 041-1487.

Se realizó microscopia electrónica de barrido para poder observar la morfología de los NTCs y de las nanopartículas de Ag. Se utilizó una microscopio JEOL modelo JSM 6701F de alta resolución a 200 Kv.

El análisis (EDS) se realizó en el microscopio JEOL modelo JSM 6701F de alta resolución, equipado con detector de energía dispersiva para el microanálisis químico. Las condiciones de trabajo fueron: alto vacío WD 5.4 mm y 18Kv.

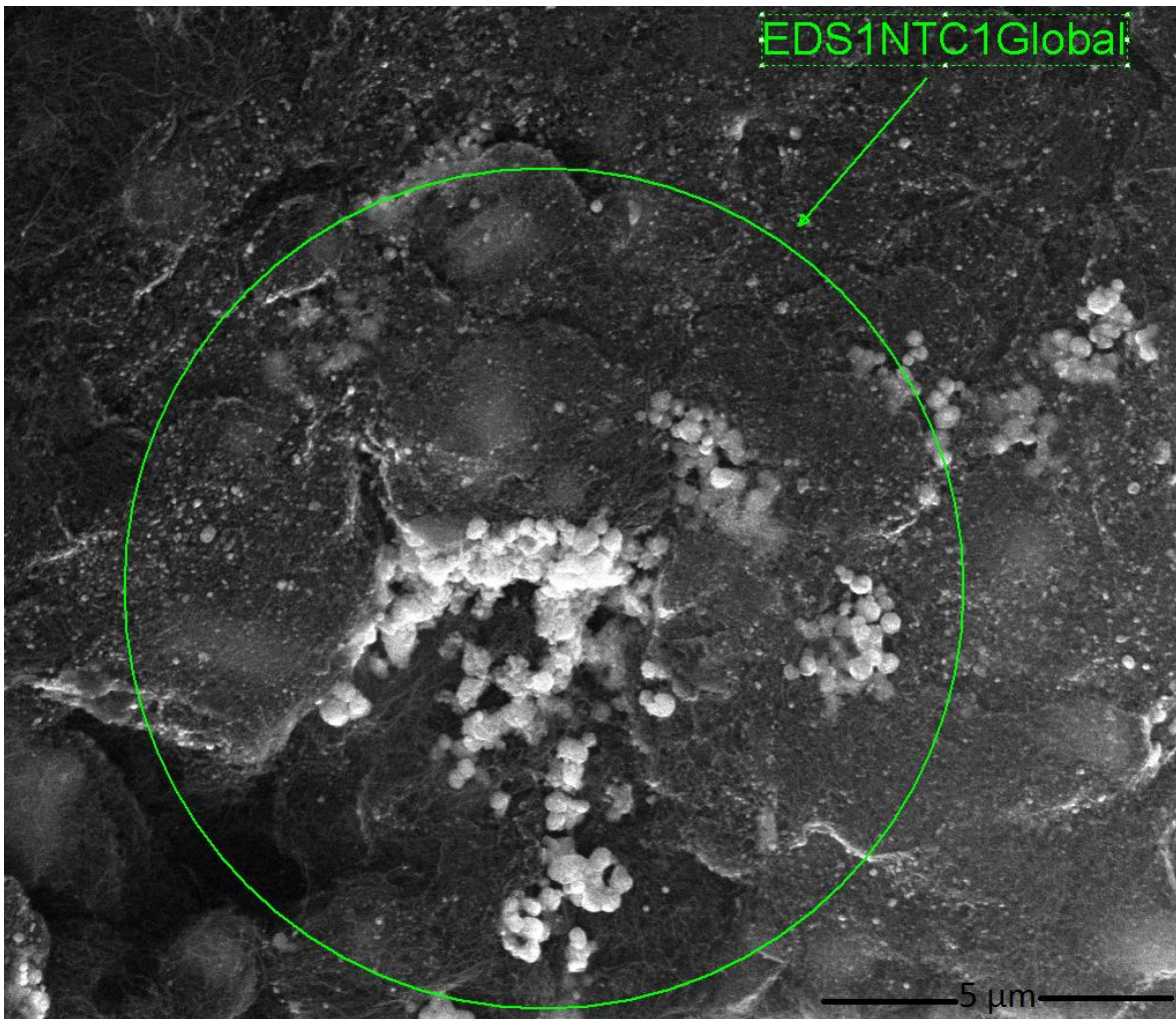


Figura 2. EDS global NTC/Ag

Se realizó un EDS global en varias zonas de los nanotubos de carbono donde se pudieron observar zonas blancas con morfologías esféricas y aglomeradas en zonas específicas. Posteriormente se realizó un análisis EDS puntual para verificar a que elemento correspondían las zonas blancas. El resultado de este análisis se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. EDS puntual NTC/Ag

Elemento	Peso %	At%
C K	80.88	87.05
O K	15.48	12.51
Ag L	3.64	0.44
Total	100	100

El análisis mostró los 2 elementos de importancia que son el C con un 80.88 % peso correspondiente a los NTC y Ag con 3.64 % peso y correspondientes a las zonas blancas que se observaron en el análisis Global de la muestra y que corresponden a las nanopartículas de plata.

MET determino el tamaño promedio de las partículas ancladas a los NTC y la distancia interplanar de cada nanopartícula que está distribuida en los nanotubos de carbono como se puede observar en la figura 3 y 4.

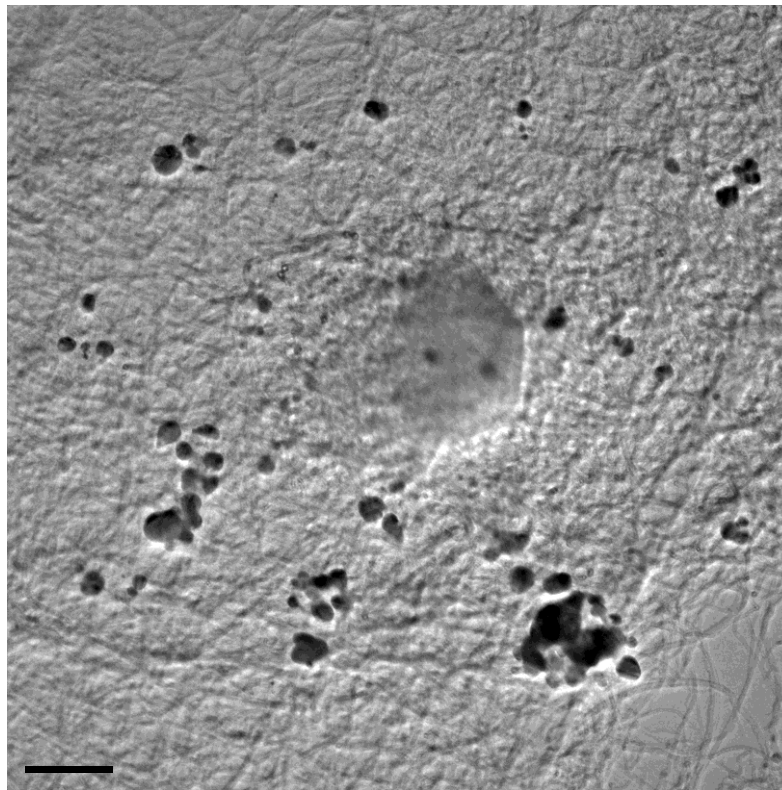


Figura 3. Imagen de microscopía electrónica de transmisión de nanotubos de carbono decorados con nanopartículas de plata

El diámetro promedio de las nanopartículas de plata es de 48.77 nm, se puede observar una distribución heterogénea de las nanopartículas de plata sobre los nanotubos de carbono.

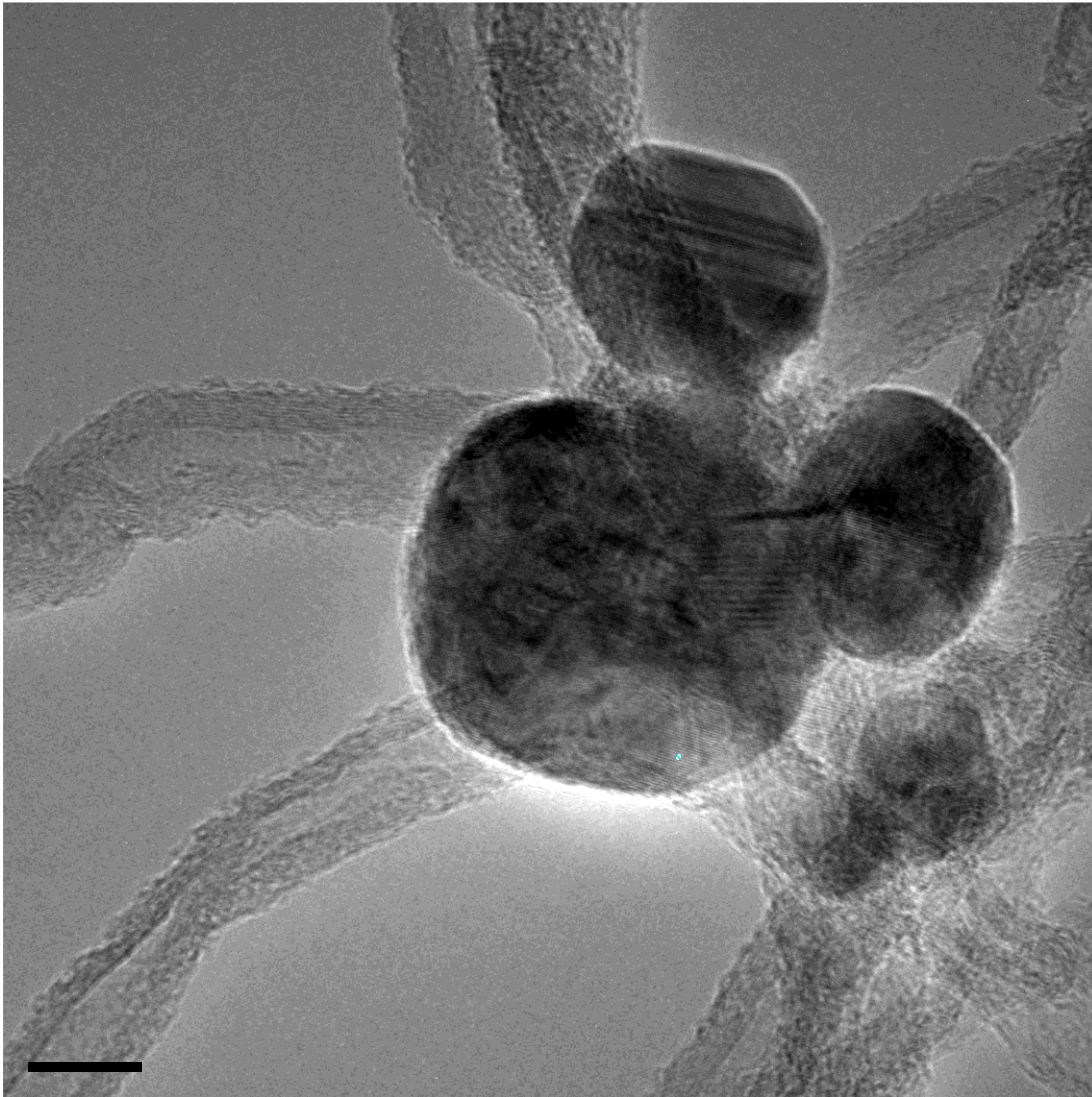


Figura 4. MET NTC/NPM/Ag

Imagen de MET a 10 nm, las nanopartículas de plata ancladas a los NTC tienen una distancia interplanar de 2.46 Å.

CONCLUSIONES

El método utilizado por vía húmeda utilizando ultrasonido, DMSO como agente reductor y AgNO_3 como agente precursor y NTC comerciales marca Sigma-Aldrich como material soporte demostró ser efectivo para decorar NTC con NPM, en este caso nanopartículas de plata. Los resultados de DRX mostraron la presencia de 2 fases, una fase correspondiente al Carbono y otra fase correspondiente a la plata. En las imágenes de MEB se pudieron observar morfologías esféricas y distribución de los NTC y las observaciones realizadas por MET determinaron un tamaño promedio de partícula de 48.77 nm y una distancia interplanar de 2.46 Å.

BIBLIOGRAFÍA

1. Francisco Ramón Morales Lara, Nanopartículas metálicas en nanotubos de carbono. Uso de polímeros orgánicos hiperramificados para su ordenación en nanoestructuras, 2015

2. Ch. Liu, S. Lee, D. Su, Zh. Zhang, L. Pfefferle, G.L. Haller, *Journal of Physical Chemistry* 116 (2012), 21742-21752
3. Q. Zheng, X. Cheng, J. King-Chu, W. Fang-Bor, Ch. Yu-Chun, *International Journal of Hydrogen Energy* 36 (2011), 14599-14607
4. P. Paunoviç, D.S. Gogovska, O. Popovsky, A. Stoyanova, E. Slavcheva, E. Lefterova, P. Iliev, A.T. Dimitrov, S.H. Jordanov, *International Journal of Hydrogen Energy* 36 (2011) 9405-941
5. Dpto. Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. UCM, Nanopartículas de plata: Aplicaciones y riesgos tóxicos para la salud humana y el medio ambiente, *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 2013 71-23
6. Pérez Corimayta Alex, Nanotubos de carbon, *Revista de Información, Tecnología y Sociedad* (2010), ISSN 1997-4044
7. Silvia Lorena Montes Fonseca, Aplicaciones médicas de los NANOTUBOS DE CARBÓN Nanovacunas, administración de fármacos y terapias génicas, aventuras del pensamiento (2009) 1-2
8. Michael F. L. De Volder, Sameh H. Tawfick, Ray H. Baughman, A. John Hart, "Carbon Nanotubes: Present and Future Commercial Applications," *Science* 339: 535-539, 1 Feb 2013.
9. C. Encarnación-Gómez, J.R. Vargas-García, J.A. Toledo-Antonio, M.A. Cortes-Jacome, C. Angeles-Chavez, *Journal of Alloys and Compounds* 495 (2010), 458-461
10. V. Lordi, N. Yao, J. Wei, *Chemistry of Materials* 13 (2001), 733-737
11. R.V. Hull, L. Li, Y. Xing, Ch.C. Chusuei, *Chemistry of Materials* 18 (2006), 1780-1788
12. Ch. Liang, W. Xia, M. van den Berg, Y. Wang, H. Soltani-Ahmadi, O. Schlüter, R.A. Fisher, M. Muhler, *Chemistry of Materials* 21 (2009), 2360-2366

MEJORA DE LA RAPIDEZ DE CONVERGENCIA DEL ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA ÓPTIMOS MEDIANTE EL USO DE SOLUCIONES SUB-ÓPTIMAS

Chaire Martínez Christopher, María del Refugio González Ponce, José Miguel García Guzmán,
Francisco Javier Ortega Herrera

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta que permite mejorar la rapidez de convergencia del análisis de Flujos de Potencia Óptimos (FPO) mediante la integración de soluciones sub-óptimas en un marco unificado de solución. Con esto es posible determinar en un menor tiempo de cómputo el punto óptimo de operación de estado estacionario de sistemas eléctricos de potencia. Para determinar este punto óptimo de operación, se propone obtener primeramente la solución del problema del despacho económico de potencia activa, la cual es considerada en este trabajo como una solución sub-óptima porque solo se obtiene la potencia activa en los buses de generación y no considera los niveles de voltaje nodal ni los ángulos de fase de estos voltajes. Posteriormente, los resultados de la generación de potencia activa son utilizados como condiciones iniciales en la formulación de Flujos de Potencia Óptimos, manteniendo en el resto de las condiciones un valor de cero y uno, en por unidad, en los ángulos y magnitudes de voltaje, respectivamente. Con esta propuesta se tiene un vector de condiciones iniciales más cercano a la solución óptima, por lo que, se mejora la rapidez de convergencia del proceso de optimización, ya que se reduce el número de iteraciones y el tiempo de cómputo empleado en la solución numérica del problema de FPO. Diversos casos de estudio con sistemas de potencia de prueba y reales son llevados a cabo con la finalidad de demostrar que se mejora la rapidez de convergencia en el análisis de FPO utilizando la solución sub-óptima obtenida a partir del despacho óptimo de generación. Los casos de estudio muestran que con la propuesta hecha en este trabajo se mejora ligeramente la rapidez de convergencia con sistemas de potencia de prueba, mientras que con sistemas de mayor tamaño la mejora es más perceptible.

INTRODUCCIÓN

El análisis de flujos de potencia convencional ha sido considerado como la principal herramienta para llevar a cabo la evaluación de la operación de estado estacionario de los sistemas eléctricos de potencia, sin embargo, esta herramienta no considera características de operación óptima, tales como aspectos económicos, ambientales o de seguridad. Este escenario y la creciente importancia de operar de manera óptima las redes eléctricas dieron origen a distintos análisis que permiten considerar aquellos aspectos. El Despacho Óptimo de Generación (DOG) y el análisis de Flujos de Potencia Óptimos (FPO) son dos de las herramientas de análisis más comunes y que son ampliamente utilizadas por operadores, ingenieros e investigadores alrededor del mundo para llevar a cabo estudios relacionados con la operación y planeación óptima de los sistemas eléctricos de potencia [1]. El DOG consiste en determinar el nivel de generación de potencia activa de cada generador de manera que se satisfaga la demanda de potencia con el costo mínimo de generación. En el problema de DOG no se considera la topología de la red y se modela considerando un solo bus en el cual se establece el balance de potencia activa entre la potencia generada y la demandada por la carga, por lo que es posible considerar que las soluciones obtenidas mediante esta formulación son del tipo sub-óptimas. Normalmente, se consideran tres tipos de despacho óptimo: a) sin pérdidas y sin límites de generación, b) sin pérdidas y con límites, y c) considerando tanto las pérdidas como los límites. Este último caso es el modelo más completo del despacho y considera explícitamente la topología del sistema de potencia. Por otro lado, el análisis de FPO si se considera implícitamente la topología de la red y permite incluir otras funciones objetivo asociadas con aspectos económicos, ambientales y de seguridad. A diferencia del DOG, el análisis de flujos de potencia óptimos permite considerar a las restricciones del sistema y a la función objetivo en un mismo marco unificado de solución. Ambos análisis, el DOG y el FPO, determinan puntos óptimos de operación de estado estacionario, de modo que se formulan como problemas de optimización no lineal con restricciones. El FPO fue inicialmente estudiado en [2] en 1962 y fue modelado matemáticamente como un problema de optimización no lineal por Carpentier [3]. La solución de FPO, al tratarse de un problema

de este tipo, puede resultar compleja y requiere de un esfuerzo y tiempo computacional considerable, además de las complicaciones asociadas con su implementación en un programa de computadora. Ante esta situación, ingenieros e investigadores alrededor del mundo han puesto especial atención en herramientas computacionales que permiten implementar de manera sencilla los modelos de optimización no lineal restringida [4, 5, 6] y sobretodo en técnicas, herramientas y métodos que ayudan a minimizar el tiempo y esfuerzo computacional para la obtención de resultados.

Por esta razón, en el presente trabajo se presenta una propuesta que permite mejorar la rapidez de convergencia del análisis de Flujos de Potencia Óptimos (FPO) mediante la integración de soluciones sub-óptimas del DOG en un marco unificado de solución, lo que permite determinar en un menor tiempo de cómputo el punto óptimo de operación de estado estacionario de sistemas eléctricos de potencia

TEORÍA

Formulación general del despacho óptimo de generación

La formulación general del análisis del despacho económico se modela como un problema de optimización no lineal restringido en el que se optimiza la función objetivo sujeta solo a restricciones de igualdad. La formulación general del despacho económico resulta de la siguiente manera,

$$\begin{aligned} & \text{Minimizar } f(y) \\ & \text{Sujeta a } h(y) = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

donde $f(y)$ es la función objetivo a minimizar que corresponde al costo de generación y el término $h(y)$ representa las restricciones de igualdad en donde se establece el balance de potencia activa generada y demanda por la carga.

Formulación general del problema de flujos de potencia óptimos

El análisis de Flujos de Potencia Óptimos (FPO) permite optimizar una función objetivo sujeta a distintas restricciones, con lo que se determina el estado óptimo de operación en estado estacionario del sistema eléctrico de potencia. Las funciones objetivo pueden considerar aspectos económicos, de seguridad o ambientales del sistema eléctrico. Las restricciones son leyes físicas que gobiernan la generación de potencia, la capacidad de transmisión de potencia del sistema, los límites nominales de diseño del equipo eléctrico, así como la operación misma del sistema [7]. Las restricciones son de igualdad y desigualdad, las primeras corresponden a las ecuaciones de balance de potencia activa y reactiva en cada nodo del sistema eléctrico, y las segundas son aquellas referentes a los límites operativos y físicos del sistema [3, 8, 9].

El análisis de FPO se considera como un problema de programación no lineal multivariable con restricciones, cuya función objetivo es representada como una ecuación no lineal dada. En este trabajo dicha función corresponde por la suma de las funciones de costo de generación de potencia activa y las restricciones representadas por las ecuaciones de balance de potencia y los límites físicos y operativos del sistema [3, 8, 9]. El problema de FPO es formulado como un problema de programación no lineal y es resuelto usando la herramienta de optimización de Matlab, específicamente la función *fmincon* [10].

En general, la formulación matemática del problema de FPO puede plantearse como un problema de optimización no lineal con restricciones, en el cual se minimiza el costo de generación de potencia activa de cada generador sin violar las restricciones del sistema. El problema FPO se formula como sigue [3, 8, 11],

$$\begin{aligned} & \text{Minimizar } f(y) \\ & \text{Sujeta a } h(y) = 0 \\ & \quad g(y) \leq 0 \\ & \quad y \leq \underline{y} \leq \bar{y} \end{aligned} \quad (2)$$

donde y es el vector de variables de estado del sistema, $f(y)$ es la función objetivo a optimizar, en este caso la función de costo de generación de potencia activa, $h(y)$ representa las restricciones de igualdad dadas por las ecuaciones de balance de potencia y $g(y)$ son las restricciones de

desigualdad, las cuales consisten en los límites de las variables de control y estado, y las restricciones de desigualdad funcional.

Formulación explícita del problema de flujos de potencia óptimos

A) FUNCIÓN OBJETIVO

La función objetivo de un problema de optimización es una función escalar de las variables del sistema y depende de las condiciones de operación dadas. En este trabajo se consideran aspectos económicos, por lo que la función objetivo es la minimización del costo total de generación de potencia activa. De acuerdo con (2) la función objetivo se formula como sigue,

$$f(y) = \sum_{i=1}^{N_g} a_i + b_i P_{Gi} + c_i P_{Gi}^2 \quad (3)$$

donde $f(y)$ representa el costo total de generación de potencia activa, N_g es el número total de generadores incluyendo al nodo slack. Los términos a_i , b_i y c_i son los coeficientes de la curva de costo de cada generador i y P_{Gi} corresponde a la potencia activa generada por cada generador i .

B) RESTRICCIONES DE IGUALDAD

Las restricciones de igualdad del análisis FPO están dadas por las ecuaciones de balance de potencia en estado estacionario del sistema eléctrico de potencia. Estas restricciones están dadas por las ecuaciones de balance de potencia como sigue,

$$h(y) = \left\{ \begin{array}{l} P_{Gi} - P_{Di} - \sum_{j \in i}^{N_b} P_i^{inyj} = 0 \\ Q_{Gk} - Q_{Dk} - \sum_{j \in k}^{N_b} Q_k^{inyj} = 0 \end{array} \right\}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, N_b \\ k = 1, 2, \dots, N_b \mid k \notin N_g \end{array} \quad (4)$$

Estas restricciones deben ser satisfechas incondicionalmente, ya que establecen el balance de energía en todos los nodos del sistema, de no ser satisfecha alguna restricción entonces la solución al problema de FPO no es factible. Los términos $\{P_{Gi}, P_{Di}, P_i^{inyj}\}$ y $\{Q_{Gj}, Q_{Dj}, Q_j^{inyj}\}$ corresponden, respectivamente, a la potencia activa y reactiva generada, demandada e inyectada en el nodo i .

C) RESTRICCIONES DE DESIGUALDAD

Los límites físicos y operativos del sistema eléctrico de potencia se modelan por medio de restricciones de desigualdad. Para un mejor manejo las restricciones de desigualdad se pueden clasificar en dos tipos: restricciones de desigualdad a variables y restricciones de desigualdad funcionales. Las primeras representan los límites de voltaje en los nodos del sistema y la generación de potencia activa en los nodos de generación, mientras que las segundas modelan la generación de potencia reactiva. De acuerdo a lo anterior, en este trabajo, las restricciones de desigualdad en el problema de FPO se describen matemáticamente por las siguientes desigualdades,

$$Y = \left\{ \begin{array}{l} \underline{P}_{Gk} \leq P_{Gk} \leq \bar{P}_{Gk} \\ \underline{V}_i \leq V_i \leq \bar{V}_i \end{array} \right\}, \quad \begin{array}{l} k = 1, 2, \dots, N_g \\ i = 1, 2, \dots, N_b \end{array} \quad (5)$$

$$g(y) = \left\{ \underline{Q}_{Gk} \leq Q_{Gk} \leq \bar{Q}_{Gk} \right\}, \quad k = 1, 2, \dots, N_g \quad (6)$$

En las expresiones anteriores se debe notar que las desigualdades contenidas en el conjunto Y son restricciones de desigualdad a variables, en tanto que la generación de potencia reactiva, contenida en el conjunto $g(y)$, es una restricción de desigualdad funcional debido a que Q_{Gk} depende de la magnitud y ángulo de fase del voltaje.

Se debe mencionar que tanto el DOG como el FPO se implementan en un mismo algoritmo computacional, de manera que es posible activar o desactivar el despacho en este algoritmo, así como medir el tiempo antes o después de este.

RESULTADOS

Con el fin de evaluar la propuesta hecha en este trabajo para mejorar la rapidez de convergencia del análisis de FPO se llevan a cabo diversos casos de estudio con el sistema de potencia de prueba de 5 nodos y el Sistema de Potencia de Nueva Inglaterra de 39 nodos en los cuales se mide el tiempo

de cómputo empleado para obtener la solución de FPO. En general, primero se resuelve el DOG, cuya solución es considerada como sub-óptima, y los resultados de esta solución son utilizados como condiciones iniciales en la formulación de Flujos de Potencia Óptimos, manteniendo en el resto de las condiciones un valor de cero y uno en los ángulos y magnitudes de voltaje, respectivamente. En los casos de estudio se obtienen mediciones de tiempo considerando la solución del FPO con y sin el DOG midiendo antes y después de la ejecución de este análisis con la finalidad de visualizar de manera clara el impacto que tiene el DOG en el tiempo de cómputo empleado en la solución del FPO. La tolerancia de convergencia del proceso de optimización para todos los casos de estudio es de 1×10^{-9} . La Tabla 1 y la Figura 1 muestran los tiempos de cómputo empleados en obtener la solución de FPO para los sistemas de potencia considerados en este trabajo.

Tabla 1. Tiempos de cómputo empleados en obtener la solución de FPO.

Condiciones	5 Nodos	39 Nodos
Medido antes del DOG		
FPO sin DOG	7.1639	14.8500
FPO con DOG	6.9772	11.8476
Medido después del DOG		
FPO sin DOG	3.6473	11.1582
FPO con DOG	3.3964	8.8431

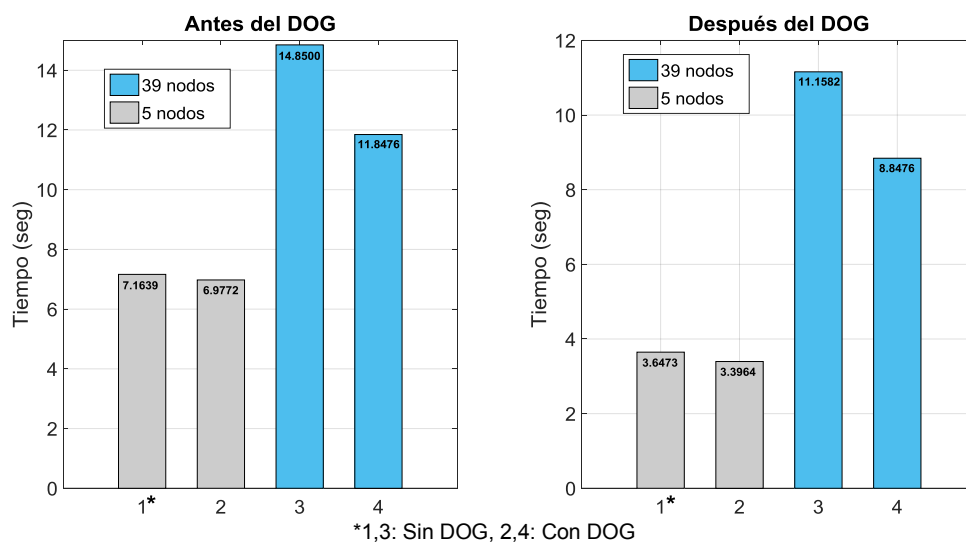


Figura 1. Gráficas de tiempos de cómputo empleados en obtener la solución de FPO.

Los resultados presentados anteriormente muestran que la rapidez de convergencia se mejora cuando se considera la solución sub-óptima del DOG, ya que el tiempo de cómputo es menor en todos los casos, ya sea midiendo antes o después del despacho óptimo de generación. Es claro que cuando se mide después de la ejecución del despacho óptimo el tiempo es menor porque no se está considerando el tiempo empleado para resolver este problema. Sin embargo, se debe mencionar que el caso en el que se mide antes del DOG debería ser el caso más práctico, debido a que por conveniencia de implementación computacional tanto el despacho óptimo como el FPO deben implementarse en un mismo algoritmo de solución a fin de obtener el punto óptimo de operación de estado estacionario considerando las soluciones sub-óptimas un mismo marco unificado de solución. Debe notarse que con sistemas de potencia de gran escala la diferencia en el tiempo computacional, considerando y sin considerar el DOG, es más evidente debido a que con sistemas de más nodos se tiene un mayor número de restricciones de igualdad y desigualdad, así como un vector de variables de estado de mayor tamaño, que en su conjunto dan lugar a un problema de optimización

más complejo haciendo necesario un mayor esfuerzo y tiempo computacional para obtener la solución óptima de estado estacionario de los sistemas de potencia de gran escala. Los casos de estudio se llevaron a cabo con la versión de Matlab 2015b® y utilizando una computadora marca Toshiba® con un procesador AMD A8-3500M a 1.50 GHz, una memoria RAM de 6.00 GB y un sistema operativo de 32 bits.

CONCLUSIONES

Una propuesta que permite mejorar la rapidez de convergencia del análisis de FPO mediante la integración de la solución sub-óptima del DOG en un marco unificado de solución ha sido presentada. Los resultados de los casos de estudio muestran que efectivamente se mejora la rapidez de convergencia cuando se integra la solución sub-óptima del DOG como parte de las condiciones iniciales del problema de FPO. Esta mejora en la rapidez de convergencia se observa de manera clara cuando se trata de sistemas de potencia de gran escala debido a que con este tipo de sistemas se presenta una mayor complejidad del proceso de optimización y por tanto un mayor esfuerzo y tiempo computacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Saadat, H., "Power Systems Analysis", Segunda ed., McGraw Hill, 2002.
2. Abdel, Moamed M. A. y Narayana, Prasad Padhy, "Power Flow Control and Transmission Loss Minimization Model with TCSC for Practical Power Networks", Power Engineering Society General Meeting, Julio, 2003, 2, pp. 880-884.
3. Ahmad, A., "Tesis doctoral; Optimal Power Flow Solution Using Second Order Newton Method", Universidad de Manchester Institute of Engineering and Electronics, 1991.
4. The MathWorks, Inc., disponible en <http://www.mathworks.com>, 2018.
5. KNITRO [Online], disponible en <http://www.ziena.com>, 2018.
6. GAMS - Cutting Edge Modeling, "GAMS Documentation 25.0", disponible en <https://www.gams.com/latest/docs/index.html>
7. Acha, E., Fuerte, Esquivel C. R., Ambriz, Pérez H., y Angeles, Camacho C., "*FACTS; Modelling and Simultaion in Power Networks*", Primera, ed., John Wiley & Sons, 2004.
8. Ambriz, Pérez H., Acha, E., Fuerte, Esquivel C. R., y De la Torre, A., "Incorporation of a UPFC Model in an Optimal Power Flow Using Newton's Method", IEE Proc.Gener., Transm.Distrib., Mayo, 1998, 145, pp. 336-344.
9. Happ, H. H., "Optimal Power Dispatch - A Comprehensive Survey", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Mayo, 1977, PAS-96, pp. 841-854.
10. The MathWorks, Inc., "Matlab Optimization Toolbox", Users Guide Version 2, disponible en: <http://www.mathworks.com>.
11. Monticelli, A. y Liu, W.-H. E., "Adaptive Movement Penalty Method for the NewtonOptimal Power Flow", IEEE Transactions on Power Systems, Febrero, 1992, 7, pp. 334-342.

CONTROL DE ILUMINACIÓN PARA CONTEO DE COLONIAS DE BACTERIAS

Eder Alberto Rodríguez Ramos¹, Alex Guillen Bonilla², Eric Junior Rodríguez Valle¹, Nancy Elizabeth Franco Rodríguez³, Grecia Nayellie Ramírez Alcalá¹, Gustavo Adolfo Vega Gómez¹, José Trinidad Guillen Bonilla¹

¹Departamento de Electronica, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Blvd. M. García Barragán, 1421, 44410, Guadalajara, Jalisco, México. e-mail: ederrodriguezramos@gmail.com, e.jrodriguezvalle@gmail.com, gresii1510@gmail.com, vggustavo@yahoo.com, jtgonilla@gmail.com, ²Departamento de Ciencias Computacionales e Ingenierías, CUValles, Universidad de Guadalajara, Carretera Guadalajara-Ameca, Jalisco, México. e-mail: alexguillenbonilla@gmail.com, ³Departamento de Computación, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Blvd. M. García Barragán, 1421, 44410, Guadalajara, Jalisco, México. e-mail: lizzafranco@gmail.com.

RESUMEN

En este trabajo se propone un sistema de control de iluminación aplicable a sistemas de crecimiento y conteo de colonias de bacterias. El sistema controla la intensidad de luz en un ambiente cerrado, permitiendo una mejor adquisición de imagen digital de la colonia de bacterias bajo estudio. El sistema consiste de una fuente de voltaje controlada digitalmente, un circuito analógico generador de rampa y un sistema de iluminación. La fuente de voltaje tiene rango dentro del intervalo de 0 a 5 Volts, la rampa tiene su amplitud máxima de 5 Volts y frecuencia de 1KHz. La señal de la fuente y la rampa se comparan con un circuito comparador, generándose una señal de control por ancho de pulso PWM. Esta señal PWM controla la potencia de alimentación en la fuente de iluminación provocando variaciones de intensidad de luz. Las pruebas experimentales confirman la alta precisión del instrumento y su aplicabilidad en procesos donde el control de iluminación sea requerido, como en el análisis biológico de colonias de bacterias.

INTRODUCCIÓN

En la vida diaria, los microorganismos los encontramos participando de manera benéfica y perjudicial, desarrollando diferentes papeles. En el área biológica, una de las tareas es el aislamiento y la identificación. Dependiendo del tipo de muestra y análisis es necesario conocer el número de unidades formadoras de colonias presentes, este número es tomado en cuenta para cumplir los estándares establecidos bajo normatividad en el área de los alimentos, en el área de salud, análisis de agua, aire y suelo entre otros. Para estos análisis los expertos de estas áreas realizan conteos manuales que consumen grandes cantidades de tiempo con resultados que varían según quien realice el conteo. Motivo por el cual, es deseable automatizar el sistema de conteo de colonias de bacterias a través de sistemas de visión artificial [1,2] donde el procesamiento de imágenes desempeña un papel primordial. Sin embargo, estos sistemas de visión artificial pueden producir errores en sus análisis de conteo y en su análisis de forma si la fuente de iluminación no está controlada adecuadamente. Por tal motivo, en este trabajo se propone un sistema electrónico de control de intensidad de luz el cual puede ser utilizado en un sistema de visión artificial aplicable al conteo de colonias de bacterias, análisis de su forma, estadística de su tamaño y verificación de crecimiento. Nuestro dispositivo de control de iluminación se verifica experimentalmente y permitirá una mejor adquisición de imágenes digitales, siendo posible reducir errores por contraste, sombras, morfología, entre otras variables.

MODULOS DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Para implementar el sistema modular de control de iluminación se consideraron tres etapas: control digital de voltaje, generador de rampa y control de iluminación por PWM. La Figura 1a muestra el diagrama electrónico de una fuente digital de voltaje constante de 0-5 Volts, la Figura 1b muestra el circuito electrónico para generar una señal periódica tipo rampa con frecuencia de 1 KHz y amplitud de 5Volts y la Figura 1c muestra el circuito electrónico para generar el control PWM.

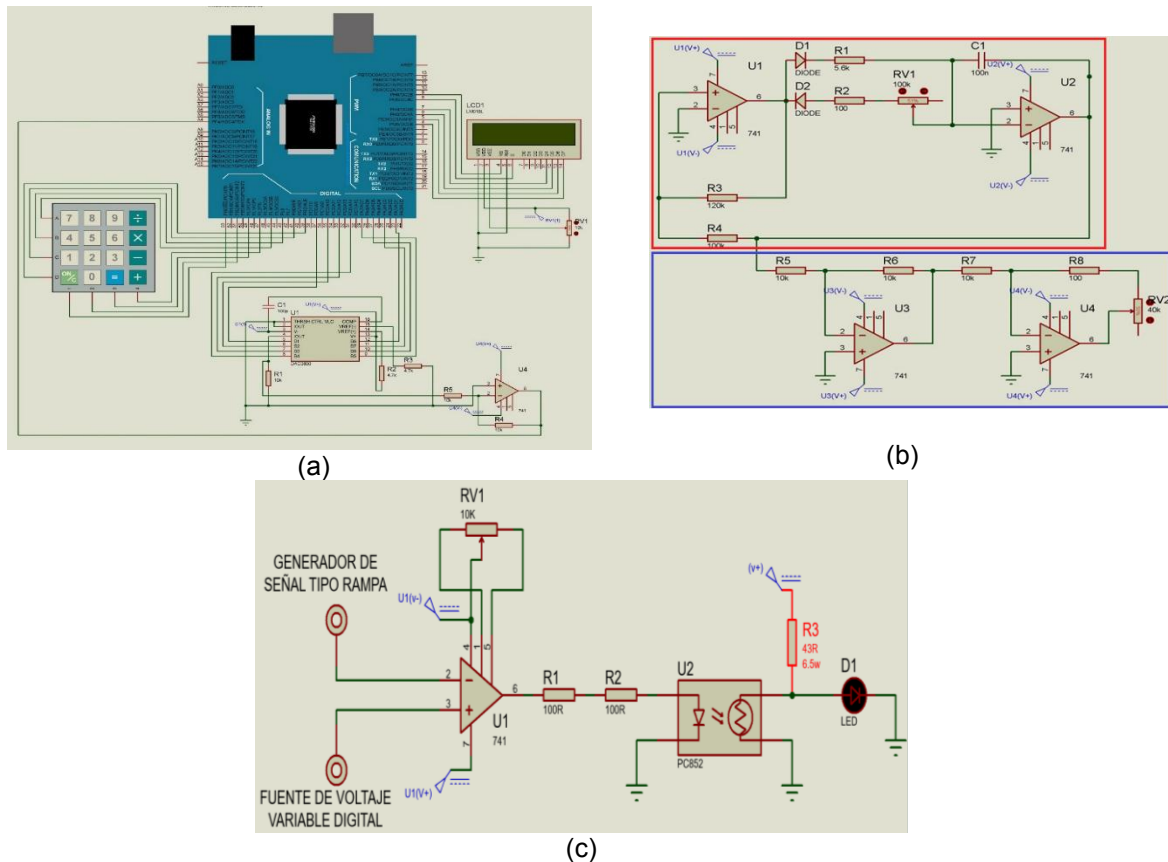


Figura 1. Módulos de sistema de control de iluminación: a) Fuente digital de voltaje constante, b) generador de rampa con frecuencia de 1KHz y amplitud de 0-5Volts y c) control PWM.

El material empleado en la fuente digital de voltaje constante fue un Arduino Omega, pantalla LCD, Teclado Matricial, DAC 0800, Amplificador operacional 741, Capacitor Ceramico 100pF, tres resistencias de 10K Ω , dos resistencias de 4.7K Ω , resistencia variable de 10K Ω , una fuente de voltaje. El material empleado en la construcción del circuito electrónico generador de rampa periódica son 4 amplificadores operacionales LM741, 2 diodos 2n4007, 1 trimpot 100k Ω , 1 trimpot 50k Ω , 1 capacitor ceramico de 100nf, 2 Resistencias de 100 Ω , 1 Resistencia de 5.5k Ω , 1 resistencia de 120k Ω y 3 resistencias de 10k Ω . El material empleado en la generación del control por PWM es un amplificador operacional 741, una resistencia variable de 10k Ω , 2 resistencias de 100 Ω , una resistencia de 43 Ω a 6.5w, un optocoplador PC 852 y una lámpara de 3 LEDs.

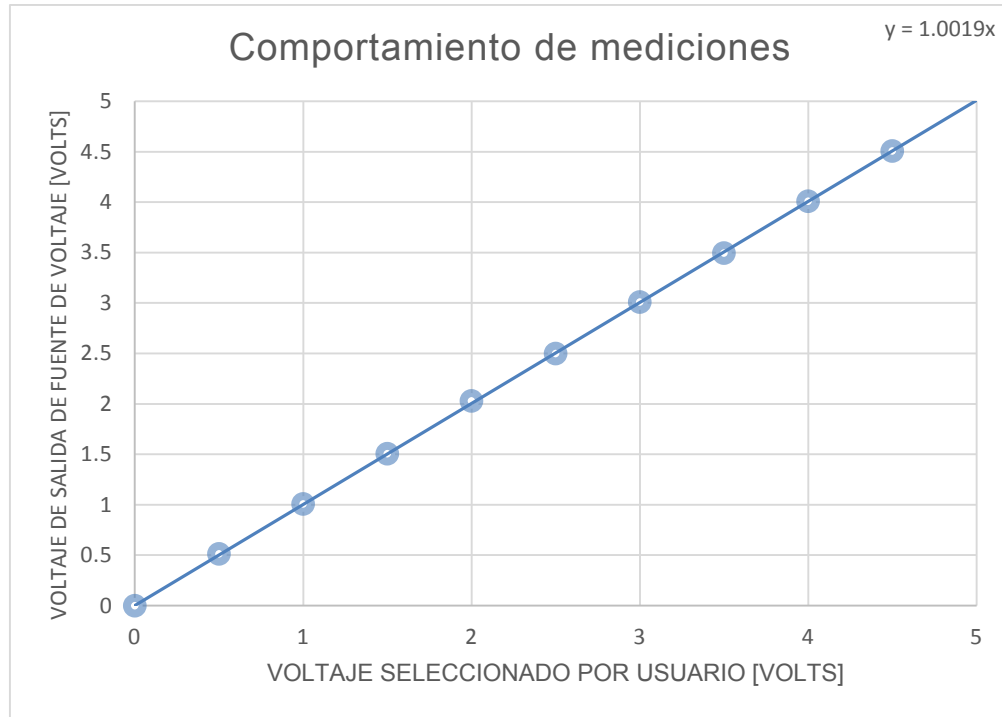
El principio de funcionamiento del sistema se menciona a continuación. El usuario selecciona un voltaje en la fuente digital a través de un teclado matricial y el generador de rampa produce su señal de salida: rampa periódica con frecuencia de 1KHz y amplitud de 5Volts. Ambas señales son comparadas con un circuito electrónico comparador y entonces se genera un pulso cuadrado cuyo ancho de banda depende del valor seleccionado por el usuario. El pulso cuadrado activa una etapa de potencial la cual alimenta a la fuente de luz, obteniéndose el control de iluminación.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

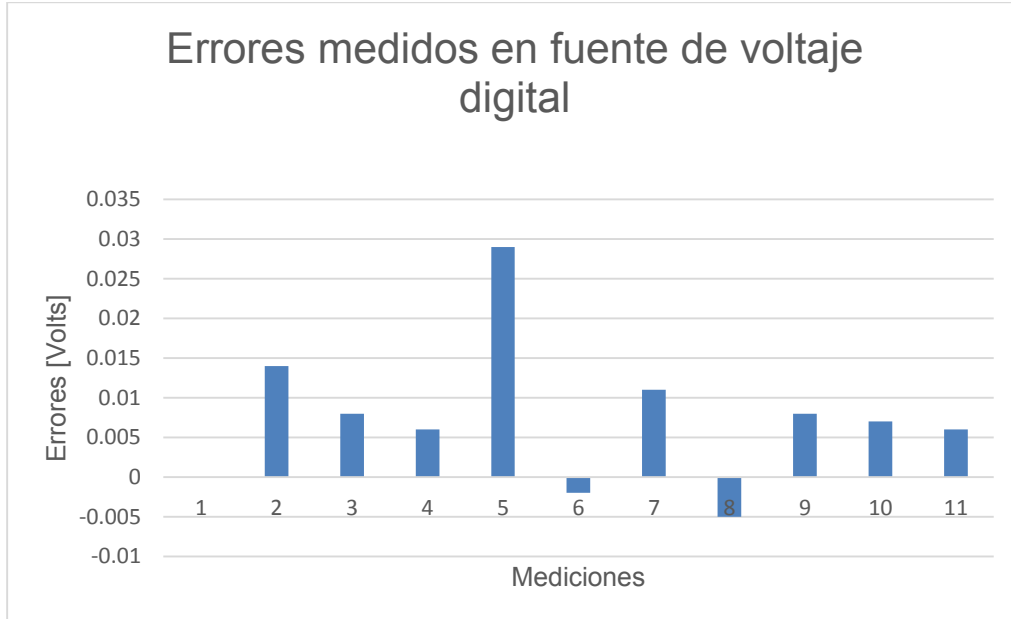
Resultados de fuente de voltaje

Para verificar el funcionamiento de la fuente de voltaje digital se realizaron diez mediciones con intervalos de 0.5 Volts. El rango de medición fue desde 0 Volts hasta 5 Volts. El valor seleccionado con el teclado matricial se visualizaba en la pantalla LCD y también se medía el voltaje de salida (V_{sal}) del convertidor Digital-Analógico con un multímetro digital de la marca Fluke. Las mediciones

resultantes se muestran en la Figura 2a y los errores medidos se presentan en Figura 2b. Desde Figura 2, el sistema digital tiene comportamiento lineal y un error promedio de 0.0082 Volts.



(a)



(b)

Figura 2. Mediciones experimentales obtenidas: a) voltajes seleccionados por usuario y de salida de la fuente de voltaje y b) errores de medición

Resultados de generador de rampa

La Figura 3 muestra las mediciones con el analizador de espectros de la señal de salida del circuito generador de rampa, Figura 1b. En figura 3a se muestra un ejemplo de la señal diente de sierra cuyos parámetros son: frecuencia $f = 1\text{KHz}$ y amplitud $A = 5\text{V}$. En la Figura 3b son observables los armónicos de la señal analógica generada con el circuito de Figura 1b. Aplicando el cursor con el osciloscopio, los armónicos se midieron de acuerdo a la Tabla 2. Es observable que, los armónicos calculados y los armónicos medidos con el analizador de espectros, tienen alta concordancia pero existe un error pequeño en los armónicos de mayor orden (Tablas 1 y 2). Para reducir el error observado se pueden colocar elementos resistivos (de ajuste) de mayor precisión.

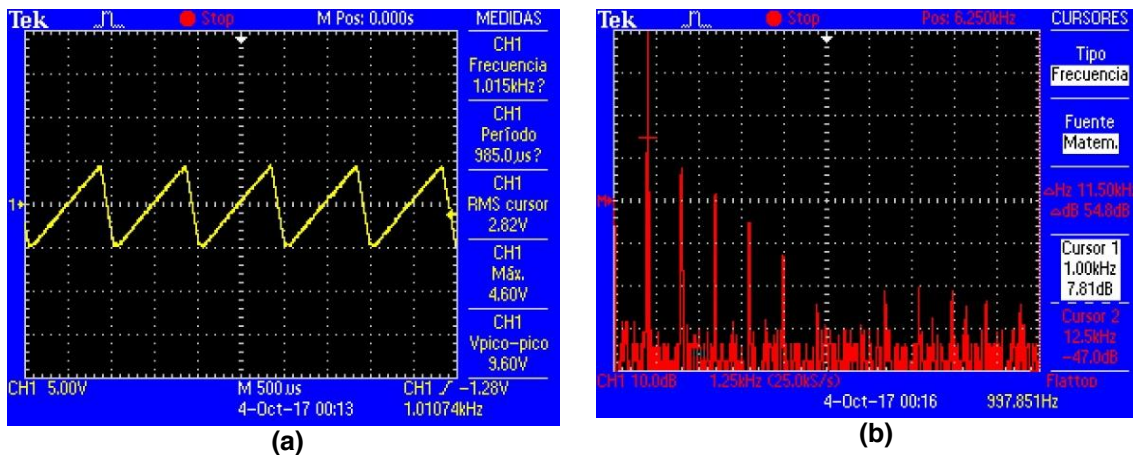


Figura 3. a) Señal periódica medida en circuito analógico de Figura 1b y b) Armónicos medidos desde la señal analógica tipo diente de sierra

Tabla 1. Diez armónicos calculados con series de Fourier para la señal periódica tipo rampa.

Armónico n	Frecuencia f $\left[\frac{\text{Ciclos}}{\text{Segundo}}\right]$	Frecuencia angular ω $\left[\frac{\text{Radianes}}{\text{Segundo}}\right]$
Fundamental $n = 1$	1,000	6283.185
Segundo armónico $n = 2$	2,000	12,566.370
Tercer armónico $n = 3$	3,000	18,849.555
Cuarto armónico $n = 4$	4,000	25,132.741
Quinto armónico $n = 5$	5,000	31,415.926
Sexto armónico $n = 6$	6,000	37,699.111
Séptimo armónico $n = 7$	7,000	43,982.297
Octavo armónico $n = 8$	8,000	50,265.482
Noveno armónico $n = 9$	9,000	56,548.667
Décimo armónico $n = 10$	10,000	62,831.853

Tabla 2. Diez armónicos medidos con analizador de espectros

Armónico n	Frecuencia f $\left[\frac{\text{Ciclos}}{\text{Segundo}}\right]$	Frecuencia medida f $\left[\frac{\text{Ciclos}}{\text{Segundo}}\right]$
Fundamental $n = 1$	1,000	1kHz
Segundo armónico $n = 2$	2,000	2kHz
Tercer armónico $n = 3$	3,000	3kHz
Cuarto armónico $n = 4$	4,000	4kHz
Quinto armónico $n = 5$	5,000	5kHz
Sexto armónico $n = 6$	6,000	6kHz
Séptimo armónico $n = 7$	7,000	7kHz
Octavo armónico $n = 8$	8,000	7.95kHz
Noveno armónico $n = 9$	9,000	8.95kHz
Décimo armónico $n = 10$	10,000	9.95kHz

Resultados de control de iluminación

El circuito de Figura 1c hace la modulación de ancho de pulso (PWM) con frecuencia de 1KHz y periodo de 1mS. Su corriente máxima se calculó con

$$i_{max} = \frac{v_{sat} - 1.5V}{200\Omega} = \frac{11.2V - 1.5V}{200\Omega} = 48.5mA \quad (1)$$

donde $v_{sat} \approx v_o(t)$ es el voltaje máximo de salida cuando el operacional está en saturación positiva. La activación de la base del fototransistor genera la activación de la lámpara basada en LEDs, emitiendo un espectro de longitudes de onda según las características de la fuente de luz. Ejemplos de variaciones de iluminación y sus mediciones eléctricas son observables en Figura 4.

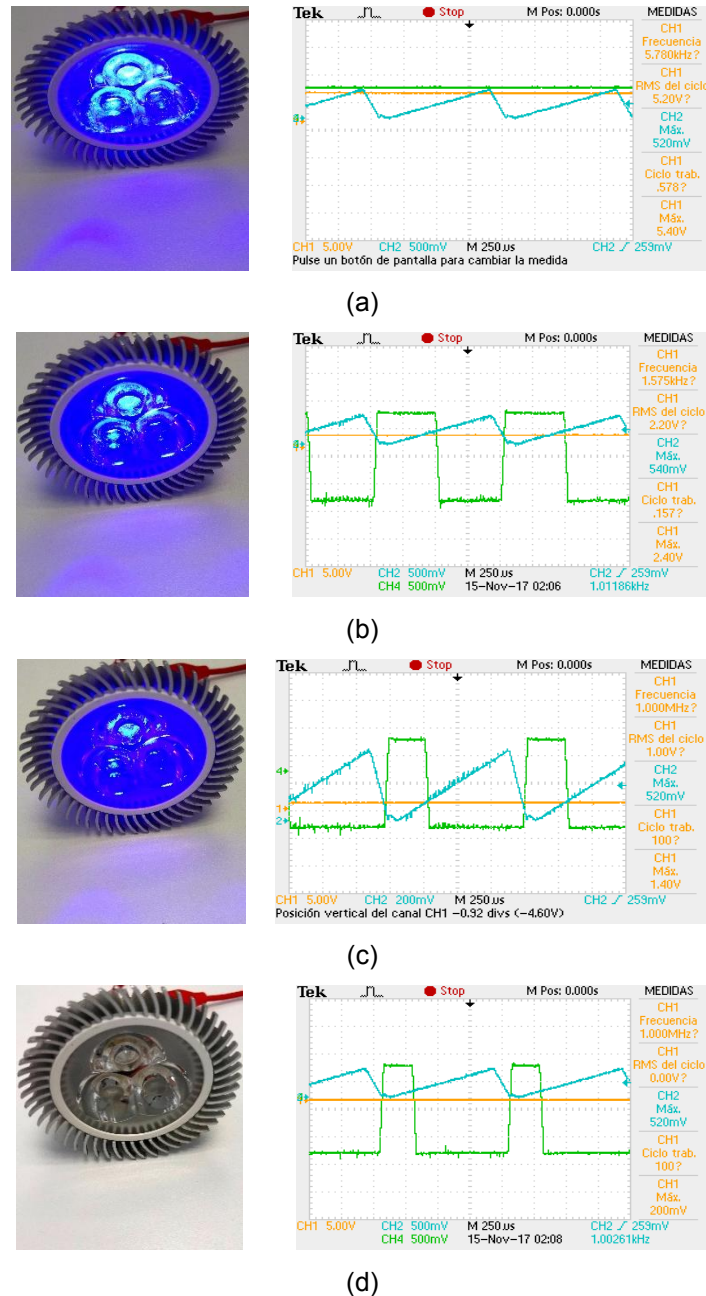


Figura 2. Control de iluminación logrado con sistema de Figura 2: a) iluminación al 100%, b) iluminación al 50%, c) iluminación al 25% y d) iluminación al 0%.

Desde Figura 4, a la lateral izquierda es observable la lámpara de 3 LEDs en color azul y a la lateral derecha se observa las mediciones eléctricas obtenidas con el osciloscopio de 4 canales. En las mediciones eléctricas, en color azul es la rampa generada por el circuito propuesto en módulo de analógicos, en color naranja es el voltaje de directa generada por una fuente controlada digitalmente y en color verde es el ancho de pulso controlado digitalmente. A partir de los resultados presentados en Figura 2, es observable el control de iluminación logrado con el ancho de pulso controlado digitalmente: A mayor ancho de pulso es más grande la potencia aplicada a la lámpara de LEDs y mayor iluminación es emitida por cada uno de los LEDs, siendo posible mayor intensidad sobre la superficie de las plantas.

DISCUSIONES

Se propone una fuente variable basado en sistemas digitales, el rango de operación es de 0 Volts hasta 5 Volts, tiene un error promedio menor a 0.008 Volts, alta repetitividad y no tiene histéresis por lo cual su comportamiento es lineal como se observa en la Figura 2. Estas características hacen que el dispositivo digital desarrollado tenga alta confiabilidad y aplicabilidad. Considerando Figura 2b, el sistema digital tiene errores de medición cuyo promedio es de 0.008 Volts, en términos de porcentaje es 0.16%. El error observado en las mediciones se produjo debido a que se realizó un truncamiento de la señal digital, 12 Bits \rightarrow 8 Bits y posibles errores de los dispositivos electrónicos. El truncamiento de la señal fue necesario ya que los puertos del Arduino son de 8 Bits siendo necesario el empleo de un convertidor Digital/Analógico de 8 Bits como lo es el DAC 0800.

Se propuso un circuito electrónico analógico generador de rampa y se verifico su funcionalidad a través de las mediciones de su señal eléctrica de respuesta, y midiendo los armónicos de la misma señal. Los análisis teóricos y armónicos medidos tuvieron alta concordancia, siendo de esta forma verificadas las características de la señal analógica deseada: periodo de 1 mS y amplitud de 5Volts. El sistema de iluminación se dividir en tres etapas: control, potencia e iluminación. La etapa de control produce un ancho de pulso el cual es producido por la comparación entre una señal tipo rampa y un voltaje continuo. El ancho de pulso varía desde 0 mS hasta 1 mS ya que la señal tipo diente de sierra tiene periodo de 1 mS (frecuencia de 1 KHz). Esta señal determina el tiempo de activación de la etapa de potencia y a su vez también determina el tiempo de encendido de la lámpara basada en LEDs. A mayor ancho de pulso es más grande el tiempo de activación de la etapa de potencia y de encendido de la lámpara. Es importante mencionar que, la frecuencia es suficientemente alta para evitar efectos visuales de encendido y apagado en el dispositivo. El sistema de iluminación es funcional, sin embargo es posible incrementar su capacidad si otros dispositivos optoelectrónico son seleccionado, por ejemplo: transistores de potencia, SCR (Silicon Controlled Rectifier) y Triac (Triode for Alternating Current). Esta modificación de interface de potencia permitirá mayor intensidad de iluminación y más alcance de distancia de nuestro sistema de control de iluminación.

Este dispositivo tiene aplicación práctica en sistemas de visión artificial donde es importante verificar el crecimiento de colonias de bacterias, sus tamaños, características visuales y su tendencia de crecimiento. Tal control de iluminación permite una mejor adquisición de imágenes (resaltando las características deseadas) eliminando fuentes de ruido por sobras o perdidas de información por falta de contraste.

CONCLUSIONES

En este trabajo se propone y se prueba experimentalmente un sistema de iluminación basado en modificación de ancho de pulso (PWM). El sistema de control de iluminación actúa como un lazo de control no retroalimentado de fácil manejo y tiene comunicación con el usuario a través de una pantalla LCD y un teclado matricial. Además cuenta con un sistema de autodiagnóstico en caso de fallas de funcionalidad. Los resultados experimentales confirman su excelente funcionalidad, fácil manejo y gran versatilidad.

Este dispositivo puede aplicarse en sistemas de visión artificial donde se verifica el crecimiento de colonias de bacterias, sus tamaños, características visuales y su tendencia de crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. Corral Lugo, "Cuantificación de bacterias cultivables mediante el método de Goteo en placa sellado (o estampado) masivo", Revista Colombiana de Biotecnología, 2, 2012.
2. R. O. Duda, P. E. Hart and D. G. Stork, "Pattern Classification," 3rd ed., New York: John Wiley and Sons Inc. 2001.

EVALUACIÓN DE UN PROCESO DE PEROXI-COAGULACIÓN EN UN AFLUENTE DE CURTIDURÍA

Alejandra de la Luz-Pedro¹, Marisol Algaba-Collazo², Jennifer A. Bañuelos-Díaz¹

¹Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, ²Universidad Tecnológica de León.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó un tratamiento electroquímico de oxidación avanzada denominado Peroxi-coagulación, para tratar un efluente real de curtiduría de la etapa (Recurtido, Teñido y Engrase) proveniente de la planta piloto de curtiduría del CIATEC, para ello se llevaron a cabo pruebas preliminares y posteriormente se aplicó un diseño de experimentos.

El tratamiento se realizó durante 30 y 60 minutos variando el material de electrodo (fieltro de carbón y de grafito) y considerando la concentración inicial de DQO del efluente de 2640 y 5280 mg/L.

Las gráficas de superficie de respuesta y de contorno, mostraron que en el proceso de Peroxi-coagulación resultó ser evidente que 30 minutos de tratamiento son suficientes para tratar un efluente con una concentración inicial de DQO mayor que 3400 mg/L logrando una eficiencia de remoción de DQO aproximadamente de 90 %.

Palabras clave: efluente de curtiduría, Electro-Fenton, Peroxi-coagulación, cátodo de fieltro de carbón.

INTRODUCCIÓN

En México las industrias curtidoras se concentran en los estados de Guanajuato (76 %); Jalisco (10 %); Estado de México (2.9 %) y Distrito Federal (2.3 %). Siendo la ciudad de León, Guanajuato, en donde se localiza la mayor parte de esta industria.

En León, Gto. México, una de las problemáticas más marcada es la cantidad de cromo y de otros contaminantes que se generan en las descargas de la industria curtidora. El cromo se encuentra presente en dos formas iónicas en los vertidos: Cr(III) y Cr(VI), siendo el Cr(VI) el más tóxico de ambos.

Este efluente, resulta difícil de tratar por las características de su carga contaminante ^{1,2}. Dada la complejidad para su tratamiento, los procesos electroquímicos de oxidación avanzada se han convertido en uno de los preferidos para la depuración de este tipo de efluentes, los cuales se basan en la generación continua de radicales libres hidroxilo mediante la aplicación de corriente eléctrica sobre materiales que generen H₂O₂ y Fe²⁺ (Martínez-Huitle y Brillas, 2009; Panizza y Cerisola, 2009). Las principales ventajas de estos procesos es que no requieren la adición de productos químicos, no generan residuos y tampoco costos de mantenimiento como en el caso de las membranas.

El proceso Electro-fenton es uno de los métodos electroquímicos de oxidación avanzada más utilizado y se basa en la electrogeneración in situ del reactivo de Fenton (Fe²⁺/H₂O₂). Donde el Fe²⁺ es oxidado por el H₂O₂ de la reacción de Fenton dando lugar al radical hidroxilo y Fe³⁺, mientras que el Fe³⁺ es continuamente reducido a Fe²⁺ (Oturán y Brillas, 2007). Los radicales hidroxilos se encargan de oxidar los compuestos orgánicos presente en el efluente.

Existen diferentes configuraciones para realizar el tratamiento Electro-fenton dentro de las cuales se encuentra la Peroxi-coagulación, esta consiste en la generación del reactivo de Fenton electroquímicamente in situ por la adición de H₂O₂ y la producción electroquímica de iones de Fe²⁺ con un ánodo sacrificado de hierro ^{3,4}.

Este estudio se enfoca a la degradación de los compuestos orgánicos que se encuentran presentes en el efluente real de curtiduría mediante el proceso de Peroxi-coagulación.

PARTE EXPERIMENTAL

A continuación se describe los materiales y la metodología de investigación que se siguió para el desarrollo del presente trabajo.

Efluente crudo

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizó un efluente procedente de la planta piloto de curtiduría del CIATEC (Ver Figura 1); la cual corresponde a la etapa del proceso: Recurtido, Teñido y Engrase (RTE). Para caracterizar el efluente, se filtró previamente para eliminar los sólidos

suspendidos y trozos de piel, posteriormente se diluyó dependiendo de la concentración requerida para su análisis.

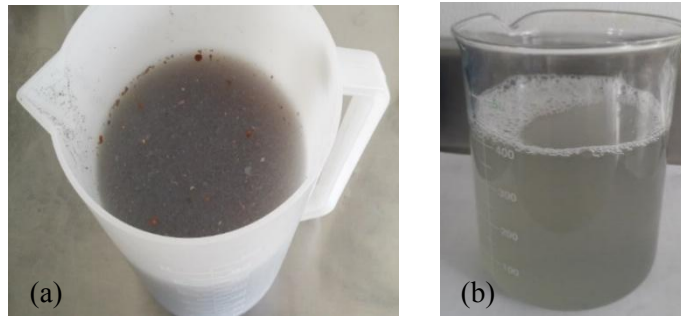


Figura 1. Efluente de la etapa RTE proveniente de la planta piloto de curtiduría del CIATEC. (a) antes y (b) después de ser filtrado.

Métodos analíticos

Los análisis físico-químicos para la caracterización del efluente se realizaron conforme a la metodología descrita en la *Normas Mexicanas* (NMX).

Preparación de los electrodos

Como cátodo se utilizaron fieltro de carbono (FC) y fieltro de grafito (FG) con dimensiones de 2.0 x 2.0 cm y como ánodo una placa de hierro de 4.5 x 1.0 x 0.5 cm de espesor. Cabe mencionar que a los electrodos no se les realizó ningún pretratamiento.

Tratamiento del efluente real de curtiduría por el proceso de Peroxi-coagulación

Se realizó un diseño de experimentos para estudiar los efectos de la concentración inicial de DQO, tiempo de tratamiento y material de electrodo sobre la eficiencia de remoción de DQO en el tratamiento Peroxi-coagulación. Las condiciones utilizadas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos para el diseño factorial 2³ en el proceso Peroxi-coagulación.

Parámetro	Nivel bajo	Nivel alto
[DQO] _i , mg/L	2640	5280
Tiempo, min	30	60
Material	FC	FG

El experimento se desarrolló de la siguiente manera: se saturó con O₂ 100 mL de efluente real de curtiduría con una concentración de DQO conocida, ajustada a pH 3 con H₂SO₄ 3.0 M para la generación del reactivo de Fenton aplicando una corriente de 0.05 A con fuente de poder marca BK Precision modelo 1688B y manteniendo una agitación constante de 300 rpm utilizando una parrilla de agitación magnética marca Eseve AM-1500. Durante el tratamiento, se llevó un estricto control de pH de forma constante para obtener una alta remoción de materia orgánica en términos de DQO y se tomaron alícuotas cada 10 minutos. Al finalizar los experimentos, las muestras de agua tratada se filtraron con fibra de vidrio de diferentes tamaños de poro y se les determinó el Fe²⁺ existente y la DQO.

RESULTADOS

Resultados de la caracterización del efluente real de curtiduría

En la Tabla 2 se resumen los resultados de la caracterización del agua residual de la etapa del proceso de curtido (Recurtido, Teñido y Engrase) proveniente de la planta piloto de curtiduría del CIATEC. En donde se puede observar que los parámetros como: sólidos sedimentables, SST, Cr total y Cr(VI) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en la norma NOM-

001-Semarnat-1996, adicionalmente la DQO, aunque éste último no se encuentre normado pero es importante considerarlo ya que indica un valor alto de lo normal y representa un indicador del grado de contaminación del efluente. Se puede observar que hay una cantidad significativa de Cr(VI) y de DQO, dado a las características de toxicidad que el Cr(VI) presenta es importante que el efluente sea tratado antes de su vertido.

Tabla 2. Caracterización de la corriente de agua residual RTE proveniente de la planta piloto de curtiduría del CIATEC.

Parámetro	Valor
pH	5.6
Turbidez, NTU	3.3
Conductividad, mV	89.0
Sólidos sedimentables, mL/L	602.4
ST, mg/L	19064.4
STV, mg/L	6171.1
SST, mg/L	3707.8
SSV, mg/L	11921.1
SDT, mg/L	15211.1
Grasas y aceites, mg/L	0.1
Cloruros, mg/L	4.0
DQO, mg/L	5280
Sulfatos, mg/L	4148.9
Cr⁶⁺, mg/L	1.4
Cr_{Total}, mg/L	136.0
COT, mg/L	471.5

Resultados del tratamiento por el proceso de Peroxi-coagulación

En las Figuras 2 (a) y (b) se presentan los resultados obtenidos de los experimentos de Peroxi-coagulación realizados con FC y FG, con concentraciones iniciales de DQO de 2640 y 5280 mg/L durante 30 y 60 min.

En los tratamientos de 30 min con FC se obtuvo una tasa de remoción de DQO de 96.97 % al tratar un efluente con una concentración inicial de DQO de 5280 mg/L y 90.91 % para una concentración inicial de DQO de 2640 mg/Lm, al utilizarse FG, los porcentajes de remoción de DQO fueron de 90.91 % y 86.36 %, respectivamente.

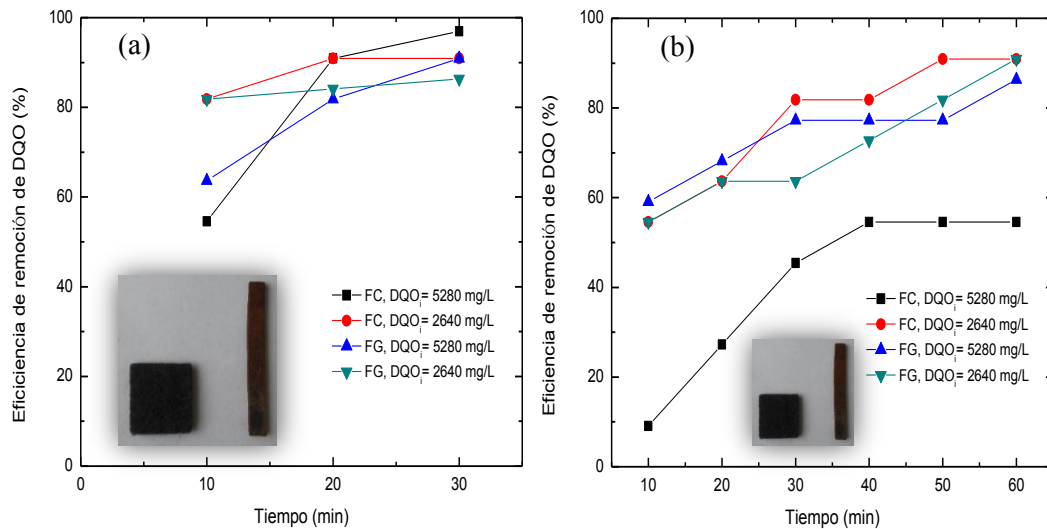


Figura 2. Eficiencias de remoción de DQO de un efluente real de curtiduría proveniente de la etapa RTE tratado mediante Peroxi-coagulación durante 30 y 60 min, bajo las siguientes condiciones: pH 3, $[DQO_i] = 5280$ y 2640 mg/L, corriente de 0.05 A y agitación magnética de 300 rpm.

Al realizar los experimentos de 60 min se observó claramente que las eficiencias de remoción de DQO incrementan de manera progresiva, pero al llegar a los 30 min la DQO se mantiene constante durante un tiempo de 20 min y vuelve a incrementar a los 60 min en un gradiente de 9 % a excepción del caso de FG y concentración de DQO inicial de 2640 mg/L en donde el gradiente fue de 27 % aproximadamente.

En la Figura 3 se muestran las alícuotas que se tomaron durante la realización de uno de los experimentos, se aprecia claramente cómo va cambiando la turbidez del efluente tratado hasta ser cristalina.



Figura 3. Alícuotas tomadas durante 10, 20, 30, 40, 50 y 60 min en el tratamiento por Peroxi-coagulación.

Las gráficas anteriores indicaron que llevando un estricto control de pH se puede obtener una alta eficiencia de remoción de DQO. Las eficiencias de remoción se vieron afectadas en algunos casos debido al exceso de Fe presente en el cátodo (FC desnudo) y en el ánodo sacrificado de hierro. En la Figura 4 se muestra la gráfica de superficie de respuesta y de contorno del proceso de Peroxi-coagulación, en donde se puede observar de manera clara que 30 min de tratamiento son más que suficiente para tratar un efluente con una concentración inicial de DQO mayor que 3400 mg/L y lograr una eficiencia de remoción de DQO mayor al 90 %.

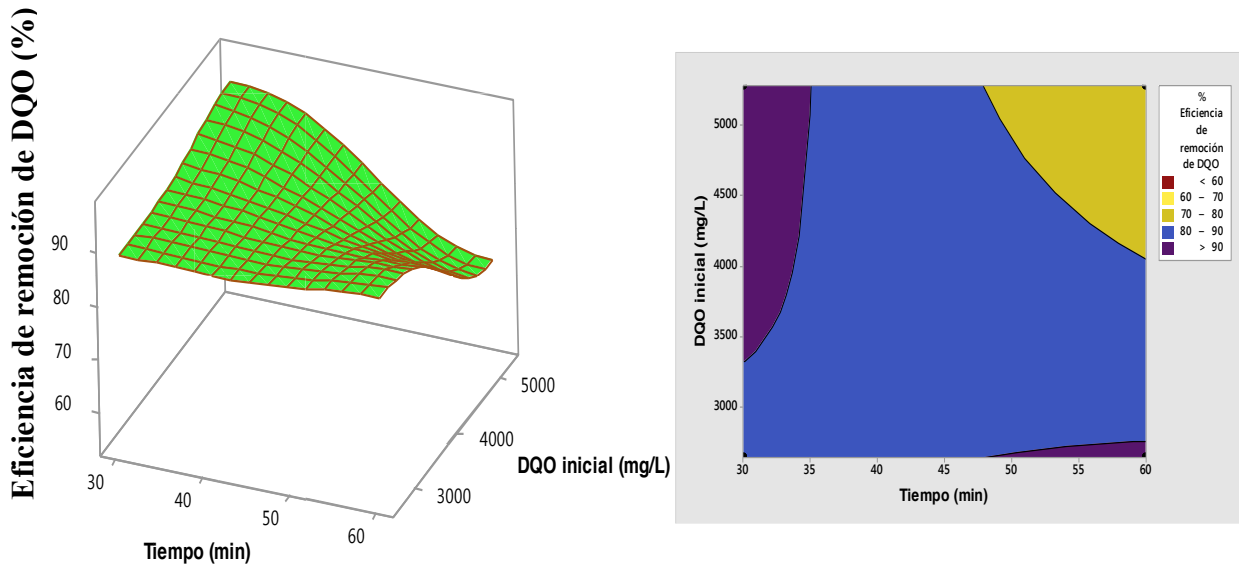


Figura 4. Gráfica de superficie de respuesta y de contorno para el proceso Peroxi-coagulación, mostrando los efectos: tiempo de tratamiento y concentración inicial de DQO del efluente.

Por otro lado, la Figura 5 indica que las condiciones favorables para obtener porcentajes altos de remoción (>90 %) utilizando FG como material electrodico, son: concentración de DQO de 2640 mg/L, 30 minutos de tratamiento. Si se utiliza FC como material electrodico bajo las siguientes condiciones se pueden tener porcentajes de remoción (80-90 %): concentración de DQO de 5280 mg/L, 60 minutos de tratamiento.

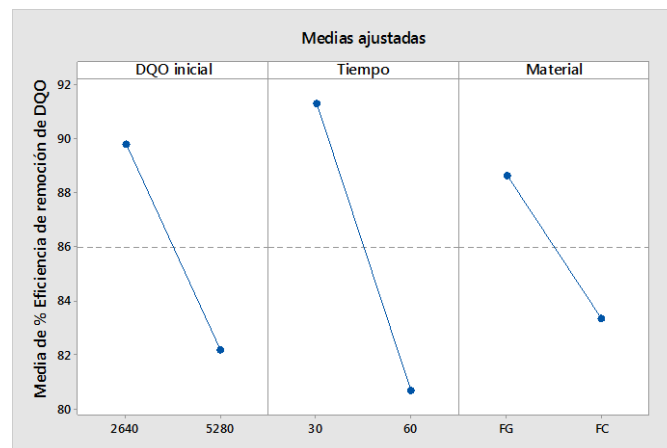


Figura 5. Gráfica de efectos principales para el proceso Peroxi-coagulación.

CONCLUSIONES

El proceso de Peroxi-coagulación posee la ventaja de que la generación de los reactivos para la degradación de compuestos orgánicos es vía in situ.

Las gráficas de superficie de respuesta, contorno y efectos principales permitieron explorar la relación de los factores: [DQO]; y tiempo de tratamiento entre la eficiencia de remoción de DQO con la finalidad de establecer los valores de respuesta y las condiciones de operación deseada, indicando que las condiciones óptimas de operación son: concentración de DQO de 2640 mg/L, 30 minutos de tratamiento y FG como material electrodico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abda, M., Gavra, Z., & Oren, Y. (1991). Removal of chromium from aqueous solutions by treatment with fibrous carbon electrode: column effects. *J. Appl. Electrochem.* *21*, 734-739.
2. Aravindhana, R., Madhan, B., Rao, J. R., Nair, B. U., & Ramasami, T. (2004). Bioaccumulation of chromium from tannery wastewater: an approach for chrome recovery and reuse. *Environmental science & technology*, *38*(1), 300-306.
3. Brillas, E., Sirés, I., & Cabot, P. (2010). Use of Both Anode and Cathode Reactions in Wastewater Treatment. En C., Comninellis & G., Chen (editors). *Electrochemistry for the Environment*. (pp. 515-548). New York: Springer.
4. Brillas, E., & Casado, J. (2002). Aniline degradation by Electro-Fenton and peroxi-coagulation processes using a flow reactor for wastewater treatment. *Chemosphere*, *47*, 241-2148.

AGRADECIMIENTOS

Los autores externan su gratitud al CONACYT por la beca doctoral otorgada a Alejandra de la Luz Pedro.

DISEÑO DE SISTEMA CLÍNICO ESCALABLE PARA OPTIMIZAR EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN DIAGNÓSTICA EN EL ÁREA DE “RAYOS X” DEL HOSPITAL JUÁREZ DEL CENTRO

Emmanuel Bautista Bustamante¹, Linda Rosa Patiño Torres², Ana Laura López Orocio¹, Nayeli López Alanís¹, Juana Lizbeth González Casillas¹

¹Universidad Politécnica del Bicentenario A, ²Hospital Juárez del Centro B.

manebb01@hotmail.com, ingbiomedicalrpt@gmail.com, alopez@upbicentenario.edu.mx,
nlopeza@upbicentenario.edu.mx, jgonzalezc@upbicentenario.edu.mx

RESUMEN

Las TIC's (Tecnologías de la Información y la Comunicación) se usan con más frecuencia en el sector salud, este trabajo informa acerca del diseño de un sistema clínico escalable para la optimización del intercambio de información diagnóstica en el área de rayos x, hacia los demás departamentos dentro de la Unidad Médico Quirúrgica Juárez del Centro ubicado en la Ciudad de México. Se utilizó la plataforma Dreamweaver y se realizó la programación en PHP, CSS, HTML, JavaScript y bases de datos con funcionalidades que sea de fácil entendimiento para el usuario, por medio de la sistematización de la bibliografía correspondiente al tema y con la experiencia en el área de informática médica. El hospital brinda un servicio indispensable para la ciudad, en donde se realizaron de enero 2016 a enero 2017, 6330 estudios de rayos x,^[1] los cuales tienen que ser enviados inmediatamente para su posterior valoración por parte del personal médico interno, es por ello que para poder brindar un mejor servicio y atención se programó e implementó este sistema, con el cual se conseguirá optimizar los tiempos de comunicación con los demás departamentos, optimización de espacio de computo, mantenimiento e instalación de los equipos, ahorro de placas radiográficas y rollos fotográficos, permitir el envío de los resultados radiológicos y de las imágenes en archivos vía Ethernet con rapidez máxima del procesador, y ser consultado por el especialista en tiempo, lo que aumenta la calidad de atención al paciente.

PALABRAS CLAVES: Sistema clínico, información diagnóstica, informática médica, rayos x, intranet, sector salud, escalable.

INTRODUCCIÓN

La Telesalud se refiere a la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en los sistemas de salud incluyendo servicios médicos, académicos, administrativos y técnicos, con el propósito de intercambiar información en el ámbito hospitalario.^[2] En los últimos años se ha podido percibir la gran influencia y aceptación que han tenido las tecnologías de información y comunicación (TIC's) en los procesos de las organizaciones tanto privadas como públicas. Uno de los factores que permiten el éxito de las empresas y que sus procesos sean de calidad, es la manera eficiente de administrar uno de los activos más importantes, la información. Actualmente, esta gestión se realiza mediante el uso de aplicaciones software que permiten acceder, procesar y analizar de manera rápida y oportuna.^[3]

La Unidad Médico quirúrgica de corta estancia Juárez Centro “(UMQCEJC), se enfoca a otorgar una atención médica, manteniendo una cultura sustentable permanente de mejora continua apegándose a los estándares más altos de calidad y seguridad del paciente, brinda un servicio indispensable para la Ciudad de México. En donde se realizaron de enero 2016 a enero 2017, 6330 estudios de rayos x, los cuales se están llevando a cabo por el sistema de carpetas compartidas es por ello que para poder brindar un mejor servicio y atención con mayor eficiencia se propone este sistema clínico escalable, mediante el cual se hará el uso de páginas web, y bases de datos apegados a los estándares de informática médica, permitiendo el envío de los resultados radiológicos y de las imágenes en archivos vía Ethernet con rapidez máxima del procesador, así como el ahorro en placas fotográficas las cuales superan el coste de \$20 cada una, además del mantenimiento del equipo de revelado.^[1] El área de Rayos x dentro de la Unidad Médico Quirúrgica Juárez del Centro es una de las treinta y una áreas con las que se cuenta y tiene que estar acondicionada para que los pacientes ingresen a realizarse estudios de radiodiagnóstico que se presenten en la unidad, al término de esto los resultados obtenidos necesitan ser enviados vía intranet a las diferentes áreas internas para su posterior valoración por el personal médico.^[1]

El desarrollo de un sistema clínico escalable para el intercambio de información diagnóstica interno en las diferentes áreas del hospital, es necesario para el uso adecuado de los datos. En términos generales, la escalabilidad es la facultad de adaptación de un proceso, red o sistema manteniendo la calidad y la fluidez del trabajo; sin aumentar los costes ^[4], es la capacidad de extender dicho sistema de acuerdo a las necesidades que vayan surgiendo a través del uso de este mismo. Con tecnología innovadora y de fácil acceso, realizando páginas web, bases de datos y un servidor local interno para la protección de información, el departamento de Ingeniería Biomédica propuso este modelo sistemático el cual contiene una metodología fácil de usar y eficaz para el personal interno, llevado bajo los lineamientos y necesidades del área. Es por ello que se debe de tener los conocimientos necesarios en la informática médica, esta entrecruza los caminos de la medicina y los sistemas de información en la atención a pacientes. ^[5]

METODOLOGÍA

La metodología seguida para este proyecto se observa en la fig. 1. el cual consistió en recabar información acerca de la infraestructura con la que contaba el hospital, la buena comunicación vía intranet entre departamentos y comprobar que el sistema clínico fuera funcional así como de fácil entendimiento para el personal del hospital. Se comenzó con adquirir información acerca de las necesidades de las áreas médicas involucradas, procediendo a verificar el software adecuado para la programación de este sistema (se optó por un lenguaje libre como lo fue HTML, PHP, CSS ^[6], JavaScript), desarrollar un prototipo inicial de acuerdo a los datos recabados y se realizaron pruebas para un buen funcionamiento del sistema e implementar dentro del hospital, dar una plática informativa acerca del sistema implementado.

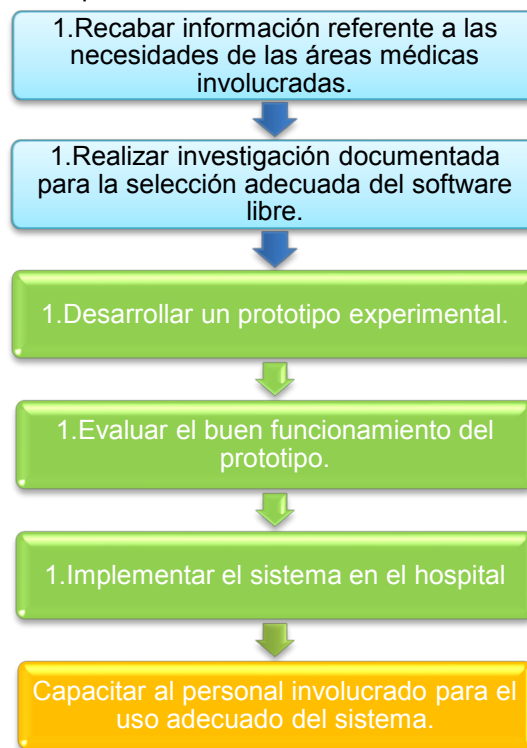


Fig. 1. Diagrama de la metodología seguida para la elaboración del proyecto.

RESULTADOS

Se presenta un sistema clínico escalable o sistema informático médico para la compartición de información diagnóstica (imágenes de rayos x), vía intranet hacia los demás departamentos de la Unidad Médico Quirúrgica Juárez del Centro (Fig. 2). Por cuestiones de seguridad solo se dará de alta a personal que pertenezca a alguno de los departamentos del hospital, el personal encargado de administración de sistemas informáticos o personal del área de Ing. Biomédica serán los

administradores de este sistema.

Fig. 2. Interfaz de inicio del sistema clínico escalable dentro de la Unidad Médico Quirúrgica Juárez del Centro.

En la Fig. 3, se puede observar el procesamiento lógico desarrollado acerca del sistema clínico escalable, el cual tiene un espacio de almacenamiento mayor a 1 terabyte de servidor local y la capacidad de manejar las radiografías tomadas en formato JPEG, PNG, ya que el hospital cuenta con un digitalizador el cual tiene la habilidad de convertirlas, sin ser modificadas ó alteradas de los estándares establecidos para este tipo de documentos (imágenes DICOM).

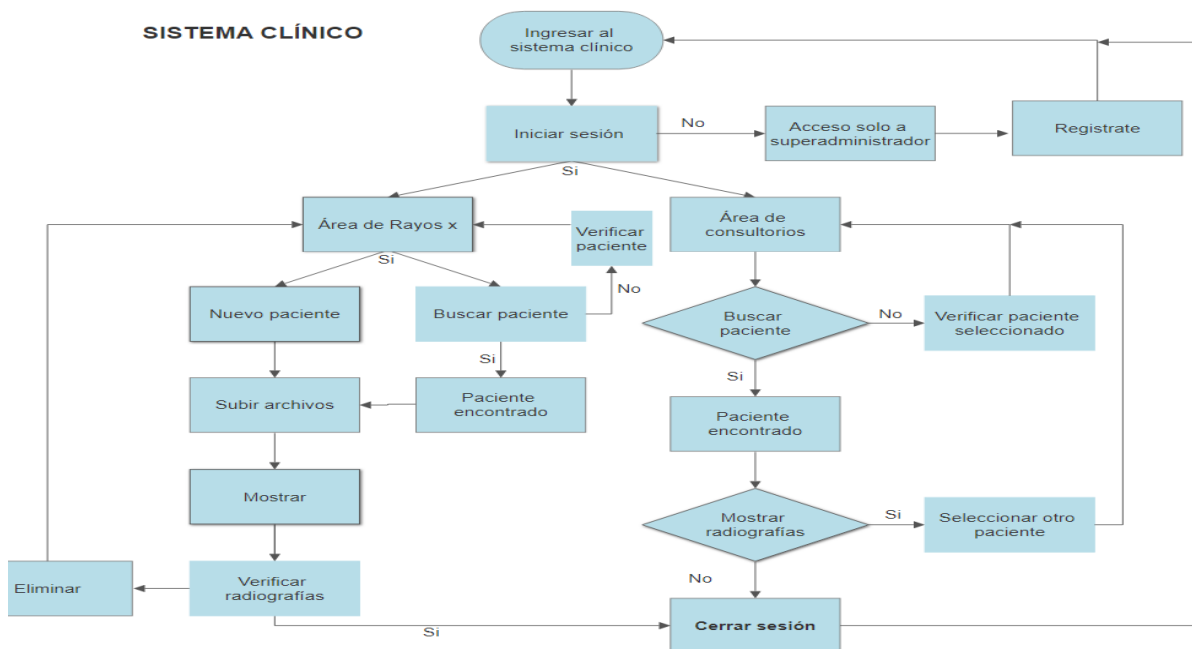


Fig. 3. Diagrama de flujo del funcionamiento lógico del sistema clínico escalable.

El sistema clínico cuenta con dos áreas principales el área de diagnóstico (consultorios) y el área de radiodiagnóstico (rayos x), cada uno de ellos se diferencia de acuerdo a las necesidades requeridas ya fuesen de solo lectura o escritura de documentos.

ÁREA DE RAYOS X

Al acceder el personal de Rayos X con el usuario, contraseña y área lo redireccionará a la página correspondiente. En la parte superior izquierda nos muestra el usuario que acceso sesión por parte del área de Rayos X, así como el botón para agregar a un nuevo paciente, y en su contraparte la fecha de ingreso, así como el botón para cerrar sesión, Fig. 4a. Podemos visualizar un botón para

realizar una búsqueda en específico colocando el Folio, No. Expediente o Nombre del paciente según se requiera Fig. 4b.

No.	Folio	No. Expediente	Nombre	Genero	Edad	Fecha de nacimiento	Fecha de estudio	Rayos X	Eliminar registro
1	605	605070	Paciente Prueba	Masculino	15	1989-03-01	2017-12-01	Subir Archivos Mostrar	Eliminar
6	710	61580387	Emmanuel Bautista Bustamante	Masculino	20	1997-01-01	2017-12-15	Subir Archivos Mostrar	Eliminar

Fig. 4a: Listado de los pacientes registrados.

No.	Folio	No. Expediente	Nombre	Genero	Edad	Fecha de nacimiento	Fecha de estudio	Rayos X	Eliminar registro
6	710	61580387	Emmanuel Bautista Bustamante	Masculino	20	1997-01-01	2017-12-15	Subir Archivos Mostrar	Eliminar

Fig. 4b: Resultado de la búsqueda.

Para almacenar radiografías en el sistema se debe de presionar el botón subir archivos, podremos cargar hasta 16 archivos con algún título o descripción según sea requerido. Se tomaron en cuenta estos datos proporcionados por personal interno, ya que el número de estudios llevados a cabo en una cita de radiodiagnóstico no superaba este límite, las imágenes que pueden ser subidas deben de ser en formato JPG/JPEG o PNG.

El hospital cuenta con un digitalizador, en el cual son recibidos los estudios de radiodiagnóstico y procesados en este tipo de formatos, sin deformar las imágenes Fig. 5a. Se visualizan las radiografías subidas presionando el botón Mostrar, en la parte superior izquierda nos mostrara los datos del paciente seleccionado para que no tengamos problemas o error de selección Fig. 5b.

Fig. 5a. Radiografías a subir

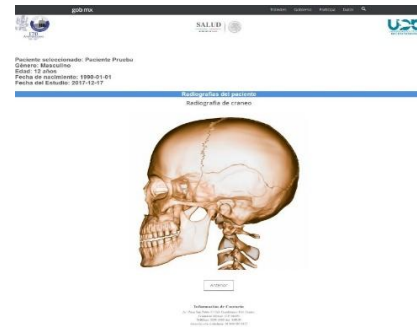


Fig. 5b. Comprobación de las radiografías.

En caso de que sea necesario borrar algún registro se presiona el botón eliminar, nos mostrara un mensaje de confirmación para corroborarlo o cancelar. Solo podrán ser suprimidos los registros equivocados o en caso de requerir liberar el sistema, de igual forma solo puede borrar datos el personal de rayos x y del área de sistemas. Botón cerrar sesión, podemos oprimir directamente el botón rojo y nos mandara automáticamente a la página de inicio Fig.6a.

gob.mx

localhost dice:
Esta seguro que desea eliminar el registro? Se abre otra ventana de confirmación

Inicio Gobierno Participa Datos

U20 BICENTENARIO

Usuario: Dr. Paco Silva Mesa. Fecha: 20-12-17

Cerrar Sesión

Nuevo Paciente Ingrese Nombre del paciente, Folio o No. Expediente Buscar paciente

Pacientes

No	Folio	No. Expediente	Nombre	Genero	Edad	Fecha de nacimiento	Fecha de estudio	Rayos X	Eliminar registro
1	123	564765	Paciente Prueba	Masculino	12	1990-01-01	2017-12-17	Subir Archivos Mostrar	Eliminar
6	7183	413469907	Emmanuel Baubista Rosalesmanzo	Masculino	20	1997-01-01	2017-12-19	Subir Archivos Mostrar	Eliminar

Información de Contacto
Av. Plaza San Pablo 13 D.M. Cuahuatlan Cid. Coahuila

Fig. 6a: Eliminando registro y Botón cerrar sesión.

ÁREA DE CONSULTORIOS

Para un buen diagnóstico después de realizar algún estudio dentro del hospital, por los médicos especialistas se accede al área de los consultorios. Fig. 7a. Aquí podemos buscar por Nombre, No. De Expediente (en caso de contar con ello) o Folio de algún paciente que se haya realizado algún estudio con anterioridad en el servicio de Rayos X y proceder a su posterior diagnóstico por parte del área médica.

Al buscar al paciente nos listará sus principales datos, Fig. 7b y un botón mostrar al que se debe proceder a presionar para poder visualizar las radiografías enviadas por parte del área de rayos X para su posterior diagnóstico por parte del personal médico especializado Fig.8a.

gob.mx

Inicio Gobierno Participa Datos

U20 BICENTENARIO

Usuario: admonconsultorio. Fecha: 20-12-17

Busque a un paciente de acuerdo a su Folio

Ingrese Nombre del paciente, Folio o No. Expediente Buscar paciente Cerrar Sesión

Información de Contacto
H. Plaza San Pablo 13 D.M. Cuahuatlan Cid. Coahuila
Ciudad de México, C.P. 26000
Teléfono: 200-1400 ext. 140304
Atención al paciente: 01 800 080 1227

Enlaces: ¿Qué es gob.mx? Contacto

Indicadores: Se el portal único de trámites, información y participación ciudadana. [Ver estadísticas](#)

Atención al paciente: [Ayuda](#) [Inicio](#) [Destinatarios de la atención](#) [Atención al paciente](#)

Área de estudio, datos e información: [gob.mx/areaestudio](#) [gob.mx/informacion](#)

Fig. 7a. Pantalla principal para consultorios.

gob.mx

Inicio Gobierno Participa Datos

U20 BICENTENARIO

Usuario: admonconsultorio. Fecha: 20-12-17

Busque a un paciente de acuerdo a su Folio

564765 Buscar paciente Cerrar Sesión

No	Folio	No. expediente	Nombre	Genero	Edad	Fecha de nacimiento	Fecha de estudio	Radiografías
1	123	564765	Paciente Prueba	Masculino	12	1990-01-01	2017-12-17	Mostrar

Información de Contacto
H. Plaza San Pablo 13 D.M. Cuahuatlan Cid. Coahuila
Ciudad de México, C.P. 26000
Teléfono: 200-1400 ext. 140304
Atención al paciente: 01 800 080 1227

Enlaces: ¿Qué es gob.mx? Contacto

Fig. 7b. Paciente buscado.

Radiografías del paciente y datos del paciente visualizados por parte del médico especialista para su posterior valoración Fig. 5b. Cerrando sesión, podemos oprimir directamente el botón rojo y nos mandara automáticamente a la página de inicio.

El envío de información hacia los demás departamentos vía intranet del Hospital Juárez del Centro debe de ser rápida y eficaz con el menor margen de tiempos muertos para un diagnóstico certero y oportuno, con velocidad máxima del procesador, aumentando la protección de los datos personales de los pacientes que ingresan, ya que es de vital importancia tanto para el paciente como para la unidad prestadora de servicios médicos, mediante un sistema clínico controlado, con seguridad y accesos restringidos se hace una mejora a este hospital, en la tabla 1 se pueden observar las ventajas al ser implementado.

Antes	Después
Carpetas compartidas.	Sistema clínico (página web).
Seguridad obsoleta.	Mayor grado de seguridad.
Espacio del computador como almacenamiento.	Servidor local como almacenamiento.
No pueden trabajar dos usuarios al mismo tiempo con la información.	Pueden trabajar dos usuarios al mismo tiempo con la información.
Si el disco duro del equipo falla la información se pierde.	Si el equipo falla no hay problema ya que se cuenta con un servidor independiente para el almacenaje de la información.
Muchas configuraciones a los equipos.	Fácil acceso y entendimiento al usuario.
Se corre con el riesgo de que otros usuarios puedan eliminar, modificar y almacenar la información en ellos.	Solo personal registrado puede eliminar, modificar y almacenar la información.

Tabla 1: Cuadro comparativo del sistema clínico

El envío de información hacia los demás departamentos vía intranet del Hospital Juárez del Centro debe de ser rápida y eficaz con el menor margen de tiempos muertos para un diagnóstico certero y oportuno, con velocidad máxima del procesador.

Además, la protección de los datos personales, es de vital importancia tanto para el paciente como para la unidad prestadora de servicios médicos, mediante un sistema clínico controlado, con seguridad y accesos restringidos, se hace una mejora a este hospital.

CONCLUSIONES

Se ha demostrado que los sistemas informáticos médicos se van utilizando cada vez con más frecuencia en el sector salud, se reducen los tiempos de comunicación, el papeleo que antes conllevaba realizar discretizando en información digital los archivos de radiodiagnóstico, además de que se mantiene una eficiente comunicación vía intranet, tal como se demostró en el Hospital Juárez del Centro, fue una mejora a su sistema, llevando a cabo procesos más rápidos y seguros, con una mejor atención, se recomienda el uso de este tipo de tecnologías ya que es de bajo coste y apoya la seguridad de la información del paciente. También reduce los desechos radiográficos que contaminan al planeta apoyando a la calidad ambiental. Es importante aclarar que este tipo de sistemas deben de estar los más apegado posible a la normatividad vigente para el correcto uso y manejo de los datos personales de los usuarios, ya que todo es punto clave para un buen trabajo y desempeño correcto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hospital Juárez del Centro, (2017), estudios realizados en el departamento de rayos X, Ciudad de México. Disponible en: <http://hjc.salud.gob.mx/>
2. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/cenetec/acciones-y-programas/que-es-la-telesalud-y-la-telemedicina>
3. F. Rivero, K. Ivone, T. Mochcco, A. Javier, "Sistema de registro de atención médica para un centro de salud de nivel I-3 de complejidad", UPC, 2013, Disponible en: http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/313002/2/trujillo_am-pub-tesis.pdf
4. Héctor, ECONOMÍA TIC, 2013, Berlín. Disponible: <https://economytic.com/concepto-escalabilidad/>
5. J. Alejandro Ávalos Bracho, INFORMÁTICA MÉDICA: APLICACIONES, Coordinador de la Comunidad Salud CUDI, 2008. Disponible en: http://www.cudi.edu.mx/primavera_2008/presentaciones/salud_alejandro_avalos_taller.pdf
6. Tu gobierno en un solo punto, gob.com, 2017 Disponible en: <https://www.gob.mx/>

OBTENCIÓN DE UN SURFACTANTE POR LA FORMACIÓN DE UN DIOL EN EL ÁCIDO ABIÉTICO

Erica Arreola García¹, Nelly Flores Ramírez¹, Salomón Vázquez García², Lada Domratcheva Lvova¹, Martha Lilia Equihua Equihua¹

¹Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, ²Facultad de Ingeniería Química Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Avenida Francisco J. Mújica S/N Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, 58060, México. E. mail: arreolae62@gmail.com

RESUMEN

Actualmente Michoacán es uno de los principales estados productores de resina de pino a nivel nacional. La resina de pino está constituida por una mezcla de ácidos resínicos entre los cuales el principal es el ácido abiético, la estructura química del ácido es de dihidrofenantreno tricíclico, lo que le permite ser reactivo para la síntesis de surfactantes con orígenes naturales, con un gran impacto ecológico. Los surfactantes, son moléculas orgánicas cuya función es favorecer la dispersión entre fases de una mezcla mediante una reducción de la tensión interfacial entre estas fases. El ácido abiético funcionalizado con moléculas polares da la posibilidad de generar un surfactante aniónico. Por lo tanto; el propósito de este trabajo es obtener un surfactante ecológico, a partir de una reacción de hidroxilación del ácido abiético, utilizando KMnO_4 como catalizador. Para comprobar la inserción de los grupos hidroxilo en la estructura del ácido abiético se determinó el índice de hidroxilos (ÍH) mediante titulación y espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), adicionalmente se realizó la caracterización fisicoquímica de la resina por medio de cromatografía de gases (CG), determinación de color e índice de acidez. Los resultados mostraron un aumento del % de ÍH, FTIR corrobora la hidroxilación por la presencia de grupos OH's, se determinó por CG que los ácidos resínicos predominantes en la resina son el ácido abiético y dehidroabiético, isomerando e incrementando su concentración a ácido palústrico. Por lo anterior se puede concluir que es factible la obtención de un surfactante a partir de un material renovable y biodegradable.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los surfactantes desempeñan un papel importante en casi todas las industrias químicas, incluyendo detergentes, emulsiones, pinturas, agentes espumantes, productos de papel, cosméticos, productos farmacéuticos e insecticidas [1]. Por lo que la calidad de nuestras vidas está estrechamente relacionada con el uso seguro de surfactantes [2].

Los surfactantes ó tensoactivos son moléculas que reducen la actividad interfacial, su estructura posee una dualidad polar-apolar: un grupo hidrofílico y un grupo hidrofóbico.

El mercado de surfactantes presenta una gran variedad tanto desde el punto de vista de la estructura química de las moléculas como de su costo. Las materias primas utilizadas en su fabricación pueden ser de origen natural, o sintético a partir de un corte petrolero [3]. La toxicidad de los tensoactivos está limitada y directamente relacionada con la fuente de origen, siendo favorecido por materiales renovables a base de materiales naturales [4]. Un material renovable es la colofonia la cual es una resina natural que se obtiene a partir de la exudación de pino y de árboles de coníferas [5]. La colofonia, es una mezcla de compuestos en los cuales el 90% es ácido llamado ácidos resínicos y el último 10% son compuestos neutros. Los ácidos resínicos tienen un dihidrofenantreno voluminoso característico y dos masas de actividad: un sistema conjugado de doble enlace y un grupo carboxilo que tienden a participar fácilmente en reacciones que proporcionan ácidos resínicos [6,7].

La resina es uno de los materiales de base biológica más baratos que puede usarse para reemplazar los tensoactivos basados en materia prima petroquímica. Los surfactantes de colofonia se han sintetizado y aplicado en diferentes campos tales como inhibidores de corrosión, dispersantes de derrames de petróleo y dispersantes de lodos de petróleo. [8-11]. De esta manera, la colofonia (resina) es un producto natural que se ha convertido en una fuente para la producción de bio-tensoactivos ecológicos que se utiliza ampliamente en cuestiones de protección del medio ambiente [12]. Por lo anterior, el propósito de este trabajo es la obtención de un surfactante ecológico, a partir de la resina de pino, a través de la formación de un diol en el ácido abiético.

PARTE EXPERIMENTAL

En la figura 1 se muestra la síntesis de dioles que se realizó a través de la hidroxilación de un alqueno, la cual consistió en añadir un grupo hidroxilo a cada carbono para formar dioles vecinales. Su formación se redujo a la adición de dos grupos hidroxilos al doble enlace. Obtención del ácido abiético hidroxilado (AAH).

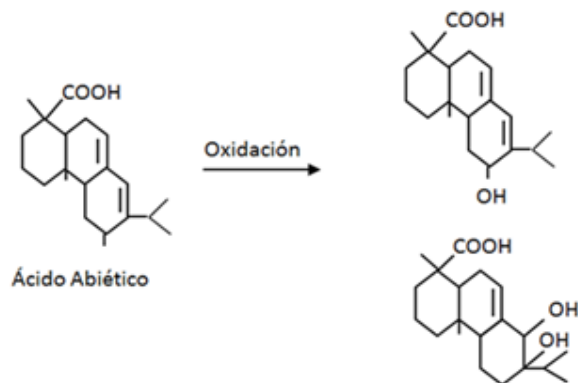


Figura 1. Hidroxilación del ácido abiético

El proceso de la reacción de hidroxilación del ácido abiético se muestra en la figura 2. La cual se llevó a cabo en un reactor de tres bocas, provisto de un condensador. Se utilizó una relación 6:4 en peso de brea/tolueno. Se mantuvo agitación y temperatura $80 \pm 2^\circ\text{C}$ constantes durante la adición del KMnO_4 0.1M al finalizar con la adición la temperatura se incrementó a $95 \pm 2^\circ\text{C}$ y se mantuvo constante. Se tomó una muestra de 120 ml a las cuatro horas de reacción denominada surfactante (S1). El resto de la muestra contenida en el matraz continuó con el calentamiento dos horas más para completar un tiempo total de reacción de 6 horas y se denominó surfactante (S2).



Figura 2. Proceso de reacción AAH

En la figura 3 se muestra el producto hidroxilado que se recuperó utilizando un embudo de separación para realizarle dos lavados y posteriormente fue sometido a destilación durante tres horas para evacuar el solvente utilizado y el agua formada durante la reacción. Posteriormente se dejó enfriar el producto a temperatura ambiente. Una vez realizada la hidrolisis las muestras se analizaron fisicoquímicamente, y se determinó el grado de inserción y caracterización estructural a través de métodos instrumentales.



Figura 3. Recuperación del producto hidroxilado

a) Caracterización físico-química

La determinación del color se realizó en base a la norma ASTM D-1544 utilizando un equipo comparador de color Gardner 705, Orbeco-Hillige (figura 4a). La muestra se disolvió en tolueno relación 1:1, se colocó dentro de una celda de vidrio, de inmediato se realizó la comparación visual y selección del número correspondiente a la muestra de acuerdo a la escala de colores (figura 4).



Figura 4. Determinación del color. a) colorímetro Gardner 705, b) muestra de surfactante, c) brea.

El índice de acidez se determinó de acuerdo a la norma ASTM D 465-92. Para esto se preparó una solución alcohólica de hidróxido de potasio 0.1 N y una solución neutra (tolueno/metanol). La determinación se realizó en base a la ecuación 1.

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{(\text{ml. de KOH})(N)(56.1)}{\text{gramos de muestra}} \quad \text{Ec.1}$$

Dónde:

ml. de KOH = Mililitros de solución de KOH empleados para llegar al color rosa.

N = Normalidad de la solución de KOH.

56.1 = Equivalente de KOH.

b) Caracterización estructural

La determinación del índice de hidroxilos se realizó bajo la norma ASTM E 1899-08 que utiliza el método de anhídrido acético-piridina. Éste evalúa la reacción química en la que se introduce un grupo hidroxilo (OH) en un compuesto reemplazando un átomo de hidrogeno. El valor del índice de

hidroxilos son los miligramos de hidróxido de potasio equivalentes al contenido de hidroxilos en un gramo de muestra. Para la determinación del índice de hidroxilos se utilizó la ecuación 2.

$$\text{Índice de Hidroxilos} = (56.11 \left(\frac{N}{PM} \right)) (VB + \left(\frac{(Pm)(A)}{(Pa)} \right) - Vm) \quad \text{Ec.2}$$

Dónde:

56.11 = Masa molecular del KOH.

N = Normalidad de la solución alcohólica de KOH.

Pm = Peso de la muestra en gr empleada para la acetilación.

Pa = Peso de la muestra en gr empleada para la determinación de ácido libre.

VB = Mililitros de solución alcohólica de KOH empleados en la titulación del blanco.

Vm = Mililitros de solución alcohólica de KOH empleados en la titulación del ácido residual en la muestra.

A = Mililitros de solución alcohólica de KOH utilizada en la titulación de ácido libre.

Cromatografía de gases (GC).

Las muestras fueron diluidas en acetato de etilo e inyectadas en un sistema GC-MS ISQ LT, Thermo Scientific, con un intervalo de masas de 1,2 a 1100 u, con software Thermo Scientific Xcalibur para el procesamiento de datos.

Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).

Las muestras se analizaron directamente por reflectancia total atenuada (ATR), a temperatura ambiente y presión atmosférica; utilizando un equipo FTIR Tensor 27 Bruker, con un rango de número de onda de 400 a 4000 cm^{-1} .

RESULTADOS

a) La caracterización físico-química comparativa entre la brea y los surfactantes se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Características físicas y químicas de la brea y los surfactantes

	Brea	Surfactante 1	Surfactante 2
Índice de Hidroxilos	2.03	3.0077	3.4024
Índice de acidez	158.2	129.1488	115.9278
Color	4 +	12 +	12 +
Rendimiento	-	-	60%
Apariencia	Sólido amarillo claro	Sólido vidrioso, color marrón	Consistencia viscosa, color marrón

Color.

Se observó una gran diferencia en la coloración entre la brea y los surfactantes formados a partir de la hidroxilación del ácido abiético, este aumento en intensidad de color de los surfactantes se debe al tiempo de exposición durante la reacción y la destilación del producto.

Índice de acidez.

Respecto al índice de acidez se muestra una disminución tanto en el S1 y S2, hasta en un 27% a partir de la brea. Esto debido a la incorporación de los grupos hidroxilo.

Índice de hidroxilos.

En cuanto al Índice de hidroxilos se observa un incremento en los surfactantes comparado con la resina sin hidroxilar, por lo que por en esta técnica se determina que si hubo formación de dioles.

b) Técnicas de caracterización instrumental.

Cromatografía de gases.

En la tabla 2, se muestra la composición química en porcentaje de la brea y los surfactantes obtenidos. La diferencia más notable entre la brea y el S1 se encuentra en el contenido de ácido dehidroabiético y abiético, mientras que para la brea y el S2, el cambio más significativo es en el ácido palústrico y abiético, este cambio se debe a la isomerización que sufren los ácidos resínicos durante el proceso de reacción.

Tabla 2. Composición química de la brea y los surfactantes

Ácidos resínicos	Brea	Surfactante (S1)	Surfactante (S2)
	(%)	(%)	(%)
Pimárico	9.1	9.19	10.97
Palústrico	8.99	8.93	11.29
Dehidroabiético	12.03	9	11.01
Abiético	10.38	10.98	11.34
Otros	59.5	61.9	55.39

La GC muestra para la brea un contenido de ácido dehidroabiético del 12.03% y abiético del 10.38%; después de la reacción de hidroxilación se obtuvo el S1, en el cual el ácido dehidroabiético disminuye un 3.03% y aumenta el ácido abiético un 0.6%. Para el S2 la concentración del ácido palústrico aumenta un 2.3% y el abiético aumenta un 0.96% respecto a la brea.

Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier.

En la figura 5 se presenta el espectro de FTIR comparativo de la brea y el S2. Donde se observa una débil señal a 3429 cm^{-1} correspondiente a grupos hidroxilos. En 1276 cm^{-1} y 1031 cm^{-1} se observa el enlace C-O que corresponde a una vibración de estiramiento por los puentes de hidrogeno intramolecular. Estas señales se ven intensificadas y definidas en el S2 comparado con la brea.

En la figura 6, se realizó una amplificación en un intervalo de 1600 a 1200 cm^{-1} . En donde se puede apreciar una señal de intensidad media a 1496 cm^{-1} , que es asignada al enlace C-O-H con una vibración dentro del plano. Se observa una señal muy intensificada en el surfactante 2. Las señales correspondientes a los dioles no se ven claramente, lo cual se puede atribuir a los bajos porcentajes de hidroxilación que se obtuvieron bajo el sistema de reacción empleado.

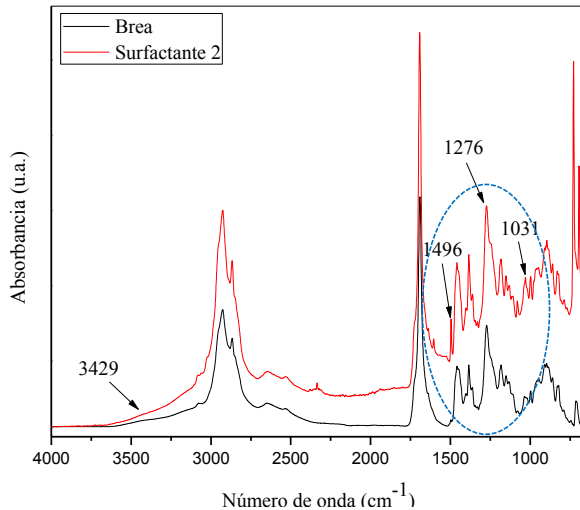


Figura 5. Espectro Infrarrojo del comparativo de la brea y el surfactante 2

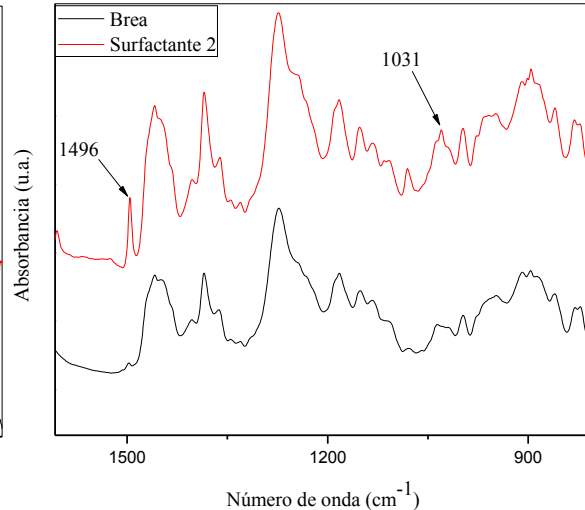


Figura 6. Amplificación de 1600 a 1200 cm^{-1} del espectro FTIR del comparativo de la brea y surfactante 2

CONCLUSIONES

El proceso de obtención del S2 fue el más adecuado dadas las condiciones de tiempo y temperatura de reacción, en donde se obtuvieron altos rendimientos y un mayor porcentaje de hidroxilación.

El índice de acidez de los surfactantes obtenidos es menor con respecto a la brea lo cual es proporcional y correspondiente al índice de hidroxilos resultante.

Por cromatografía de gases se identificaron los ácidos resínicos en la brea en donde el ácido abiético se encuentra en mayor proporción y éste sufre un proceso de isomerización durante la formación de los surfactantes incrementando la concentración del ácido palústrico y pimárico.

Los análisis de FTIR corroboran el proceso de hidroxilación de la brea.

BIBLIOGRAFÍA

1. Svensson, M., Holmberg, K., Marcel-Dekker. (1998). New York, NY, USA, p.257.
2. Richard, J. F. (2006). Chemistry and Technology of Surfactants, Blackwell Publishing, Oxford, UK, p.14.
3. Salager, J.L. (2002). Surfactantes Tipos y Usos. Cuaderno FIRP 300 A, Mérida-Venezuela, p.53
4. Jurado, E., Fernández-Serrano, M., Lechuga, M., Ríos, F. (2012). Environmental impact of ether carboxylic derivative surfactants. J Surfact Deterg, 15, 1–7.
5. Sinha, R. S., Kundu, A. K., Maiti, S. (1990). Polymers from renewable resources-13. Polymers from rosin acrylic acid adduct. European polymer journal, 26, 471–474.
6. Maiti, S., Ray, S. S., Kundu, A. K. (1989). Rosin: A renewable resource for polymers and polymer chemicals. Progress in polymer science, 14, 297–338.
7. Wang, J. F., Lin, M. T., Wang, C. P., Chu, F. X. (2009). Study on the synthesis, characterization, and kinetic of bulk polymerization of disproportionated rosin (β -acryloxyl ethyl) ester. Journal of applied polymer science, 113, 3757–3765.

8. Atta, A. M., Ramadan, A. M., El-Shafay, K. A., Mohamed, A. M., Ragab, N. S., Fekry, M. (2009). Synthesis and properties of nonionic surfactants from rosin-imides maleic anhydride adduct. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 30, 1100–1110.
9. Atta, A. M., Abdel-Rauf, M. E., Maysour, N. E., Gafer, A. K. (2010). Water based oil spill dispersants based on rosin formaldehyde resins. *Journal of dispersion science and technology*, 31, 583–595.
10. Atta, A. M., y Elsaheed, A. M. (2011). Use of rosin-based nonionic surfactants as petroleum crude oil sludge dispersants. *Journal of applied polymer science*, 122, 183–192.
11. Atta, A. M., El-Mahdy, G. A., Ismail, H. S., Al-Lohedan, H. A. (2012). Effects of water soluble rosin on the corrosion inhibition of carbon steel. *International journal of electrochemical science*, 7, 11834–11846.
12. Atta, A. M., El-Mahdy, G. A., Al-Lohedan, H. A., El-Saeed, S. M. (2015). Application of Nonionic Surfactants based on Rosin As Corrosion Inhibitor for Tubing Steel During Acidization of Petroleum Oil and Gas Wells. *International journal of electrochemical science*, 10, 8 – 21.

IMPLEMENTACIÓN DE UN CONVERTIDOR REDUCTOR MULTIFASE PARA REDUCCIÓN DEL RIZO DE CONMUTACIÓN

Paola Daniela Machaén Zaragoza, José Miguel Sosa Zúñiga, Cesar Augusto Limones Pozos
danymachaen95@gmail.com, jmsosa@ieee.org, cesar.limones@itesi.edu.mx

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

Se presenta el diseño y la implementación en lazo cerrado de un convertidor CD-CD reductor de voltaje de dos fases de conmutación. El objetivo de este convertidor controlado es reducir las componentes de conmutación en la corriente de salida y regular el voltaje de la carga, siendo así una solución apropiada para cargas eléctricas sensibles, así como para equipo de medición. Se presenta el diseño, resultados de simulación numérica y finalmente resultados experimentales que corroboran un desempeño satisfactorio del prototipo implementado que podrá utilizarse posteriormente para evaluar controladores con objetivos académicos o de investigación.

INTRODUCCIÓN

Los convertidores de electrónica de potencia son dispositivos conformados con base en dispositivos semiconductores de conmutación y elementos pasivos como inductores y capacitores que permiten adaptar y transformar la energía eléctrica entre sus diferentes formas [1]. Entre ellos se encuentran los rectificadores que adecuan la energía eléctrica de su forma de corriente alterna CA a corriente directa CD, los inversores que adecuan la energía eléctrica de CD a CA, los cicloconvertidores de su forma de CA a CA y los convertidores de CD que adecuan la energía eléctrica entre distintos valores de CD [1,2,3].

En particular los convertidores de CD adecuan la energía eléctrica que proviene de una fuente de potencia de corriente directa fija o variable y tienen aplicaciones como fuentes de potencia para diversos dispositivos electrónicos y máquinas eléctricas [2]. Por ejemplo, se pueden encontrar en el control de velocidad de motores, en controles de carga de batería y en sistemas de iluminación electrónica basada en LED. En sistemas de energías alternativas juegan un papel muy importante, por ejemplo, en la adecuación de la energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos y en sistemas eólicos, en la carga y descarga de supercapacitores, en la gestión de energía en celdas de combustible, en la transferencia de energía inalámbrica y en vehículos eléctricos e híbridos [4,5,6].

Los convertidores de CD basan su operación en la conmutación entre distintos circuitos equivalentes, en un periodo de tiempo dado, que se forman al activar o desactivar de manera periódica los semiconductores de potencia. Inherentemente esta operación conmutada resulta en corrientes y voltajes que tienen fluctuaciones en cada periodo de conmutación. Tales fluctuaciones se les conocen como rizo de conmutación. Algunas cargas eléctricas de CD sensibles como baterías, capacitores, sistemas de iluminación electrónica y sistemas de medición demandan corrientes y voltajes con un rizo de conmutación reducido. Una de las soluciones propuestas en la literatura especializada es implementar convertidores con más de una celda de conmutación a los cuales se les da el nombre de convertidores multifase. Estos convertidores multifase presentan efectos positivos en la eficiencia y en la vida útil de los dispositivos electrónicos [7].

En este artículo se presenta el análisis de un convertidor de CD reductor de dos fases de conmutación donde el voltaje promedio a la salida es menor que el voltaje de entrada [3].

TEORÍA

La Figura 1 muestra el diagrama esquemático de un convertidor CD reductor de dos fases de conmutación. Este convertidor está compuesto por dos diodos D_1 y D_2 , dos semiconductores de conmutación controlada o activa Q_1 y Q_2 , dos inductores L_1 y L_2 y un capacitor C . La carga del convertidor se asume resistiva de valor R y la fuente de voltaje de entrada es constante de valor V_S .

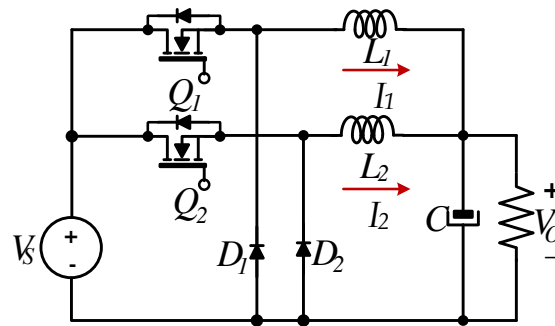


Figura 1. Diagrama esquemático de un convertidor CD reductor de dos fases de conmutación.

La operación del convertidor en modo de conducción continua, MCC, se puede aproximar mediante su modelo promedio siempre y cuando la frecuencia de conmutación sea suficientemente alta [7]. La modulación por ancho de pulso PWM para el convertidor consta de dos secuencias de conmutación para cada uno de los semiconductores Q_1 y Q_2 . La secuencia de conmutación para Q_1 se puede generar mediante la comparación de una señal de referencia constante con una señal moduladora a alta frecuencia. Para Q_2 es la misma secuencia de conmutación que para Q_1 , pero con un desfase de 180° [8]. Dependiendo del ciclo de trabajo k del convertidor, se presentan tres diferentes casos de secuencias de conmutación entre circuitos equivalentes del convertidor. Se denominarán Caso I: cuando $k < 0.5$, Caso II: cuando $k = 0.5$ y caso III: cuando $k > 0.5$. Estos circuitos equivalentes resultan de todas las posibles combinaciones de estados de conducción y de circuito abierto de los semiconductores Q_1 y Q_2 y se describen a continuación.

CASO I

Este se presenta cuando $k < 0.5$ y se tienen cuatro modos de operación. Existe un periodo de tiempo en donde ninguno de los dos semiconductores está activo, En la Figura 2 se muestra la gráfica correspondiente donde $T = 1/f$ es el periodo de conmutación. Los modos de operación que se obtuvieron corresponden a:

Modo I: Q_1 conduciendo en $0 < t < kT$.

Modo II: Q_1 y Q_2 abiertos en $kT < t < T/2$.

Modo III: Q_2 conduciendo en $T/2 < t < (k + 1/2)T$.

Modo IV: Q_1 y Q_2 abiertos en $(k + 1/2)T < t < T$.

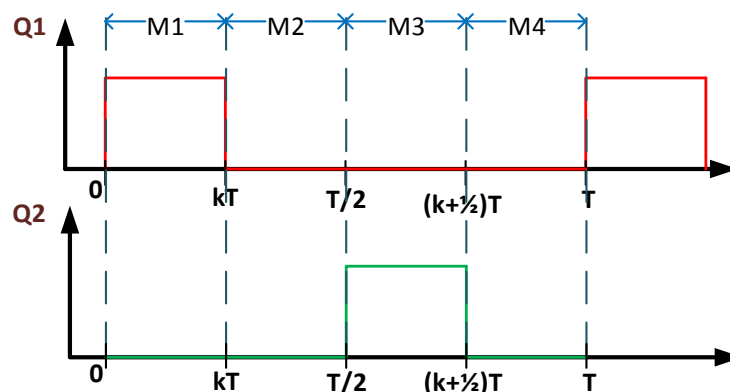


Figura 2. Gráficas de conmutación para k menor a 0.5.

CASO II

Este caso se presenta cuando el ciclo de trabajo es $k = 0.5$. Se tiene entonces una conmutación alternada de los semiconductores, cuando Q_1 se encuentra conduciendo, Q_2 se encuentra abierto y viceversa. Por lo tanto, la operación del convertidor conmuta solamente entre dos modos de operación. En la Figura 3 muestra la gráfica correspondiente. Los modos de operación que se obtuvieron corresponden a:

Modo I: Q_1 conduciendo y Q_2 abierto en $0 < t < T/2$.

Modo II: Q_1 abierto y Q_2 conduciendo en $T/2 < t < T$.

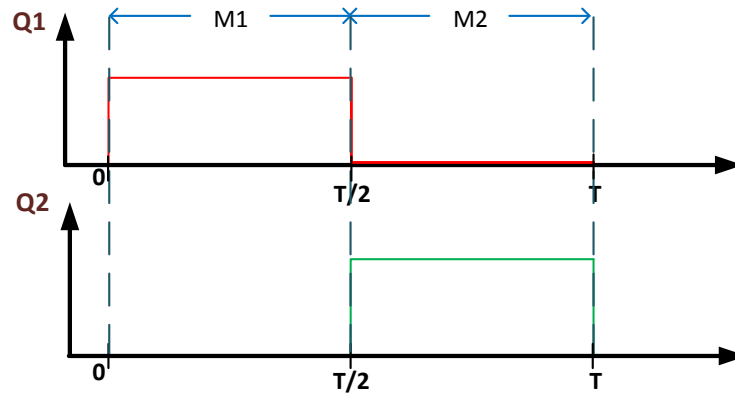


Figura 3. Gráficas de conmutación para $k=0.5$

CASO III

Al igual que el Caso I nos presenta cuatro modos de operación, pero al tener un ciclo de trabajo mayor a 0.5 , en un mismo intervalo de tiempo los dos semiconductores Q_1 y Q_2 están conduciendo simultáneamente durante un instante de tiempo. En la Figura 4, se muestra la gráfica correspondiente. Los modos de operación que se obtuvieron corresponden a:

Modo I: Q_1 y Q_2 conduciendo en $0 < t < (k - 1/2)T$.

Modo II: Q_1 conduciendo y Q_2 abierto en $(k - 1/2)T < t < T/2$.

Modo III: Q_1 y Q_2 conduciendo en $T/2 < t < kT$.

Modo IV: Q_1 conduciendo y Q_2 abierto en $kT < t < T$.

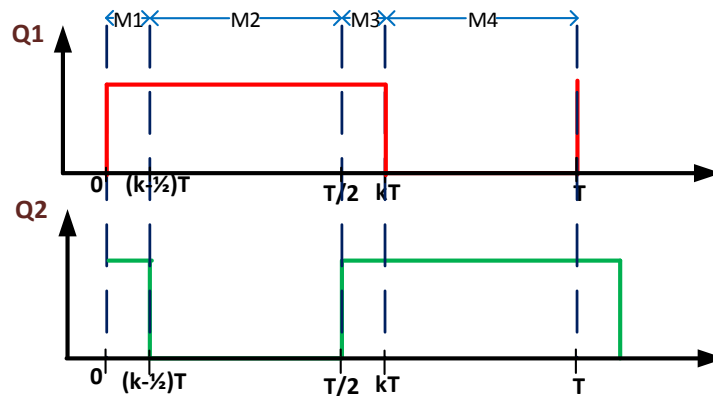


Figura 4. Gráficas de conmutación para $k>0.5$

Ahora bien, al obtener las gráficas y las respectivas ecuaciones de cada uno de los circuitos equivalentes en los diferentes modos de operación se obtiene el modelo promedio del convertidor [9]. El modelo promedio está dado por la ecuación

$$Q\dot{x} = Ax + Bk$$

Donde las variables de estado del modelo promedio están definidas por las siguientes ecuaciones.

$$x_1 = i_1, \quad \dot{x}_1 = \frac{di_1}{dt}; \quad x_2 = i_2, \quad \dot{x}_2 = \frac{di_2}{dt}, \quad x_3 = v_c, \quad \dot{x}_3 = \frac{dv_c}{dt}$$

Por lo tanto, el modelo promedio de nuestro convertidor se muestra a continuación:

$$\begin{bmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ 0 & L_2 & 0 \\ 0 & 0 & C \end{bmatrix} \dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1/R \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} V_s \\ V_s \\ 0 \end{bmatrix} k$$

Donde $x = [x_1, x_2]'$ es el vector de estados, $\dot{x} = [\dot{x}_1, \dot{x}_2]'$ es el vector de las derivadas en el tiempo de las variables de estado.

PARTE EXPERIMENTAL

En esta sección se presenta la evaluación numérica en lazo cerrado del convertidor mediante un controlador que consiste en un lazo de regulación de voltaje de salida y otro lazo de seguimiento de corriente. El diseño de este controlador asume una separación entre las escalas de tiempo de las dinámicas de voltaje y corriente. Los parámetros de operación del sistema tanto de simulación como en resultados experimentales fueron fijados como dicta la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de operación del sistema

Parámetro	Valor
Voltaje de entrada V_s	48 V_{DC}
Ciclo de trabajo k	0.3 - 0.7
Frecuencia de conmutación f	20 kHz
Carga R	10Ω - 20Ω
Inductor L	500μH
Capacitor C	5μF
k_{pv}	0.03
k_{tv}	18
k_{pc}	0.001
k_{tc}	0.00025

Se realizaron pruebas de cambios de carga con R tomando valores de **10 Ω** y **20 Ω** , y cambios de ciclo de trabajo tomando valores de **$k = 0.3$** y **$k = 0.7$** .

SIMULACIONES LAZO CERRADO

Para las pruebas en lazo cerrado; el controlador que se propone se basa en dos lazos de corriente que consisten en controladores Proporcional-Integral PI, sobre los errores de corriente y de voltaje respectivamente. Cada uno de estos lazos de control se diseña de forma desacoplada apelando a la diferencia relativamente grande entre las dinámicas de corrientes de los inductores y voltaje del capacitor del convertidor. En la Figura 5 se muestra un diagrama a bloques del controlador implementado.

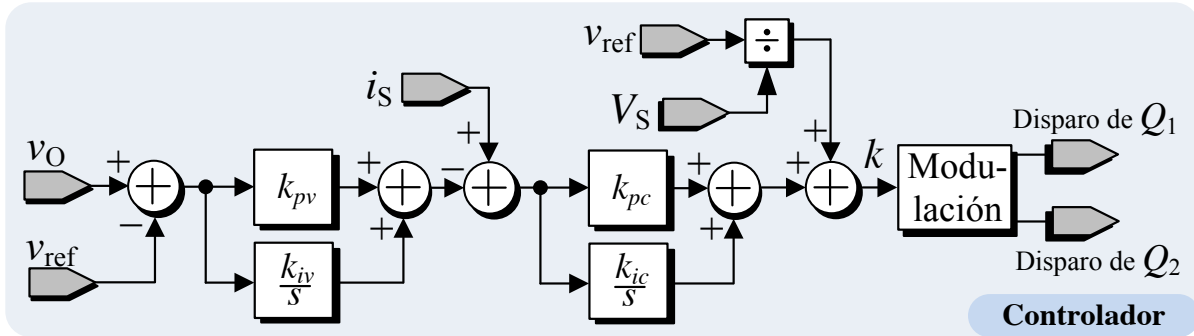


Figura 5. Diagrama de bloques del controlador implementado.

Al tener el controlador, se procede a realizar las simulaciones con cambio de carga y ciclo de trabajo en un intervalo de $3s$, en la Figura 6A). Se presenta el cambio de carga de 10Ω a 20Ω y de 20Ω a 10Ω con un ciclo de trabajo de $k = 0.7$

En la Figura 6A) se observa que el voltaje de salida debe mantenerse regulado al valor del voltaje de referencia aunque existen los cambio de carga. Se observan transitorios sobre el voltaje de salida con tiempos de establecimiento relativamente cortos. Los valores de estado estacionario con la carga de 10Ω se tiene que $v_o = 33.6v$, $i_{L1} = 1.24A$ y $i_{L2} = 1.24A$. Con el valor de carga de 20Ω se obtiene que $v_o = 33.6v$, $i_{L1} = 2.1A$ y $i_{L2} = 2.1A$.

La Figura 6B), muestra los resultados en simulación al realizar cambios del ciclo de trabajo en un intervalo de $3s$. Los cambios establecidos son de $k = 0.3$ a $k = 0.7$ y de $k = 0.7$ a $k = 0.3$.

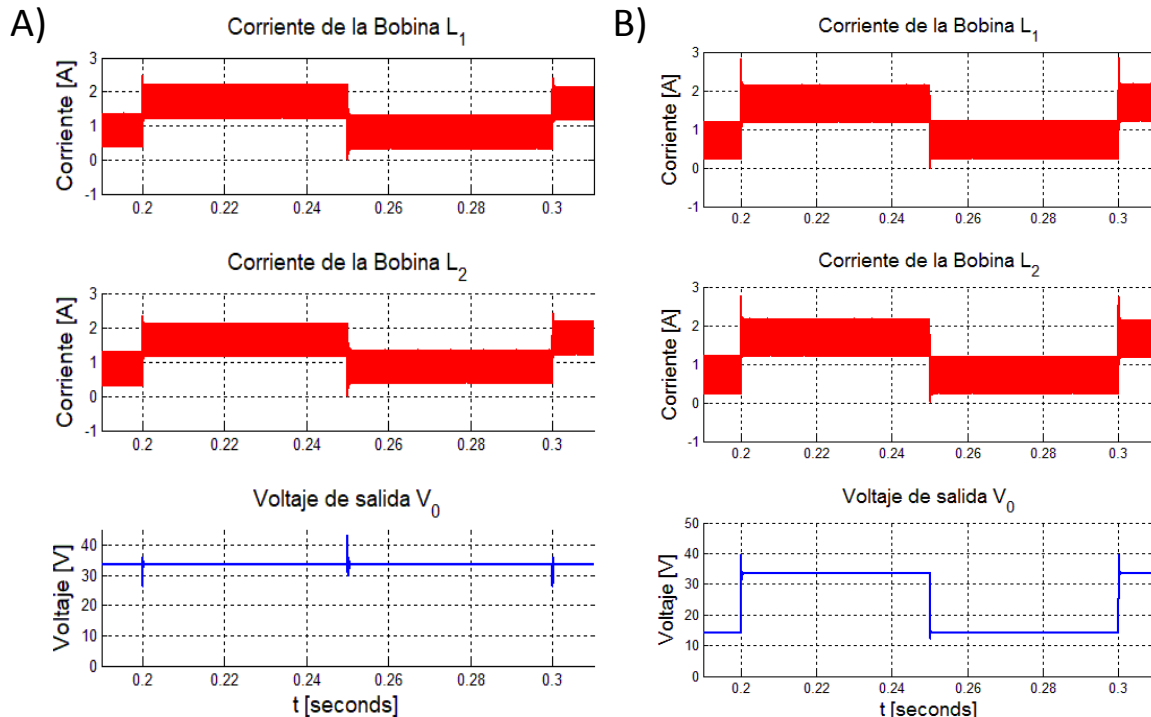


Figura 6. A) Cambio de carga de 10Ω a 20Ω en $0.2s$, y de 20Ω a 10Ω en $0.25s$. B) Cambio de ciclo de trabajo de $k = 0.3$ a $k = 0.7$ en $0.2s$ y de $k = 0.7$ a $k = 0.3$ en $0.25s$. De arriba abajo se muestran corriente en el primer inductor i_{L1} (vert. 1 A/div, hor. 20ms/div), corriente en el segundo inductor i_{L2} . (1 A/div) y voltaje de salida v_o (10 V/div).

En Figura 6B), se observa que el voltaje de salida cambia siguiendo la referencia de voltaje dada por la relación de conversión del convertidor. En esta topología el voltaje es regulado por el ciclo de trabajo; para realizar esta prueba se fija la resistencia de carga a 10Ω . Con $k = 0.3$ se obtiene que: $v_0 = 14.4v$, $i_{L1} = 1.24 A$ y $i_{L2} = 1.24 A$. Con $k=0.7$ se obtiene que $v_0 = 33.6v$, $i_{L1} = 2.15 A$ y $i_{L2} = 2.15 A$.

RESULTADOS

En esta sección se muestran resultados experimentales realizados sobre un prototipo de laboratorio del convertidor reductor multifase. La Figura 7 muestra el prototipo experimental implementado. Se utilizaron MOSFETS IRFPC60LC y diodos de conmutación rápida MUR3060PT. Los inductores fueron devanados en núcleos de ferrita individuales del tipo ETD. Se usó un capacitor no polarizado de película para el capacitor de salida y los disparos de los MOSFETS fueron aislados de la etapa de control mediante fibra óptica.

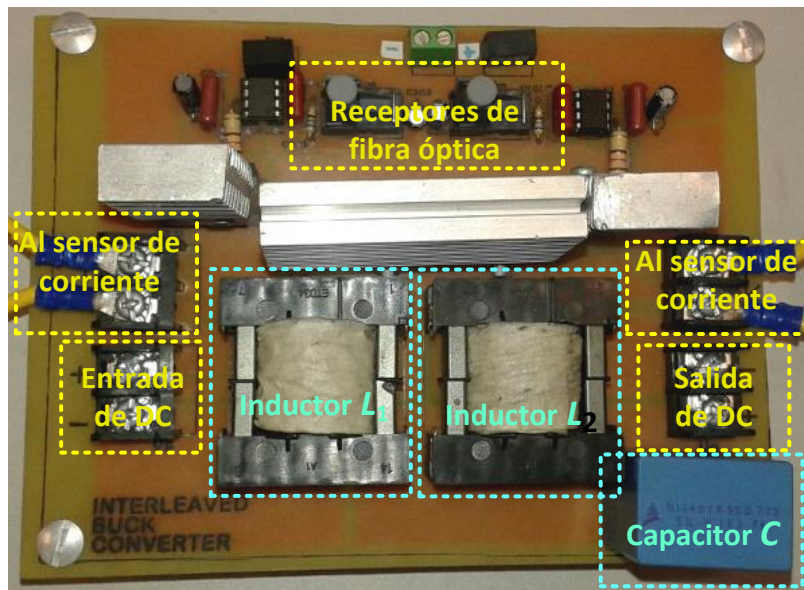


Figura 7. Prototipo implementado del convertidor reductor de dos fases de conmutación.

Los escenarios de pruebas realizadas coinciden con los de simulación numérica reportada en la sección anterior. La implementación del controlador que se muestra en la Figura 5 se realizó en una tarjeta de control dSPACE 1104 y se retroalimentaron las mediciones de corriente de la fuente y de voltaje de salida del convertidor. Los parámetros del convertidor son los que se muestran en la Tabla 1.

En la Figura 8, se muestra los cambios de carga establecidos realizados con un ciclo de trabajo de $k = 0.7$. El voltaje se debe mantener regulado a un valor constante y las corrientes se modifican para proveer a la carga la potencia necesaria cuando se presenta el cambio en la resistencia de carga. Los valores en estado estacionario con una resistencia de carga de 10Ω son $v_0 = 33V$, $i_{L1} = 1.1 A$ y $i_{L2} = 1.1 A$. Con un resistencia de 20Ω se obtiene que $v_0 = 33v$, $i_{L1} = 2.1 A$ y $i_{L2} = 2.1 A$. Esto puede ser corroborado en la Figura 8. De la misma figura se observan transitorios suaves y rápidos en el voltaje de salida del convertidor y que la forma de onda de las corrientes a través de los inductores es semejante.

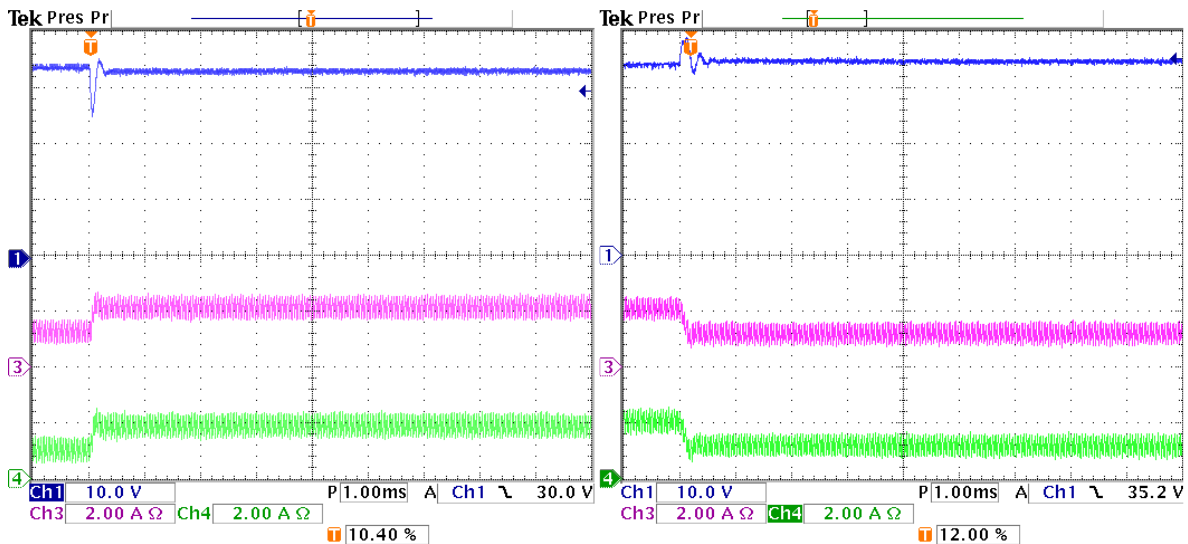


Figura 8. Resultado en lazo cerrado con un ciclo de trabajo de $k = 0.7$. Cambio de carga de 10Ω a 20Ω y 20Ω a 10Ω . De arriba abajo se muestran voltaje de salida v_o (vert. 10 V/div, hor. 2ms/div), corriente en el primer inductor i_{L1} (2 A/div) y corriente en el segundo inductor i_{L2} . (2 A/div).

La Figura 9 presenta los resultados experimentales sobre el prototipo cuando se presenta un cambio en el voltaje de salida que representa ciclos de trabajo del convertidor entre 0.3 y 0.7. Los valores en estado estacionario para un ciclo de trabajo de $k = 0.3$ son $v_o = 14.4\text{V}$, $i_{L1} = 0.9\text{A}$ y $i_{L2} = 0.9\text{A}$, y para un ciclo de trabajo de $k=0.7$ son $v_o = 33.5\text{V}$, $i_{L1} = 1.4\text{A}$ $i_{L2} = 1.4\text{A}$.

Se observa que con el prototipo experimental se tienen pérdidas de potencia observables de los resultados experimentales debido a conmutación, conducción o pérdidas de potencia en los elementos pasivos.

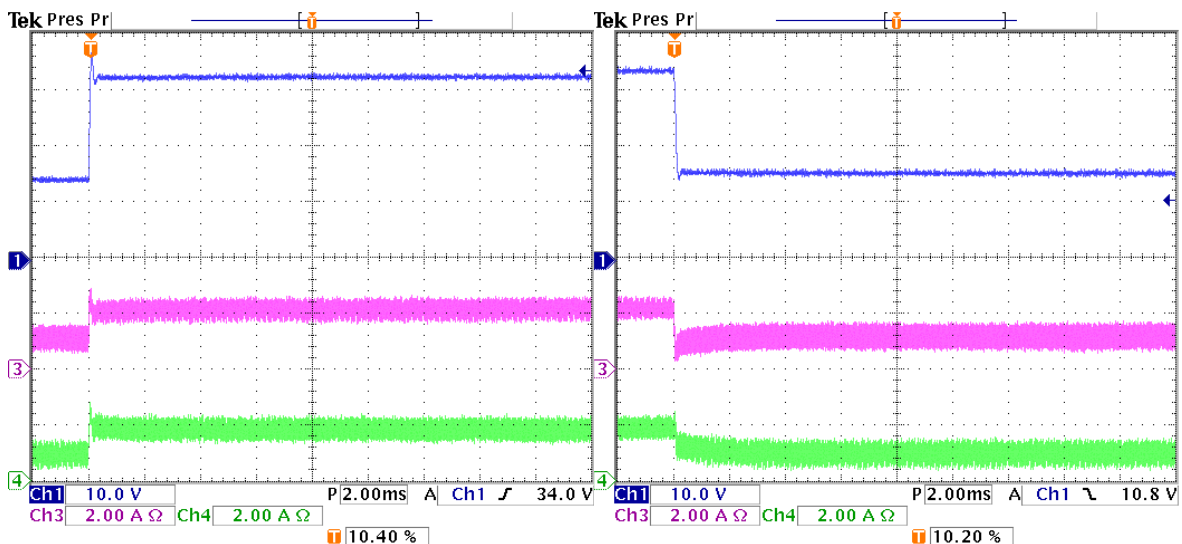


Figura 9. Resultado en lazo cerrado con una resistencia de $R = 10\Omega$. Cambio de ciclo de trabajo de $k = 0.3$ a $k = 0.71$ y $k = 0.7$ a $k = 0.3$. De arriba abajo se muestran voltaje de salida v_o (vert. 10 V/div, hor. 2ms/div), corriente en el primer inductor i_{L1} (2 A/div) y corriente en el segundo inductor i_{L2} . (2 A/div).

CONCLUSIONES

En este artículo se presentan la evaluación de un convertidor reductor de dos fases de conmutación en lazo cerrado. Este convertidor logra una reducción efectiva en las componentes de conmutación

en el voltaje y en la corriente de salida. La operación en lazo cerrado mostró un desempeño satisfactorio. El controlador fue diseñado mediante dos lazos basados en controladores proporcional-integrales sobre la corriente de la fuente y sobre el voltaje de salida. Estos lazos fueron diseñados de manera desacoplada debido a la separación de tiempo entre las dinámicas de corriente y voltaje. El controlador hace uso de la corriente de la fuente y no de la corriente de los dos inductores lo que reduce en uno el número de sensores de corriente necesarios para la implementación. Esto tiene un efecto sobre la diferencia de las corrientes promedio en los inductores durante las respuestas transitorias tanto a cambio de voltaje de referencia como a cambio de resistencia de carga. Sin embargo esta diferencia converge hacia cero en el estado estacionario con un comportamiento amortiguado.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. H. Rashid, "Electrónica de Potencia", México, Pearson Educación, 2004.
2. J. G. Kassakian, M. F. Schlecht, G. C. Verghese, "Principles of Power Electronics," Addison-Weasley Publishing Company, Massachusetts, 1991.
3. N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, "Electronica de Potencia", Mc Graw Hil Education, Mexico D.F, 2009.
4. S. Kjaer, J. Pedersen, and F. Blaabjerg, "A review of single-phase gridconnected inverters for photovoltaic modules," *Industry Applications*, IEEE Transactions on, vol. 41, no. 5, pp. 1292–1306, Sept 2005.
5. N. Denniston, A. Massoud, S. Ahmed, and P. Enjeti, "Multiple-module high-gain high-voltage DC-DC transformers for offshore wind energy systems," *Industrial Electronics*, IEEE Transactions on, vol. 58, no. 5, pp. 1877–1886, May 2011
6. M. Mohr, W. Franke, B. Wittig, and F. Fuchs, "Converter systems for fuel cells in the medium power range, a comparative study," *Industrial Electronics*, IEEE Transactions on, vol. 57, no. 6, pp. 2024–2032, June 2010.
7. M. B. Bayram, I. Sefa, S. Balci. (2017), "A static exciter with interleaved Buck converter for synchronous generators", *International Journal of Hydrogen energy*, vol 42, issue 25, julio 2017, pp. 17760-17770.
8. J. M. Sosa, E. D. Silva-Vera, G. Escobar, P. R. Martinez-Rodriguez and A. A. Valdez-Fernández, "Control design for a quadratic buck converter with LC input filter," 2016 13th International Conference on Power Electronics (CIEP), Guanajuato, 2016, pp. 149-154. doi: 10.1109/CIEP.2016.7530747.
9. P. D. Machaén, J. M. Sosa y C. A. Limones, "Implementación de un convertidor reductor multifase para reducción del rizo de conmutación", *Jóvenes en la Ciencia*, vol 3, núm. 2, 2017, Guanajuato, 2017, pp. 422-426.

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOESFERAS DE TiO₂

Kevin Manuel Esparza Ramírez¹, Virginia Francisca Marañón Ruiz¹, Corinna Janeth Enríquez Sánchez¹, Héctor Pérez Ladrón de Guevara², Jesús Castañeda Contreras², Rubén Arturo Rodríguez Rojas², Rita Judit Patakfalvi¹ y Roger Chiu Zarate²

¹. Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida. ². Departamento de Ciencias Exactas y Tecnología. Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara. Enrique Díaz de León 1144, Col. Paseo de la Montaña, C.P. 47460, Lagos de Moreno, Jalisco. Correo: vmaranonr@gmail.com.

RESUMEN

En la fabricación de las celdas solares sensibilizadas por colorante (DSSC) la titania es el material por excelencia utilizado como electrodo, esto debido a sus propiedades foto-catalíticas, bajo costo y absorción en un pequeño rango del ultravioleta del espectro electromagnético [1]. Tradicionalmente se emplean nanopartículas [1], y se ha estudiado la eficiencia de conversión que se obtiene con estructuras esféricas huecas obtenidas por diversas técnicas [2]. Estas estructuras presentan eficiencias que duplican la práctica convencional con nanopartículas [3]. En este trabajo se estudió la síntesis de estructuras huecas (nanoesferas) de titania (TiO₂) por proceso de auto-ensamble utilizando Isopropóxido de Titanio como precursor con plantilla de PMMA que fue removida por medio de tratamiento térmico (calcinación a 500 °C), con lo cual se obtuvieron estructuras tridimensionales de entre 30-40 nm de diámetro caracterizadas por AFM, UV-VIS y XRD, y se observaron ambas fases Anatasa y Rutilo del TiO₂. La fase anatasa se observó a un ~20-30%, mientras que la fase rutilo se presentó dominante ~70-80%. Con esto, se podrá estudiar su efecto en la eficiencia de conversión de luz de las DSSC utilizándolas como electrodo en trabajo posterior.

INTRODUCCIÓN

El dióxido de titanio (TiO₂) se ha convertido en el semiconductor por excelencia debido a las ventajas que ofrece para sensibilización fotoquímica y foto-electroquímica: es un material de bajo costo, abundante, no tóxico y biocompatible. Tanto así, que incluso es utilizado en productos para cuidado de la salud, así como en aplicaciones domésticas como la pigmentación de pintura. La celda solar sensibilizada por colorante (DSSC) estándar, propuesta por Grätzel [1], utiliza TiO₂ nanocrystalino en fase anatasa (A) con tamaño de partícula promedio de ~15 nm y bandgap de 2.7-3.2 eV. En cuanto a preferencia de fase, las propiedades y resultados son muy similares entre las fases A y rutilo (R). Sin embargo, aunque su voltaje en circuito abierto es idéntico, se observa una corriente en corto circuito 30% menor para la fase R en DSSC estándar, lo que significa que el transporte de electrones es más lento en celdas con la fase R [4]. En este trabajo se utiliza un método de síntesis para generar nanoestructuras esféricas de TiO₂ por autoensamblado en plantillas de PMMA posteriormente removidas por calcinación. Este método prueba ser una manera sencilla, rápida y efectiva para la producción de polvos finos.

TEORÍA

Las estructuras huecas inorgánicas (como lo son TiO₂, SiO₂, ZnO, SnO₂, etc.) han atraído mucha atención en las últimas décadas debido a sus propiedades en fotocatalisis, sensores, baterías de ion Litio o suministro de medicamento. Esta morfología provee de una gran área superficial, baja densidad, cosecha de luz efectiva y propiedades ópticas, eléctricas, mecánicas, foto-electroquímicas y catalíticas particulares, entre otras.

Se conocen tres diferentes rutas de síntesis para la obtención de estas estructuras en materiales. El primero, el método de plantilla dura se basa en utilizar polímeros, carbón o sílice como núcleo o "core" para la formación de partículas "core-shell", donde el "shell" o cascarón es del material que se quiere sintetizar y el núcleo es removido posteriormente por medio de tratamiento térmico o disolución [5]. El segundo, es un método con plantilla suave, tales como micelas o vesículas, que permiten la fácil remoción del núcleo, sin embargo, este método lleva a un control muy pobre de la morfología y monodispersión de las partículas [6]. La última ruta corresponde a una síntesis libre de plantilla que

involucra un proceso disolución/recristalización basado en el mecanismo de Ostwald Ripening. Este último combina las ventajas de ambos métodos iniciales [7]. En la Figura 1 se puede observar el proceso general de los primeros dos métodos para la síntesis de Nanoesferas (NE).

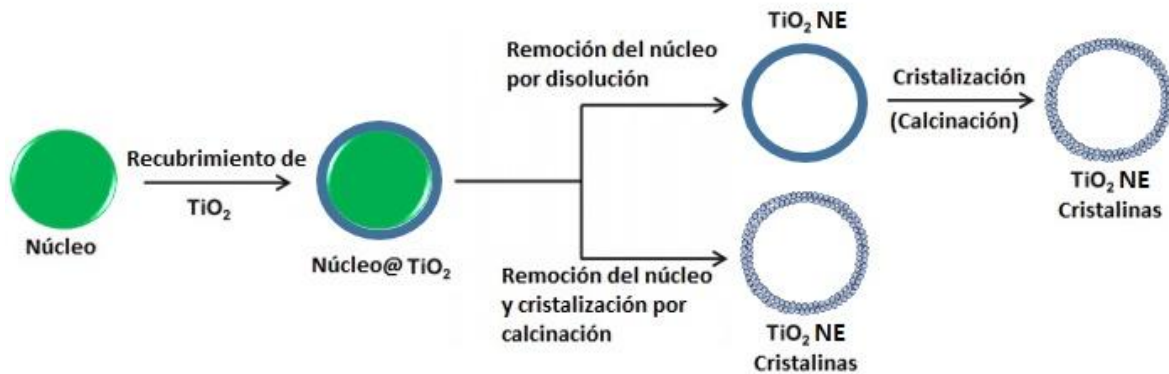


Figura 1 Rutas básicas de síntesis para la formación de nanoesferas de TiO_2 .

En los métodos reportados en la literatura para la síntesis de nanoesferas se encuentran el hidrotérmico y solvotérmico, que utilizan el mecanismo de Ostwald Ripening. Estos métodos emplean equipos especializados como autoclave con envase de teflón recubierto de acero inoxidable en los que se maneja alta presión y temperatura [8, 9]. En este trabajo se propone que el uso de una plantilla esférica ayuda a la formación de esferas de TiO_2 de tamaño nanométrico, utilizando un método Sol rápido para generar el shell de TiO_2 .

PARTE EXPERIMENTAL

Síntesis de las Nanoesferas de TiO_2

Se agregan 2 g (1 eq., 0.02 mol) de polimetilmetacrilato marca Alfa-Aesar (PMMA, $(\text{C}_5\text{O}_2\text{H}_8)_n$) y se agregan 4.2 mL (1.38 eq., 0.027 mol) de Isopropóxido de Titanio marca Sigma-Aldrich (TTIP, $\text{C}_{12}\text{H}_{28}\text{O}_4\text{Ti}$). El paso siguiente puede proceder de dos maneras:

1. Secar durante 20 minutos (etiquetado como O1).
2. Agregar 4 mL de H_2O y secar por 20 minutos (etiquetado como O2).

En el último paso se hace remoción del núcleo de PMMA por medio de calcinación a $200\text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 hrs y $500\text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 hrs, ambos con rampas de calentado y enfriado de $1\text{ }^\circ\text{C}/\text{minuto}$.

Caracterización

Los productos resultantes (polvos) fueron caracterizados por medio de Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) Nanosurf Easyscan2 para obtener morfología y tamaño/dispersión de partícula, espectroscopía UV-Vis por medio de Reflectancia Difusa Thorlabs para la determinación del bandgap, espectroscopía Raman Horiba Xplora y Difracción de Rayos X (XRD) Bruker D2 Phaser para la determinación de fase cristalina y corroboración de tamaño promedio de cristal, así como espectroscopía FT-IR ATR Perkin Elmer Frontier para observación de vibraciones características.

RESULTADOS

Con ambos métodos se obtuvieron rendimientos de $\sim 45\%$ tanto para O1 como para O2. En la Figura 2 se muestran las esferas de TiO_2 por medio de AFM, donde se observa su tamaño $\sim 30\text{-}40\text{ nm}$.

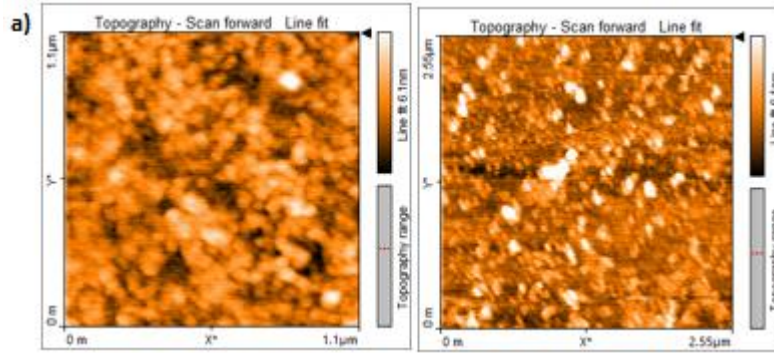


Figura 2 Topografía de esferas sobre sustrato de vidrio y medido en AFM, a) O1 b) O2.

En la Figura 3 se puede observar el espectro de absorción UV-Vis por el cual se determinó el bandgap de las muestras, el cual fue de: O1 = 2.98 y O2 = 2.89 eV.

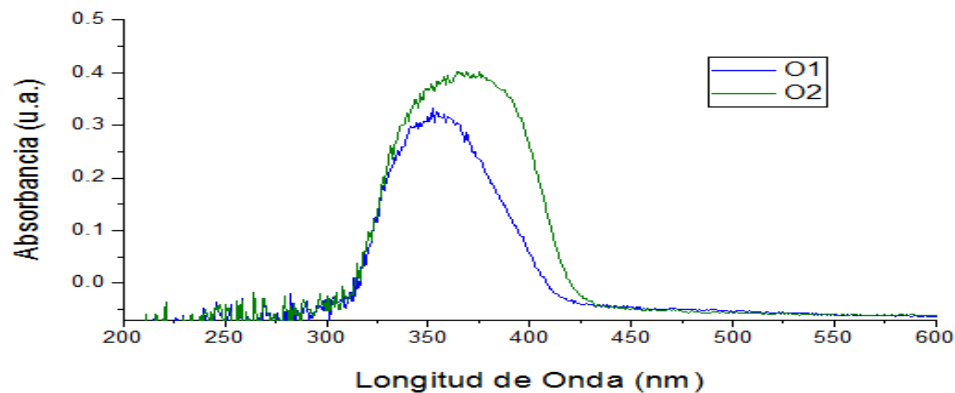


Figura 3 Espectro de absorción en UV-Vis para las muestras O1 y O2 por medio de Reflectancia Difusa.

En la Figura 4 se observan los espectros de FT-IR ATR de las muestras O1 y O2, donde se pueden apreciar las vibraciones características en la zona de los óxidos metálicos comprendida entre $1000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. La excepción se encuentra en la muestra O1, que presenta un pico en 2324 cm^{-1} , lo que podría significar la adsorción de moléculas de dióxido de carbono en el material. También, se obtuvieron vibraciones características en Raman, donde se observa inicialmente fases dominantes diferentes (O1 A y O2 R) con picos de vibración de A en $640, 513, 395$ y 141 cm^{-1} y uno de R en 477 cm^{-1} respectivamente; y picos de vibración de R en $610, 447, 235$ y 143 cm^{-1} , respectivamente los cuales concuerdan con la literatura y que se pueden observar en la figura 5 [10]. Sin embargo, en la Figura 6 se observan los espectros de Difracción de Rayos X en polvo de las muestras O1 y O2, que comparados con la literatura se aprecia mezcla de fases para ambos productos en los que domina la fase R (O1 \sim [30% A – 70% R] y O2 \sim [20% A – 80% R]) [11]. Por medio del pico más significativo de la difracción de Rayos X, se puede deducir un tamaño promedio de cristal según la ecuación de Scherrer. Se determinó el tamaño promedio de cristal en O1 $\sim 35.18\text{ nm}$ y O2 $\sim 30.18\text{ nm}$, esto concuerda con las mediciones previas en AFM.

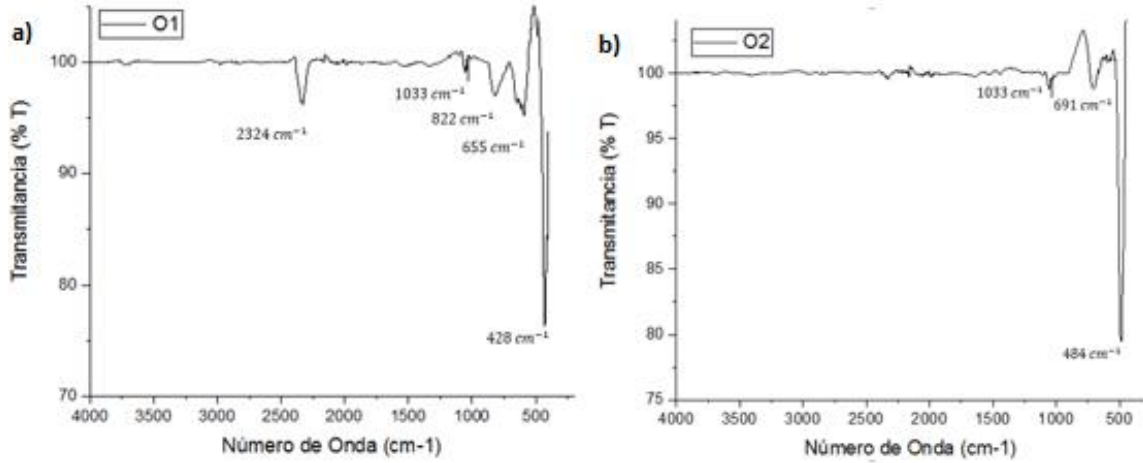


Figura 4 Espectros FT-IR ATR de a) O1 y b) O2.

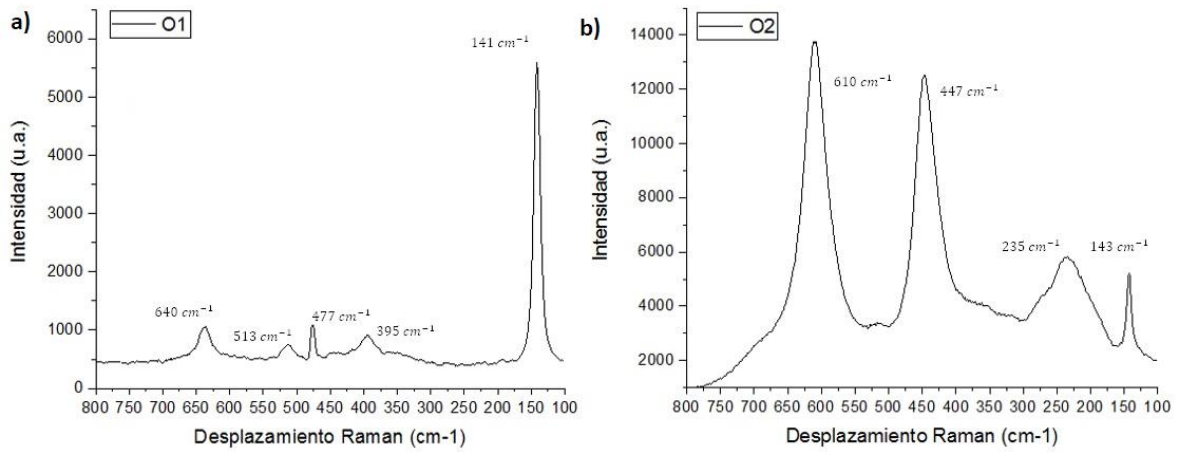


Figura 5 Espectros Raman de a) O1 y b) O2.

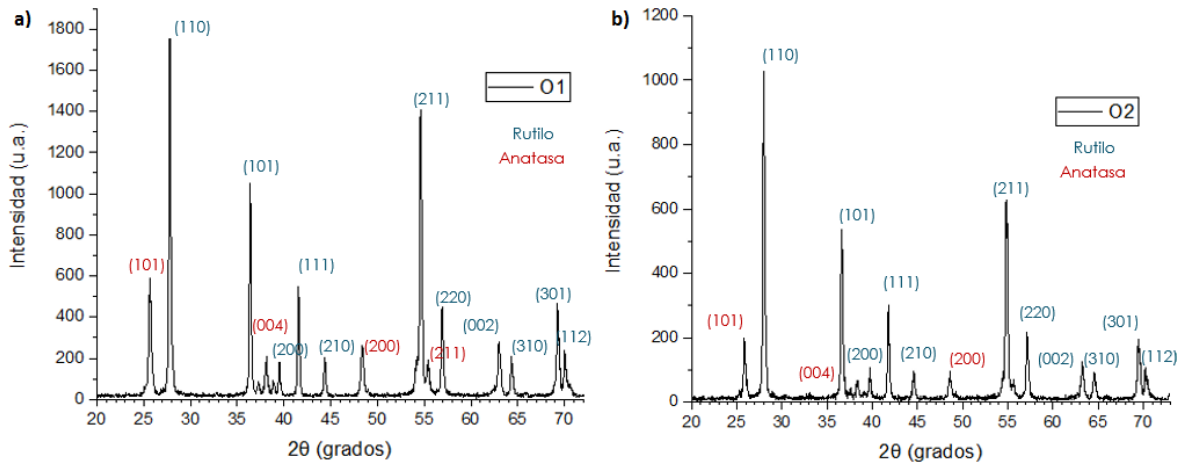


Figura 6 Patrón de Difracción de Rayos X para la muestra a) O1 y b) O2.

Los resultados muestran la síntesis de nanoesferas de TiO_2 en polvo altamente fino y cristalino con fases bien definidas comparado con la literatura, donde los resultados de DRX muestran cristalinidad pobre y estructuras amorfas [3, 8, 9]. La microscopía de AFM determinó la homogeneidad de las nanoesferas en un rango entre los 30-40 nm de diámetro, a diferencia de los resultados reportados por método hidrotérmico o solvotérmico cuyos valores se encuentran en rangos mayores a 40 nm y hasta 1 micra [8, 9]. Si bien existe una fase dominante (R), es posible controlar esto por medio de calcinación a diferentes temperaturas y tiempos de exposición, como se ha realizado en otros estudios en donde se puede manipular el cambio de fase [8, 9]. La morfología de las nanoesferas ha demostrado tener grandes beneficios para celdas sensibilizadas por colorante (DSSC) debido a su superficie mesoporosa la cual permite gran adsorción de moléculas de colorante [8, 9]. En cuanto al bandgap de las nanoesferas sintetizadas ($O1=2.89$ eV y $O2=2.98$ eV), se observó que la muestra con mayor concentración de A tuvo una disminución en el bandgap, mientras que a una menor concentración de A tuvo un incremento en el mismo (ver los espectros de DRX). Sin embargo, se ha observado que las DSSC que han empleado fase A logran 30% mayor corriente al caracterizar la eficiencia de las celdas, por lo que se espera que el utilizar nanoesferas con este rango de bandgap favorezca las propiedades de conducción en las DSSC. Las mediciones en FT-IR ATR mostraron gran concordancia reflejado con lo reportado en la literatura [12].

En un estudio posterior se determinarán sus efectos en la fabricación y eficiencia de las DSSC comparados con los de otros estudios [8, 9] y el estándar [1].

CONCLUSIONES

Los resultados de los experimentos mostraron la producción de nanoesferas de alta cristalinidad y homogeneidad (30-40 nm) por un método sencillo y relativamente rápido. Las nanoesferas preparadas por el método de Sol con plantilla son de tamaños mucho menores que los reportados en la literatura [8, 9]. Esto se refleja en el bandgap con valores aproximados a la del R estándar en nanopartículas [1]. La morfología de las nanoesferas ha demostrado disminución en el bandgap del material sin la necesidad de cambiar de fase, donde se reportan valores menores al estándar de anatasa en nanoesferas de fase pura [8]. La formación de las fases depende de la velocidad de reacción del Isopropóxido de Titanio con el disolvente, por lo que cuando se efectuó la reacción con agua destilada se observó más dominante la fase R con respecto a la fase A, pudiendo implicar que la fase R se forma de manera cinética mientras que la fase A se forma de manera termodinámica. La técnica es prometedora para el estudio de esta morfología del TiO_2 sin la necesidad de equipo especializado o precursores de alto costo, siendo una técnica relativamente sencilla, barata y efectiva para la producción de nanoesferas de TiO_2 .

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las siguientes instituciones por el apoyo y colaboración en el desarrollo de la caracterización de este proyecto.

Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología (CIACYT). Centro de Investigaciones Ópticas (CIO).

BIBLIOGRAFÍA

1. Grätzel, Michael (2003). Dye-sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, vol. 4, no 2, p. 145-153.
2. Schroden, R. C., Al-Daous, M., Blanford, C. F., & Stein, A. (2002). Optical properties of inverse opal photonic crystals. *Chemistry of materials*, 14(8), 3305-3315.
3. Santhosh, N., Govindaraj, R., Pandian, M. S., & Ramasamy, P. (2017, May). Facile synthesis of mesoporous TiO_2 nanospheres by microwave-assisted hydrothermal method and its applications in dye sensitized solar cells. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1832, No. 1, p. 050003). AIP Publishing.

4. Park, N. G., Van de Lagemaat, J., & Frank, A. A. (2000). Comparison of dye-sensitized rutile- and anatase-based TiO₂ solar cells. *The Journal of Physical Chemistry B*, 104(38), 8989-8994.
5. Hu, J., Chen, M., Fang, X., & Wu, L. (2011). Fabrication and application of inorganic hollow spheres. *Chemical Society Reviews*, 40(11), 5472-5491.
6. Héraul, N., & Fromm, K. M. (2017). Influence of the sacrificial polystyrene removal pathway on the TiO₂ nanocapsule structure. *Helvetica Chimica Acta*. 100(6), (1 de 8) e1700014.
7. Yang, H. G., & Zeng, H. C. (2004). Preparation of hollow anatase TiO₂ nanospheres via Ostwald ripening. *The Journal of Physical Chemistry B*, 108(11), 3492-3495.
8. Jung, H. G., Kang, Y. S., & Sun, Y. K. (2010). Anatase TiO₂ spheres with high surface area and mesoporous structure via a hydrothermal process for dye-sensitized solar cells. *Electrochimica Acta*, 55(15), 4637-4641.
9. Archana, J., Navaneethan, M., & Hayakawa, Y. (2013). Solvothermal growth of high surface area mesoporous anatase TiO₂ nanospheres and investigation of dye-sensitized solar cell properties. *Journal of Power Sources*, 242, 803-810.
10. Alexander, R. (2008). Raman Spectroscopy Analysis of Polymorphs. BioPhotonics. Revisado el 15/04/2018. https://www.photonics.com/a33214/Raman_Spectroscopy_Analysis_of_Polymorphs_
11. Thamaphat, K., Limsuwan, P., & Ngotawornchai, B. (2008). Phase characterization of TiO₂ powder by XRD and TEM. *Kasetsart J.(Nat. Sci.)*, 42(5), 357-361.
12. McDevitt, N. T., & Baun, W. L. (1964). Infrared absorption study of metal oxides in the low frequency region (700-240 cm⁻¹). *Spectrochimica Acta*, 20(5), 799-808.

DESARROLLO DE UN MÉTODO PARA BIOSINTETIZAR NANOPARTÍCULAS DE ORO CON FLUJO CONTINUO DE CANAL ABIERTO

Cesar Villegas Ortega, Javier Hernández Pérez, Maricela Villanueva Ibañez, Miguel Angel Aguilera Jimenez, Jose Gerardo Benitez Morales, Roel Gonzalez Montes de Oca, Adrian Meneses Figueroa, Adrián Alberto Rodriguez, Cristobal Morales Perez, Arturo Islas Soto

Universidad Politécnica de Pachuca. jahdez@upp.edu.mx

RESUMEN

Según la OMS, el Cáncer es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el mundo. Entre los fármacos anticancerígenos más efectivos está la Doxorubicina, pero su uso es limitado debido a su cardiotoxicidad relacionada a la generación de estrés oxidativo en la mitocondria[1].

Por otro lado, las nanopartículas de oro (AuNPs) pueden actuar como acarreadores inertes para fármacos como la Doxorubicina, debido a su especificidad hacia las células cancerosas [2].

Entre los métodos de síntesis de nanopartículas se encuentra la biosíntesis, utilizando extractos de plantas como el café verde, que presenta ventajas como baja toxicidad, nanopartículas estables de tamaño homogéneo, además de escalabilidad en el proceso de producción.

Hoy en día, se han biosintetizado AuNPs funcionalizadas con Doxorubicina (D-AuNPs) para aumentar la selectividad del fármaco y disminuir sus efectos secundarios. Aunque estas han demostrado importante actividad anticancerígena [2], se necesita evaluar detalladamente una posible cardiotoxicidad y proponer los mecanismos implicados.

Para esto se utilizaron tres bombas de infusión tipo jeringa las cuales se diseñaron, y construyeron desarrollando toda la ingeniería básica y construcción de estas para comprobar el método de biosintetización así como se diseñó el reactor de flujo continuo de canal abierto de polimetilmetacrilato obteniendo al final nanopartículas de oro. Para el desarrollo de las bombas de infusión se utilizaron motores a pasos y una tarjeta Arduino uno para controlar la velocidad del motor y mantener un flujo continuo en la bomba de infusión utilizando un mecanismo de tornillo sin fin para realizar el movimiento lineal.

INTRODUCCIÓN

Según la OMS, el Cáncer es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el mundo. Entre los fármacos anticancerígenos más efectivos está la Doxorubicina, pero su uso es limitado debido a su cardiotoxicidad relacionada a la generación de estrés oxidativo en la mitocondria[1].

Por otro lado, las nanopartículas de oro (AuNPs) pueden actuar como acarreadores inertes para fármacos como la Doxorubicina, debido a su especificidad hacia las células cancerosas [2].

Entre los métodos de síntesis de nanopartículas se encuentra la biosíntesis, utilizando extractos de plantas como el café verde, que presenta ventajas como baja toxicidad, nanopartículas estables de tamaño homogéneo, además de escalabilidad en el proceso de producción.

Hoy en día, se han biosintetizado AuNPs funcionalizadas con Doxorubicina (D-AuNPs) para aumentar la selectividad del fármaco y disminuir sus efectos secundarios. Aunque estas han demostrado importante actividad anticancerígena [2], se necesita evaluar detalladamente una posible cardiotoxicidad y proponer los mecanismos implicados.

Para realizar la biosíntesis de nanopartículas de oro se agregó extracto de café verde (ECF) a un flujo de 20 mL/h de agua desionizada de laboratorio, para alcanzar una concentración constante de 6.7% v/v, es decir se requirió 1.34 mL/h, al mismo tiempo se adicionó una solución de NaOH para mantener el pH en 12.8 el flujo promedio fue de 1 mL/h, una vez alcanzado el equilibrio en la operación del reactor de flujo continuo de canal abierto, se adicionó la solución de oro al 0.1% a un flujo de 2.2ml/hr.

Para esto se utilizan tres bombas de infusión tipo jeringa las cuales se diseñaron, y construyeron desarrollando toda la ingeniería básica y construcción de estas para comprobar el método de biosintetización así como se diseñó el reactor de flujo continuo de canal abierto de polimetilmetacrilato obteniendo al final nanopartículas de oro. Para el desarrollo de las bombas de infusión se utilizaron motores a pasos y una tarjeta Arduino uno para controlar la velocidad del motor y mantener un flujo continuo en la bomba de infusión utilizando un mecanismo de tornillo sin fin para realizar el movimiento lineal.

OBJETIVO

Diseñar y construir un prototipo de una bomba de infusión tipo jeringa de bajo costo con la capacidad de regular el flujo de la bomba para fines de ocuparlas en el proceso la biosíntesis de nanopartículas de oro con canal abierto.

TEORÍA

Bombas de infusión de jeringa

Las bombas de infusión de jeringa (bombas de jeringa) **comerciales** se utilizan para administrar **líquidos intravenosos**, tales como antibióticos, anestesia regional, medicamentos antiarrítmicos y agentes quimioterápicos. Las bombas de jeringa garantizan la entrega de volumen con alta exactitud y un flujo constante para volúmenes pequeños (60 mL) de agentes farmacológicos potentes, que característicamente son entregados con ajustes de flujo de 0,5 a 10 mL/hr.



Figura 1. Bomba de infusión comercial

También se pueden utilizar para suministrar soluciones de hiperalimentación o nutricionales espesas y para infusiones epidurales. Algunas bombas de jeringa están diseñadas específicamente para administrar un agente en particular (p. ej., oxitocina para la inducción del trabajo de parto, insulina para el manejo de la diabetes o heparina para terapia de anticoagulación).

Principios de operación

Los componentes de un sistema de bomba-jeringa son: una jeringa, controles, un mecanismo de impulsión (generalmente un tornillo con una pieza propulsora) y un motor. Las jeringas compatibles con cada sistema varían en estilo y en tamaño.

Una bomba o un perfusor expelle el líquido de la jeringa cuando avanza el émbolo o el cilindro a una tasa establecida. En la mayoría de las bombas de jeringa, un motor arrastra un tornillo o un mecanismo de engranaje. La velocidad del motor varía con la tasa de flujo establecida y el tamaño de la jeringa. La mayoría de las bombas emplean un motor de paso a paso, que libera un volumen específico con cada pulso; al variar la tasa de infusión cambia la frecuencia de los pulsos. Sin embargo, el efecto es casi el mismo que con las unidades con motores variables continuamente, porque los bolos del motor de paso a paso son frecuentes y pequeños. En casi todas las bombas, las jeringas vacías deben ser reemplazadas manualmente. Algunos modelos pueden acoplar dos jeringas, para permitir una entrega continua cuando una de las jeringas se ha vaciado o para suministrar infusiones simultáneas.

Las bombas de jeringa y los perfusores tienen ajustes de flujo calibrados, indicados en mL/hr, mL/min u otras unidades. Los fabricantes especifican las marcas y los tamaños de las jeringas que se deben utilizar con sus modelos, con el fin de evitar la inexactitud de los flujos o que se presenten problemas con las alarmas; la mayoría de los modelos acoplan jeringas de por lo menos dos fabricantes importantes. Casi todas las bombas pueden identificar el tamaño de una jeringa cargada si la bomba y la jeringa son compatibles.

La mayoría de las bombas se pueden ensamblar en un soporte para un conveniente acceso, y casi todas tienen alarmas incorporadas, para alertar al operador sobre situaciones potencialmente perjudiciales, tales como una jeringa vacía (fin de la infusión), presión alta (oclusión), batería baja o mala función de la bomba. Las bombas de jeringa tienen menor probabilidad de infundir aire al

paciente que las que suministran volúmenes mayores de líquidos, con ajustes de flujo más altos desde bolsas o frascos que se encuentran por encima de su cabeza, y por esa razón, generalmente no tienen detectores de aire en la línea. El costo promedio de las bombas de infusión tipo jeringa es de aproximadamente \$3500 dolares.

Desarrollo

El desarrollo de este proyecto se muestra siguiente diagrama de flujo:



Fig. 1. Diagrama de desarrollo del proyecto

En la primera fase se realiza una investigación documental y en la web acerca de los equipos similares en el mercado. En esta primera etapa se encontraron equipos demasiado costosos pero todos tenían un arquitectura de un eje el cual tenía control sobre su movimiento con un motor a pasos acoplado a un mecanismo tornillo sinfín por esta razón se decidió realizar el proyecto de esta forma

Diseño Mecánico

La segunda fase es el diseño mecánico de la máquina para ello primeramente se modelo la máquina totalmente ensamblada en un software de CAD.

Básicamente el diseño del equipo se basa en la arquitectura de un eje con un mecanismo tornillo sin fin acoplado a un motor a pasos

A continuación, se definen la orientación los componentes de la bomba de infusión como se muestra en la Figura 2.

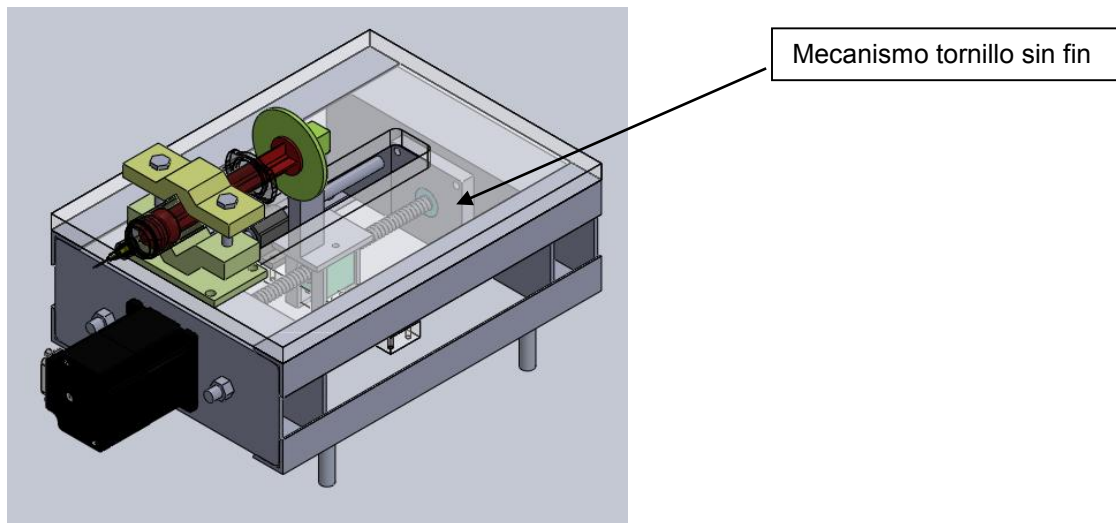


Fig. 2. Modelado digital de la estructura de la Bomba de infusión

Mecanismo

El mecanismo consiste en un tornillo roscado de 3/8 de pulgada con un paso de 16 hilos por pulgada es decir por cada vuelta que da el motor linealmente la tuerca se desplaza 1.587 mm. El tornillo tiene la suficiente resistencia estructural considerando que la carga máxima que se requiere para empujar a una jeringa es de 50 newtons. Aunado al mecanismo el eje roscado tiene de soporte dos ejes lisos con dos baleros axiales permitiendo un movimiento lineal libre.

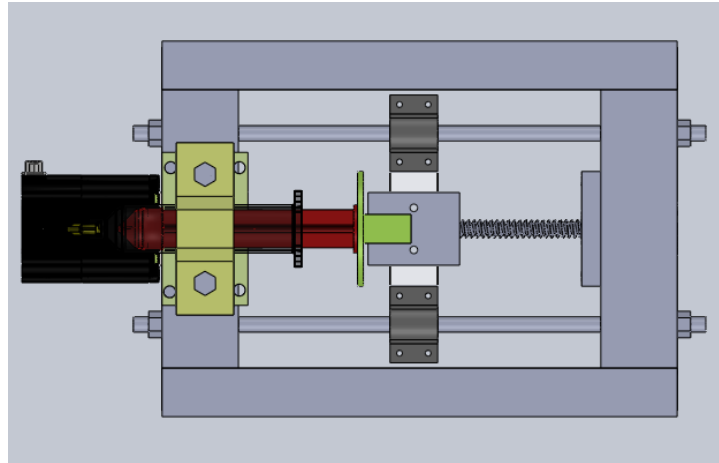


Fig. 3. Modelado de los ejes lisos con balero axial

También se analizó los esfuerzos de los elementos mecánicos más susceptibles de falla en este caso para la bomba de infusión es en la parte que trasmite la fuerza de empuje a la jeringa. Considerando una carga máxima de 100 Newton se obtuvieron los siguientes análisis esfuerzos con la teoría de falla por carga estática de Von mises un esfuerzo máximo de 46.7 MPa y el limite a la fluencia del material es de 250 MPa con un factor de seguridad superior 2.0 por lo que el diseño es viable como se muestran en las figura 4.

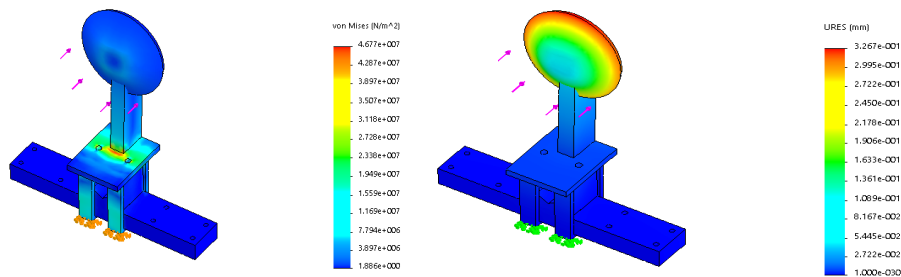


Fig. 4. Análisis de esfuerzos y deformaciones

Motor paso a paso

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de 1.8°. Es por eso que ese tipo de motores son muy utilizados, ya que pueden moverse a deseo del usuario según la secuencia que se les indique a través de un microcontrolador.

Estos motores poseen la habilidad de quedar enclavados en una posición si una o más de sus bobinas está energizada o bien totalmente libres de corriente.



Fig. 5. Vista interna de un motor a pasos

Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle a su tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en el cableado) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento.



Fig. 6. Placa Arduino Mega

LCD 16x2 por I2C

La pantalla LCD de 16x2 basada en el controlador HD44780 de Hitachi es un periférico muy común, que se utiliza ampliamente en proyectos con arduino y microcontroladores en general, sin embargo, este tipo de pantalla requiere muchos pines del microcontrolador para ser controlada, debido principalmente a que utiliza un bus paralelo para comunicarse. Afortunadamente existe una solución muy fácil y económica para este problema: un adaptador basado en el PCF8574 que permite conectar la pantalla al arduino usando solamente dos líneas digitales a través del bus I2C.

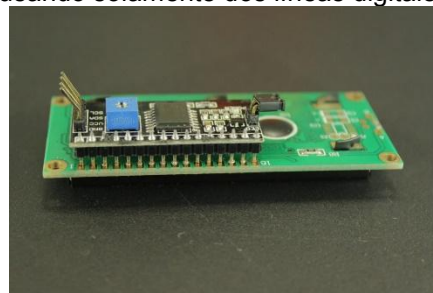


Fig. 7. LCD 16x2 por I2C

PARTE EXPERIMENTAL

Procedimiento

A través de las diferentes librerías se puede emplear los distintos componentes mencionados anteriormente. El funcionamiento de este proyecto se basa en el uso del teclado keypad 4x4 para por medio de él acceder a los diferentes menús que se programaron para poder hacer uso de la bomba de infusión como se observa en la figura 8.

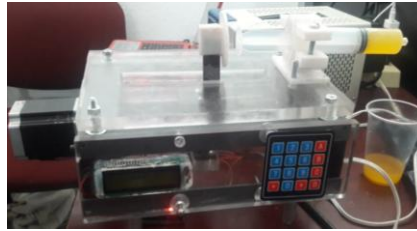


Fig. 8. Bomba de infusión en pruebas

Entre los menús más importantes se encuentran: control de velocidad, cálculo de rpm y porcentaje de velocidad. En el menú de control de velocidad el usuario tiene la posibilidad de ingresar el porcentaje de velocidad que desea que tenga el sistema en un rango comprendido de 0 a 100 %. Los otros dos menús son meramente informativos; en uno se puede visualizar el porcentaje de velocidad que presenta el motor como se muestra en la figura 9 y en el otro se puede ver las rpm del motor como se observa en la figura 10.



Fig. 9. Pantalla mostrando el porcentaje de avance



Fig. 10. Pantalla mostrando el porcentaje de avance

Estos dos mencionados anteriormente se pueden visualizar por medio de un lcd 16x2. También consta de dos menús uno para configurar el motor en modo avance y otro en modo retroceso como se muestran en las figura 11.



Fig. 11. Pantalla mostrando en modo avance y retroceso

RESULTADOS

La bomba de infusión tiene un funcionamiento estable con una velocidad mínima de 0.037 rev/min como se muestra en la figura 12 y considerando que el paso del tornillo de 1.5875 mm entonces el movimiento lineal es de 0.047mm/min dependiendo del tamaño de la jeringa se podrán obtener

flujos lo suficientemente bajos para realizar la biosíntesis de nanopartículas de oro a un flujo de 20 mL/h .



Fig. 12. Pantalla mostrando la velocidad mínima en rpm

El costo aproximado de la bomba de infusión es de 2500 pesos lo cual reduce considerablemente el costo de esta tecnología en base a las comerciales que cuestan aproximadamente 3500 dolares

CONCLUSIONES

La bomba de infusión tiene un funcionamiento estable con una velocidad mínima de 0.037 rev/min y considerando que el paso del tornillo de 1.5875 mm entonces el movimiento lineal es de 0.047mm/min dependiendo del tamaño de la jeringa se podrán obtener flujos lo suficientemente bajos para realizar la biosíntesis de nanopartículas de oro a un flujo de 20 mL/h . La siguiente etapa es replicar este prototipo tres veces para poder hacer para comprobar el método de biosintetización así como se diseñó el reactor de flujo continuo de canal abierto de polimetilmetacrilato obteniendo al final nanopartículas de oro

El costo aproximado de la bomba de infusión es de 2500 pesos lo cual reduce considerablemente el costo de esta tecnología en base a las comerciales que cuestan aproximadamente 3500 dolares

BIBLIOGRAFÍA

1. J. Berthiaume y K. Wallace, «Adriamycin-induced oxidative mitochondrial cardiotoxicity, Cell Biology and Toxicology, vol. 23, nº 1, pp. 15-25, 2007.
2. D. Dhamecha, J. Sunil y J. Kiran, Doxorubicin functionalized gold nanoparticles: Characterization and activity against human cancer cell lines. Process Biochemistry, vol. 50, nº 12, pp. 2298-2306, 2015.

IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO CAPAZ DE IDENTIFICAR PATRONES FACIALES DEL CONDUCTOR A CONSECUENCIA DEL ALCOHOL ETILICO INGERIDO

Sara Leticia Ramiro Ortiz¹, Eva Oliva Barrera Martinez¹, Marco Antonio Betanzos Torres^{1,2}
Omar Mauricio Moreno Guzman^{1,2}

¹Universidad Tecnológica de Puebla (Sistemas Automotrices), ²Benemerita Universidad Autónoma de Puebla.

RESUMEN

México ocupa el 7º lugar de accidentes viales entre los días jueves, viernes y sábados por las noches, ya que las personas conducen en estado alcohólico. Como medida preventiva se han implementado operativos en puntos estratégicos de las ciudades para minimizar esta problemática con una reducción del 30% aproximadamente. Para tal efecto se desarrolló un sistema de detección de nivel de alcohol dentro del vehículo, el cual es capaz de evaluar la concentración de alcohol etílico del conductor, con el propósito de evitar el encendido del vehículo, cuando el conductor está en estado de ebriedad. En este trabajo se presenta un sistema sensorial basado en el TSG2620, dispositivo que captura las moléculas de alcohol en el ambiente y las transforma en variaciones resistivas. Con lo antes mencionado el sensor es colocado en el panel de instrumentos, de tal forma que este de frente al conductor. El tiempo de sensado es aproximadamente 4 segundos. Por otra parte las señales son procesadas por una computadora y utilizando un arduino one como tarjeta de adquisición. La implementación del sistema se realizó en un vehículo new beetle modelo 99, con lo cual se accedió a la computadora del vehículo para la realización de las conexiones del encendido o no del motor. Como conclusión de este trabajo, es que el sistema de detección se implementó en un vehículo y que puede ser instalado en la mayoría de vehículos teniendo conocimientos de electrónica automotriz.

INTRODUCCIÓN

La tecnología del automóvil se ha desarrollado de una forma significativa en los últimos años, a tal punto de originar una nueva línea de investigación conocida como Autotrónica, la cual se encarga de atender la parte electrónica del vehículo, el conjunto de sensores y actuadores que lo componen y los sistemas que los controlan.

Entre los objetivos principales para semi-automatizar el automóvil es la seguridad del usuario; se busca, en todos los ámbitos, que el conductor tenga un completo bienestar al momento de su viaje, pero a veces existen factores que el mismo móvil no puede controlar como conocer el estado físico del usuario., y siendo más específicos, que el nivel de alcohol que pueda tener el conductor en su sangre le permita manejar y no causar accidentes.

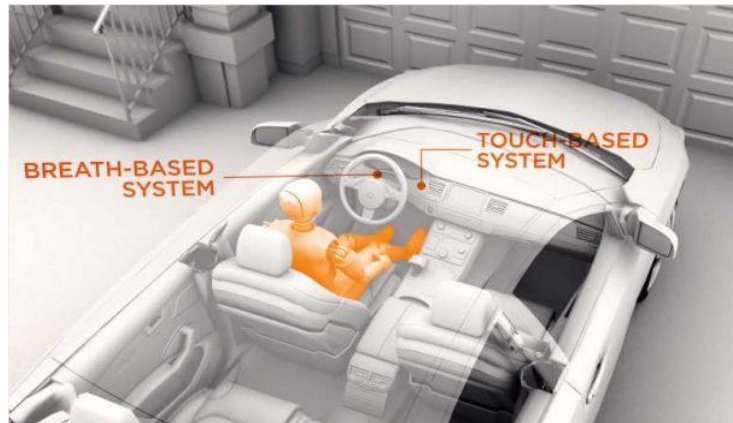
Existen diversos sistemas que pueden detectar niveles de alcohol en el sujeto [1], pero la mayoría serán instalados en vehículos de lujo, en modelos de gama alta y en automóviles que no llegarán a ser vendidos en la República Mexicana. Por lo anterior, el presente trabajo busca evitar que el conductor maneje en estado de ebriedad a través de un sistema electrónico que detecta alcohol en su aliento, el dispositivo inhabilita el encendido del automóvil y espera que sus niveles de alcohol descendan a un nivel permitido para manejar. Además, es un equipo que puede ser instalado en automóviles convencionales sin importar modelo y año de construcción

TEORÍA

Estados Unidos es uno de los principales países en apoyar y desarrollar sistemas electrónicos que detecten si el conductor se encuentra en estado de ebriedad; los prototipos se les ha dado el nombre de DADSS (Driver Alcohol Detection System for Safety) y tienen como objetivo evitar que el conductor maneje bajo los efectos del alcohol causando daños públicos y accidentes a terceros, por desgracia se estima que llegue de manera oficial dentro de cinco años.

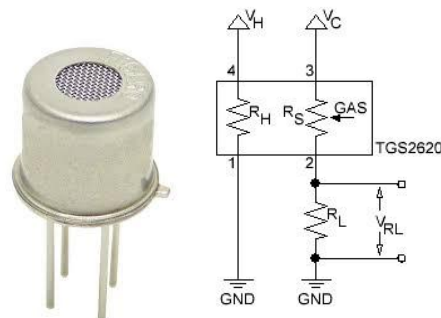
En su mayoría, estos prototipos funcionan con dos tipos de sensores: Uno de los sensores es por medio de aire espirado y está instalado encima del volante y lo más novedoso de todo es que el conductor no tiene que expulsar el aire de manera forzada por un tubo. Este sistema analiza el aire

que exhala el conductor y lo analiza para buscar moléculas de etanol, tiene la posibilidad de ajustar desde tolerancia cero hasta el grado de alcohol permitido en el estado o país correspondiente. También aparece otro tipo de sensor, en este caso fotosensible, que se localiza en el botón de encendido del automóvil, el conocido "Start/Stop" (disponible en los automóviles que disponen de este sistema de arranque). Este sensor es capaz de analizar y detectar alcohol en la sangre con tan solo pulsar este botón, sin ningún tipo de pinchazo. Este sistema realiza una gran cantidad de lecturas en menos de un segundo para conseguir una respuesta precisa y segura.

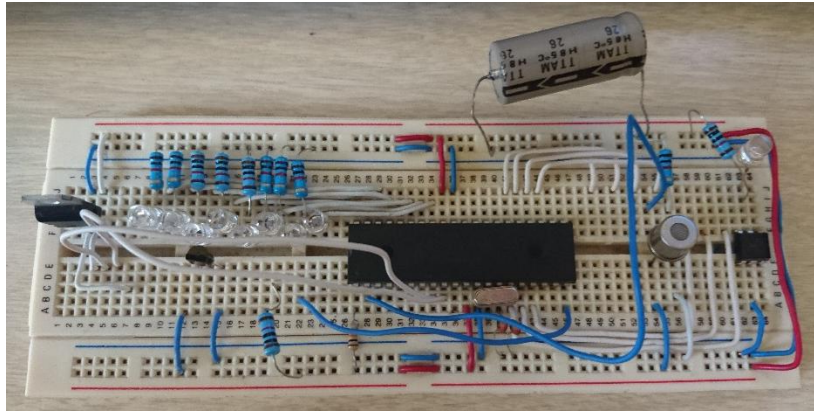


PARTE EXPERIMENTAL

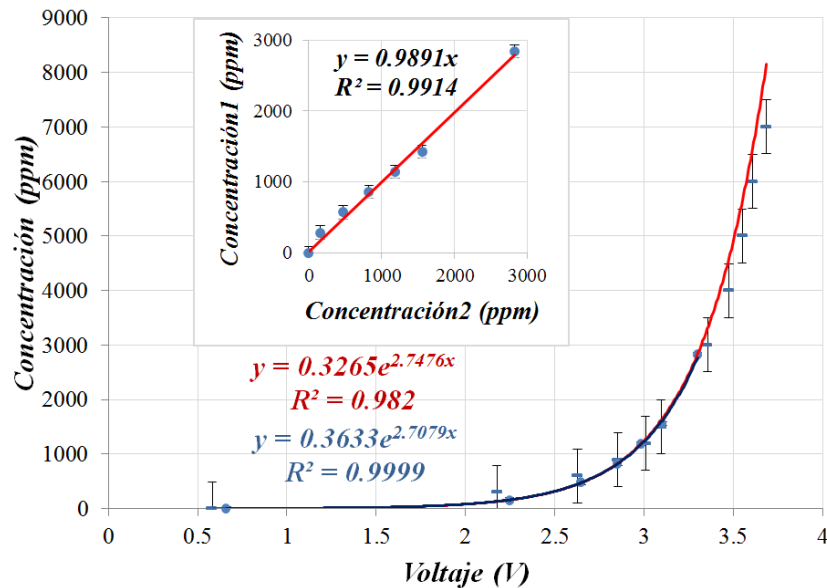
La base del sistema detector de alcohol es el sensor químico de gas TGS2620, un sensor que tiene la capacidad de cambiar sus propiedades resistivas cuando detecta alcohol en el ambiente, con anterioridad el sensor fue caracterizado en el laboratorio del CAOyF en la BUAP [2], pero no tuvo ninguna aplicación técnica hasta el día de hoy cuando la preocupación se enfocó en el conductor del automóvil, a partir de un proyecto que se dio a la tarea de involucrar a la Autotrónica en la UTP.



Un arduino one y un PIC18F4550 componen al sistema que obtiene los datos que el sensor TGS2620 presenta al momento de analizar el nivel de alcohol que pudiese tener el usuario; para que se realice un análisis detallado de la información, a través de USB y Labview [2] se almacenan dicha información para realizar la comparativa de los resultados con los obtenidos en el laboratorio [3].



En pruebas estáticas, el comportamiento del TGS2620 cuando detecta partículas de alcohol en el ambiente no es un comportamiento lineal sino exponencial. Se hace una conversión de cuantas ppm (partes por millón) de alcohol puede obtenerse con la conversión de voltaje [4]

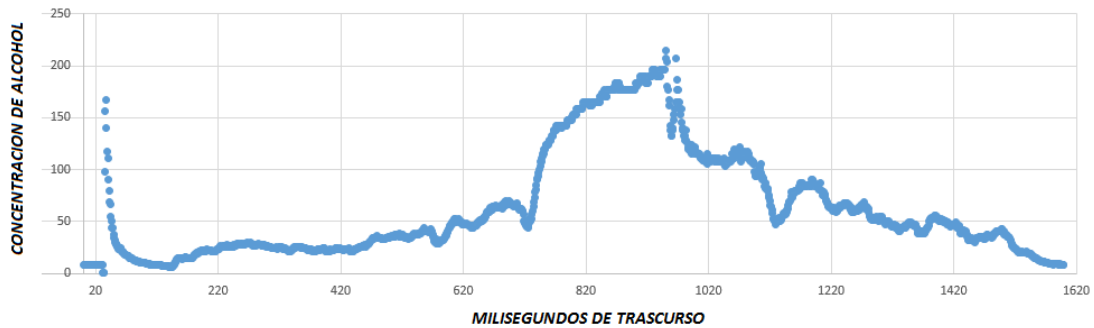


RESULTADOS

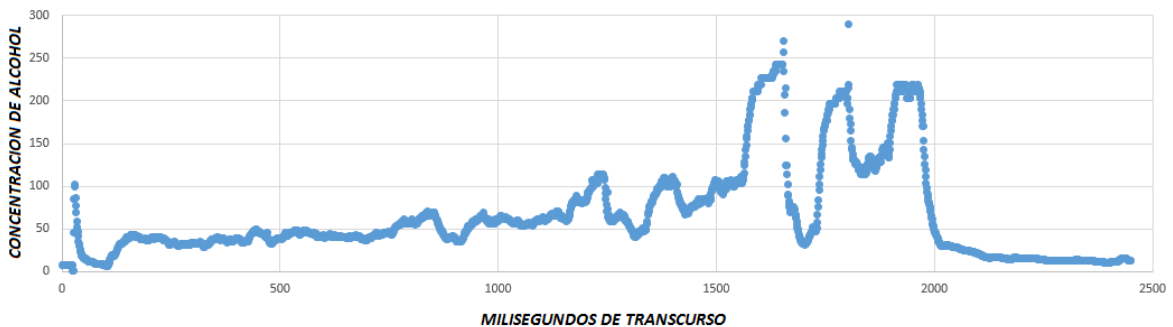
Como se observa en la siguiente figura, el TGS2620 debe estar colocado lo más cercano posible al conductor para recibir toda la exhalación proveniente del piloto por ello es que se opta en colocar el sensor en el volante. Además, en estudios recientes [5, 6] donde se ocupó el sensor químico, también puede ser afectado cuando existe una constante recirculación de aire.

El sistema electrónico, cuando analiza que el umbral permitido de alcohol es rebasado, inmediatamente un relevador abre el circuito que impide el encendido del vehículo. Todas las pruebas fueron hechas exponiendo un algodón con ron para lograr las respuestas del experimento. Pero para conocer que éste límite ha sido rebasado fueron necesarios el resumen de tres pruebas para confirmar el objetivo del proyecto:

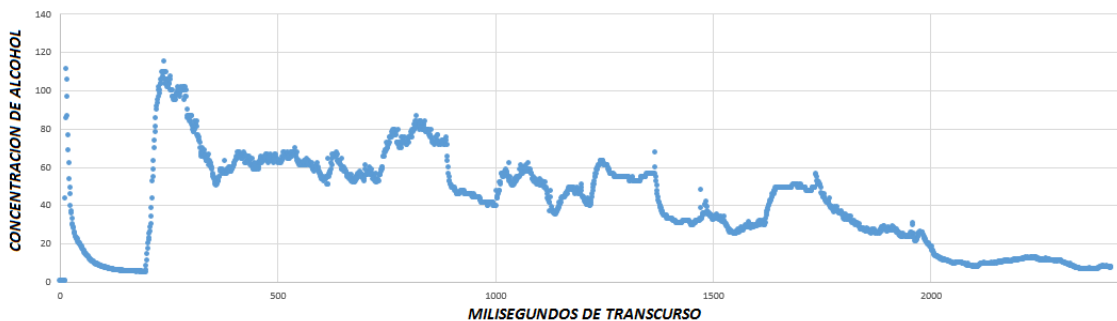
La prueba uno es llevado a cabo cuando el auto tiene cerradas las ventanas; cuando el conductor cierra las puertas, el sistema toma 20 segundo para analizar el estado de sobriedad del copiloto, cuando éste se encuentra estable automáticamente el relevador alimenta todo el sistema electrónico de encendido que se compone a partir de la ranura de la llave. Se observa en la siguiente figura que la concentración de alcohol aumenta considerablemente a partir de que el tiempo transcurre, eso corrobora que las partículas se mantienen presentes cuando no circula corriente de aire.



La segunda prueba aplica con las ventanas descendidas, incitando la circulación de aire dentro de la cabina, se toma 20 segundos para que el sistema detecte partículas de alcohol y así poner en marcha el sistema del vehículo. Las corrientes de aire no permiten, en ciertas etapas del experimento, que las partículas de alcohol se mantengan dentro del interior del sensor TGS2620 para ser registradas.



Como última prueba, el vehículo se coloca en marcha para ver si el sistema afecta al vehículo eliminando la alimentación, con el propósito de que el dispositivo no deje de alimentar el automóvil cuando éste está circulando normalmente, el objetivo de esta prueba peligrosa es también saber si cuando uno conduce e ingiere bebidas embriagantes el auto no se apague.



CONCLUSIONES

El sistema logra inhabilitar el vehículo a partir del encendido electrónico con un simple relevador sin modificar la parte interna del automóvil, esto hace posible su instalación en cualquier automóvil convencional sin importar modelo ni año de fabricación, pero es un hecho que el dispositivo debe utilizar más de un sensor para asegurar que el conductor no se encuentre en estado de ebriedad, ya que en el experimento no exenta que el copiloto pueda encender el automóvil y que regrese a su asiento para que el mismo sujeto en cuestión persista en manejar

El umbral de concentración que el TGS2620 debe de capturar dentro de la cabina debe ser alto ya que la posición del sensor en el volante complica que las concentraciones de alcohol no sean similares a los señalados por la ley vial.

El prototipo se sigue rediseñando para evitar que, en algún momento dado, cuando el vehículo se encuentre en movimiento el sistema inhabilite el sistema eléctrico causando un daño mayor al cual quiere prever.

Entre los puntos importantes que dará esta breve investigación es incorporar el dispositivo electrónico al conjunto de sensores y actuadores que conforman al automóvil a través del protocolo CAN (Controller Area Network) y evitar colocar un relevador que solo desalimente al sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. S. Muñoz Aguirre, A. Yoshino, T. Nakamoto, T. Moriizumi “Odor approximation of fruit flavors using a QCM odor sensing system”, *Sensors and Actuators B* 123 (2007) 1101–1106
2. J. A. García Meléndrez, S. Muñoz Aguirre, J. Castillo Mixcoatl. “Construcción de un robot para detección y localización de fugas de gas.”, Tesis de Licenciatura, FCFM-BUAP, Abril 2007.
3. H. Ishida, Y. Kagawa, T. Nakamoto, T. Moriizumi, “Odor source localization in the clean room by an autonomous mobile sensing system”, *Sensor and Actuators B* 33. (1996) 115 – 121.
4. A. Loutfi, S. Coradeschi, J. Achim, L. Gonzalez, J. Gonzalez, “Gas distribution mapping of multiple odour sources using a mobile robot”, *Robotica*, Volume 27. (2009) 311 – 319.
5. M. Turdnev, G. Cabrita, M. Kirtay, V. Gazi, L. Marques, “Experimental studies on chemical concentration map building by a multi-robot system using bio-inspired algorithms”, *Auton Agent Multi-Agent Syst*, Volume 28. (2014) 72–100.
6. Dun-wei Gong, Cheng-liang Qi, Yong Zhang, Ming Li, “Modified particle swarm optimization for odor source localization of multi-robot”, (CEC), 2011 IEEE Congress on Evolutionary Computation. (2011) 130-136.

INFLUENCIA DE LA FUERZA IÓNICA EN LA VÍA DE TRANSFORMACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS NOCIVOS A PRODUCTOS ALIFÁTICOS

Ana María Núñez Gaytán, María Elena Núñez Gaytán, Ricardo Agustín López

Departamento de Ciencias Básicas. Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Email: amnunez@umich.mx

RESUMEN

Se realizó la reacción de cloración de trazas de fenol (50 µg/L) en medios acuosos de diversa fuerza iónica. La concentración de cloro empleada fue 1 mg/L. El seguimiento de la evolución y transformación del fenol, así como la formación y persistencia de los productos formados se realizó mediante un sistema en línea previamente desarrollado y validado de extracción en fase sólida con la cromatografía de líquidos de alta eficiencia (EFS-CLAE) usando dos detectores UV y electroquímico durante un periodo de 5 horas. Esto permitió deducir la coexistencia de dos vías de reacción: la reacción de cloración, que consiste en la cloración secuencial del anillo aromático en posiciones orto-para hasta formar el 2,4,6-Triclorofenol, seguido por una oxidación para formar benzoquinonas cloradas y una rápida transformación a productos alifáticos. Esta vía se realiza a fuerza iónica baja o moderada (< 0.05 M). La segunda vía de reacción es la de oxidación la cuál comienza con la cloración del anillo para formar los monoclorofenoles: 2-clorofenol y 4-clorofenol, los cuales se oxidan directamente a dihidroxibencenos que posteriormente se transforman a benzoquinonas cloradas, las cuáles se degradan a productos alifáticos. Esta reacción de oxidación es rápida y se presenta en soluciones de alta fuerza iónica (> 0.1 M) y pH neutro.

INTRODUCCIÓN

Los clorofenoles son contaminantes orgánicos presentes en el medio acuático como resultado de la degradación de pesticidas y otros productos, o de la cloración de fenoles y sus precursores durante la potabilización del agua. Debido a su persistencia y sus reconocidos efectos tóxicos o carcinogénicos, los clorofenoles representan un alto riesgo para la salud humana [1-3]. El propósito de este trabajo fue identificar los fenoles clorados formados por cloración del fenol en un medio moderadamente alcalino, dándoles un seguimiento cuantitativo durante las primeras horas de reacción, con el fin de contribuir al conocimiento de las vías mecanísticas implicadas en su transformación y degradación en aguas cloradas. Es importante considerar que las dosis de cloro típicamente empleadas para el tratamiento del agua son ≤ 5 mg/L, y que el cloro residual en agua potable está generalmente regulado; en México las normas establecen una concentración máxima de 0.5-1 mg/L. La determinación de derivados clorados del fenol a niveles traza (del orden de µg/L) no es un problema trivial, a pesar de que el agua clorada es una matriz relativamente sencilla. El método ideal para la separación de estos analitos es la cromatografía de líquidos, sin embargo, los detectores convencionales (básicamente UV y electroquímico) no tienen la sensibilidad suficiente para poder cuantificarlos a esos niveles de concentración en la muestra inyectada. Por ello, se requiere un paso previo de preconcentración. El acoplamiento en línea de la extracción en fase sólida y la cromatografía de líquidos en fase reversa es actualmente una de las herramientas más poderosas para la determinación de compuestos traza en matrices acuosas.

PARTE EXPERIMENTAL

Los experimentos se realizaron con soluciones acuosas de fenol, a niveles de concentración del orden de trazas (50 µg/L) en medios amortiguados: pH 7 (fosfatos), pH 9 (boratos) y en agua pura. Estas soluciones fueron tratadas con dosis de cloro (1 mg/L) similares a las que pueden encontrarse en las plantas de tratamiento o en las redes de suministro de agua potable (1-5 mg/L). La formación, evolución y degradación de los clorofenoles se siguió durante un periodo de 5 h. Las muestras de agua se analizaron mediante un método previamente desarrollado y validado, basado en el acoplamiento en línea de la extracción en fase sólida y la cromatografía de líquidos de alta resolución con detección UV y coulombimétrica.

RESULTADOS

El método en línea de EFS-CLAE previamente desarrollado, permitió realizar la identificación de los clorofenoles específicos formados a partir de la cloración de trazas de fenol ($50 \mu\text{g/L}$) en los medios amortiguados estudiados de pH 7 y 9, así como en el agua pura con el dopaje de cloro de 1 mg/L , así como el seguimiento de su evolución en el tiempo. Esta información es indispensable para poder determinar las vías de reacción que conducen hasta su degradación a productos no fenólicos. En la figura 1, se muestra los perfiles de concentración de los clorofenoles formados a las condiciones especificadas.

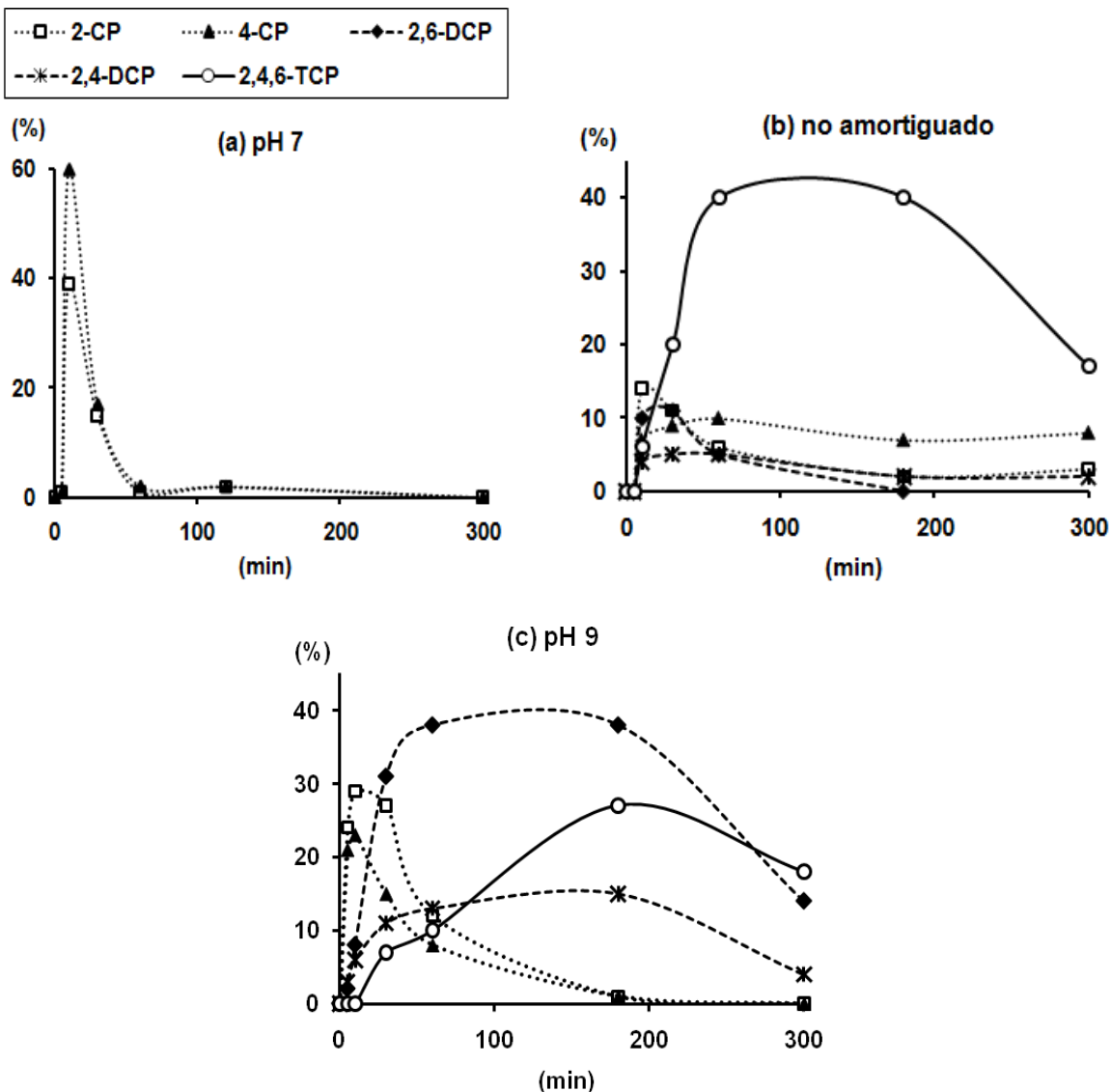


Fig. 1. Perfiles de concentración de los clorofenoles formados por cloración del fenol con una dosis de cloro de 1 mg/L . $[\text{fenol}]_0 = 0.532 \mu\text{M}$ ($50 \mu\text{g/L}$), $[\text{cloro}]_0 = 14.5 \mu\text{M}$ (1 mg/L).

En el amortiguador de pH 7, de fuerza iónica 0.18 M , (a), se formaron rápida y cuantitativamente los monoclorofenoles, predominando el derivado “para” sobre el “orto”. La relación molar 2-CF/4-CF en el máximo de concentración de ambos compuestos fue de 2:3, lo que indica que a pH 7 la posición “para” sigue estando más activada que la posición “orto” para la sustitución electrofílica. Por otra parte, los dos monoclorofenoles sufrieron una degradación total al aumentar el tiempo de reacción.

Este resultado es importante porque: 1) confirma la existencia de un mecanismo de reacción alterno; 2) este mecanismo está basado en la oxidación del anillo aromático puesto que en ningún momento aparecieron en la solución los diclorofenoles o el 2,4,6-Triclorofenol; 3) el fenol inicial fue clorado cuantitativamente a 4-CF (60%) y 2-CF (40%), por consiguiente los sustratos críticos que definen la vía de reacción a pH 7 son los monoclorofenoles.

En el agua pura (b), la cloración de trazas de fenol condujo a una rápida cloración inicial del anillo aromático, de modo que a los diez minutos de reacción se observaron ya cinco clorofenoles en la disolución, coexistiendo con el fenol no reaccionado. Dado que el pH era cercano a la neutralidad durante los primeros minutos de reacción, se puede constatar que los monoclorofenoles formados en ese tiempo siguieron una ruta de transformación diferente (únicamente cloración).

La reacción predominante en el amortiguador borato de pH 9, fuerza iónica 0.04 M, (μ), fue también la cloración sucesiva del anillo aromático. Las especies predominantes en medio alcalino fueron los derivados clorados en posición "orto", inicialmente el 2-clorofenol y después el 2,6-diclorofenol. De hecho, la relación molar 2,6-DCF/2,4-DCF después de un tiempo de contacto de 60 minutos fue de aproximadamente 3:1 y esta proporción se mantuvo casi constante a lo largo del tiempo.

CONCLUSIONES

El proceso de cloración del fenol en condiciones similares a las que podrían encontrarse en las plantas de tratamiento de aguas o en las redes de distribución de agua potable, permite afirmar que la cloración es la reacción preferida a fuerza iónica baja o moderada (< 0.05 M), ya sea en pH neutro o ligeramente alcalino; la oxidación es la reacción predominante en soluciones de alta fuerza iónica (> 0.1 M) y pH neutro.

La ruta de oxidación es mucho más rápida que la vía de cloración, por lo que representa un atajo en la transformación de compuestos fenólicos nocivos a productos alifáticos menos dañinos.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. Deborde, U. von Gunten. Reactions of chlorine with inorganic and organic compounds during wáter treatment – Kinetics and mechanisms: A critical review, *Water Res.*, 42 (2008) 13-51
2. J.L. Acero, P. Piriou, U. von Gunten, Kinetics and mechanisms of formation of bromophenols during drinking wáter chlorination: Assessment of taste and odor development, *Water Res.*, 39 (2005) 2979-2993.
3. S. D. Richardson. Disinfection by-products and other emerging contaminants in drinking water, *Trends Anal. Chem.*, 22, No. 10 (2003) 666-684.

GATO WRIPE: APLICACIÓN WEB PARA MEJORAR LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA EN JÓVENES DE SECUNDARIA Y BACHILLERATO

César Augusto Baltazar Vázquez¹, Mariana Martínez Hernández², Luis Fernando Gregorio Hernández³ y Pedro Omar Silva Vásquez⁴

¹ Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, ² Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

RESUMEN

En el siguiente documento se presenta una propuesta para resolver un problema que se detectó en México, y es que los estudiantes de nivel medio básico y medio superior tienden a sufrir un déficit en cuanto a su ortografía, la cual se descubrió es generada principalmente por su mal uso de la escritura en medios digitales en concreto en redes sociales. Con respecto a la frecuencia y tipo de errores ortográficos, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) señala que los alumnos de tercero de secundaria comenten alrededor de 13 errores ortográficos por cada cien palabras que escriben (2013).

De acuerdo a lo anterior se propone desarrollar e implementar una aplicación web, la cual refuerce las reglas de ortografía en los jóvenes de nivel medio básico y medio superior para que mejoren su nivel ortográfico en la redacción. Utilizar la aplicación web Gato Wripe las herramientas necesarias para la detección de los errores ortográficos en la redacción.

La misma aplicación servirá para que los alumnos estimulen el conocimiento de las reglas ortográficas mediante la participación dentro de la red social (Gato Wripe), concluyendo en que la aplicación web funciona como un refuerzo para que la población objetivo se interese en el cuidado de su ortografía.

INTRODUCCIÓN

Las redes sociales y el uso de los chats para comunicarnos rápidamente con familiares y amigos han motivado que la mayoría de los niños y jóvenes no presten atención a las faltas de ortografía y escriban de manera incorrecta cuando se comunican en redes sociales.

El uso de redes sociales como Facebook, Twitter, Instagram, Youtube y de chats como WhatsApp afecta directamente a la lectoescritura juvenil y donde resalta de forma negativa es en la ortografía. Las faltas ortográficas que se cometen en estas conversaciones son fruto de la inmediatez que requiere la era digital: intentamos escribir tan rápido como hablamos y la forma es usar abreviaturas, acortar palabras, llamar a las cosas por sus siglas o expresarnos a través de emoticonos. (Ricoy, 2017).

Hoy en día realizamos gran parte de nuestro trabajo tecleando a toda velocidad en nuestros pequeños dispositivos, con la presión de responder cada vez más rápido los chats y correos electrónicos. Evidentemente, eso incrementa la posibilidad de cometer errores o, peor aún, que el sistema de autocorrección coloque una palabra equivocada, lo cual nos ha pasado a todos. Hay páginas web y publicaciones online repletas de estos errores, así como líderes mundiales que algunas veces no hacen una pausa antes de enviar sus mensajes. (Solano, 2013).

Estos pequeños errores no solo tienen el poder de hacernos ver menos inteligentes de lo que somos: una mala escritura también puede crear confusión, poca claridad y falta de coherencia. En casos extremos puede provocar la pérdida de millones de dólares en ventas o de una oportunidad de trabajo. Estas fallas tienen el potencial de destruir las relaciones con los clientes o arruinar la posibilidad de encontrar el amor en internet. (Morrison, 2017).

Las herramientas de autocorrección parecían ser la solución, pero en realidad, también han creado un problema. Aunque la corrección automática de ortografía, como la mayoría sabe, algunas veces corrige nuestros errores sustituyendo la palabra que queríamos originalmente por otra de distinto significado. Si el texto no es revisado posteriormente, el error creado por la computadora pasará desapercibido. (Morrison, 2017).

TEORÍA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según INEE (2013), se registró que en el año 2013 fueron estimados 49, 458, 088 usuarios de internet en México los cuales el 35% de estos tienden a cometer errores ortográficos en su redacción.

Según Yohana Silva (2017) diversos periódicos y revistas digitales concuerdan con que el uso de la tecnología hoy en día ya es un problema conforme al tema de la gramática y redacción; que por su parte es causada por la prisa y la inmediatez de las personas.

Por las lecturas anteriores podemos definir que, por desinterés, desconocimiento, moda o poco uso práctico de las reglas ortográficas tiene como sus principales consecuencias que los jóvenes no solo tengan problemas al expresarse de manera escrita, sino que también su capacidad de comprensión lectora se ve afectada, desembocando más allá de solo la escritura ya que su desenvolvimiento en la sociedad por su poca dicción y escasez de palabras para comunicarse.

METODOLOGÍA TÉCNICA

La metodología que se utilizará para el desarrollo del proyecto será TSP (Team Software Process) es considerada como una metodología para administrar el trabajo de mejora y desarrollo de los procesos de software. El TSP brinda un conjunto de pasos bien estructurados que indican qué hacer en cada fase del desarrollo del proyecto y muestra cómo conectar cada fase para construir un producto completo, además brinda una ayuda acerca de cómo conformar equipos para el desarrollo de software de calidad. (GutimarSoluciones, 2012).

FASES DE CICLO DE VIDA DE TSP:

Lanzamiento: En esta etapa se establecen las metas a seguir por parte del equipo, se evalúan los objetivos y se dictan los roles y responsabilidades por parte de cada uno de los miembros del equipo. Además, se toman en cuenta los requerimientos por parte del cliente y se arma la estrategia a seguir para la culminación del proyecto.

Estrategia: En esta etapa se crea un modelo conceptual de lo que se requiere para brindar la solución más óptima, estableciendo el desarrollo a seguir, así como las estimaciones de esfuerzo y de riesgos.

Planeación: Una vez desarrollada la estrategia y teniendo en cuenta los procedimientos a seguir y el modelo de la solución del producto, se procede a brindar los roles y las tareas a cada miembro del grupo. En esta etapa se establece el cronograma para la gestión del tiempo y de las tareas que deben de realizarse.

Requerimientos: Para la gestión de los requerimientos se establecen entrevistas con el cliente a fin de delimitar lo que realmente es necesario producir. Los requerimientos son inspeccionados, con el fin de desarrollar un plan de pruebas para el producto terminado.

Diseño: Dentro de las tareas de la etapa de diseño, se establece la elaboración de un diseño de alto nivel, especificando todos los detalles acerca de todos los procesos del producto. En esta fase se desarrolla un plan de pruebas de integración.

Implementación: Esta es la fase en la cual el diseño se pasa a nivel de código, se analiza y se hace una revisión exhaustiva en busca de errores. Se compilan y se ejecutan los módulos y unidades, al tiempo que se analiza la calidad de estos.

Pruebas: En esta etapa el producto ya casi está terminado, solo falta la integración de los módulos y la documentación para el usuario final, como lo son los manuales de uso. En esta etapa se presentan las diferentes pruebas al sistema con el fin de asegurar su calidad y evaluar el desempeño del equipo de trabajo.

Postmorten: se evalúan los análisis de los resultados de las diferentes pruebas y del desempeño del equipo. Se escribe con detalles el reporte del ciclo de vida del proyecto. (GutimarSoluciones, 2012).

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar una aplicación web que motive la disminución de errores ortográficos, en jóvenes con educación media básica y media superior, gamificando el uso de las reglas ortográficas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar según estudios realizados previamente, los principales errores ortográficos que presentan los jóvenes de nivel medio básico y medio superior.
- Realizar un análisis de la información y planear el desarrollo de una aplicación web con el perfil de una red social para la implementación en el nivel medio básico y medio superior.
- Implementar dentro de la aplicación web las herramientas necesarias para la detección de los errores ortográficos y retroalimentar al usuario sobre sus errores ortográficos y como debe corregirlos.
- Realizar un análisis acerca de reglas ortográficas y entender como corregirlas

JUSTIFICACIÓN

Basados en el estudio antes mencionado del bajo rendimiento en ortografía que presentan los jóvenes se realiza una propuesta para cubrir el problema ya que el uso constante de las redes sociales genera influencia en el modo de escribir que afecta y/o modifica la ortografía de jóvenes, a causa del uso de redes sociales como pueden ser Facebook, Twitter, Instagram y Youtube.

ALCANCES

- Permite que el usuario se registre dentro de la página
- Hacer publicaciones en el muro
- Mostrar el perfil de los usuarios registrados
- Permitirá al usuario enviar mensajes privados a otros usuarios
- Así mismo en cada publicación o mensaje realizado Gato-Wripe pondrá al tanto a los usuarios de los errores cometidos y no permitirá enviarlos.
- El usuario podrá visualizar sus avances en su gramática
- El usuario podrá interactuar de manera gráfica y como modo de juegos para aprender

LIMITACIONES

- Gato-Wripe no tendrá venta de productos en línea
- Gato-Wripe no podrá formar grupos de usuarios ni en grupos de chat
- Gato-Wripe no auto-completará palabras a la escribir una publicación o mensaje
- Gato-Wripe no dejará bloquear a otros usuarios solo eliminarlo de tu lista de amigos
- Gato-Wripe no podrá adjuntar imágenes a mensajes o comentarios

PARTE EXPERIMENTAL

Se realizó la demostración con usuarios de bachillerato y secundaria para conocer su punto de vista con respecto al uso de la aplicación y si la usabilidad que se presenta en la misma es de su agrado.

RESULTADOS

En la ilustración 1, se observa la frecuencia en que los usuarios de cada muestra obtenida utilizan las redes sociales, obteniendo como resultado que el 46% de los encuestados hacen uso de las redes sociales todos los días.

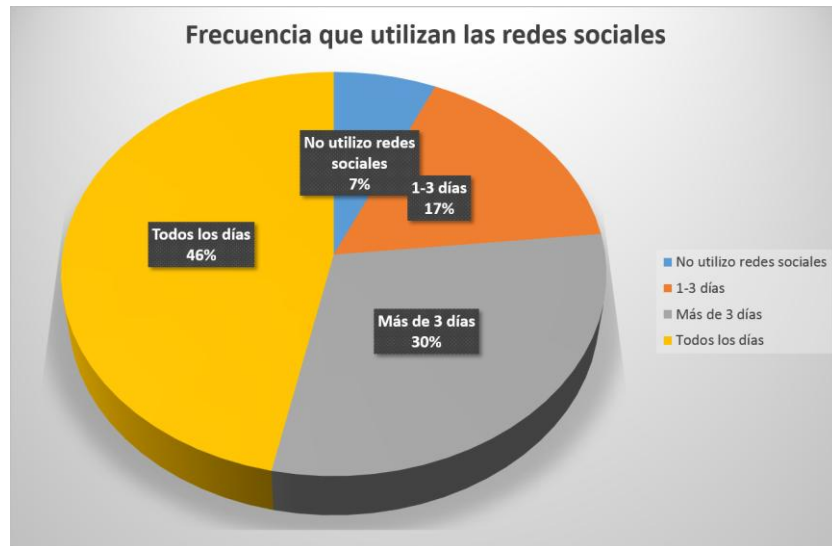


Ilustración 1 Frecuencia que los usuarios utilizan redes sociales

En la ilustración 2, se observan los errores cometidos por los usuarios antes de utilizar Gato WriPe, obteniendo como resultado que el 48% tienden a cometer de 1-4 errores ortográficos durante una sesión normal en una red social.

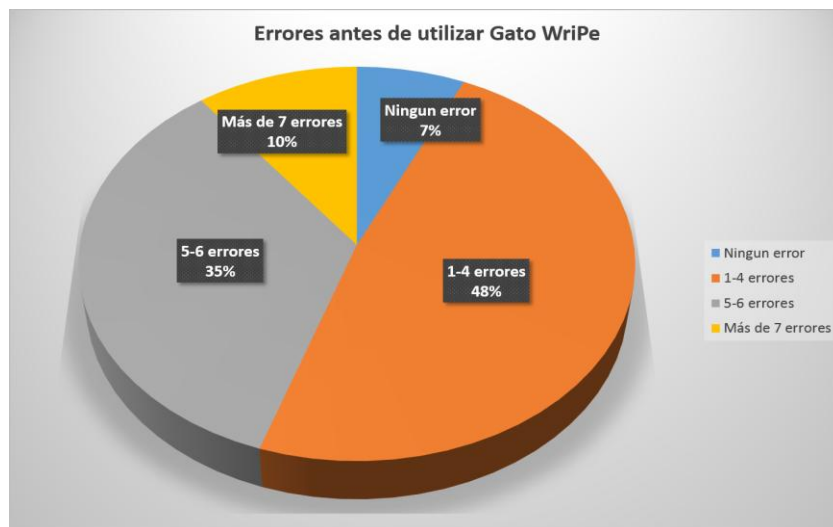


Ilustración 2 Errores cometidos antes de utilizar Gato WriPe

En la ilustración 3, se observa la frecuencia en la que los usuarios utilizaron el verificador de ortografía de Gato WriPe, obteniendo como resultado que el 48% lo utilizan más de 10 veces.

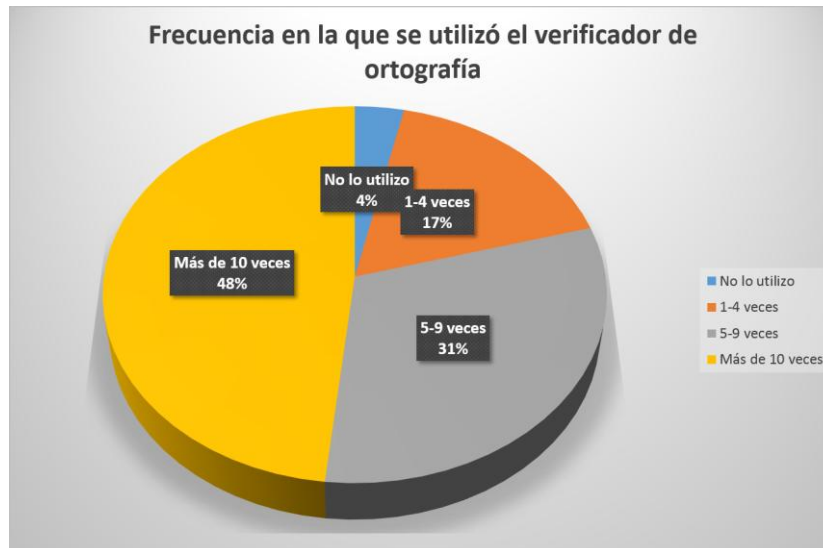


Ilustración 3 Frecuencia en la que se utilizó el verificador de ortografía

CONCLUSIONES

La aplicación web refuerza la ortografía durante la etapa experimental, en los estudiantes de nivel medio básico y medio superior. Dado los resultados anteriores se concluye que el desarrollo de páginas web como lo es Gato Wripe. Al realizar las encuestas a los usuarios, los comportamientos de los mismos fueron favorables puesto que al finalizar la utilización de Gato Wripe, se demostró que los usuarios se sintieron cómodos al utilizar la aplicación web y las herramientas con las que cuenta. Para finalizar se analizaron propuestas de mejora como lo es ampliar la exactitud al verificar la ortografía de los usuarios, agregar chat en grupo en función de mejorar la interacción entre varios usuarios y añadir nuevas herramientas de refuerzo en cuanto a temas de ortografía y redacción, que deberán ser presentados en una segunda versión de la página web, así como una experimentación más larga para conocer el impacto en la ortografía de los jóvenes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Digital, I. I. (16 de 07 de 2016). *IIEMD*. Obtenido de IIEMD: <https://iiemd.com/gamificacion/que-es-gamificacion>
2. GutimarSoluciones. (09 de mayo de 2012). *GutiMar*. Obtenido de GutiMar: <https://gutimarsoluciones.wordpress.com/2012/05/09/team-software-process-tsp-y-team-process-software-tsp/>
3. Lleras, G. V. (30 de 05 de 2017). *Semana*. Obtenido de Semana: <http://www.semana.com/nacion/articulo/corte-suprema-niega-extradicion-a-cristian-vargas/559357>
4. Morrison, L. (20 de septiembre de 2017). *BBC MUNDO*. Obtenido de BBC MUNDO: <http://www.bbc.com/mundo/vert-cap-40959475>
5. Ricoy, V. (15 de junio de 2017). *Hacer Familia*. Obtenido de Hacer Familia: <http://www.hacerfamilia.com/educacion/faltas-ortografia-disparan-redes-sociales-chats-era-digital-20170717125207.html>
6. Silva, Y. (30 de 07 de 2017). *La Voz de Galicia*. Obtenido de La Voz de Galicia: https://www.lavozdegalicia.es/noticia/sociedad/2017/07/30/falta-lectura-supera-uso-redes-sociales-causa-mala-ortografia/0003_201707G30P62991.htm
7. Solano, L. P. (2013). *Jornada UNAM*. Obtenido de Jornada: <http://www.jornada.unam.mx/2009/01/11/index.php?section=sociedad&article=032n2soc>
8. Zaldívar, I. F. (13 de 09 de 2016). *Centro de Comunicación y Pedagogía*. Obtenido de Centro de Comunicación y Pedagogía: <http://www.centrocp.com/juego-serio-gamificacion-aprendizaje/>

ENSAYO DE INMERSIÓN EN AGUA DE LA MADERA DE *Gmelina arborea*

Martha Lilia Equihua Equihua, Teresa García Moreno, Erica Arreola García, Raúl Espinoza Herrera

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Email: espinozahr@hotmail.com

RESUMEN

Las plantaciones forestales están tomando gran auge con especies de rápido crecimiento para abastecimiento de productos forestales. La *Gmelina arborea*, es una especie forestal de rápido crecimiento originaria de Asia que actualmente se está utilizando en México. Las maderas provenientes de plantaciones forestales comerciales tienen características diferentes a las de bosques naturales, debido a sus diferentes condiciones de crecimiento. Así estas maderas contienen una gran proporción de madera juvenil, lo cual causa deformaciones y rajaduras debido a variaciones en su contenido de humedad. Por lo que el objetivo de este trabajo, es caracterizar esta madera en cuanto a su comportamiento al agua, realizando ensayos de inmersión. Debido a que la madera tiene naturaleza anisotrópica, es decir que sus características anatómicas, físicas y mecánicas, varían según la dirección en que se midan. En el presente estudio se analizó el comportamiento de esta madera en sus tres ejes principales (Radial, Tangencial y Longitudinal). Los resultados mostraron que el eje tangencial se presentó el mayor hinchamiento por inmersión en agua, dos veces mayor que el eje radial. Por otra parte, el hinchamiento en el eje longitudinal fue prácticamente nulo. En cuanto a la absorción de agua, esta aumentó con forme se incrementó el tiempo de inmersión. Finalmente, al evaluar la contracción de la madera, se observó nuevamente que el eje tangencial con 5% fue el mayor cambio de dimensional, seguido del eje radial con 2%, y el sentido longitudinal sin variación significativa.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en México las plantaciones forestales están tomando gran auge con especies de rápido crecimiento para el abastecimiento de diversos productos forestales. La especie *Gmelina arborea*, es una especie forestal originaria del continente asiático ampliamente utilizada en a nivel mundial y de gran importancia económica para diferentes propósitos. Su velocidad de crecimiento, su diversidad de usos y su fácil adaptación a las diversas condiciones ecológicas, han hecho que la incluyan en la mayoría de los programas de plantaciones forestales comerciales. En México esta especie fue introducida en 1971 y se adapta fácilmente en el trópico húmedo (Campeche, Tabasco, Veracruz, Quintana Roo, Chiapas y Oaxaca), como en el trópico seco (Nayarit, Colima, Yucatán, Guerrero, Yucatán y Michoacán) (Downs 2003, CONAFOR 2008). Aunque la madera proveniente de plantaciones forestales comerciales ayuda a solventar el déficit de abastecimiento de productos forestales. Estas maderas tienen características diferentes a las de bosques naturales, debido al rápido crecimiento de los árboles, poseen una alta proporción de madera juvenil, la cual causa grandes problemas durante el procesamiento de este material. Deformaciones, grietas y colapsos, son habituales durante el aserrío y secado de esta madera (Garibay *et al.*2014). Estos defectos, pueden limitar su aplicación para ciertos usos.

La madera es dimensionalmente estable cuando el contenido de humedad es mayor que el punto de saturación de la fibra (PSF). Por debajo de PSF, la madera cambia de dimensión a medida que gana humedad (se hincha) o pierde humedad (se contrae). Esta contracción e hinchamiento puede provocar deformación. Debido a que la madera tiene naturaleza anisotrópica, es decir, sus características anatómicas, físicas y mecánicas, varían según la dirección en que se midan (Forest Products Laboratory, 2010). Los cambios dimensionales se evaluaron en cada una de las direcciones principales de la madera (longitudinal, radial y tangencial).

Uno de los mejores indicadores para estimar el comportamiento de la madera al agua, son los ensayos de inmersión. El ensayo de inmersión, es un método que se utiliza para saber qué tan higroscópica es la madera, y deducir lo que se incrementa por aumentos de contenidos de humedad. Por lo que en el presente trabajo se evaluó el hinchamiento y la absorción de agua de la madera de *Gmelina arborea* proveniente de una plantación forestal por éste tipo de ensayos.

PARTE EXPERIMENTAL

Dos árboles de 12 años de edad fueron colectados en el rancho La Guadalupe, municipio de Nuevo Urecho, Michoacán, México, entre los 19° 12' 38" de latitud norte y los 101° 53' 07" de longitud oeste. La altitud en el lugar es de 514 msnm, con clima Aw (w), cálido subhúmedo con lluvias en verano. En la figura 1, se puede observar los arboles colectados, su flor y su fruto. La altura de los árboles fue de 10 m, con diámetro de tronco de 30 cm, sin presentar contrafuertes.



Figura 1. Árbol, flor y fruto de *Gmelina arbórea*.

La madera de *Gmelina arbórea* fue aserrada y secada a un contenido de humedad del 12% de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM D143-94. La madera se presentó una densidad básica de 0.39 g/cm³. Se prepararon cubos 2.5 x 2.5 x 2.5 cm (figura 2a), los cuales se colocaron en inmersión en agua por periodos de 2, 24, 48, 72 horas y una semana (figura 2b). Las muestras fueron medidas en los tres ejes principales de la madera (radial, tangencial y longitudinal) por medio de un micrómetro (figura 2c), así como pesadas por medio de una balanza analítica con precisión de 0.001g antes y después de cada periodo.

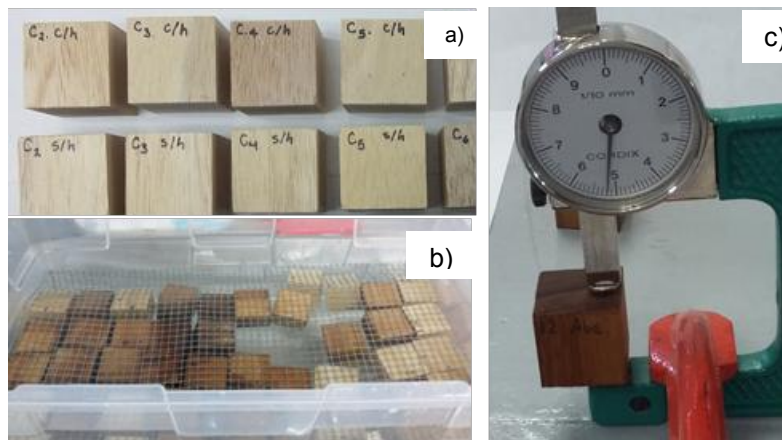


Figura 2. Procedimiento de evaluación: a) probetas para el ensayo, b) probetas en inmersión en agua, c) medición con el micrómetro de la probeta de la madera de *Gmelina arbórea*.

Para la determinación de la absorción de agua se utilizó la ecuación 1. Para la determinación del hinchamiento de las probetas, se utilizaron las ecuaciones 2 y 3.

$$\text{Abs. A} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 \quad \text{Ec.1}$$

$$\alpha_r = \frac{D_{vr} - D_{or}}{D_{or}} \times 100 \quad \text{Ec.2}$$

$$\alpha_{tg} = \frac{D_{vtg} - D_{otg}}{D_{otg}} \times 100 \quad \text{Ec.3}$$

Dónde:

Abs. A = Absorción de agua (%)

P₂ = Peso después de la inmersión en agua

P₁ = Peso antes de la inmersión

α_r = hinchamiento radial (%)

D_{vr} = dimensión después de la inmersión en agua en sentido radial

D_{or} = dimensión antes de la inmersión en sentido radial

α_{tg} = hinchamiento tangencial (%)

D_{vtg} = dimensión después de la inmersión en agua en sentido tangencial

D_{otg} = dimensión antes de la inmersión en sentido tangencial

Finalmente, para la determinación de la contracción se midieron las dimensiones de la madera de un estado completamente saturado de agua a un estado anhidro en los tres ejes de la madera (Radial, Tangencial y Longitudinal). Los cálculos se realizaron de acuerdo a las ecuaciones 4 y 5.

$$\beta_r = \frac{D_{vr} - D_{or}}{D_{vr}} \times 100 \quad \text{Ec.4}$$

$$\beta_{tg} = \frac{D_{vtg} - D_{otg}}{D_{vtg}} \times 100 \quad \text{Ec.5}$$

Dónde:

β_r = contracción radial (%)

D_{vr} = dimensión en estado completamente saturada en sentido radial

D_{or} = dimensión anhidra en sentido radial

β_{tg} = contracción tangencial (%)

D_{vtg} = dimensión en estado completamente saturada en sentido tangencial

D_{otg} = dimensión anhidra en sentido tangencial

RESULTADOS

Absorción de agua

La figura 3, presenta los resultados de la absorción de agua, de los ensayos de inmersión para la madera de *Gmelina arborea*. Se puede observar que, al incrementar el periodo de inmersión en agua, aumenta la absorción de agua.

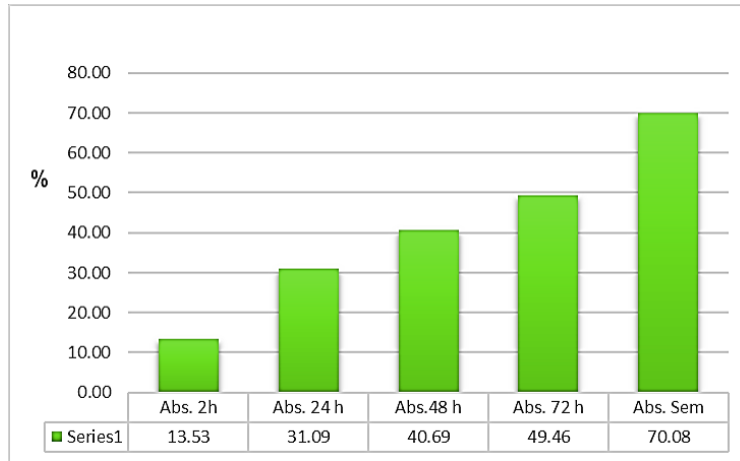


Figura 3. Porcentaje de absorción de agua en la madera de *Gmelina arborea* en función del tiempo.

Hinchamiento

En la figura 4, se presentan los resultados del hinchamiento en función del tiempo de inmersión en agua y la dirección en que se midió el cambio dimensional. Se puede observar que, el eje tangencial presentó el mayor hinchamiento por inmersión en agua, dos veces mayor que el eje radial. En el eje longitudinal los cambios dimensionales fueron prácticamente nulos.

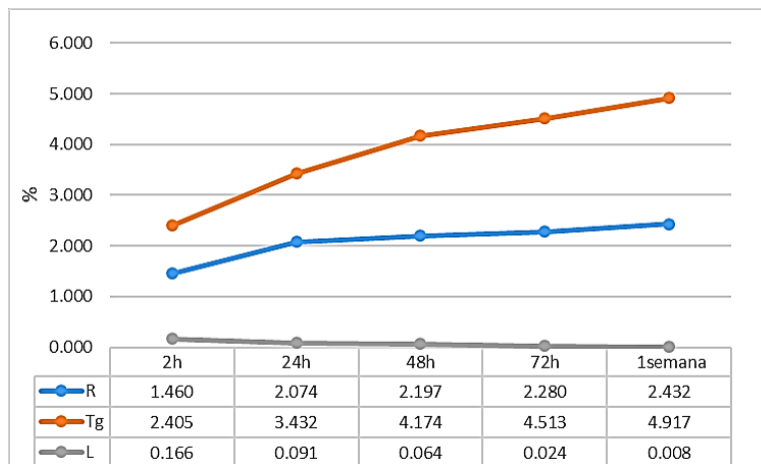


Figura 4. Hinchamiento en función del tiempo de inmersión en agua y el eje de la madera.

Contracción

En la figura 5, se presentan los resultados de contracción de la madera, se observó nuevamente que el eje tangencial con 5% fue el mayor cambio de dimensional, seguido del eje radial con 2%, y el sentido longitudinal sin variación significativa. La relación tangencial-radial fue de 2.19%.

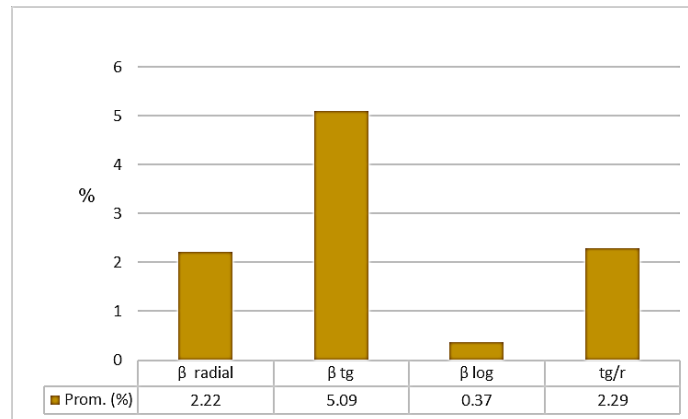


Figura 5. Contracción de la madera de *Gmelina arborea* en función del tiempo y el eje de la madera.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que al incrementar el periodo inmersión en agua, aumenta la absorción de agua. En el eje tangencial se presentó el mayor hinchamiento por inmersión en agua, dos veces mayor que el eje radial y el hinchamiento en eje longitudinal fue prácticamente nulo. Finalmente, de acuerdo a los resultados de la contracción de la madera, se puede concluir que en el eje tangencial con 5% se clasifica como medio y fue donde se presentó el mayor cambio de dimensional, seguido del eje radial con 2%, clasificándose como baja según Tamarit y López (2007), y el sentido longitudinal sin variación significativa. La relación tangencial-radial se clasifico como alta según la clasificación de Echenique y Plumtre (1994) lo que indica que esta madera es muy propensa a distorsiones y alabeos por cambios de contenido de humedad.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM. "Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber". ASTM Standard D143, 1994. Annual Book of ASTM Standards. Section 4, Construction. Volume 04.09 Wood. 2009. Philadelphia, U. S. A.
2. Barrera, H. "Evaluación dasométrica de una plantación de *Gmelina arborea* Roxb. (verbenaceae) en el municipio de Múgica Michoacán". Tesis de licenciatura. Facultad de Agro-biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2010.
3. CONAFOR. "Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México". Comisión Nacional Forestal. 2008. URL <http://biblioteca.xoc.uam.mx/docs/consulta/136525.pdf> 2.
4. Downs, G. "Estudio tecnológico de la madera de *Gmelina arborea* Roxb., proveniente de plantaciones jóvenes del estado de Campeche". Campeche, México. 2003. 72p.
5. Echenique, R. y Plumtre, R.A. "Guía para el uso de Maderas de Belice y México". Universidad de Guadalajara, Consejo Británico, Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, A. C., Universidad de Oxford. Oxford. 1994. 196 p.
6. Forest Products Laboratory. "Wood handbook—Wood as an engineering material". General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2010. 508 p.
7. Garibay García, G.A, Casimiro, J.C, Sosa Villanueva, H, y Espinoza Herrera, R. "La madera de *Eucalyptus nitens* procedente de plantación comercial". Memorias. Primer Simposio Internacional "Día del Forestal". 28 noviembre. 2014. Pag 36.
8. INIFAP. "500 Tecnologías Llave en Mano". SAGAR-INIFAP. México, D.F. 1999. 152p.
9. Tamarit, J.C. y López, J.L. "Xilotecología de los principales árboles tropicales de México". Libro Técnico No. 3. INAFAP-CIR golfo centro, campo Experimental San Martinito. Tlahuapan, Puebla. México. 2007. 264 p.

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, UTILIZANDO EL EFECTO SEEBECK

Ricardo Alemán Alzate, Ezra Josué Charles Solorio, Patricio Elizondo Ortega, Verónica Elizabeth Sánchez Flores.

Universidad Marista de Guadalajara

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito buscar una fuente de energía eléctrica alternativa, capaz de alimentar un componente electrónico de bajo consumo utilizando el efecto Seebeck, una propiedad termoeléctrica en donde a partir de una diferencia de temperatura se crea una diferencia de potencial, lo que es igual a un voltaje, el objetivo principal de este proyecto es generar un voltaje de 5 a 12 volts para alimentar un circuito eléctrico.

Esta investigación es de tipo documental con un alcance experimental puesto que, está relacionado con los principios físicos y termoeléctricos de Thomas Johann Seebeck que consiste en la obtención de una diferencia de potencial eléctrico entre dos materiales conductores (voltaje) a partir de una diferencia de temperaturas, utilizando un enmallado entre dos materiales conductores, para luego calentarla por medios físicos y tomar mediciones de temperatura y voltaje de cada material, con lo que se puede calcular el voltaje estimado mediante la integral de Seebeck.

El desarrollo de este proyecto abarco, desde la investigación documental, investigación de las propiedades de diferentes materiales, la sistematización de la información, construcción del circuito lógico digital, como la construcción del generador de voltaje, una serie de pruebas de corrientes y voltaje y correcciones.

Se logró demostrar el efecto Seebeck, sin embargo, no se lograron los resultados esperados, esto se debió a factores como los materiales utilizados (acero y cobre), ya que no se logró una diferencia de temperatura alta en los diferentes enmallados, puesto que temperatura ambiente no brindaba un contraste suficiente para lograr un mayor voltaje, aun así se pudo observar que es una forma de generar energía eléctrica y generar un voltaje alto, usando los materiales apropiados y logrando una diferencia de temperaturas mayor, por otro lado, se concluyó que el uso de un semiconductor se podría haber llegado al objetivo planteado de esta investigación

INTRODUCCIÓN

Existen muchas formas de producir electricidad, hoy en día la mayoría de la electricidad se produce a partir de medios no renovables y a pesar de que existen formas de generar electricidad de manera más limpia, estas no son utilizadas.

Por esto es importante que la gente pueda tener a su alcance una forma de generar electricidad independientemente para cubrir sus necesidades y se cree que una de estas formas es usando el generador Seebeck.

TEORÍA

Esta investigación es de tipo experimental puesto que, está relacionado con los principios físicos y termoeléctricos de Thomas Johann Seebeck que consiste en la obtención de una diferencia de potencial eléctrico entre dos materiales conductores (voltaje) a partir de una diferencia de temperaturas.

Así mismo es de tipo descriptiva, ya que se muestran detalladamente los resultados obtenidos del experimento. Para esto se debe realizar un enmallado entre dos materiales conductores, para luego calentarla por medios físicos y tomar mediciones de temperatura y voltaje de cada material, con lo que se puede calcular el voltaje estimado mediante la integral de Seebeck que se muestra en la ilustración 1.

$$V = \int_{T_1}^{T_2} (S_B(T) - S_A(T)) dT$$

Ilustración 1 Integral de Seebeck. Fuente (Clemens, J)

PARTE EXPERIMENTAL

DTE

Después de definir el objetivo del proyecto, lo siguiente será definir qué elementos de trabajo o actividades se necesitan realizar para lograrlo. De tal manera que se realizó una estructura de división de trabajo (DTE). Quedando como lo muestra la ilustración.

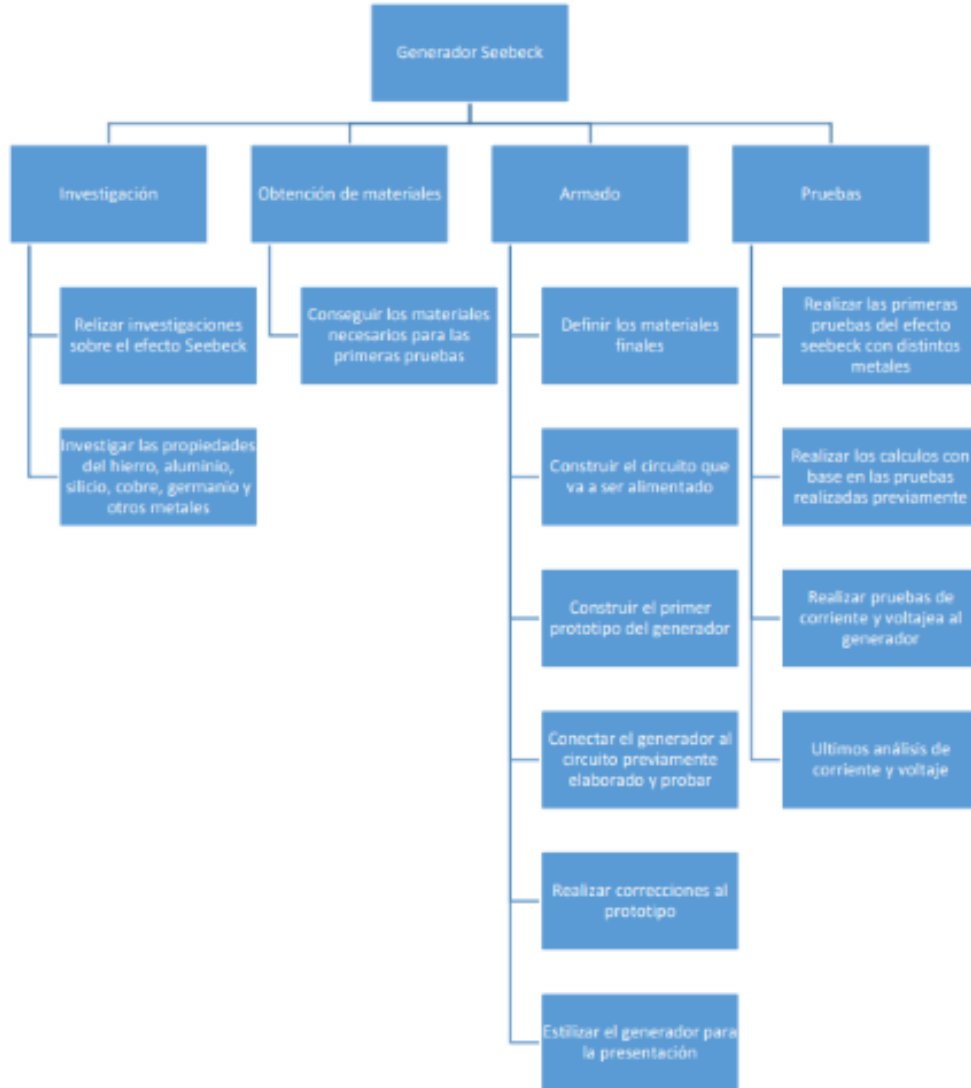


Ilustración 2 Diagrama DTE Fuente: Elaboración Propia

Debido al bajo costo y gran conductancia eléctrica del acero y el cobre es que se eligieron estos materiales como base para la malla principal. Para estimar el voltaje que se obtendría por medio del efecto Seebeck aplicado a la malla, se usó la integral de Seebeck.

Los datos necesarios para desarrollar la integral son:

- Los coeficientes de Seebeck de cada metal que será implementado
- y dos temperaturas distintas.

Sabiendo que el coeficiente de Seebeck del cobre y del acero es de $40\mu\text{V}/^\circ\text{K}$ y $51\mu\text{V}/^\circ\text{K}$ respectivamente, y que las temperaturas a usar serian 25°C (298.15°K) por ser la temperatura

ambiente y 150°C (423.15°K) por ser una temperatura fácil de alcanzar con un encendedor genérico, se sustituyeron estos datos y así fue como quedó la operación:

$$\int_{298.15}^{423.15} (51(t) - 41(t)) dt$$

$$\int_{298.15}^{423.15} (11(t)) dt$$

$$[11t]_{298.15}^{423.15} = 1375 \mu V$$

Ilustración 3 Desarrollo de Integral de Seebeck

Se realizaron dos enmallados para las primeras pruebas del efecto Seebeck, los resultados fueron medidos con el uso de un multímetro y un termopar. Los resultados fueron los siguientes:

- Enmallado 1: T=150°C V=1.1mV
- Enmallado 2: T=170°C V=1.2mV

Se observó que los resultados obtenidos de manera teórica y práctica son aproximados y con ello se demostró que el efecto Seebeck existe y puede ser aplicado. Desafortunadamente, la tensión que se midió está muy por debajo de lo que se había esperado, es por ello por lo que se ha optado por experimentar con otro material extra y realizar distintas pruebas con todas las combinaciones posibles. Además, se planteó la idea de usar un amplificador de voltaje para llegar al voltaje que se desea.

Dos elementos con buenas cualidades eléctricas son el aluminio y el oro, desafortunadamente el costo del oro es muy alto y por ello fue descartado, por otro lado, el costo del aluminio es más accesible relativamente hablando; sin embargo, se ha logrado conseguir 3 metros para realizar las pruebas correspondientes de manera gratuita.

Los materiales disponibles hasta ese momento eran:

- Alambre de acero,
- Alambre de aluminio y
- Cable de cobre,

De tal modo que las combinaciones posibles eran: Acero/aluminio, acero/cobre, cobre/aluminio; los resultados fueron medidos nuevamente con un multímetro y un termopar, los resultados fueron los siguientes:

- Acero(1.5m) / aluminio(1.5m) T=180°C V=1.4mV
- Acero(1.5m) / cobre(1.5m): T=160°C V=1.2mV
- Cobre(1.5m) /aluminio(1.5m): 170°C V=1.5mV

RESULTADOS

Los resultados sí fueron satisfactorios con el uso de aluminio, desafortunadamente el costo sigue siendo elevado por lo que no podremos implementarlo en el prototipo final. Al final se usó una malla de acero con cobre.

El circuito lógico digital que sería alimentado por la malla fue simulado con ayuda del programa Proteus 8 para corroborar que este funcionaría de manera correcta y eficaz.

Al circuito lógico digital presentado se le aplicaron algunos métodos de reducción como son los mapas de Karnaugh, las reglas booleanas y los teoremas de Morgan para simplificar aún más las expresiones del circuito y de esta manera utilizar menos hardware como son los CI's, llegando así a la forma más simple como se observa en la ilustración 10; comparando con el circuito obtenido anteriormente podemos llegar a la conclusión que se redujo aproximadamente menos de la mitad, de esta manera ahorrando material y espacio.

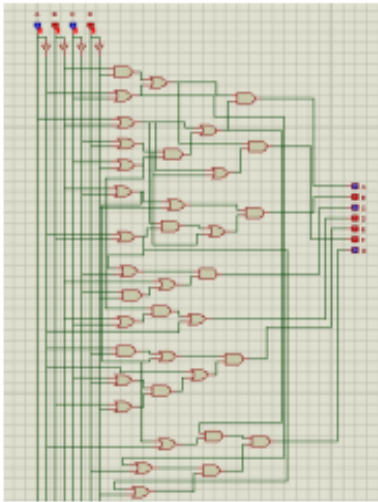


Ilustración 4 CL no simplificado

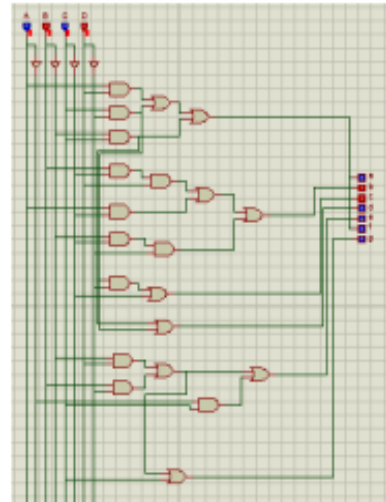


Ilustración 5 CL no simplificado

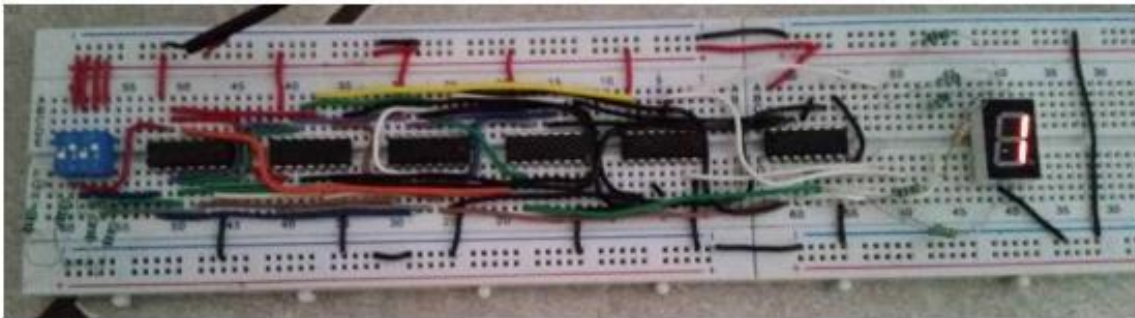


Ilustración 6 CL Físico

Se realizó el circuito lógico digital en físico en un protoboard utilizando un total de 6 CI's (1-74LS04, 2-74LS08, 2-74LS32, 1-74LS11), con ayuda de un dip-switch y un display de 7 segmentos que imprimirá cada letra de la palabra "INGENIERIAS".

Se realizó un amplificador operacional para elevar el voltaje del efecto seebeck y con ello alimentar el circuito lógico digital, desafortunadamente este no será usado ya que existe un problema de corrientes que impide que el circuito funcione de manera adecuada. Para solucionar dicho problema se optó por complementar un circuito amplificador sumador que consiste en amplificar el voltaje generado por el efecto Seebeck y sumarlo con otro voltaje de entrada y así de esta manera aumentar la corriente y llegar a alimentar el circuito digital de forma óptima.

A su vez se realizó un circuito con varias fuentes de voltaje de CD (5v, 12v y 15v) que alimentará a el circuito de amplificación del efecto Seebeck el cual se realizó mediante la utilización de CA transformándola a CD por medio de un transformador, un puente rectificador de diodos de onda completa y con la ayuda de algunos capacitores de distintas denominaciones en conjunto con unos reguladores de voltaje de 12v y de 5v para obtener las salidas necesarias con el voltaje ideal para trabajar con los circuitos realizados.

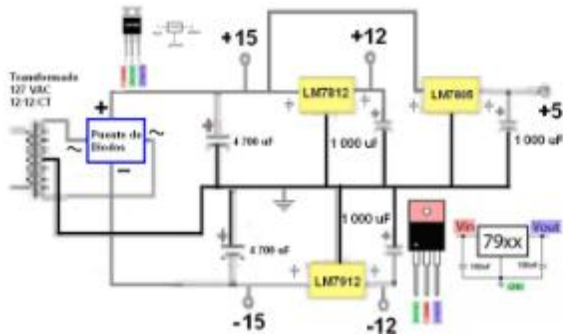


Ilustración 7 Fuente de Voltaje

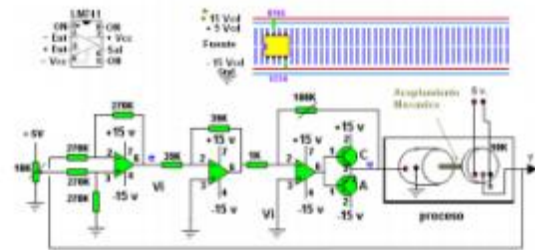


Ilustración 8 Circuito Amplificador



Ilustración 9 Fuente de Voltaje Físico

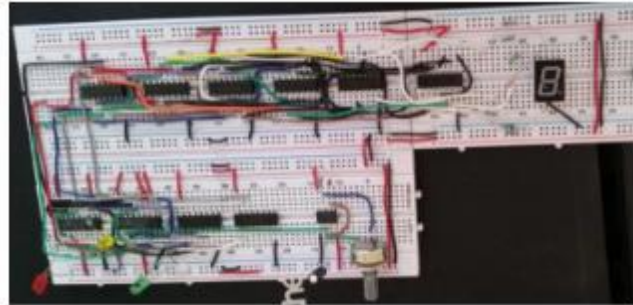


Ilustración 10 CL automatizado

Para la automatización del circuito lógico digital se optó por sustituir el **dip switch** que funcionaba por medio del control manual para hacer el cambio de letras de la palabra, por un contador síncrono elaborado con flip-flops J-K el cual funciona con una señal de reloj y compuestas lógicas para configurar la cuenta necesaria que imprimirá automáticamente la palabra en el display letra por letra; con ayuda de un potenciómetro se puede regular la frecuencia con la cual se harán los cambios de cuenta.

Se realizó el circuito amplificador sumador y se pudo obtener un voltaje de hasta **6V** pero no se podía obtener la corriente ideal para suministrar el circuito lógico digital ya que al interconectar el circuito digital al amplificador sumador había una caída de voltaje considerable dando un resultado de aproximadamente 2.5V únicamente teniendo la energía suficiente para abastecer unos cuantos leds.

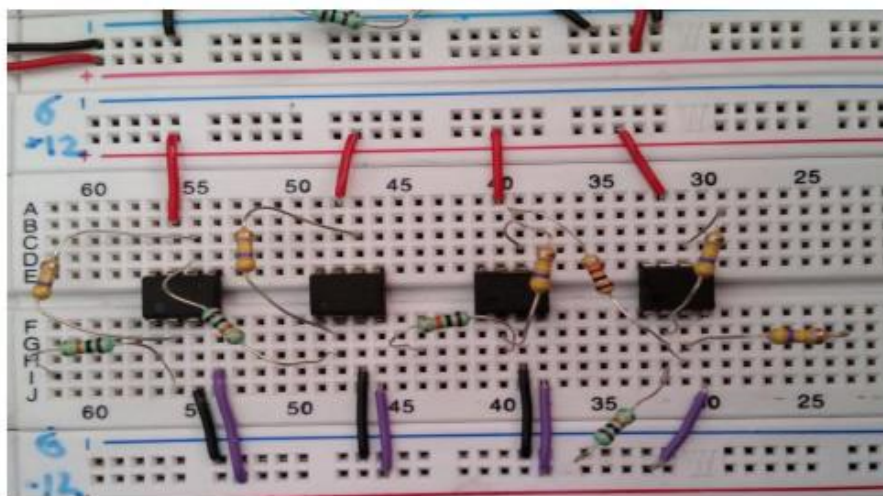


Ilustración 11 Amplificador Sumador

CONCLUSIONES

Se logró satisfacer el alcance máximo del proyecto, el cual era demostrar que el efecto Seebeck, sin embargo, no se lograron los resultados que se esperaban, esto se debe a factores como los materiales utilizados, ya que idealmente se debió usar un semiconductor, pero debido a la dificultad de obtenerlo y su alto costo pudo ser usado en este proyecto. Otro factor que influyó en esto fue no lograr una diferencia de temperaturas muy alta en la malla, había distintas maneras de calentarla, pero la temperatura ambiente no brindaba un contraste lo suficientemente grande para obtener un mayor voltaje.

Aun sin obtener el resultado esperado de la malla, se pudo observar que el efecto Seebeck es una forma de producir energía eléctrica y puede tener potencial para generar un voltaje alto usando los materiales apropiados y logrando una diferencia de temperaturas mayor a la que se logró.

Por otro lado, al implementar el circuito amplificador y no obtener los resultados esperados se concluyó que se puede obtener la energía necesaria para abastecer unos cuantos elementos electrónicos, pero no demasiados, ya que la corriente no es óptima.

También con las compuertas lógicas y flip-flops se pueden realizar muchos otros sistemas y aplicaciones que funcionen por medio de un código binario o BCD (Decimal Codificado en Binario) dependiendo de su utilización.

Para finalizar, el efecto Seebeck puede tener varias aplicaciones observando los resultados de esta investigación; por ejemplo, el aprovechamiento de la energía desperdiciada de algunos aparatos electrodomésticos en forma de calor, de esta manera realimentar algún elemento o componente, otro puede ser su utilización como sensor de temperatura. La clave es la correcta selección de los materiales y una diferencia de temperaturas significativa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Clemens, J. (Noviembre de 2006). Seebeck coefficient. Obtenido de Electronics Cooling: <https://www.electronics-cooling.com/2006/11/the-seebeck-coefficient/>
2. Pattersorn, G., & Sobral, M. (5 de Diciembre de 2007). Efecto Peltier. Obtenido de Universidad de Buenos Aires-Exactas; Departamento de física: <http://materias.df.uba.ar/labo4Ba2013c2/files/2012/07/Efecto-Peltier.pdf>

INSTRUMENTACIÓN DE UN BIO-REACTOR TIPO MICROBIAL FUEL CELL PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE MICROORGANISMOS DEL GÉNERO GEOBACTER

Arturo Mejía Ledezma ¹, Cesar Angeles Vergara ¹, Diego Alejandro Pérez González ¹, Isaí Trejo Teniente ², Roel González Montes de Oca ¹

¹Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Pachuca. Carretera Pachuca-Cd. Sahagún, Km.20, Ex Hacienda de Santa Bárbara, Zempoala, Hidalgo, México. CP.43830, ²Posgrado en Biotecnología, Universidad Politécnica de Pachuca. Carretera Pachuca-Cd. Sahagún, Km.20, Ex Hacienda de Santa Bárbara, Zempoala, Hidalgo, México. CP.43830.

RESUMEN

En la actualidad, los desechos orgánicos representan hasta un 75% de los residuos sólidos urbanos que son depositados en tiraderos al aire libre. Su degradación genera gases contaminantes de mayor impacto que el CO₂, tal es el caso del CH₄, C₅H₁₄N₂ y C₄H₁₂N₂. Una vía de procesamiento de estos desechos es a través de microorganismos los cuales han demostrado la generación de energía eléctrica mientras ocurre. Esto se realiza dentro de celdas de combustible microbianas (MFC) donde se convierte energía química de un sustrato en energía eléctrica. El fenómeno se basa en la transferencia de electrones producidos por su actividad metabólica a un electrodo en sustitución del aceptor natural mientras se degrada la materia orgánica.

Una MFC consta principalmente de un compartimento anódico y uno catódico, separados por una membrana permeable de intercambio de protones generalmente basada en Nafion 117 o Ultrex. Para este proyecto se instrumentó un biorreactor del tipo MFC empleando electrodos de grafito que son conductivos y biocompatibles con el género *Geobacter*, la energía eléctrica generada se amortiguó con un capacitor electrolítico de 4.7 mF y se bloqueó el retorno de voltaje con un diodo rectificador de germanio. El voltaje se eleva por un multiplicador de voltaje y se envía a un cargador de baja corriente. Se desarrollaron tarjetas electrónicas para el acondicionamiento de los sensores de las variables monitoreadas del biorreactor que fueron pH, temperatura, presión, oxígeno y humedad dentro de cada cámara. El sistema está gestionado por una tarjeta de desarrollo Bluno Mega 1280 con conectividad Bluetooth 4.0 para la exportación inalámbrica de datos.

Este proyecto permite monitorear la generación y almacenamiento de energía eléctrica de forma limpia, utilizando técnicas alternativas convencionales en las cuales se emplean combustibles fósiles para reducir la cantidad de desechos orgánicos contaminantes del medio ambiente

PALABRAS CLAVE: Celdas de Combustible Microbianas, Biorreactor, Electricidad, *Geobacter*, Residuos Sólidos Urbanos, Materia orgánica.

INTRODUCCIÓN

La producción de Residuos Sólidos Urbanos y sus impactos en la sociedad y en el medio ambiente son problemas de alto impacto en el escenario global. El índice de desarrollo de los países está en constante crecimiento, y varios sectores, como la energía, la tecnología, la salud, el transporte y la infraestructura, progresan rápidamente. Debido a este crecimiento de los sectores antes mencionados, la generación de Residuos Sólidos Urbanos también está aumentando, lo que esto conduce a la contaminación de la atmósfera¹ debido a que la materia orgánica en tiraderos al aire libre provoca la liberación de gases aún más contaminantes que el CO₂ algunos ejemplos de estos gases nocivos son: del CH₄, C₅H₁₄N₂ y C₄H₁₂N₂ y estas emisiones de gases han sido las causantes del cambio climático en el planeta y del efecto invernadero que ha ido deteriorando las condiciones de vida, no solo para el ser humano sino también la vida de la flora y la fauna alrededor del planeta. A lo largo de las últimas décadas el ser humano se ha preocupado en crear una conciencia de ser más amigables con el medio ambiente y ha emprendido la búsqueda de nuevas tecnologías de generación de energía y en la correcta manipulación de los desechos orgánicos se ha buscado que este tipo de tecnologías sean menos intensivas en energía y ambientalmente amigables para así poder contribuir a reducir el impacto negativo al medio ambiente. Actualmente existen diferentes maneras de obtener energía de manera más amigable para el planeta, por ejemplo, la energía eólica, la energía solar, la energía hidráulica, la energía térmica, la energía nuclear, pero tienen algunos

inconvenientes, dependen del clima local, deben tener un lugar específico de operación y deben ser operados por personal altamente capacitados para operar los diferentes sistemas que lo componen. Por lo tanto, se necesita de una tecnología, para que se pueda desechar de manera correcta la materia orgánica con el objetivo de así poder resolver los problemas del mal manejo de estos residuos sólidos urbanos; y esa tecnología son los biorreactores que se basan en las celdas de combustible microbianas (MFC) gracias a esta tecnología nosotros podemos aumentar la sostenibilidad de la generación de energía renovable.

Algunos microorganismos, como las bacterias, son capaces de producir energía renovable sin daño al ambiente. Las celdas de energía microbiana ofrecen la posibilidad de convertir compuestos orgánicos en electricidad mediante el metabolismo de dichos microorganismos al crear subproductos, entre los que están diferentes iones que son liberados hacia el medio extracelular. En estos dispositivos se coloca un electrodo como aceptor final para captar los electrones que liberan los microorganismos al degradar la materia orgánica. La bacteria del género *Geobacter* ha probado ser una de las mejores para llevar a cabo la descomposición de los residuos orgánicos debido a que no necesitan de condiciones ambientales estrictas para poder vivir, reproducirse llevar a cabo el proceso metabólico que nos interesa.

El género de bacterias *Geobacter* es de la familia Geobacteracea, son Gram-negativas, se caracteriza en general por poseer una forma recta o ligeramente curvada, su tamaño puede variar de 1,2-2,0 μm de longitud por 0,5-0,6 μm de diámetro, además se caracteriza en general por poseer dos tipos de apéndices celulares, flagelos y Pili⁶. Estas bacterias se alimentan de materia altamente rica en carbono y produciendo así los electrones que después se transfieren al ánodo (terminal negativo) y fluyen al cátodo (terminal positivo), y se encuentran separadas por una membrana permeable de intercambio de protones generalmente basada en Nafion 117 o Ultrex. Para que después se unan mediante un material conductor que contiene una resistencia.

Un biorreactor se puede conceptualizar como un dispositivo que es capaz proporcionar un medio ambiente controlado que permite el crecimiento eficaz de células, bacterias, entre otros seres micro celulares para llevar a cabo mediante procesos químicos y biotecnológicos la formación de un producto que podamos utilizar como fuente alternativa de energía². El entorno adecuado que proporciona un biorreactor tiene que tener niveles óptimos de temperatura, pH, presión, sustrato, sales, y oxígeno, para así convertir la materia orgánica en productos específicos de nuestro interés como el etanol, agua, biomasa, entre otros.³ El fenómeno se basa en la transferencia de electrones producidos por su actividad metabólica a un electrodo en sustitución del aceptor natural mientras se degrada la materia orgánica. La instrumentación y control de un biorreactor requiere de sensores que midan las variables del proceso de descomposición de la materia orgánica, y sistemas que ajusten el equipo a un punto óptimo de operación. Los sensores deben ser esterilizables para asegurar la asepsia del proceso.

La señal del sensor no solo debe ser sensible a los tóxicos, sino que además no debe verse afectada por eventos tóxicos.

TEORÍA

Teoría de control para la regulación de oxígeno en la cámara anaerobia del biorreactor

Microorganismo

En el presente trabajo exponemos las características de una familia de bacterias en particular denominadas *Geobacter* estas bacterias cuentan con la capacidad de producir energía eléctrica como fuente renovable en la cámara aerobia del biorreactor basado en una celda de combustible microbiana. Estas bacterias pueden degradar totalmente orgánicos empleando diferentes elementos o sustancias como aceptores de electrones.

El trabajo aborda características principales de la bacteria, como los mecanismos utilizados para aprovechar la electricidad que genera y posteriormente poder convertirla en una fuente de energía renovable competitiva.

Crecimiento microbiano Generación (n) Es el número de divisiones celulares que ocurren en un determinado tiempo en un cultivo microbiano **Velocidad de crecimiento:** Es el cambio en el número de generaciones por unidad de tiempo.

Tiempo de generación Es el tiempo requerido para que a partir de una célula se formen dos, o sea el tiempo requerido para duplicar el número de células de una población.

Factores que alteran el crecimiento de las bacterias

Los factores que intervienen son:

- Concentración de sustratos
- Temperatura
- PH
- Actividad de agua
- Potencial redox, concentración de oxígeno
- Presión hidrostática

Proceso y modelado del proceso de extracción de oxígeno disuelto

Mediante lazos de control tipo ON/OFF se mantuvo la temperatura alrededor de 30°C y el pH entre 6.4 y 7.4. Se evita la formación de espuma con el agregado de antiespumante. Los valores de porcentaje de OD, pH y temperatura (T) se registran durante toda la fermentación. La fermentación se suspende cuando presenta 90% o más de lisis celular. En cuanto al modelado del proceso, se ha avanzado significativamente en esta temática debido a que se dispone de un modelo basado en primeros principios propuesto originalmente por Rivera⁷, modificado luego por Atehortua⁸ y finalmente, en el trabajo de Amicarelli⁴ se incorporó la dinámica del oxígeno disuelto (OD) con la cual se procede a trabajar en este artículo para el control de oxígeno disuelto en el medio. El siguiente modelo en espacio de estados es la versión discreta del modelo continuo desarrollado por Amicarelli⁹.

La estrategia de control diseñada muestra la importancia de la detección del instante de comienzo de esporulación para el control del proceso. Se diseña un controlador basado en Teoría de Lyapunov y se compara su desempeño con el de un controlador clásico del tipo PID. Los perfiles de concentración de oxígeno disuelto, usados como señal de referencia para el controlador propuesto, se basan en investigaciones y datos experimentales previos realizados sobre el mismo proceso.

Teoría de circuitos en paralelo para la medición de sensores de las cámaras de la MFC

El circuito está basado en la teoría de los circuitos en paralelo ya que varios elementos que están en paralelo tienen la misma caída de potencial entre ellos¹¹. Es decir que todos los componentes están siendo alimentados por los mismos 5 volts que está suministrando el microcontrolador sin que existan variaciones de energía entre ellos. Para poder alimentar el microcontrolador utilizamos una fuente de voltaje variable

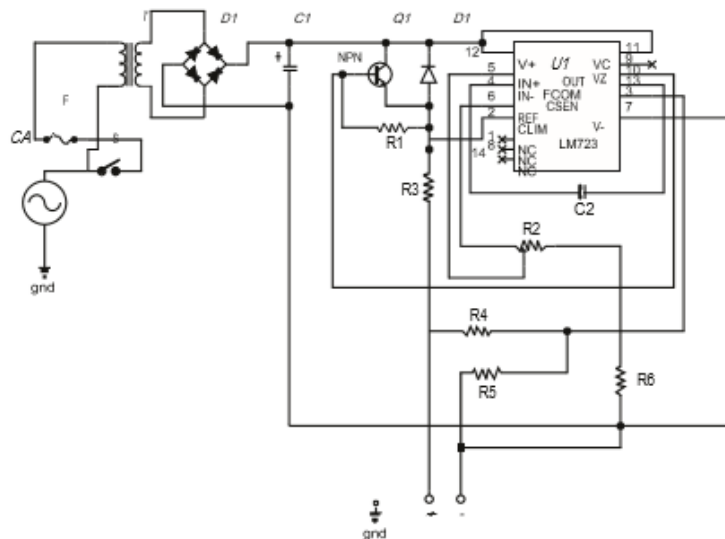


Figura 1. Circuito para la fuente de a la tarjeta de adquisición de datos

La fuente entrega a la salida una corriente máxima de 200 mA y un voltaje regulado que va desde cero volts a 24 volts

Sensor de temperatura

EL sensor LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a +150°C. El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el to-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo.

El LM35 es capaz de operar con una alimentación de entre 4 a 30 volts

La salida es lineal y equivale a 10mV/°C por lo tanto:

$$+1500\text{mV} = 150^{\circ}\text{C}$$

$$+250\text{mV} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$-550\text{mV} = -55^{\circ}\text{C}$$

Sensor de presión

El sensor de presión barométrica BMP180 posee alta precisión y es de bajo consumo de energía. Ofrece un rango de medición desde 30 a 110 kPa (Kilo-Pascal) con una precisión absoluta de hasta 0.003 kPa. Este sensor cuenta con una resolución de 1 Pa. Su voltaje de operación es de 3.3 a 5 volts

Sensor de pH

El sensor SEN0044 es un sensor de pH que viene con una probeta la cual se sumerge en la sustancia a medir sin la preocupación de que el circuito principal se dañe.

El módulo lleva una alimentación de 5 volts.

El sensor tiene una precisión de $\pm 0.1\text{pH}$

Microcontrolador BLUNO

El microcontrolador BLUNO es muy parecido a un Arduino UNO con la única diferencia de que se le agrega un módulo Bluetooth para que la transferencia de datos pueda ser a un dispositivo móvil sin la necesidad de cables al igual que su programación.

El microcontrolador lleva una alimentación de 7 a 12 volts. La corriente de salida que otorga por los pines de I/O es de 40 mA y la corriente que arroja por los pines de salida de voltaje es de 200 mA.

Teoría de esfuerzos de von mises

Teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles

Se aborda esta teoría puesto que principalmente la estructura del biorreactor está compuesta de polipropileno, el cual es un plástico flexible, se debe evitar la existencia de deformaciones físicas que puedan llegar a alterar el material de nuestro biorreactor.

Esta teoría explica que una falla por fluencia llega a ocurrir cuando la energía de deformación total por unidad de volumen llega al límite o excede la energía de deformación por unidad de volumen que corresponde a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material.¹⁰

Para esto también se deben contemplar que existirán deformaciones y desplazamientos que pueden ser mínimos o máximos dependiendo si la tensión o compresión sufrida en las paredes del material están dentro de los límites elásticos propios de este.

EXPERIMENTAL (técnicas de evaluación)

Técnica de evaluación para la teoría de energía distorsión para materiales dúctiles mediante elemento finito

Se ha utilizado el software SolidWorks para hacer diferentes análisis y simulaciones para verificar que no existan alteraciones físicas en el biorreactor por los diferentes tipos de variables físicas inmersas en el sistema. Para este caso se ha analizado de forma individual cada parte de la estructura así también como su ensamble de estas. Las condiciones que se presentaron fue que la cámara anaerobia contiene una solución de agua con sodio de fosfato monobásico, también se ha contemplado una temperatura en la estructura de 30°C en la cual tanto las bacterias como el buffer de fosfato no se ven afectados de manera significativa.

Experimentación del circuito a implementar

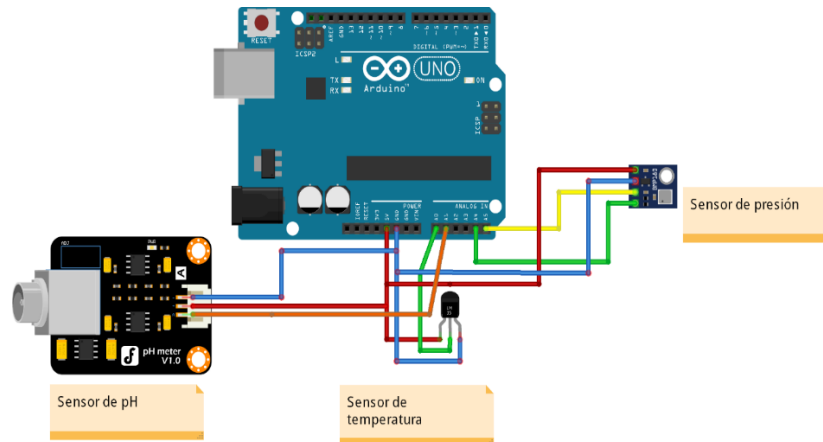
Con la teoría de circuitos en paralelo que nos dice que el voltaje es igual en cualquier componente que se conecte a la salida de 5 volts, tendrán esta misma tensión.

Los sensores utilizados en el experimento mostraron resultados aceptables y continuos dando a entender que no hubo caídas de tensión inesperadas. La transferencia de datos procesados por el

BLUNO fue aceptable. Para tener un monitoreo constante, las muestras fueron analizadas cada 10 minutos para entonces tener un criterio si las variables analizadas son aceptables o se debe intervenir en el proceso


RESULTADOS

Resultados de la parte electrónica

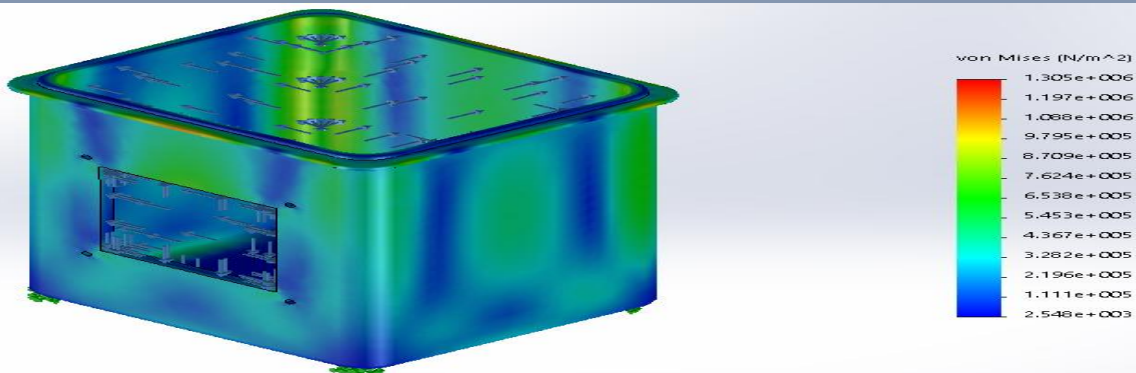


Se realizaron conexiones sencillas de los sensores a la placa de adquisición de datos BLUNO alimentando a cinco volts todos los sensores. De igual manera se hizo la conexión correspondiente a los pines analógicos de cada sensor a la tarjeta para poder leer las señales correspondientes proporcionadas por estos.

Resultados de la parte mecánica

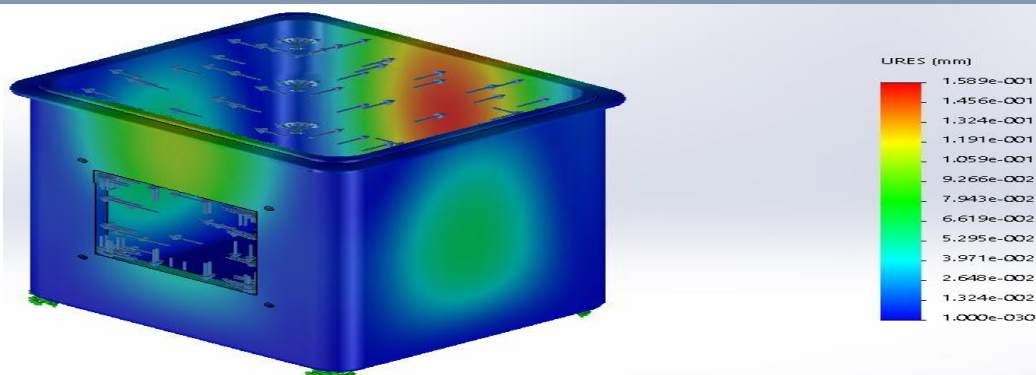
Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Film de Polipropileno</p> <p>Nombre:</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Conductividad térmica: 0.18 W/(m.K)</p> <p>Calor específico: 1750 J/(kg.K)</p> <p>Densidad: 908 kg/m³</p>

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.548e+003N/m ² Nodo: 2518	1.305e+006N/m ² Nodo: 1734



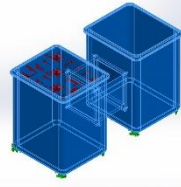
Estructura-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

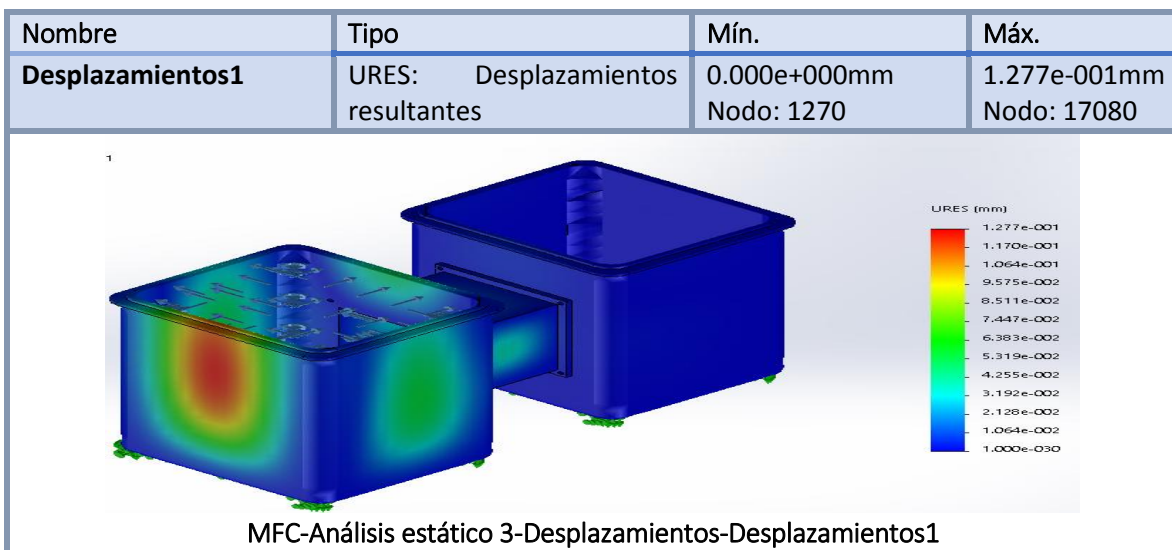
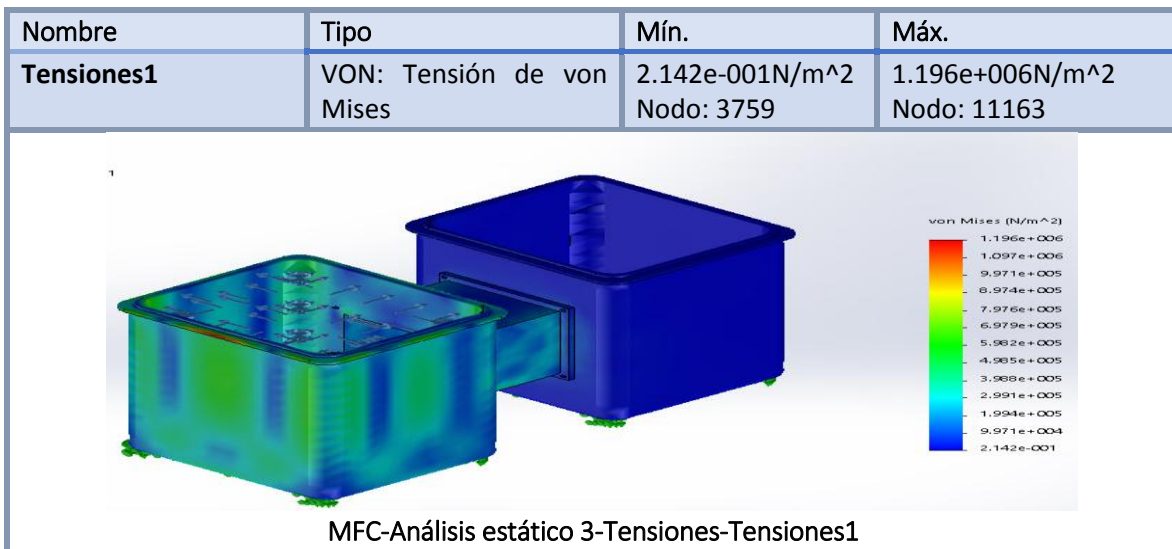
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 7230	1.589e-001mm Nodo: 19138



Estructura-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Se hizo simulaciones y estudios de la estructura mediante un análisis estático para las cámaras de forma individual, teniendo como prioridad la cámara anaerobia puesto que será la que deba resistir más variables físicas. Se determinó que la cámara será lo suficientemente resistente para poder albergar las condiciones a las que será sometida de manera física o real.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: Film de Polipropileno</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Límite de tracción: 3.4e+007 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 1.53e+009 N/m²</p> <p>Densidad: 908 kg/m³</p>



De igual manera se realizó un estudio de análisis estático a la estructura del biorreactor cuyas variables son las mismas a las que será sometida a la estructura, misma que está compuesta por las cámaras anaeróbica y aerobia. En la anaerobia existen mayores deformaciones y tensiones debido a que esta sufre de mayores variables físicas que pueden alterar su forma. Por lo mencionado, la cámara restante (aerobia) llega a ser deformada de manera insignificante en su

forma. Con esto se puede concluir que la estructura resistirá de manera correcta ante las condiciones a las que será inmersa.

CONCLUSIÓN

Se instrumentó un prototipo de biorreactor con el fin de poder experimentar las mediciones de temperatura, nivel, velocidad de agitación; con dispositivos capaces de operar en las condiciones establecidas para el proyecto y reemplazables con facilidad que además cuentan con características de resolución buenas. En este trabajo se realizó un estudio comparativo para el control de oxígeno disuelto en el proceso de descomposición de la materia orgánica en las cámaras del biorreactor. Dado un perfil de oxígeno disuelto validado experimentalmente, se propusieron en este trabajo dos controladores. Uno de los controladores se diseñó basado en Teoría de Lyapunov, demostrándose estabilidad asintótica y se comparó su desempeño con el de un controlador clásico del tipo PID. Los perfiles de concentración de oxígeno disuelto, usados como señal de referencia para el controlador propuesto, fueron tomados de investigaciones y datos experimentales previos para el mismo proceso. Los resultados muestran que la correcta detección del instante de esporulación para realizar un cambio de referencias en la concentración de oxígeno disuelto deseada garantiza una optimización en el uso de oxígeno. Trabajos futuros sobre este tema estarán orientados a implementar esta propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

1. CPCB BULLETIN VOL.-I. JULY 2016. Updated on December 6th, 2016.
2. Ward OP. Biotecnología de la Fermentación. Acribia. [España], 1991.
3. Schügerl K. Bioreaction Engineering. Vol. 2. John Wiley and Sons. [Great Britain], 1990.
4. Amicarelli, A.; di Sciascio, F.; Álvarez, H. y Ortiz, O. (2006a). Modelado de la dinámica de oxígeno disuelto en el proceso de producción de δ -endotoxinas de Bt. AADECA 2006 – XX○ Congreso Argentino de Control Automático. 28 al 30 de Agosto. Bs As, Argentina.
5. Amicarelli, A.; di Sciascio, F.; Álvarez, H. y Ortiz, O. (2006b). Estimación de Biomasa en un proceso Batch: Aplicación a la producción de δ -endotoxinas de Bt. XXII Interamerican Congress of Chemical Engineering, Buenos Aires, Argentina.
6. K. L. Straub and B. E. Buchholz-Cleven, "Geobacter bremensis sp. nov. and Geobacter pelophilus sp. nov., two dissimilatory ferric-iron-reducing bacteria", International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, vol. 51, no. 5, pp. 1805–1808, 2001.
7. Rivera, D.; Margaritis, A. y De Lasa, H. (1999) A Sporulation Kinetic Model for Batch Growth of Bacillus Thuringiensis. Canadian. Journ Chem. Engineering, V. 77, pp. 903-910.
8. Atehortúa, P.; Álvarez, H. y Orduz, S. (2005). Modelado del proceso de producción de δ -endotoxinas de Bacillus thuringiensis en un reactor discontinuo alimentado a pulsos con retención celular completa. XI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control.
9. Amicarelli, A.; di Sciascio, F. y Álvarez, H. (2007). Including Dissolved Oxygen Dynamics to the Bacillus thuringiensis δ -endotoxins production process. Manuscript submitted to Bioprocess Biosyst. Eng.
10. G. Budynas Richard and Keith Nisbett J., (2011) Diseño en ingeniería de mecánica de Shigley, 9na edición, The McGraw-Hill, pp 238-242.
11. Conejo Navarro Antonio J. (2004), Circuitos Eléctricos para ingeniería, The McGraw-Hill

USO DE SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS PARA DIRIGIR UN MÓVIL

Sandra Luz Sainos González¹, María Monserrat Morín¹, Alina Santillán Guzmán², J. Jacobo Oliveros Oliveros²

¹Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

²Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

RESUMEN

En el siguiente trabajo se presenta una interfaz cerebro-computadora, la cual usa los parpadeos para dirigir un aparato móvil hacia adelante o atrás. Asimismo, de acuerdo a ciertos niveles de atención, el aparato móvil se detendrá. Dicha interfaz no requiere de algún entrenamiento previo, por lo que puede ser usado por cualquier persona.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen diferentes técnicas no invasivas para la lectura de bioseñales, como es el caso de la electroencefalografía (EEG), por medio de la cual se puede estudiar la actividad cerebral. Esto sucede gracias a una capa de tejido gris llamada corteza cerebral, en donde se producen señales espontáneas (ritmos), que son diferenciadas usando letras griegas y ubicadas en diferentes frecuencias como son δ , θ , α y β [1].

Generalmente, un registro de señales cerebrales contiene ciertas distorsiones fisiológicas (movimientos oculares, musculares, latidos cardíacos) y/o técnicas (línea de alimentación) [2]. Todas estas distorsiones son eliminadas por filtros pasa-bajas, pasa-bandas o análisis de componentes independientes, entre otras [3-5].

En este trabajo, sin embargo, se usan las distorsiones oculares (*parpadeos*), para poder desplazar un móvil. El accionamiento depende de cierto número de parpadeos, así como también de los niveles de atención para detenerlo.

En la actualidad las interfaces cerebro-computadora (*Brain-Computer Interface*) extraen ciertas bioseñales para analizar sus propiedades, clasificarlas y mediante ciertos algoritmos decidir el control sobre dispositivos. Para tener éxito en la ejecución, en la mayoría de los casos, es necesario de un entrenamiento del paciente para la adaptación del algoritmo [6]. En el presente trabajo, no se requiere de dicho entrenamiento, puesto que las señales a usar son los parpadeos, los cuales no difieren en gran medida entre persona y persona. Esto conlleva a que a largo plazo se pueda implementar el algoritmo a una silla de ruedas y de esta manera poder ayudar en la autonomía a personas con discapacidad motriz.

Para adquirir las señales se utilizó la diadema MindWave Mobile de Neurosky [7], que cuenta con un electrodo frontal y otro de referencia fijado en el lóbulo de la oreja. Sus aplicaciones principales son analizar los niveles de atención y meditación. Un ejemplo de BCI para mover un carrito usando parpadeos se encuentra en [8], el cual no requiere entrenamiento, sin embargo para moverlo debe pasar cierto patrón: Primero se moverá hacia la izquierda, posteriormente regresará las llantas en cierta posición y después se dirigirá a la derecha, lo que podría ser una desventaja en cuanto al tiempo de ejecución.

En las siguientes secciones se describe el algoritmo utilizado en el presente trabajo, en el cual se observa que no requiere entrenamiento y no existe dicha desventaja en cuanto a tiempo de procesamiento para ejecutar determinada acción.

CARACTERIZACIÓN

Los parpadeos son producidos al abrir y cerrar los ojos y se registran tanto en personas sanas como enfermas. La mejor forma de obtener su registro es colocando electrodos frontales. Debido a su morfología, se localizan en las bandas δ y θ .

Se comenzó por conocer las características de los parpadeos, así que se realizaron pruebas con 19 sujetos cuyas edades son de 4 a 85 años, (todos con consentimiento informado), a las cuales se les pidió que estando en una posición cómoda, realizaran parpadeos rápidos, forzados, cerraran los ojos con una duración mayor a un parpadeo involuntario y por último que se concentraran, (pensar en algo/ver fijamente algo). Todo esto se registró usando la diadema de Neurosky y analizando los datos a través del software "OpenVibe" [9] y MATLAB, en donde se obtuvieron los valores mínimos y

máximos de su amplitud, así como el promedio, varianza y desviación estándar de los datos recopilados para evitar considerar un falso parpadeo.

Un factor importante a considerar es la duración de un parpadeo, la cual va de 300 a 400 ms.

Para evitar detectar un falso parpadeo, también se les pidió a los sujetos realizar movimientos oculares y de cabeza (izquierda, derecha, arriba, abajo), gestos (fruncir el ceño y nariz), levantar cejas y sonrisa fingida. En este caso la edad de los sujetos fue de 25 a 53 años.

Finalmente, de acuerdo al análisis realizado, se encontró que un parpadeo forzado válido para controlar el móvil debe tener una amplitud de 85 μ V a 240 μ V y una duración promedio de 400ms (un parpadeo) a 1200 ms (tres parpadeos).

PARTE EXPERIMENTAL

En la Fig.1 se observa el diagrama de la secuencia de este proyecto: Los parpadeos se registran usando la diadema MindWave de Neurosky, cuya frecuencia de muestreo es de 512 Hz. Posteriormente, la adquisición de los datos se hace a través del módulo Bluetooth HC-05 y de Arduino. Uno de los protocolos dictados por Neurosky, es el que proporciona Thinkgear [10], el cual es el microchip de la diadema por medio del cual se hace la recepción de la señal. Enseguida, se diseñó un circuito electrónico donde se destaca el dispositivo L283D, que es un puente H dual para el giro bidireccional del motor (usado para el desplazamiento del móvil) y cinco LEDs indicadores.



Fig. 1 Diagrama a bloques del proyecto

Los leds encienden dependiendo el número de parpadeos forzados válidos (contabilizados cada 20 paquetes de datos) y que a la vez accionan al prototipo:

- 1 Parpadeo forzado válido: inicia el incremento del número de paquetes (1er LED amarillo (A) encendido).
- 2 Parpadeos forzados válidos, prototipo avanza adelante (2do LED amarillo encendido y LED verde (V) encendido).
- 3 Parpadeos forzados válidos, prototipo retrocede (1er y 2do LED amarillo encendidos, LED rojo (R) encendido)
- Niveles de atención superiores a 50, el prototipo se detiene (solo LED blanco (B) encendido).

Como se mencionó anteriormente, para que el móvil avance se necesitan dos parpadeos forzados válidos, éstos están en un rango de 85 μ V a 240 μ V de amplitud (SE) y tener una duración de 400ms a 1200m, dependiendo del número de parpadeos.

Si las condiciones descritas se cumplen, comienza el sistema de la siguiente manera:

- 1 parpadeo válido: Comienza el incremento del número de parpadeos y de paquetes. El sistema permanece en este estado hasta que el contador de paquetes es igual a 20.
- Al llegar el contador de paquetes a 20, se verifica el número de parpadeos forzados válidos total para realizar la acción respectiva.
- Cuando el contador de paquetes es mayor a 20, todos los contadores se reinician.

La duración de un parpadeo se obtuvo por medio de una función del programa base de Arduino que se usó, la cual muestra la duración de la recepción de datos.

Al igual que el contador de parpadeos forzados, los niveles de atención se validan cada 20 paquetes. Si los niveles de atención son entre 50 y 100, el móvil se detendrá, de lo contrario, continuará ejecutando la tarea declarada dependiendo el número de parpadeos.

RESULTADOS

Un ejemplo de nuestros resultados se observa en la Tabla 1, donde podemos ver que el número de parpadeos incrementa cuando se cumplen las condiciones de amplitud y duración, y por consiguiente

se acciona el sistema. El comienzo del incremento del número de paquetes es indicado por el encendido del primer LED amarillo. Durante los 20 paquetes se mantiene de esa manera. Al ser el contador de paquetes igual a 20, se verifica el número total de parpadeos forzados válidos. En este ejemplo, solo fue un parpadeo por lo que no pasa nada. Se reinician los contadores y el LED amarillo se apaga.

Posteriormente el número de paquetes comienza una vez más, se enciende el LED amarillo y se verifica el contador de parpadeos. En este caso se contaron dos parpadeos válidos, el móvil avanza al frente y el LED verde se enciende. Permanece así hasta el nuevo bloque de 20 paquetes. Ahora fueron registrados 3 parpadeos válidos, entonces el LED rojo se enciende y el móvil retrocede. Estos estados se accionan y mantienen así siempre y cuando el nivel de atención permanezca por debajo del umbral mencionado. De lo contrario, el móvil se detendrá, tal como se observa en la última línea de la Tabla 1.

Tabla 1
Ejemplo de ejecución del sistema para el accionamiento del móvil

No. Paquetes	SE (μV)	Duración SE (ms)	Parpadeos válidos	Color LEDs	Nivel Atención
0	63	52	0		10
1	127	430	1	A	5
2	54	200	1	A	6
...
19	0	0	1	A	45
0	0	0	0		0
...
4	179	427	1	A	34
5	54	1	1	A	26
6	146	802	2		43
...
19	15	5	2	A,V	7
0	0	0	0	V	20
...	A, V	...
3	200	457	1	A,V	21
4	169	946	2	A,V	40
...
7	15	64	2	A,V	0
18	198	1071	3	A,V	6
19	3	12	3	A, R	2
0	0	0	0	B	87

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó una interfaz cerebro-computadora cuyo objetivo es desplazar un aparato móvil usando los parpadeos. Esto presenta la ventaja de que no se requiere de entrenamiento del sistema. Para la adquisición de las señales se usó la diadema MindWave Mobile de Neurosky. De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo observar que el móvil avanza o retrocede de acuerdo a cierto número de parpadeos y se detiene si los niveles de atención alcanzan un umbral establecido. Este mismo proyecto puede ser mejorado o robustecido usando métricas como varianza, kurtosis exponente de Hurst, que suelen usarse para la detección de parpadeos. Asimismo, se pretende implementar una etapa de control para permitir al móvil subir y bajar rampas.

BIBLIOGRAFÍA

1. S. Sanei, J.A. Chambers. EEG Signal Processing. John Wiley & Sons, England, 2007
2. N. Ille. "Artifact correction in continuous recordings of the electro- and magnetoencephalogram by spatial filtering", PhD dissertation, Mannheim University, 2001.
3. A. Santillán Guzmán, U. Heute, U. Stephani, H. Muhle, M. Siniatchkin, A. Galka, "Hybrid filter for removing power-supply artifacts from EEG signals," in 10th IASTED Conf. BioMed Eng., Innsbruck, IASTED, Acta Press, 2013, pp. 41-45, 2013.
4. P. Common, "Independent component analysis, a new concept?," Signal Processing, vol. 36, pp. 287-314, 1994.
5. A. Hyvärinen, E. Oja, "Independent component analysis: Algorithms and applications," Neural

- Networks, vol. 13, pp. 411- 430, 2000.
6. J. R. Wolpawa, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, T. M. Vaughan, "Brain-computer interfaces for communication and control," *Clinical Neurophysiology*, vol. 113, pp. 767-791, 2002.
 7. Diadema Neurosky MindWave. Disponible en: <http://neurosky.com/>
 8. D. Calderón Martínez, "Procesamiento de ondas cerebrales con microprocesador ARM para control de coche teledirigido", Tesis de Licenciatura, Universidad de Sevilla, 2016.
 9. OpenVibe. Disponible en: <http://openvibe.inria.fr/>
 10. Thinkgear NeuroSky, protocol. Disponible en: http://developer.neurosky.com/docs/doku.php?id=thinkgear_communications_protocol

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS APLICANDO ECOTECNOLOGÍAS Y FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA

Ana María Mounserrath Estrada Camargo¹, Germán Cuevas Rodríguez², Arodí Bernal Martínez²

¹Departamento de Ingeniería Hidráulica y Geomática, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Avenida Juárez 77, 36000, Guanajuato, México. amm.estradacamargo@ugto.mx,

²Departamento de Ingeniería Civil, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Avenida Juárez 77, 36000, Guanajuato, México. arodiberna@ugto.mx

RESUMEN

En este trabajo se evaluó un tren de tratamiento de aguas residuales domésticas con fines de aplicación in situ, para la reutilización en los hogares del agua tratada, aliviando la falta de servicio de saneamiento. El proceso de tratamiento constó de 5 fases, cribado, homogenización, electrocoagulación, sedimentación y un sistema biológico. Dentro de este se utilizó como fuente de alimentación energía generada por celdas fotovoltaicas en el proceso electroquímico, y además se usaron eco tecnologías al incluir dentro del tratamiento humedales verticales artificiales. Con el tren de tratamiento propuesto se logran resultados eficientes de tratamiento y de bajo coste operacional. Para la selección de los parámetros de operación, en los experimentos realizados se observó el desempeño bajo distintas condiciones de densidades de corriente eléctrica, tiempos de electrolisis, y tiempos de retención hidráulica, respectivamente en las fases antes mencionadas. Obteniendo depuraciones de eficiencias de remoción del 90% de la DBO5, el 87% de DQO y 92% de SST, cumpliendo con la norma mexicana de reúso de aguas tratadas (NOM-003-Semarnat-1997).

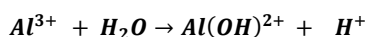
INTRODUCCIÓN

Dentro de los retos globales prioritarios para lograr un desarrollo sustentable de la sociedad son la crisis energética y la creciente escasez de agua. El uso de energías alternas en procesos enfocados al cuidado del agua son una solución innovadora, y una alternativa de dicha línea se plantea en este trabajo.

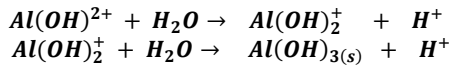
Purísima del Rincón es un municipio perteneciente al estado de Guanajuato, este colinda con San Francisco del Rincón, Manuel Doblado y León, municipios del mismo estado y también con el estado de Jalisco. Purísima cuenta con aproximadamente 70 comunidades, de las cuales únicamente el 40% recibe servicios de saneamiento, haciéndose presente también la insuficiencia del servicio de agua y alcantarillado, debido principalmente a los problemas de sobreexplotación de los pozos (CEAG, 2012), siendo blanco perfecto para la aplicación de un proyecto como el que se plantea en este trabajo. Los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales in situ (para comunidades rurales) incluyen los RAFA's (reactor aerobio de flujo ascendente), fosas sépticas, humedales artificiales, etc. (Ramalho, 2003) pero estos sistemas además de ser poco eficientes, no tienen la capacidad de tratar las aguas con fines de reúso debido a la cantidad de enfermedades a las que se transmiten al contacto con las aguas tratadas con alguno de estos procesos (UNEP, 2004; Vidal & Araya, 2014). El uso de plantas paquete como la propuesta en este trabajo, además de tener beneficios a los hogares sin servicios de saneamiento, ofrece grandes ahorros a las plantas tratadoras municipales y a los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad, por la implementación de los procesos por las que está compuesta.

En este trabajo se evaluó el desempeño de un tren de tratamiento que incluyó 5 fases, dentro de las cuales se incluyó el cribado, homogenización, electrocoagulación, sedimentación y tratamiento biológico por medio de humedales verticales artificiales.

Dentro de los principales métodos de tratamiento con los cuales se aplican las energías renovables y las eco tecnologías, la electrocoagulación consiste en pasar energía eléctrica a través del agua residual, provoca la desestabilización de las cargas de las partículas coloidales, permitiendo la coagulación y floculación de los contaminantes (Bukhari, 2008; Butler, 2011). A continuación se presentan algunas de las ecuaciones que se llevan a cabo en este proceso (Ecuaciones 1, 2 y 3), al usar aluminio como metal de sacrificio (Butler, 2011).



Ecuación 1



Ecuación 2

Ecuación 3

Los parámetros que se deben controlar dentro de este proceso son el pH, la conductividad eléctrica, la densidad de corriente y el tiempo de electrolisis (Chen, 2004). El pH del agua residual doméstica oscila entre 7.5 y 8.1 (CONAGUA, 2012), lo cual se considera neutro, siendo un parámetro que se puede despreciar al tratar con estas aguas. La conductividad eléctrica (CE) es la propiedad de un material o una sustancia en la que se mide la capacidad de conducir una corriente eléctrica a través de este. En un agua residual proveniente de los hogares la conductividad eléctrica oscila entre los 1200 y 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Yang, 2008). La energía necesaria para tratar un litro de agua es de aproximadamente 4 a 5W, por lo que la energía eléctrica puede ser sustituida por energía renovable de una celda solar.

Un humedal artificial es un sistema que emula la naturaleza, está compuesto por plantas acuáticas o semi-acuáticas y un material filtrante. La zona del humedal debe estar inundada o saturada de aguas residuales (Arias, 2016). Este método facilita la asimilación de la materia orgánica y la retención de los compuestos tóxicos dependiendo el tiempo que las plantas y las bacterias estén expuestas a los contaminantes, a esto se le denomina Tiempo de retención hidráulico, el tiempo recomendable suele ser de 1 a 3 días dependiendo la carga orgánica presente en el agua residual, siendo el mayor tiempo el más recomendable (Lu & Pei, 2015).

En la operación de los humedales artificiales existen dos tipos: flujo superficial y subsuperficial. El humedal artificial vertical de flujo subsuperficial presenta entre sus principales ventajas el poder dar tratamiento a las aguas del tratamiento primario (aguas pretratadas principalmente con fosas sépticas) y con aguas residuales con alta tasa de carga orgánica, no generan olores y requieren superficies de menor tamaño comparado con el superficial (Seoáñez, 2004). Para el diseño de un humedal es necesario determinar la superficie, en este trabajo se determinó por medio de la ecuación 4 (Delgadillo, 2010).

$$S = \frac{Q_{med}}{K_A} \ln \frac{C_0}{C_1}$$

Ecuación 4

En donde:

S= Superficie para humedal vertical artificial (m^2)

Q_{med} = Caudal medio ($\text{m}^3/\text{día}^{-1}$)

K_A = Constante cinética (mdía^{-1})

C_0 = Concentración inicial de contaminante (mgL^{-1})

C_1 = Concentración esperada después del tratamiento (mgL^{-1})

TEORÍA

La propuesta presentada en este trabajo, considera dentro de su diseño la condición de su implementación en forma planta paquete con fines de ser utilizada en hogares y edificios. El tratamiento fue conformado de dos procesos principales: la electrocoagulación y los humedales artificiales. En la electrocoagulación se elimina la materia coloidal, mediante la desestabilización de las cargas positivas y negativas esto por medio de la energía eléctrica, permitiendo la conglomeración de las partículas y por lo tanto la coagulación y floculación; luego estos contaminantes se eliminan fácilmente con sedimentación. El sistema de humedales verticales artificiales elimina la materia orgánica presente en el agua pretratada, por la absorción de los contaminantes en las raíces de las plantas o por la depuración de las bacterias presentes en las mismas. Con dicho tratamiento se obtienen beneficios como la reutilización inmediata del agua tratada, bajos costos de instalación y mantenimiento debido a los materiales utilizados y el uso de energías alternas, además de grandes ahorros económicos y de energía al municipio.

PARTE EXPERIMENTAL

Este trabajo se dividió en tres etapas: la primera fue la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales domésticas, la segunda fue la determinación de las condiciones de operación del proceso de electrocoagulación y la tercera fue la determinación de condiciones para el humedal artificial.

Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales

Primeramente se tomaron muestras compuestas del agua residual proveniente del efluente a tratar, para conocer las características fisicoquímicas de la misma. El sitio de toma fue el registro principal del edificio considerado, lugar donde se combinan las aguas negras del desagüe de la limpieza general, sanitarios y cocina, en este caso del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del municipio de Purísima del Rincón, se extrajeron volúmenes de 5 litros, con un caudal promedio registrado de 0.48 Ls^{-1} , a cada muestra tomada se le realizaron las pruebas por triplicado.

En las pruebas los parámetros analizados fueron los típicos recomendados para determinar la contaminación del agua, estos son T, pH, CE, DQO, DBO_5 , SST, Nitratos, Fosfatos y Sulfuros (Ramalho, 2003; Vidal & Araya, 2014).

Determinación de las condiciones de operación del proceso de electrocoagulación

Los experimentos se realizaron a escala laboratorio, utilizando 6 electrodos: 3 ánodos y 3 cátodos, todos de placa de aluminio, con un área de contacto de 630 cm^2 y con una separación entre ellos de 1 cm, la configuración empleada durante las etapas de experimentación, así como la manera en que fue polarizado se puede observar en la Figura 1.



Figura 1. Configuración de los electrodos

De modo general, en la Figura 2 se presenta el sistema escala laboratorio del proceso de electrocoagulación y sedimentación. Los electrodos se dispusieron en un reactor cilíndrico con volumen de 5 litros, configurado con un flujo de 0.05 Ls^{-1} . Se utilizó caída libre luego de la electrocoagulación para provocar la agitación rápida y un serpentín de tubería para promover la agitación lenta y favorecer la coagulación y floculación. Posterior al proceso de electrocoagulación se realizó la sedimentación en conos imhoff con volumen de 1L, para medir los lodos producidos en el tratamiento luego de 1 hora de sedimentación.

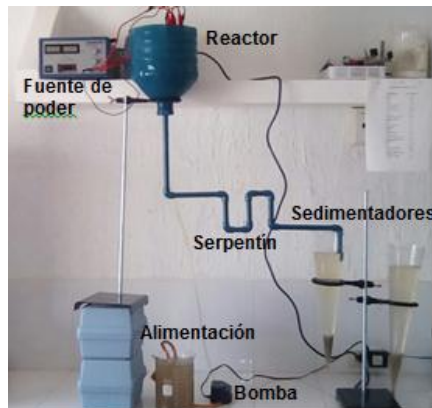


Figura 2. Configuración de sistema de electrocoagulación: escala laboratorio

Durante la etapa experimental, se evaluaron tres magnitudes de densidad de corriente, alternando a cada una de ellas un diferente tiempo de reacción. Los parámetros utilizados en dichos experimentos se enlistan en la Tabla 1, en donde se enlistan los distintos parámetros controlados en cada prueba.

Tabla 2. Diseño de experimentos para electrocoagulación

Densidad de corriente aplicada mA cm ⁻²	Tiempo de electrolisis min
3.5	3
4.5	5
6	7
	10

Determinación de condiciones para el Humedal Artificial

Para evaluar la pertinencia del humedal artificial, se construyó un pequeño reactor de forma rectangular a escala laboratorio con altura de 40cm y volumen hueco de 6L. En la parte inferior se colocó material filtrante en proporción a la altura del reactor, 35% de tezontle, 35% de Carbón, 10% Grava y 20% Gravilla, cada uno de estos materiales para favorecer la filtración en la parte inferior y evitar la colmatación de contaminantes en la parte superior. La configuración del humedal se presenta en la Figura 3.

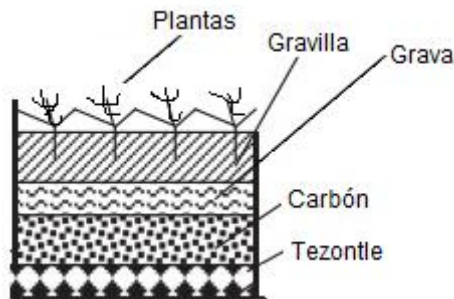


Figura 3. Configuración de humedal vertical artificial

Dentro del humedal se colocaron plantas autóctonas de la región, llamadas coloquialmente en el municipio como “tule” y con nombre científico de *Bromeliaceae*.

Para los experimentos realizados en el humedal se siguieron considerando los siguientes parámetros enlistados en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de control del humedal vertical artificial

Parámetro	Flujo Subsuperficial Vertical
Carga orgánica afluyente	<11.2 g DBO ₅ m ² d ⁻¹
Carga hidráulica	<5 cm d ⁻¹
Tiempo de retención hidráulica	1 y 2 días
Área específica	0.5 m ²
Profundidad	0.4 m
Medio filtrante	Arena, grava, carbón y tezontle
Vegetación	“Tule”

Las condiciones fisicoquímicas del agua residual cambiaron en cada prueba debido a la naturaleza de la misma. El principal parámetro probado en este sistema fue el tiempo requerido para la depuración, debido a que es un agua pretratada, se probó con tiempo de retención hidráulica de 1 y 2 días únicamente.

RESULTADOS**Caracterización inicial de las aguas residuales domésticas**

La caracterización fisicoquímica del agua residual cruda fue la presentada en la Tabla 3.

Tabla 3. Caracterización del agua cruda

	T °C	pH	CE μS/cm	ST mg/L	SST mg/L	SDT mg/L	DQO mg/L	DBO ₅ mg/L	N _t mg/L	PO ₄ mg/L	Sulfuros mg/L
Muestra	24.7 ±3.5	7.52 ± 0.6	1385 ±165	814 ±103	92.5 ±9.4	710 ±145	579 ±98	98 ±23.2	36.1 ±5.4	37.9 ±3.2	10.1 ±1.4

De acuerdo a los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica del agua cruda, siendo una muestra compuesta, se determina que el agua residual doméstica está en un rango medio de contaminantes y que es factible el tratamiento por el tren propuesto en este trabajo, debido principalmente a su pH neutro, alta conductividad y bajo DBO₅.

Determinación de las condiciones óptimas para la electrocoagulación

En la Tabla 4 se presentan los resultados de las pruebas de electrocoagulación, en donde al observar la comparación en las densidades de corriente 3.5 y 4.5 mAcm² se observa una diferencia en el porcentaje de remoción considerable (%R) entre 5 y 9%; en comparación con 4.5 y 6 mAcm² que no se observó gran diferencia en sus valores obtenidos, 1 y 3%. Por otro lado, el %R es muy similar en los tiempos 3, 5 y 10 minutos, por lo que el incremento de gasto de energía eléctrica no es justificable, de tal modo que los resultados favorables serian aquellos de mayor beneficio en la remoción y menor costo energético, esto es con menor tiempo y densidad de corriente media.

Tabla 4. Eficiencias de remoción con Electrocoagulación

Densidad de corriente mAcm ²	Tiempo min	SST %R	DQO %R	DBO ₅ %R
j=3.5	3	79.2±11.2	46.2±9.6	12.9±2.1
	5	82.5±10.3	47.4±8.9	13.2±2
	10	83.5±12.6	48.1±11.2	14.3±3.4
j=4.5	3	85.6±8.9	51.3±7.7	11.5±1.8
	5	87.6±11.3	53±7.5	14±2.6
	10	88.1±9.9	54.6±6.5	14.8±3.2
j=6	3	86.4±11.6	50.7±4.6	14.9±5.1
	5	87.1±12.3	52.5±8.4	15.7±3.3
	10	88.8±10.6	54.9±6.6	16.2±4.1

Determinación de condiciones del humedal artificial

Los resultados en cuanto a eficiencias de remoción se presentan en la Tabla 5, en donde se variaron únicamente los días de contacto del agua residual a las plantas y el material filtrante. En dicha tabla se puede observar que los porcentajes de remoción de contaminantes enlistados son muy similares para las condiciones observadas de 1 y 2 días, esto puede deberse a la calidad del agua pretratada, aunque siempre se recomienda el mayor tiempo de retención en sistemas biológicos.

Tabla 5. Eficiencias de remoción del humedal vertical artificial

Tiempo de retención hidráulico Día	Flujo Ls ⁻¹	SST %R	DQO %R	DBO ₅ %R
1	0.01	92 ± 1.2	87 ± 3.5	90 ± 1.4
2	0.01	94 ± 1.6	91 ± 3.3	92 ± 1.2

En la Tabla 6 se muestran las concentraciones de SST, DQO y DBO₅ del agua tratada bajo el proceso de electrocoagulación y humedales verticales artificiales, valores que comparados con la Norma Mexicana de reuso (NOM-003-SEMARNAT, 1997) se pueden clasificar como aptos para reuso para contacto directo con el público, luego de la desinfección con NaClO.

Tabla 6. Comparación de resultados contra Norma

MUESTRA	SST mgL ⁻¹	DQO mgL ⁻¹	DBO ₅ mgL ⁻¹
Efluente de tratamiento	13 ± 4.9	17.3 ± 11.2	8.1 ± 5.6
NOM-003-SEMARNAT-1997	20	-	20

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudieron determinar los parámetros de operación en el proceso electrocoagulación, la densidad de corriente de 4.5 mAcm⁻² y el tiempo de retención de 3 min fueron las condiciones óptimas para eliminar la mayor cantidad de contaminantes presentes en el agua residual. El gasto energético para este tratamiento fue de 4.08 W por litro de agua tratada, cantidad de energía que puede ser suministrada por una celda solar común de 150W, obteniendo un tratamiento de 40 litros por hora a escala laboratorio. Los resultados obtenidos en la calidad del agua tratada, así como el consumo de energía involucrado favorecen la viabilidad para su escalamiento e nivel planta piloto. El tratamiento de pulimento, humedal vertical artificial permitió obtener un agua tratada que cumple con la normativa mexicana para reuso (NOM-003-SEMARNAT, 1997), evitando el consumo de sustancias químicas comunes en otros procesos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, I. C. (2016). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17-24.
2. Bukhari, A. (2008). Investigation of the electro-coagulation treatment process for the removal of total suspended solids and turbidity from municipal wastewater. *Bioresource Technology*, 914-921.
3. Butler, E. e. (2011). Electrocoagulation in Wastewater Treatment. *Water*, 495-525.
4. CEAG. (2012). *Información por municipios*. Guanajuato: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato.
5. Chen, G. (2004). Electrochemical Technologies in Wastewater Treatment. *Separation and Purification Technology*, 11-41.
6. CONAGUA. (2012). *Procedimiento de muestreo, análisis y reporte de calidad de las aguas residuales*. México D.F.: Coordinación General de Recaudación y Fiscalización.
7. Delgadillo, O. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Bolivia: McGrax Hill.
8. NOM-003-SEMARNAT. (1997). Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
9. Ramalho, R. S. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté.
10. Seoáñez, M. (2004). *Tratamiento por humedales artificiales. Fundamentos Científicos y Tecnológicos*. Madrid: Mundi Prensa.
11. Shibao Lu, e. (2014). Study on method of domestic wastewater treatment through new-type multi-layer artificial wetland. *Science Direct*, 207-214.
12. UNEP. (2004). *Water and Wastewater Reuse: An Environmental Sound Approach for Sustainable Urban Water Management*. Japón: United Nations Environment Program .
13. Vidal, G., & Araya, F. (2014). *Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales*. Chile: GIBA, Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental.
14. Yang, Y. e. (2008). Study on treatment fo municipal domestic sewage by electrocoagulation and electroflotation. *Xi'an University of Architecture & Technology*.

DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DEL VALUE STREAM MAPPING E IDENTIFICACIÓN DE LOS 7 TIPOS DE DESPERDICIOS

Diana Laura Pichardo Frías, Roberto Baeza Serrato

Universidad de Guanajuato, Departamento de Estudios Multidisciplinarios

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es diseñar y configurar el Value Stream Mapping e identificar los 7 tipos de desperdicios, de una PYME ubicada en el municipio de Cuamio, Michoacán. Se identificaron los tres flujos que lo conforman; flujo de información, flujo de materiales y flujo de operaciones dentro de la empresa en cuestión. El flujo de información, es conocer el modo en que se comunican con sus proveedores, en el interior de la misma empresa y finalmente con los clientes. El flujo de materiales, representan las cantidades específicas de los lotes de transferencia, en las operaciones del proceso y por último el flujo de operaciones, consiste en la descripción del proceso para obtener el producto terminado, determinando los parámetros básicos como lo son; tiempo de ciclo, niveles de inventario, tiempo disponible y porcentaje de eficiencia y eficacia. Para la identificación de los 7 desperdicios, se analizó el proceso de producción del taller, desde la comunicación del cliente hacia la empresa y hasta que el producto se entrega al consumidor final. Durante el análisis del proceso de producción, se identificaron los 7 tipos de desperdicios. El desperdicio crítico encontrado es el de espera, estando presente en un 77% de las actividades analizadas y en segundo orden de importancia, el desperdicio de movimiento con un 61.5% de ocurrencia. Las herramientas aplicadas en esta investigación, muestran las actividades que no agregan valor en el proceso de producción, permitiendo realizar un diagnóstico del proceso y presentar una propuesta de mejora.

Palabras clave: Value Stream Mapping, 7 desperdicios, clientes, proveedores, proceso de producción.

INTRODUCCIÓN

En la presente caso de estudio se desarrolló y configuró el Value Stream mapping y se identificaron los siete tipos desperdicios en una PyME del Estado de Michoacán con giro textil llamada taller textil MGM. En la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) realizada por el **INEGI (2015)** dieron como resultado que el 97.6% son microempresas y concentran el 75.4% del personal ocupado total. Le siguen las empresas pequeñas, que son un 2% y tienen el 13.5% del personal ocupado. Las medianas representan 0.4% de las unidades económicas y tienen poco más del 11% de los ocupados. Dentro del contexto textil, la industria textil y de la confección, es uno de los sectores más importantes dentro de la manufactura nacional en términos de empleo, unidades económicas y valor agregado bruto que genera **(Rodríguez & Fernández, 2006)**. Para Porter (1989) es elemental crear ventajas competitivas dentro de este sector para los consumidores a través de valor agregado mediante precios más bajos que los competidores y entregas en tiempo y forma, mientras que Diaz (2003) resalta que para poder cumplir con una ventaja competitiva es necesario conocer en cuanto sea posible las necesidades de los consumidores, así como sus gustos, deseos y comportamientos, disponer de los recursos técnicos, comerciales y económicos necesarios, y cuidar la reputación en las relaciones con el cliente, la calidad de los productos, los vínculos con proveedores y otros entes **(Nájera, 2015)**. El uso del VSM es algo sencillo y valioso según **(Ruíz, 2007)**, es una herramienta que ayuda a ver y comprender el flujo de materiales, de información y de operaciones a medida que el producto sigue su transformación. En el VSM se representa cada proceso mediante diagramas de bloques. Así se visualizan fácilmente los bloqueos o estancamientos del flujo de materiales. **Heizer y Render (2008)** destacan que los productores tradicionales tienen objetivos limitados: acepta la producción de algunos componentes defectuosos y el inventario. Los productores lean establecen su objetivo en la perfección: no puede haber componentes defectuosos, ni inventarios, solo actividades que añadan valor y ningún desperdicio. Dentro de este caso de estudio se configuró un Value Stream Mapping con el objetivo de identificar los tipos de desperdicios a través de una manufactura esbelta dentro de cada proceso del VSM para posteriormente dar propuestas de mejora.

En este apartado se presentan significativos resultados de aplicaciones realizadas de dichas herramientas aplicadas en este caso de estudio.

La implementación del value stream mapping participa a través de un estudio de caso basado en la investigación-acción, conducido en un proceso de laminación helicoidal de una de las unidades de negocio de consumibles mineros de una empresa internacional multinacional diversificada de minería y materiales. Los resultados del caso de estudio indican que el enfoque basado en planear, hacer, revisar y actuar para el mapeo del flujo de valor ambiental puede ser una alternativa efectiva para mejorar el desempeño ecológico de las operaciones (**Garza, Torres, Govindan, Cherrafi, & Ramanathan, 2018**). Por otra parte en un estudio realizado por **Jia & otros (2017)** proponen un método novedoso de correlación de flujo de valor incorporado para mejorar la transparencia de la energía y mostrar y reducir claramente el desperdicio de energía en actividades que no agregan valor. Los resultados muestran que la energía total se reduce en un 7,65%, y la eficiencia en el tiempo de las actividades de valor agregado se mejora en un 8,12%, y la eficiencia energética de las actividades de valor agregado y las distorsiones se incrementan en un 4,95% y un 1,58%, respectivamente. De la misma manera la siguiente investigación desarrolla un marco de manufactura esbelta utilizando un Value Stream Mapping para una unidad de fabricación de bolsas de plástico. Consiste identificar los desechos y los procesos de cuello de botella. En base a los 7 desperdicios de manufactura esbelta, se sugieren soluciones para eliminar los residuos identificados. Los resultados de la simulación predijeron un tiempo de TAKT de reducción de 46 minutos a 26,6 minutos. El número de rollos por día aumentó de 28 a 50 (**Deshkar, Kamle, Giri, & Korde, 2018**). En el presente trabajo se utiliza el concepto de mapeo de flujo de valor de energía desarrollado para abordar los procesos no productivos que consumen energía. Este documento se centra en lograr la fabricación ecológica como una producción general que ya ha alcanzado un valor aceptable. El principal problema identificado es que hay un vacío cuando se ha buscado una herramienta para lograr Lean Manufacturing junto con Green manufacturing. Se trata del desarrollo de un método que permite un primer análisis rápido, fácil y completo de los flujos de energía y materiales dentro de los procesos de producción (**Verma & Sharma, 2016**). Analizando otro caso de estudio **Stadnicka & Litwin (2017)** mencionan que una forma de reducir los costos en las empresas es disminuir los niveles de inventario y mejorar el flujo de valor. En el presente caso de estudio, se analizó una línea de producción en la que se fabrican cierres automotrices de puertas. En primer lugar, se realizó un análisis con el uso del value stream mapping para identificar procesos y un flujo de materiales. Como resultado, se obtuvieron las dinámicas de los niveles de inventario junto con el sistema de fabricación. Dentro de otro caso de estudio tiene como principal objetivo explotar los conceptos de lean thinking para administrar, mejorar y desarrollar el producto más rápido a la vez que mejora o al menos mantiene el nivel de rendimiento y calidad (**Tyagu, Choudhary, Cai, & Yang, 2015**). Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio en el presente estudio se implementa la metodología lean llamada Value Stream Mapping o mapeo de cadena de valor en una empresa embaladora de productos de vidrio, con el propósito de identificar y eliminar aquellas actividades que no agregan valor al proceso y a su vez mejorar el desempeño del área logística de la compañía, disminuyendo la sensación de un bajo nivel de servicio. Al final de la investigación se logra concluir que la implementación de la herramienta permite reconocer el comportamiento y la relaciones subyacentes dentro del proceso actual, y con base en este proponer mejoras que conlleven a un funcionamiento ideal del sistema, donde las actividades que generen desperdicio dentro del proceso sean mínimas y solo queden aquellas tareas que le den un valor agregado al producto por el cual el cliente sí éste dispuesto a pagar (**Paredes, 2017**). Finalmente **Serrano & Ochoa (2005)** hacen un análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos el presente artículo expone un proyecto de investigación realizado con el propósito principal de evaluar la verdadera aplicabilidad de dicha técnica en diferentes entornos productivos con diversidad de problemáticas logísticas. La estrategia de investigación adoptada se ha basado en el estudio múltiple de casos. Si bien los resultados obtenidos muestran la validez del VSM, se observa una necesidad de enriquecer la teoría con otros enfoques y herramientas existentes en el ámbito productivo de la gestión de operaciones.

TEORÍA

Para dar una visión más clara a cada herramienta utilizada se hizo una exploración teórica.

7 tipos de desperdicios

Un desperdicio (muda) es cualquier cosa que no aporte valor al producto o servicio que se produce y entrega al cliente; en lugar de añadir valor, el desperdicio incrementa costos. En muchos procesos de manufactura, de administración o de servicios, solo entre 5 y 10% del tiempo del proceso agrega valor para el cliente.

Las categorías de desperdicios se han convertido en una herramienta muy utilizada en las organizaciones del tiempo lean y contemplan muchas de las formas en las que indiferentemente las personas o las empresas desperdician y pierden dinero. Taiichi Ohno identificó los siete tipos de desperdicios:

Defecto	Descripción
Sobreproducción	Producir más de lo que pide el consumidor o producir antes de tiempo
Esperas	El tiempo inactivo, el almacenamiento y las esperas (no añaden valor)
Transporte	El traslado de materiales entre plantas, entre centros de trabajo.
Inventarios	Las materias primas, el trabajo en curso (WIP), los productos acabados innecesarios y un acceso de suministro.
Movimiento	El movimiento de equipos o personas que no añade valor
Exceso de proceso	El trabajo realizado es un producto que no añade valor
Productos defectuosos	Las devoluciones, las reclamaciones por garantía, los trabajos de corrección de errores y deshechos.

(Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2011)

Value Stream Mapping

El mapa de la cadena de valor es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Tiene por objetivo plasmar en papel, de una manera sencilla, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores desperdicios del proceso

En el mapeo pueden apreciarse tres tipos de flujo: flujo de procesos y personas, el material y de información. El flujo de procesos permite saber qué y cuándo fabricar los productos que requiere el cliente, descubre, además, el flujo real del material. Por otra parte, en el flujo de información se analizan las previsiones, programas, pedidos y su frecuencia tanto del cliente como de los proveedores, así como también se incorpora la manera en cómo se comunican entre sí (digital o física) (Hernández & Vizán, 2013).

PARTE EXPERIMENTAL

Para el desarrollo del trabajo de estudio se llevaron a cabo una serie de pasos que nos llevó a obtener valiosos resultados y dar conclusiones.

Como primer paso se hizo una identificación del caso de estudio en la PyME ya mencionada anteriormente, se hizo una revisión de literatura que la componen los antecedentes, como siguiente paso tenemos la exploración teórica que nos llevó a la indagación de información acerca de las PyMES en México y su importancia así como la importancia de la industria textil, posteriormente se hizo una búsqueda del estado del arte de aplicaciones del Value Stream Mapping y de los 7 tipos de desperdicios, como punto principal tenemos el desarrollo del VSM a través de sus flujos que lo componen y la identificación de los 7 tipos de desperdicios durante el análisis de los procesos de

producción, continuamos con el análisis de los resultados para proponer posibles mejoras y disminuir los desperdicios y finalmente dar conclusiones de la importancia que tiene la aplicación de estas dos importantes herramientas.

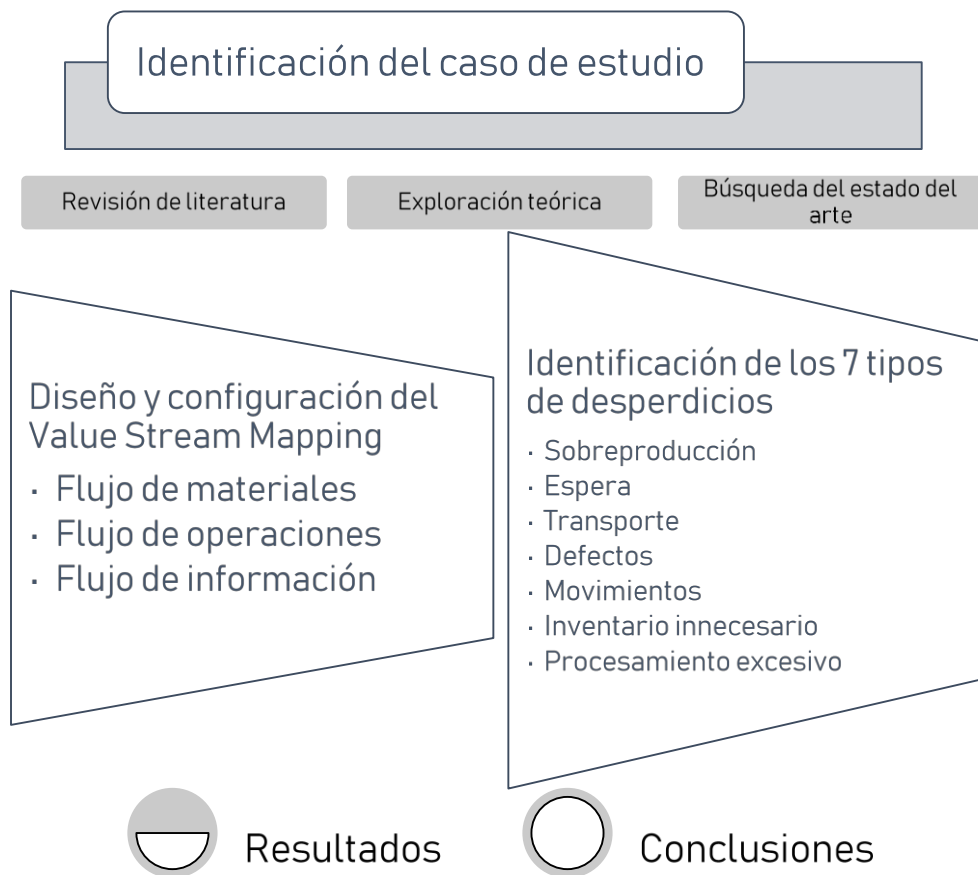


Ilustración 12 Metodología

RESULTADOS

En este apartado se desarrollan las dos herramientas que se están proponiendo en dicho artículo.

a) VSM

En la siguiente figura se muestra el Value Stream Mapping de la empresa en cuestión.

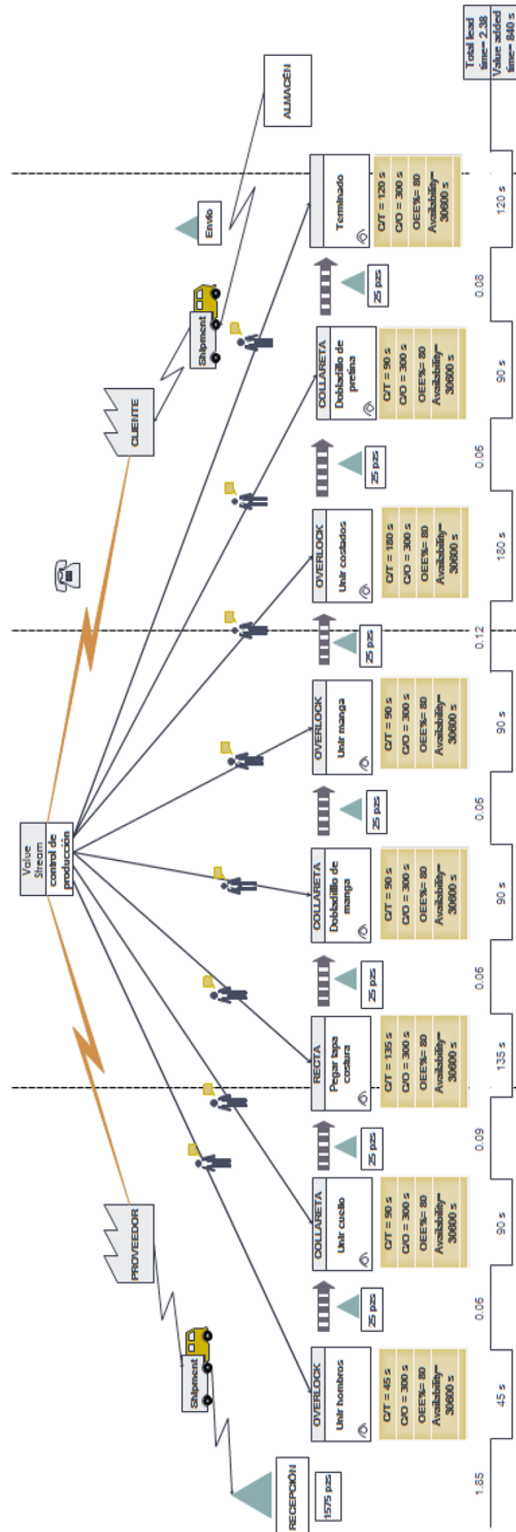


Ilustración 13 Value Stream Mapping del taller

En él se observan los tres flujos que lo conforman (flujo de información, flujo de materiales y flujo de operaciones)

El **flujo de información**: son las líneas en zigzag que van de la parte de clientes al taller, de la empresa a los proveedores y del taller al cliente nuevamente para hacer entrega del pedido. Esto significa que la manera de comunicarse es de manera electrónica ya sea por teléfono, e-mail, etc.

Las líneas rectas es la información verbal entre el encargado del taller y cada una de las personas encargadas de cada operación.

La entrada de materia prima al taller llega directamente a recepción para revisar que la mercancía sea lo que se pidió y se encuentre en buen estado, posteriormente esta se pasa a cada operación que se requiere para terminar el pedido y finalmente el envío del producto terminado al cliente, estos dos procesos conforman el **flujo de materiales**.

Flujo de operaciones es lo que se encuentra en cada cajita del mapa, en ellas se pone la actividad a realizar, en este caso se hizo de una playera de cuello redondo con un pedido de 1575 prendas, el taller cuenta con 8 principales operaciones que permiten la realización del pedido como lo son:

Tabla 3 Proceso de producción

1- UNIR HOMBROS
2- UNIR CUELLO
3- PEGAR TAPA COSTURA
4- DOBLADILLO DE MANGA
5- UNIR MANGA
6- UNIR COSTADOS
7- DOBLADILLO DE PRETINA
8- TERMINADO

Además en cada una de ellas también se especifica el tipo de maquinaria requerida, además para pasar tener un mejor flujo de producción se hacen bultos de 25 prendas para evitar un desperdicio de tiempo.

Debajo de cada bloque está una tabla donde se pone el tiempo de operación(C/T), es decir, el tiempo que les toma realizar cada operación. En este caso:

Tabla 4 Tiempos de operación

Unir hombros	Unir cuello	Pegar tapacostura	Dobladillo de manga	Unir manga	Unir costados	Dobladillo de pretina	Terminado
45 s	90 s	135 s	90 s	90 s	180 s	90 s	120 s

El cambio de modelo, es decir, el tiempo que usan para hacer cambio de hilos o agujas para empezar con un nuevo pedido (C/O), para cada proceso les toma un tiempo de 300 segundos que son alrededor de 5 minutos.

OEE% es el porcentaje de tiempo que cada trabajador le dedica por día a la operación y availability son las horas que trabajan al día descontando el tiempo de comidas y de ocio, la hora de trabajo es de 8:00 am a 6:00 pm que son un total de 10 horas por día de las cuales les toma 1 hora 30 min tomar sus alimentos durante el día y 30 minutos que son usados para tiempo de ocio, los cuales nos da como resultados total de horas trabajadas 8 horas por día, los cuales representan 80% OEE% y 30600 segundos de availability.

Finalmente se saca el tiempo en que se tarda en salir el pedido, en este caso fueron 1575 prendas. Para obtener el resultado se multiplica el tiempo de operación por la cantidad de prendas entre cada bloque, el resultado se divide entre availability y finalmente se multiplica por el porcentaje (OEE%) dando como resultado final un total de 2 días y 4 horas para sacar el pedido.

b) *Identificación de los 7 tipos de desperdicios.*

En la siguiente tabla se adjuntaron las actividades que se llevan a cabo dentro del taller para poder cumplir con el envío del pedido desde que el cliente se comunica con la empresa hasta que se hace entrega del pedido final. Se hizo un análisis de cada proceso para identificar si existe un tipo de desperdicio (Sobreproducción, espera, transporte, defectos, movimiento, inventario innecesario y procesamiento excesivo), por lo que el análisis arrojó los siguientes resultados:

Tabla 5 Identificación de los 7 tipos de desperdicios

	Actividad	Desperdicios						
		Sobreproducción	Espera	Transporte	Defectos	Movimiento	Inventario innecesario	Procesamiento excesivo
1	Se comunica el cliente por llamada o e-mail		X					
2	Se comunica el taller con los proveedores		X					X
3	Se envía la materia prima al inicio del proceso de producción						X	
4	Se unen hombros		X			X		
5	Se une cuello		X			X		
6	Se pega tapacostura		X			X		
7	Se hace el dobladillo de mangas		X			X		
8	Se une la manga		X			X		
9	Unir costados		X			X		
10	Se hace el dobladillo de pretina		X			X		
11	Se envía a terminado		X		X			
12	Se envía a almacén						X	
13	Se envía al cliente			X		X		

Una vez realizado dicho análisis se dieron los siguientes resultados, el desperdicio de espera tiene un 77% de ocurrencia, el desperdicio de movimiento tiene una participación de 61.5% contando estos dos primeros como los principales desperdicios dentro de las primordiales operaciones que se llevan a cabo dentro del taller que son los procesos de confección como están marcados dentro de un recuadro rojo en la tabla 3, desperdicio de inventario innecesario 15.3%, transporte, defectos y procesamiento excesivo 7.7% y sobreproducción no tiene presencia en ninguna actividad del proceso.

En la siguiente tabla se hizo un estudio detallado de cada desperdicio encontrado en cada actividad y posteriormente se formularon algunas estrategias para dar posibles soluciones a cada desperdicio y mejorar el proceso de producción dentro del taller.

Tabla 6 Desarrollo de los 7 tipos de desperdicios

ACTIVIDAD	DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN	SOLUCIÓN
Se comunica el cliente por vía telefónica o e-mail	Espera	Para confirmar un pedido se cotiza y se costea lo cual lleva de tres a cinco días, una vez confirmado el pedido con un adelanto se procede a la adquisición de materiales.	Crear inventarios de respuesta rápida
Se comunica el taller con los proveedores	Espera y procesamiento excesivo	No se hace pedido de materia prima hasta tener los pedidos confirmados y hacer el pedido correspondiente, lo cual retrasa el tiempo de entrega ya que en ocasiones el material se retrasa	Contar con un pequeño inventario del material que se hace pedido constante para poder adelantar pedidos y solo pedir el material que falta
Se envía la materia prima al inicio del proceso de producción	Inventario innecesario	Se proporciona toda la cantidad de material que va a ser procesada desde un principio.	Dividir las entregas por semanas para evitar inventario y hacer entregas a tiempo
Proceso de producción	Espera y movimiento	Dentro de cada proceso de producción existe un desperdicio de movimiento y espera por el tiempo que tarda en pasar de un proceso a otro y posibles retrasos en alguno de los procesos.	Balancear las células de operaciones
Se envía a terminado	Defectos y espera	Cada prenda que no cumpla con lo requerido (costuras, tamaño, etc) se regresa a alguna parte del proceso o en dado caso hasta el inicio para repararla o en el peor de los casos hacer una reposición total de la prenda, lo cual retrasa tener un pedido completo.	Capacitar a los operadores de cada proceso para que ellos revisen su confección
Se envía al almacén	Inventario innecesario	Cuando el pedido está completo en el almacén el taller solicita al cliente el pago total del pedido y esto puede desde dos días hasta una semana y hasta no confirmar el depósito se envía el pedido.	Solicitar horarios tempranos de depósito para que se refleje el pago el mismo día en la cuenta
Se envía al cliente	Transporte y movimiento	La principal problemática con el desperdicio de movimiento y transporte es disponer la carga en bultos, cajas o pallets para evitar costos excesivos de traslado	Disponer y preparar paquetes lo más compactado posible para no tener cobro excesivo por peso o volumen

CONCLUSIONES

En la actualidad uno de los objetivos más buscados por todas las empresas es la mayor eficiencia al menor costo, sin dejar por un lado los estándares de calidad y servicio al cliente

En muchas ocasiones los negocios tienen problemáticas que no logran identificar la principal causa o de donde viene dicha problemática, lo cual puede provocar baja producción o no tener las mismas utilidades de antes, con la implementación del Value Stream Mapping nos permitió dar un amplio panorama de lo que es el proceso de entrega de pedidos, es decir, desde la forma de comunicación de los clientes hacia la empresa hasta la entrega del pedido, lo cual nos permitió identificar actividades que no agregan valor a los procesos con la aplicación de los 7 tipos de desperdicios de Taiichi Ohno. Dicha herramienta nos permite reducir o eliminar cada desperdicio brindando algunas estrategias y al mismo tiempo aumentar la rentabilidad del taller y de la misma manera, mantener los clientes.

Este tipo de herramientas se pueden aplicar dentro de cualquier sector ya sea bienes o servicios, además de que son herramientas muy valiosas para aumentar la calidad de cada proceso llevado a cabo en cualquier negocio desde micro hasta grandes.

Los principales beneficios que trae la aplicación de estas herramientas para cualquier tipo de negocio es el liderazgo en el mercado al cumplir con los estándares requeridos de acuerdo a las necesidades de los clientes y la creación de ventajas competitivas las cuales ayudan a generar valor único para los clientes.

La competitividad de los mercados regionales, nacionales e internacionales han llevado a las empresas a la conclusión de que para sobrevivir y tener éxito en entornos más complejos, es necesario ir más allá de las fronteras de la empresa e iniciar relaciones de intercambio de información, materiales y recursos con los proveedores y clientes en una forma mucho más integrada, utilizando enfoques diferentes (innovadores) que beneficien conjuntamente a todos los actores que la conforman

REFERENCIAS

1. Deshkar, A., Kamle, S., Giri, J., & Korde, V. (2018). Desing and evaluation of a lean manufacturing framework using value stream mapping for a plastic bag manufacturing unit. *Materials today: proceedings*, 7668-7677.
2. Garza, J., Torres, J., Govindan, K., Cherrafi, A., & Ramanathan, U. (2018). A PDCA-based approach to Enviromental Value Stream Mapping. *Cleaner production*, 335-348.
3. Heizer, J., & Render, B. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas*. Madrid: Pearson education.
4. Hernández, C., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: Fundación EOI.
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015
6. Jia, S., Yuan, Q., Lv, J., Liu, Y., Ren, D., & Zhang, Z. (2017). Therbling-embedded value stream mapping method for lean energy machining. *Energy*, 1081-1098.
7. Nájera, J. (2015). Modelo de competitividad para la industria textil y del vestido en México. *Universidad y empresa*, 37-68.
8. Paredes, A. (2017). Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio . 262-277.
9. Rodríguez, C., & Fernández, L. (2006). Manufactura textil en México: un enfoque sistémico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 335-351.
10. Ruíz, P. (2007). *La gestión de los costes en lean manufacturing* . España: Netbiblo.
11. Schroeder, R. G., Goldstein, S. M., & Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos* . D.F., México: Mc Graw Hill.
12. Serrano, I., & Ochoa, C. (2005). Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos.
13. Stadnicka, D., & Litwin, P. (2017). Value Stream Mapping and system dynamics analysis- an automotive case study. *Elsevier-procedia*, 363-368.
14. Tyagu, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2015). Value Stream Mapping to reduce the lead-time of a product development process. *Production Economics*, 202-212.
15. Verma, N., & Sharma, V. (2016). Energy value stream mapping a tool to develop green manufacturing. *Elsevier*, 526-534.

ADSORCIÓN DE CROMO MEDIANTE EL COMPUESTO POLIMÉRICO QUITOSANO/POLIALCOHOL VINÍLICO/MONTMORILLONITA

Ma Elena Calixto Olalde¹, Esmeralda Jazmín Flores Barroso¹, José Francisco Louvier Hernández²

¹Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, ² Instituto Tecnológico de Celaya.

RESUMEN

La contaminación del agua por metales pesados es hoy en día uno de los principales problemas que aqueja el mundo. El cromo en especial es un contaminante considerado de los más dañinos para la salud, tanto en su estado de oxidación trivalente como hexavalente, causando irritabilidad en la piel o un daño mayor en caso de ingerirse. Existen diversos métodos para su remoción, sin embargo se ha encontrado que el uso de hidrogeles ofrece grandes ventajas sobre ellos. Es por ello que el presente trabajo tiene por objetivo sintetizar y evaluar la capacidad de adsorción de cromo del compuesto polimérico Quitosano/Polialcohol vinílico/Montmorillonita. El material en forma de perlas, es obtenido mediante el uso de redes interpenetradas y entrecruzamiento del PVA por criogelación. Se evaluó el efecto del contenido del PVA en el material compuesto, así como las condiciones de adsorción. Los resultados obtenidos muestran que se obtuvo un material con características intermedias de sus componentes puros y con ello una mejor estabilidad dimensional respecto al quitosano puro. La cuantificación de cromo en el medio, se realizó mediante UV/Vis utilizando 1,5-difenilcarbazida. Se encontró que a porcentajes de 10% de PVA, se incrementa al doble la adsorción de cromo. En cuanto a las condiciones de adsorción se encontró que las más adecuadas fueron; pH 3, una concentración de Cromo en el medio de 250 ppm, el tiempo de adsorción fue de una hora. El contenido de arcilla favorece la capacidad de adsorción del compuesto polimérico así como su estabilidad dimensional. El material compuesto permite obtener resultados comparables con los obtenidos con otros materiales adsorbentes.

INTRODUCCIÓN

Las sales de cromo hexavalente Cr^{6+} se utilizan ampliamente en procesos industriales del acero, pinturas, colorantes y cerámicas. Por lo tanto, puede estar presente en las aguas residuales de dichas empresas. El estado hexavalente es tóxico para los humanos, los animales y la vida acuática. Puede producir cáncer de pulmón cuando se inhala y fácilmente produce sensibilización en la piel. Sin embargo no se conoce si produce cáncer por la ingestión de cromo en cualquiera de sus estados. Por ello, en los últimos años en México y en el mundo se ha tomado importancia al tratamiento de aguas residuales generadas en la industria, con el objetivo principal de reutilizarlas. Existen diversos métodos para la remoción de iones metálicos del agua son utilizados; precipitación, coagulación, filtración y adsorción. Los dos primeros tienen el inconveniente de producir lodos, la filtración presenta un alto costo de las membranas, lo cual limita su uso. La adsorción es uno de los más efectivos procesos de remoción de iones metálicos

La adsorción puede definirse como la tendencia de un componente del sistema a concentrarse en la interface, donde la composición interfacial es diferente a las composiciones correspondientes al seno de las fases. Hay una clara diferencia entre el fenómeno de adsorción y el de absorción, en el segundo existe una penetración física de una fase en la otra; sin embargo es factible que ambos sucedan simultáneamente, y en este caso puede ser muy difícil separar los efectos de ambos fenómenos, inclusive un fenómeno puede afectar al otro.

Existen diversos factores que influyen en la adsorción de contaminantes en el agua, tales como; tipos de especies químicas que se desean eliminar (aniones, cationes, especies neutras, contaminantes con peso molecular bajo, compuestos con alta solubilidad, compuestos polares, entre otros), concentración del compuesto que desea ser eliminado, presencia de otros compuestos que compitan con el contaminante por los lugares de adsorción disponibles, el pH del medio de adsorción, relación perlas: volumen de solución, y tipo de material adsorbente. Los materiales adsorbentes que han cobrado gran importancia para esta aplicación son los hidrogeles y materiales compuestos preparados a partir de ellos. Entre los polímeros más utilizados se tienen; quitina, quitosano, poli alcohol vinílico, poliácido acrílico, entre otros. El quitosano (QT) es un polisacárido que se puede obtener de manera natural o químicamente, además de ser un polímero biocompatible, biodegradable, bio-renovable y que no es tóxico, debido a estas cualidades se perfila como un

material prometedor para diversas aplicaciones, entre las que destaca como material adsorbente por los grupos amino que contiene. El polialcohol vinílico (PVA) es un polímero sintético de gran flexibilidad y resistencia, proveniente de la hidrólisis controlada del poli (acetato de vinilo). Los nanocompuestos, son materiales que permiten combinara las propiedades de los materiales que los compones y la incorporación de un material de refuerzo incrementa las propiedades mecánicas del mismo. La montmorillonita es un mineral compuesto por dos láminas de sílica y una de alúmina, por lo que también se le llama mineral 2:1. El espesor de cada una de las capas 2:1 es de aproximadamente 0.96 nm, las cuales se extienden indefinidamente en todas las direcciones (Foster, 1955). Entre sus aplicaciones se destaca como material adsorbente. Se considera que la combinación de los componentes antes mencionados permitirá obtener un hidrogel con alta capacidad de adsorción. Por lo cual el presente proyecto tiene por objetivo evaluar el efecto del PVA sobre la capacidad de adsorción del material compuesto, así como establecer las condiciones de adsorción, concentración del metal en el medio acuoso y pH. La capacidad de adsorción será evaluada a un tiempo fijo y no se realizó cinética de adsorción.

TEORÍA

Adsorción

La adsorción es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material. Los materiales sólidos empleados como adsorbentes requieren un gran desarrollo del área superficial mediante una elevada porosidad. La adsorción es considerada un fenómeno subsuperficial. La sustancia retenida en la superficie se llama “adsorbato” y la fase sobre la que se es retenida la sustancia se llama “adsorbente”, en la Figura 1, se esquematiza el proceso de adsorción

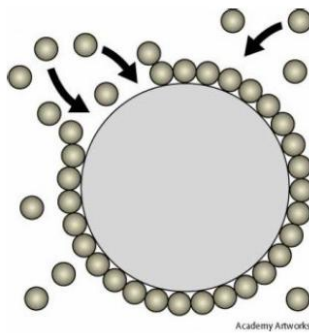


Figura 1. Representación del proceso de adsorción

La adsorción desde una disolución a un sólido ocurre como consecuencia del carácter liofóbico (no afinidad) del soluto respecto al disolvente particular, o debido a una afinidad elevada del soluto por el sólido o por acción combinada de éstas dos fuerzas. El grado de solubilidad de una sustancia disuelta es el factor más importante para determinar la intensidad de la primera de las fuerzas impulsoras. Cuanto mayor atracción tiene una sustancia por el disolvente menos posibilidad tiene de trasladarse a la interfase para ser adsorbida (refr).

Tipos de adsorción

Conforme a la atracción entre el soluto y el adsorbente pueden distinguirse tres tipos; eléctrico, Van der Waals o de naturaleza química. En la adsorción de tipo eléctrico se considera el intercambio iónico, proceso mediante el cual los iones de una sustancia se concentran en una superficie como resultado de la atracción electrostática en los lugares cargados de la superficie. En cuanto a la adsorción por Vander Waals, conocida también como adsorción física, en ella las moléculas adsorbidas no están fijas en un lugar específico de la superficie, sino más bien ésta libre de trasladarse dentro de la interfase. En el caso de la quimisorción o adsorción química, las energías de adsorción son elevadas, por lo cual se requiere de favorecer una temperatura elevada. La mayor parte de los fenómenos de adsorción son combinaciones de las tres formas de adsorción y no es fácil distinguir entre adsorción física y química.

Factores que influyen en la adsorción de contaminantes en el agua

Algunos de los factores que influyen notablemente sobre la adsorción de contaminantes en soluciones acuosas son (Correa, 2006):

- Tipos de especies químicas que se desean eliminar: aniones, cationes, especies neutras, contaminantes con peso molecular bajo, compuestos con alta solubilidad, compuestos polares, entre otros.
- Concentraciones del compuesto que desea ser eliminado. Cuanta más alta sea la concentración, más adsorbente se necesitará.
- Presencia de otros compuestos que compitan con el contaminante por los lugares de adsorción disponibles.
- El pH del agua. Por ejemplo, los compuestos ácidos se eliminan más fácilmente a pHs bajos.

Materiales adsorbentes

Los materiales sólidos empleados como adsorbentes son productos naturales o sintéticos. En cualquier caso, el proceso de fabricación ha de asegurar un gran desarrollo superficial mediante una elevada porosidad. Los adsorbentes naturales (arcillas, zeolitas) tienen pequeñas superficies. Los adsorbentes industriales y los carbones activados de buena calidad pueden llegar a tener entre 1.000 y 1.500 m²/g. Otras características importantes que debe reunir un buen adsorbente son las siguientes; Alta capacidad de adsorción, relación de equilibrio entre las fases ya que esto influye en la eficacia con que se alcanza la capacidad final y en muchos casos controla la capacidad real del soluto. Los mecanismos de unión son muy complejos y no se han determinado con precisión aún, no se dispone de una norma satisfactoria mediante la cual puedan preverse, a priori las afinidades relativas entre un material poroso y una sustancia (Nieto, 2011).

Entre los materiales que han cobrado gran importancia para la adsorción de contaminantes se encuentran los **materiales compuestos**, un material compuesto es un sistema integrado por una mezcla o combinación de dos o más micro o macroconstituyentes que difieren en forma y composición química y que son esencialmente insolubles entre sí. Estos materiales combinan las propiedades y prestaciones de los materiales constituyentes cuando se diseña y se fabrica el material compuesto correctamente. La mayor parte de los materiales compuestos están formados por dos o más fases, una matriz continua que rodea a las demás fases que se denominan fases dispersas y que se clasifican en función de su microestructura o geometría. La microestructura de la fase dispersa incluye la forma, tamaño, distribución y orientación de las partículas. Cuando se dan las proporciones de material matriz y material disperso hay que distinguir claramente entre relaciones en peso o en volumen, ya que las densidades de estas fases pueden ser muy diferentes. Por esto, concentraciones de material fibroso dispersado en una matriz del 50 % en volumen puede equivaler a una concentración muy diferente en % en peso.

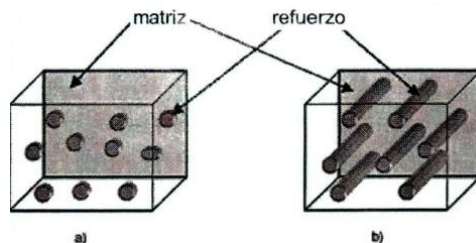


Figura 4. "Fases de un material compuesto".

Un material compuesto puede fabricarse mezclando los distintos materiales de tal forma que la dispersión de un material en el otro pueda hacerse de manera controlada para alcanzar unas propiedades óptimas. A su vez, las propiedades son superiores, y posiblemente únicas en algún aspecto específico, a las propiedades de las componentes por separado (Hull, 1987).

De forma particular los materiales compuestos poliméricos y silicatos laminados han atraído la atención a causa de sus sorprendentes propiedades mecánicas y térmicas con respecto a polímeros puros y materiales compuestos con relleno convencional. Sus propiedades están en función de la

organización de las láminas en la matriz polimérica, formando así diferentes tipos de morfología: intercalados, donde la inserción de cadenas del polímero en la estructura del reforzante se produce de manera cristalográficamente regular y con una distancia de repetición de unos pocos nanómetros; y los exfoliados, en los que las capas del reforzante individual están separadas en la matriz del polímero. La morfología o estructura de los compuestos poliméricos depende no solo de la compatibilidad entre la fase orgánica e inorgánica sino del método de mezclado y su dispersión. Generalmente, se han encontrado que los compuestos poliméricos dan origen a materiales cuyas propiedades físicas han demostrado ser superiores al compuesto convencional. (Suprakas Shinha, R. & Mosto, B. 2005).

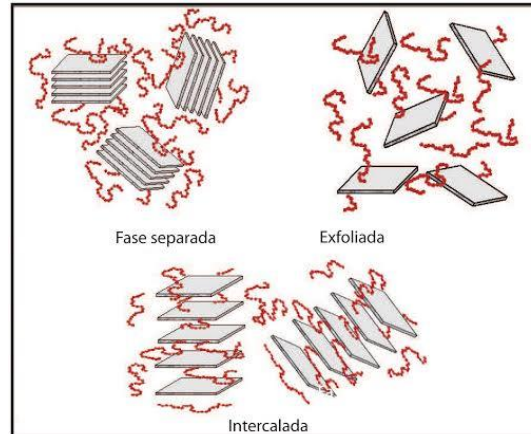


Figura 2. Nanocompuestos intercalados y exfoliados, figura extraída de (Jacobi, 2012)

Entre los materiales compuestos poliméricos utilizados para la adsorción de metales en medio acuoso se encuentran los hidrogeles, combinación de dos a más polímeros en forma reticulada. Para este proyecto se utilizaron los hidrogeles de quitosano (QT) y poli alcohol vinílico (PVA) y como refuerzo la montmorillonita.

El quitosano es un polisacárido que se obtiene por desacetilación de la quitina, la cual puede ser extraída de hongos y algunas plantas, aunque principalmente de exoesqueletos de camarón y jaiba. Es un polímero biocompatible, biodegradable, biorenovable y que no es tóxico (Shukla, S. K., Mishra, A. K., Arotiba, O. A. & Mamba, B. B. 2013), debido a estas cualidades se perfila como un material prometedor para diversas aplicaciones. El quitosano se puede moldear en diversas formas, tales como, membranas, microesferas, perlas de gel y en forma de películas (Vieira & Beppu, 2006), agregando un valor extra a sus propiedades y aplicaciones. En la figura 3 se muestra su estructura química. El grado de desacetilación así como el pH determinan las propiedades de este polímero, generalmente para su aplicación como material adsorbente se utiliza un grado de desacetilación del 80% y un peso molecular medio.

En cuanto al polialcohol vinílico (PVA), es un polímero sintético de gran flexibilidad y resistencia, proveniente de la hidrólisis controlada del poli (acetato de vinilo). Su principal uso se encuentra en la industria de adhesivos, pinturas, y como coloide protector en polimerización en emulsión, aunque también se aplica frecuentemente en las industrias textil y farmacéutica. Dependiendo de la cantidad de grupos acetato del PVA que sean hidrolizados, el PVA se clasifica comercialmente como de alta (~99%), media (~88%) y baja (~78%) hidrólisis, siendo este el porcentaje molar de unidades repetitivas con grupos hidroxilo dentro de la totalidad de unidades repetitivas de la cadena. El grado de hidrólisis es quizá la propiedad más importante del PVA, ya que define su solubilidad en agua y su actividad superficial. También resulta de importancia el peso molecular del polímero, el cual se suele relacionar con la viscosidad de las soluciones acuosas que forma, aunque evidentemente la viscosidad puede verse afectada por otros factores. Su estructura se muestra en la Figura 3.

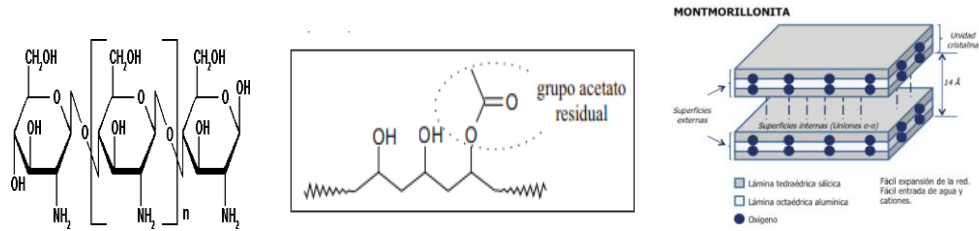


Figura 3. Estructura química de los polímeros utilizados en el presente proyecto, quitosano. (Jesús Mora Molina, 2012), y polialcohol ivinílico (PVA) imagen tomada de Barrera, J. E., Rodríguez, J. A., Perilla, J. E. & Algecira, N. E. (2007). Montmorillonita

En cuanto al refuerzo utilizado, **la montmirillonita** pertenece a los minerales arcillosos, comunes en suelos y sedimentos, se presentan con iones sodio, calcio, magnesio o combinación de estos. Tiene una alta capacidad de intercambio catiónico, capacidad de hinchamiento y una alta área superficial (Chen et al., 2013). A su vez, posee una carga negativa, la cual se desarrolla permanentemente debido a la sustitución isomorfa (Kumar Behera, S., Oh, S. Y. & Park, H. S., 2010). Además, es altamente hidrofílica, con una elevada energía superficial. Entre las aplicaciones industriales de las montmorillonitas se puede mencionar su uso como decolorantes de aceites (previamente tratadas con ácidos minerales), como adsorbentes de pesticidas o metales pesados en aguas residuales (Arvanitopyannis *et al.*, 1989) y como catalizadores heterogéneos para promover reacciones químicas (Salmón, *et al.*, 1997).

Cromo

Es un metal clasificado como “metal pesado”, a este grupo pertenecen también; Cd, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn al igual que los metaloides As y Se, (Cisneros, 2005). El **cromo** es considerado como un contaminante ambiental, debido a su amplio uso en distintas actividades industriales, entre las cuales se encuentran el cromado electrolítico, el curtido de pieles, la fabricación de explosivos, etc. Las formas del cromo estables en el ambiente son el cromo trivalente Cr (III) y el cromo hexavalente Cr (VI), siendo este último altamente tóxico y mutagénico para distintas formas de vida. A esto se suma que el Cr (VI) es altamente soluble, lo que lo hace móvil en el suelo y en ambientes acuáticos, con la consecuente toxicidad para los ecosistemas (Corona, 2010). El cromo se encuentra en efluentes industriales principalmente como Cr (III) y Cr (VI); este último es altamente tóxico para todas las formas de vida, además de mutagénico y carcinogénico en el hombre. Los métodos convencionales para el tratamiento de efluentes con metales pesados, tales como la reducción, la oxidación, el intercambio iónico, la filtración, y las tecnologías de membrana resultan ser costosos e ineficientes a bajas concentraciones de metal. Por lo que se ha encontrado en la adsorción una opción para su remoción.

PARTE EXPERIMENTAL

Elaboración de las perlas

La elaboración del nanocompósito en forma de perlas, se llevó a cabo mediante el método de coacervación en hidróxido de sodio (NaOH), con una concentración de 1.5 M. Se utilizó una concentración fija de montmorillonita (MMT) del 1% respecto al volumen total. El PVA, se utilizó en un 10%. La síntesis del nanocompósito QT/PVA/MMT en forma de perlas se realizó disolviendo quitosano al 2.5% en una solución de ácido acético al 2%, a esta solución en agitación se adicionó el PVA en solución, dejándose en agitación durante una hora. Finalmente, se adiciona la montmorillonita, la cual se mantuvo en agitación previa durante 24 horas, y posteriormente dispersada por ultrasonido durante 40 minutos. El entrecruzamiento del quitosano se realizó con glutaraldehído a una solución del 0.5%, en la cual se mantuvo una relación de 5 g. de quitosano húmedo por 50 ml de la solución; y el polialcohol vinílico se entrecruzó por el método de criogelación mediante tres ciclos alternados de congelamiento y descongelamiento de 12×12 horas.

Adsorción de cromo

La adsorción de Cr (VI) se realizó utilizando una solución de dicromato de potasio. La concentración utilizada se evaluó a 100, 250 y 500 ppm. Se utilizó una relación de 0.025 g de perlas en un volumen de 12.5 mL de solución de dicromato. El pH de la solución se estableció en 3 y 5. El tiempo de adsorción se fijó en una hora a una agitación de 200 rpm. Cuantificación de cromo El cromo fue

cuantificado utilizando la NORMA MEXICANA NMX-AA-044-SCFI-2014, y la capacidad de adsorción en el tiempo t (q_t) fue determinada por la ecuación 1

$$q_t = \frac{[C]_0 - [C]_t * V}{[C]_0} \quad \text{ec. 1}$$

RESULTADOS

Las perlas obtenidas, presentaron una buena estabilidad dimensional. Se realizó una caracterización del material, sin embargo, en este trabajo sólo se está presentando lo referente a capacidad de adsorción. En la Figura 4, se muestran las perlas antes y después de la adsorción. Visualmente puede apreciarse el cambio de coloración de las perlas originado por la adsorción del cromo.

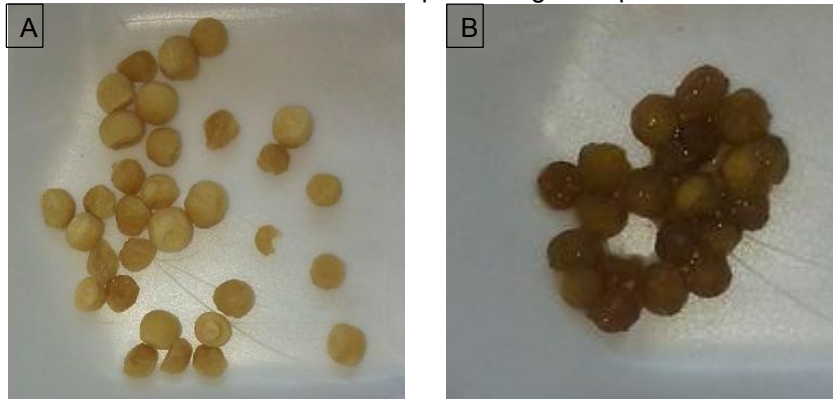


Figura 4. Comparación de las perlas sin adsorber (A), y después de la adsorción de Cromo

Quantificación de cromo

La cuantificación de cromo se realizó mediante la NORMA MEXICANA NMX-AA-044-SCFI-2014, el método se basa en la formación de un complejo entre cromo y difenil carbazida evaluado por UV/Vis. El factor de correlación obtenido se consideró aceptable para la cuantificación de cromo, Figura 5.

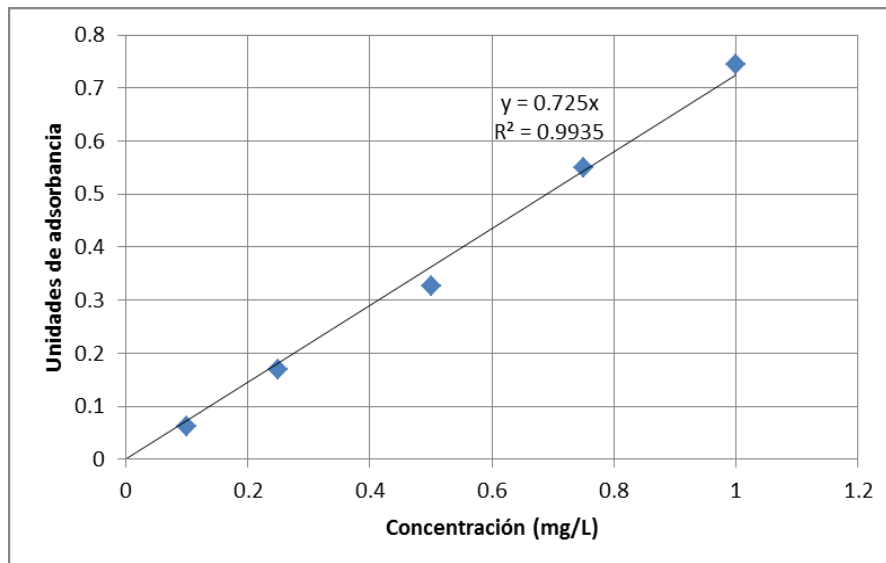


Figura 5. Curva de calibración para cuantificar cromo (VI). Realizada bajo la norma NMX-AA-044-SCFI-2014

Efecto del pH sobre la capacidad de adsorción del Cr(VI)

La capacidad de adsorción es dependiente del pH y éste depende del tipo de metal que se este adsorbiendo. En la Figura 6, puede observarse que a pH 3 el porcentaje de adsorción es mayor. En el trabajo realizado por Ksacas 2015, se encontró un comportamiento muy similar y además ellos realizaron el estudio a pH 2, indicando que a este valor se presenta un incremento en la capacidad de adsorción debido a la fuerza electrostática entre la superficie adsorbente y los iones cromo. Es importante señalar que para el caso de este trabajo se utilizaron materiales naturales y como se mencionó el tipo de material adsorbente es un factor a considerar sobre la capacidad de adsorción. Se realizaron estudios de adsorción tanto del material compuesto como para el hidrogel de QT/PVA para este sistema la mayor capacidad de adsorción se encuentra a un pH de 5, con lo que podemos observar que la arcilla presenta algún efecto sobre la capacidad de adsorción.

Efecto de la concentración del medio sobre la capacidad de adsorción

La concentración del metal ejerce una importante influencia sobre el proceso de adsorción y como puede observarse en la Figura 6, la capacidad de adsorción disminuye cuando la concentración del metal en el medio va de 250 A 500 ppm, lo cual se atribuye al incremento en la superficie del material y la saturación de los sitios de adsorción, por lo cual resulta conveniente determinar el tamaño de maya de hidrogel, ya que esto permitirá establecer la capacidad para que la difusión dentro del material sea adecuada.

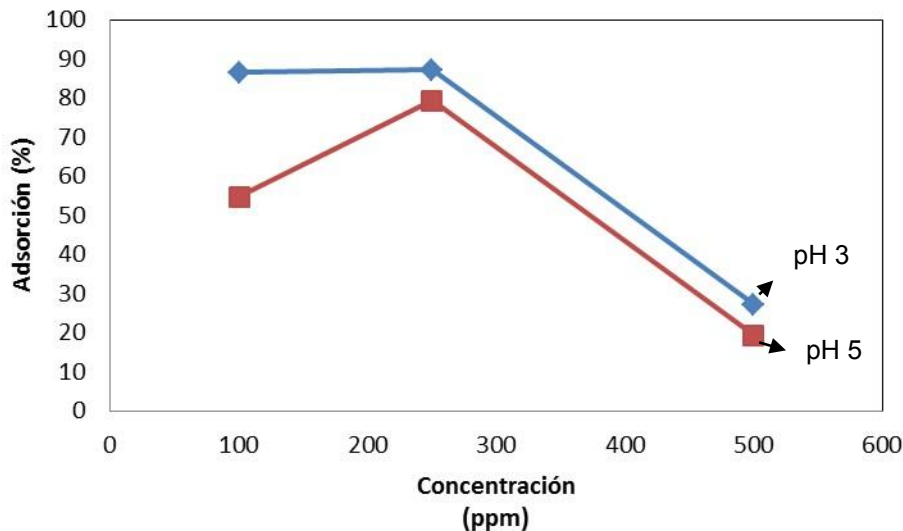


Figura 6. Análisis del efecto de pH y concentración del metal en el medio de adsorción. El tiempo en cada caso fue de 1h y a temperatura ambiente, con agitación de 200rpm

CONCLUSIONES

La capacidad de adsorción del cromo (VI) utilizando el nanocompuesto de QT/PVA/MMT es mayor a pH 3 que a 5. La incorporación de la arcilla, montmorillonita incrementa la estabilidad dimensional de la perla, así como su capacidad de adsorción con respecto a las muestras QT/PVA. La concentración del medio de adsorción a 250 ppm fue la que permitió incrementar la adsorción del compuesto polimérico, el valor encontrado a una hora es un porcentaje alto y competitivo en cuanto a otras investigaciones realizadas (156 mg de Cr/ g de material adsorbente)

BIBLIOGRAFÍA

1. Correa, F. G. (2006). Procesos de adsorción en la solución de problemas ambientales. *El ININ*.

2. Diego A. Faria A., D. A. (septiembre de 2014). Caracterización dinámica de un adsorbedor de tamíz molecular en la deshidratación de una corriente de gas etano. . Maracaibo.
3. Dietrich, A. B. (2005). *Materiales Compuestos*. Catalunya, Barcelona: Ediciones UPC.
4. Gáscue, B. R. (2008). Síntesis Y Caracterización De Hidrogeles.
5. G., Neira Arenas (26 de abril de 2011). Arcilla Bentonítica Modificada Con Quitosano Para Materiales Compuestos Biodegradables. *Unal*, 78(167).
6. Jacobi, M. M. (2012). Mundo Nano: Nanociência e Nanotecnologia. *Revista SLT Caucho*. Recuperado el 05 de abril de 2016, de <http://www.sltcaucho.org/nanociencia-e-nanotecnologia-marly-jacobi/>
7. J., MarroquinH. (19 de marzo de 2012). Composite. 13(2).
8. J., Mora Molina, L. C. (27 de Enero de 2012). *Desarrollo de membranas de quitosano y diseño de un equipo para la eliminación de metales pesados del agua*.
9. Juliá Esteban Barrera, J. A. (Agosto de 2007). Estudio de la degradación térmica de poli(alcohol vinílico) median termogravimetría y termogravimetría diferencial. *Revista Ingeniería E Investigación*, 27(2), (100-105).
10. A. Kasakas, B. Logman. El Bali, A. Kherbeche. (2015). The Adsorption of Cr(VI) from solution by natural materials. *J. Mater. Environ. Sci* 6(7) 2003-2012.
11. Mariano. (2011). *Materiales Compuestos. Reinforced Plastics and Composites magazine*.
12. C,V, Nieto (2011). Estudio de materiales adsorbentes de bajo costo para remover Cr (VI) de efluentes acuosos. 154-162.
13. S,C Kumar. (2009). Estudio de columna de lecho fijo para la eliminación y recuperación de cromo hexavalente mediante polianilina de cadena corta sintetizada en fibra de yute.
14. J,L Rocha. (2010). Los materiales compuestos y su desarrollo actual. *Ciencia y desarrollo*.

ANÁLISIS MODAL DEL CIGÜEÑAL DE MINI COOPER 2006 POR EL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO

Humberto Rodríguez-Bravo, Celeste Gómez-Hernández, Francisco Torres-Chimal, Alejandro Tadeo-Chávez, José Vázquez-Martínez

Depto. Mecatrónica. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

En este trabajo se presenta el análisis modal de una pieza común en la industria automotriz utilizando el método de elementos finitos, lo cual representa un argumento de relevancia social, ya que muestra uno de los procedimientos mediante los cuales los fabricantes mecánicos realizan de manera eficaz y eficiente para producción de sus productos. Concretamente, el análisis modal del cigüeñal de cuatro cilindros del MINI Cooper 2006 apoya directamente al conocimiento, entendimiento y suposición de sus características dinámicas de trabajo y naturales. De manera general, se puede mencionar que este tema de estudio representa una base introductoria importante para para el análisis de los modos de vibración y frecuencias naturales de una pieza mecánica.

Un Análisis modal, utilizando el software ANSYS y Solidworks Simulation se llevó a cabo con el fin de hacer una comparación entre los resultados y evaluación del comportamiento del cigüeñal bajo las condiciones de operación a las que está sometido. Con equipo de punta se llevaron a cabo las mediciones que permitieron crear el modelado de la geometría de la diferente parte del cigüeñal para poder realizar las simulaciones y obtener los resultados del análisis de modal y sus frecuencias naturales de los mismos. Esto permite predecir los puntos críticos del cigüeñal con respecto al efecto de las vibraciones mecánicas, las cuales son capaces de generar eventos indeseables sobre los mismos, lo que a su vez determina su vida útil y garantiza una mayor confiabilidad en el diseño.

INTRODUCCIÓN

La validación del diseño está ligada a la elaboración de una serie de análisis numéricos complejos y el uso de herramientas variadas de matemáticas avanzadas, que se le conoce como Análisis del Elemento Finito (Finite Element Analysis por su nomenclatura en inglés), el cual es una técnica computacional para la solución aproximada aplicada a una gran variedad de problemas de ingeniería en el mundo real. La base del FEA consiste en la descomposición del dominio de la respuesta del sistema en un número finito de subdominios, para los que la solución aproximada está construida mediante la aplicación de métodos numéricos (Madenci & Guven, 2006). Por esto, el FEA reduce el problema a un número finito de soluciones mediante la división del dominio en elementos y expresando la variable de campo desconocida en términos de las funciones aproximadas asumidas entre cada elemento, en la Figura 1 puede observarse la representación de los modelos reales en forma de modelos de elemento finito. Estas funciones son llamadas funciones de interpolación y están definidas en términos de los valores de las variables de campo en puntos específicos, conocidos como nodos. Los nodos están usualmente localizados a lo largo de las fronteras o bordes del elemento, estos conectan los elementos adyacentemente.

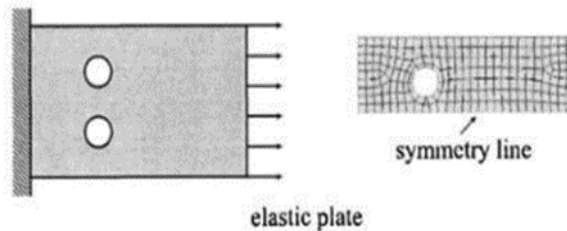


Figura 1. Representación FEA de problemas de ingeniería prácticos (Madenci & Guven, 2006)

El método del elemento finito consiste en, además de encontrar solución a un problema complicado mediante el reemplazamiento de un número finito de sistemas mucho más simples (Rao, *The Finite Element Method in Engineering*, 2011), en un proceso de modelado en donde un cuerpo es dividido en un sistema de unidades o cuerpos iguales, denominados elementos finitos, interconectados con los puntos comunes entre dos o más elementos, denominados nodos o puntos nodales, y/o líneas o

superficies de frontera, lo que se muestra en la Figura 2. A todo esto se le conoce como discretización.

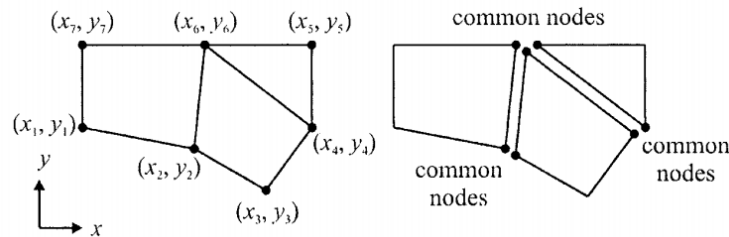


Figura 2. División de un dominio en elementos (Madenci & Guven, 2006)

En (Meng & Liu, 2011) se describe el análisis de esfuerzos y modal por medio del FEM de un cigüeñal de un motor a Diesel de 4 cilindros, donde se desarrolló el modelo de la pieza en el paquete de software CAD Pro/ENGINEER. Asimismo, se utilizó ANSYS para analizar la vibración modal y el esfuerzo del cigüeñal bajo trabajo. Mediante el análisis de esfuerzos se encontraron factores como la deformación máxima, el punto y las áreas críticas de esfuerzo máximo, etc. Mediante el análisis modal de la pieza, se explica la relación que existe entre la frecuencia y la vibración modal. Todo esto, según explica (Meng & Liu, 2011), podría proveer de una valiosa fundamentación teórica para la optimización y mejoramiento en el diseño de motores. Para el análisis de esfuerzos, (Meng & Liu, 2011) se optó por simplificar el modelo del cigüeñal, puesto que es geoméricamente simétrico e idéntico, con esto se logró optimizar los recursos al ser importada y analizada ANSYS. Utilizando SOLID45 como elemento de malla y análisis, y definiendo las condiciones de frontera necesarias, se encontraron los resultados mostrados en la figura 3.

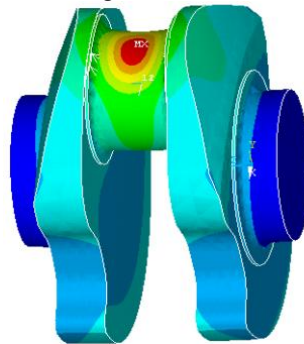


Figura 3. Distribución de deformación en el pasador del cigüeñal en la condición de carga más crítica (Meng & Liu, 2011)

Para el análisis modal se utilizó el modelo del cigüeñal completo para evitar la influencia que el simplificar la pieza tuviera en su comportamiento dinámico. De acuerdo con las condiciones de frontera establecidas, se presentaron los resultados mostrados en la figura 4.



Figura 4. Modelo de elemento finito del cigüeñal de un motor a Diesel de 4 cilindros (Meng & Liu, 2011)

En (Azoury & Kallassy, 2012) se encuentra una relación significativa con lo que se ha de realizar en el presente tema de estudio, pues señala la implementación del análisis modal al cigüeñal mostrado en la Figura 5, de manera analítica y experimental. Se miden las propiedades geométricas del

cigüeñal, su material efectivo y se analizaría el comportamiento dinámico a través de pruebas de impacto para así determinar sus modos de vibración.

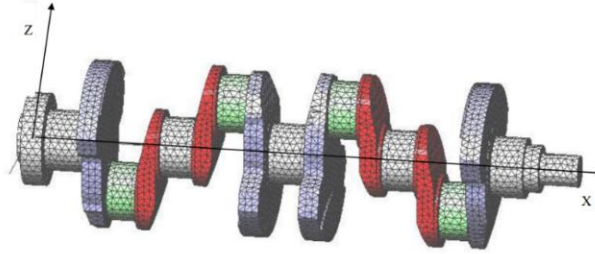


Figura 5. Modelos de elementos finitos del cigüeñal de Peugeot modelo de los 80's analizado (Azoury & Kallassy, 2012)

Al contar con las frecuencias naturales de vibración del sistema mecánico, los resultados se compararían con el análisis modal del cigüeñal analíticamente con elementos finitos 3D en un software comercial de FEM, esto es mostrado en la Tabla 1. Se interpreta que el estudio realizado se aceptaría como un análisis modal de validez para estudiar el comportamiento dinámico del cigüeñal.

Tabla 7. Frecuencias naturales del cigüeñal calculadas por EMA y FEA (Azoury & Kallassy, 2012)

Mode	Frecuencias EMA (Hz)	Frecuencias FEA (Hz)	Δ
1	350.7	367.7	4.62%
2	481.8	496.1	2.88%
3	799.6	859.2	6.94%
4	874.5	972.6	10.09%
5	965.3	991.2	2.61%
6	1127.8	1284.0	12.17%

En adición a todo el contenido teórico, se mencionan definiciones básicas sobre vibraciones mecánicas, por lo que en (He & Fu, 2011), (Kelly, 2011) y (Rao, Mechanical vibrations, 2011) son citadas de forma muy similar como: Cualquier movimiento que se repite después de un intervalo de tiempo se llama vibración u oscilación. La oscilación de un péndulo y el movimiento de una cuerda pulsada son ejemplos típicos de vibración. La teoría de la vibración se encarga del estudio de los movimientos oscilatorios de los cuerpos y las fuerzas asociadas con ellos. Desde que una vibración puede ser interpretada como la transferencia entre la energía cinética y la energía potencial, el sistema vibratorio podría incluir un medio de almacenamiento de ambas energías, el cual puede ser construido mediante una masa y un resorte, como se muestra en la Figura 6.

En (He & Fu, 2011) menciona también que la masa es el componente responsable de la energía cinética mientras que el resorte es para la energía potencial.

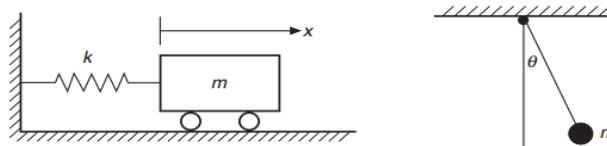


Figura 6. Ejemplo de dos sistemas básicos de vibración (He & Fu, 2011)

Para el análisis de vibraciones realizable a un sistema SDoF (de un grado de libertad) en vibración libre con masa-resorte simple, como el que es mostrado en la Figura 7, puede ser analizado comenzando por su ecuación de movimiento.

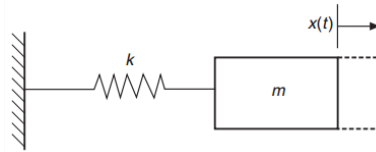


Figura 7. Sistema de masa y resorte simple (He & Fu, 2011)

Para describir la dinámica de una masa acoplada a un resorte se parte de la 2ª Ley de Newton

$$m\ddot{x} + kx = 0 \quad (1)$$

Donde \dot{x} y \ddot{x} representan la velocidad y aceleración de sistema (son derivadas respecto al tiempo del desplazamiento x), de aquí, se obtiene la expresión de la proporción que tiene la rigidez y la masa en el sistema, lo que da lugar a la definición de la frecuencia natural del sistema como

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ rad/sec} \quad (2)$$

La ecuación 1, puede verse desde un enfoque energético, si el sistema no tiene disipación de energía (amortiguador) o entrada de la misma, la cantidad total de energía en el sistema será constante en cualquier momento. Si se considera la energía potencial como $U = 1/2 kx^2$ y la energía cinética como $T = 1/2 m\dot{x}^2$ en un momento con desplazamiento x , se puede obtener la ecuación

$$\frac{1}{2} m\dot{x}^2 + \frac{1}{2} kx^2 = \text{const} \quad (3)$$

La respuesta en vibración libre del sistema SDoF es gobernada por el desplazamiento inicial $x(0)$ y su velocidad inicial $\dot{x}(0)$ como

$$x(t) = \frac{\dot{x}(0)}{\omega_0} \sin \omega_0 t + x(0) \cos \omega_0 t \quad (4)$$

La ecuación 4, muestra que en sistema SDoF siempre busca su propia frecuencia natural para su propia vibración libre. Lo mismo puede decirse para un sistema MDoF, excepto que este tiende a buscar todas sus frecuencias naturales para su vibración libre.

METODOLOGIA

El análisis modal mediante el uso de software de diseño en ingeniería se realizó en el software (ANSYS y SolidWorks simulation), se realiza en tres etapas, Preprocesamiento, Análisis y Post-procesamiento. Para un análisis confiable, se debe tener un modelo geométrico adecuado, razón por la cual durante la obtención de las dimensiones el modelado en CAD, se deben cuidar aquellos detalles que pudieran interferir con los resultados. Cada paso seguido en el desarrollo de este trabajo, se describe a continuación:

Obtención de las dimensiones del sistema analizado.

Para obtener las dimensiones del cigüeñal, se utilizó un calibrador Vernier digital como se muestra en la figura 7



Figura 7. Toma de medidas del cigüeñal con calibrador Vernier digital

El equipo utilizado, permite obtener dimensiones con una precisión decimas de milímetro, por lo que las mediciones hechas al cigüeñal fueron muy precisas, cabe mencionar que también se utilizó un

micrómetro para corroborar aquellas dimensiones en las que la precisión fuera un factor importante. Posterior a ello se realizó un bosquejo limpio de las mediciones de las longitudes tomadas del cigüeñal, donde se visualizaron relaciones geométricas de diseño a ser consideradas en la modelación 3D de la pieza.

Modelo geométrico del sistema.

A partir de las mediciones anteriores se modeló el cigüeñal en SolidWorks, que las similitudes entre el modelo real y el diseñado son concordantes como se muestra en la figura 8.

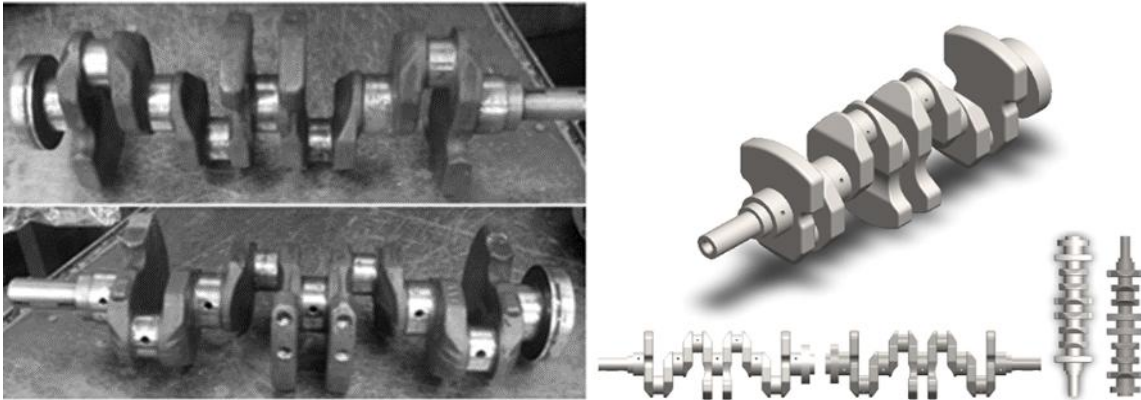


Figura 8. Modelo real del Cigüeñal / Modelo CAD del cigüeñal diseñado en SolidWorks.

El modelado correcto de la pieza es fundamental en cualquier análisis, pues a partir de este modelo que se realizarán las adecuaciones del Preprocesamiento, que incluyen la definición de las propiedades de la pieza, las restricciones del sistema y las condiciones de carga.

Propiedades de los materiales a modelar.

Para otorgar las propiedades a los elementos estructurales fue necesario definir los materiales de cada elemento. Hibbeler (2006) define como un parámetro vital para cualquier simulación, la correcta caracterización de los materiales, ya que el software necesita saber las propiedades de cada material, sus resistencias, elongaciones, esfuerzos máximos y densidades. Se definió el acero al medio carbono AISI 1045 como material de la pieza (Kalpakjian & Schmid, 2002). En la etapa de investigación de las propiedades de dicho material (AZoM.com, 2013), se encontraron los datos de la Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades físicas y mecánicas del acero al carbono AISI 1045

Material	Tipo	Módulo de Young	Coefficiente de Poisson	Densidad
Acero AISI 1045	Isotrópico	2.9e7 psi	0.29	0.284 lb/in ³

En el estudio de frecuencias realizado en SolidWorks Simulation se introdujo el valor de 0.284 lb/in³ como densidad (densidad de peso) del material del cigüeñal. En cambio, como única diferencia en cómo se introdujeron los valores de la Tabla 2 en ambos softwares, en ANSYS se estableció la densidad (densidad de masa) a $7.3533e^{-4} lb \cdot s^2/in^4$. Esta última conversión fue realizada tomando en cuenta el valor de la gravedad de 386.22 in/s².

Mallado del sistema y restricciones.

La plataforma Solidworks y Ansys son capaces de utilizar diferentes modelos de algún otro software de CAD, sin embargo, en este caso, cada elemento fue modelado en la interfaz del mismo software. Como se sabe, en el análisis modal de un sistema se deben aplicar restricciones de desplazamientos o momentos para semejar el movimiento que tiene el mismo sistema en su entorno de trabajo. Esto con la finalidad de obtener los resultados sobre las frecuencias naturales del propio sistema en el trabajo específico, para el cual se deben validar condiciones de diseño y poder cumplir y garantizar el desempeño del producto.

Para el análisis modal del cigüeñal de cuatro cilindros, se debe tener en cuenta la manera en que esta pieza se mueve dentro del motor. Para explicarlo, debemos conocer antes las partes principales de un cigüeñal como se muestra en la figura 9.

Básicamente, durante el trabajo del motor en un automóvil, el cigüeñal gira controlada y continuamente bajo la transmisión de movimiento inducida sobre el “hocico” del cigüeñal (1-crankshaft snout). El cigüeñal se encuentra soportado sobre la bancada entre el monoblock del motor sobre sus cinco principales muñones o muñones de rodamiento (3-main journals), restringiendo el desplazamiento radial del eje principal del cigüeñal.

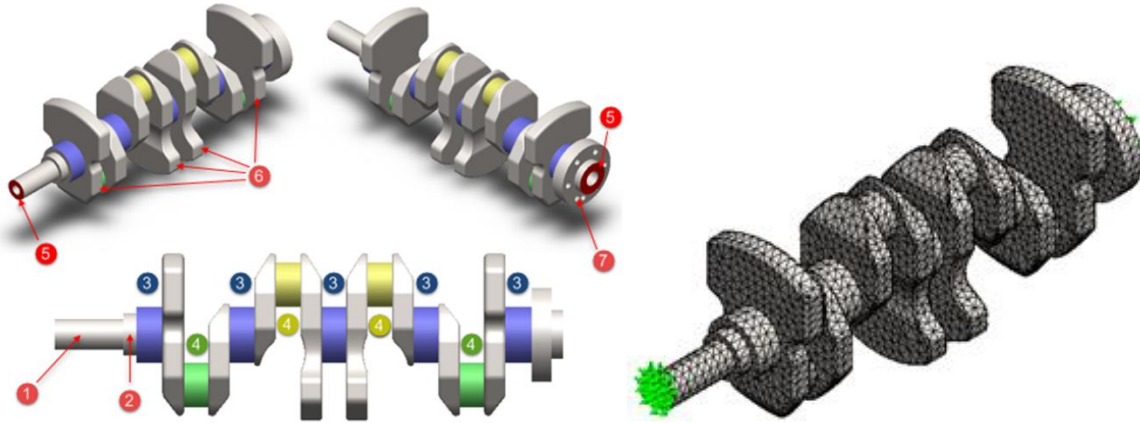


Figura 9. Modelo de elementos finitos del cigüeñal en SolidWorks Simulation

Esto da lugar al libre movimiento de los contrapesos (6-counterweights) bajo los cilindros y de las bielas y las cabezas de pistón en los cilindros. Durante el giro, la pieza arrastra la brida de montaje del volante (7-flywheel mounting flange) y también el árbol de levas, de la mano de una rueda dentada de transmisión montada sobre la cara (2-mount for camshaft drive sprocket).

Tomando en cuenta que las bielas de los cuatro pistones se encuentran ya montadas sobre los muñones del cigüeñal (4-crankpin journals), mientras se realiza el trabajo de vaivén sincronizado, debemos imaginar que los rodamientos han de evitar el desplazamiento radial y axial de los main journals. De la mano de esto, se da el aseguramiento del nulo desplazamiento axial del cigüeñal completo, para así mantener en óptimo contacto la transmisión del movimiento.

De manera generalizada, al considerar que el cigüeñal tendera a comportarse como una flecha y que su desplazamiento está restringido a cero para los tres ejes cartesianos (axial en el eje del cigüeñal y radial en los main journals), las sujeciones aplicadas se ejercieron sobre las caras inicial y final del cigüeñal (5-marcadas en rojo). En otras palabras, se empotraron las caras señaladas del cigüeñal. Esto se debe a que, aunque el cigüeñal esta soportado en los main journals, la transmisión de movimiento intentará desplazar axial y radialmente estos soportes.

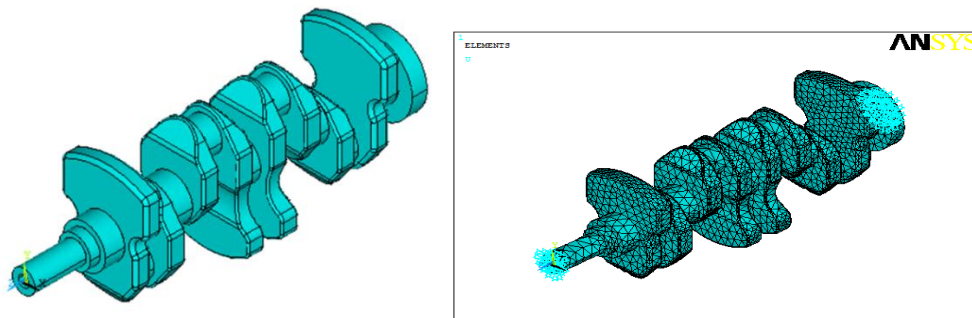


Figura 10. Modelo en IGES y elementos finitos del cigüeñal en ANSYS

Para el mallado como se mostró en la Figura 9. Se usó una Malla estándar y con pulgadas como unidad, estableciendo un valor numérico para Tamaño global del elemento, cuyo valor de tolerancia fue de 0.001. Para la parte ANSYS, se exportó el modelo CAD 3D en formato IGES, pensando en que ANSYS reconoce las operaciones de dibujo y modelado de un modelo importado, se optó por la eliminación de algunos detalles de geometría para que al ser preprocesado el cigüeñal, se

disminuyera la complejidad. Para la parte del mallado se utilizó el elemento SOLID185, haciendo un mallado libre debido a la complejidad de la geometría y condiciones de frontera del cigüeñal como se hizo en el Solidworks Simulation, como se muestra en la Figura 10.

RESULTADOS

Debido a que el objetivo principal del presente trabajo se fundamenta principalmente en la comparación de los resultados del análisis modal del cigüeñal desarrollados en dos paquetes de software (SolidWorks y ANSYS), se utilizaron cuatro modelos del cigüeñal de MINI Cooper para cada software, cada uno de ellos con distinto tamaño de malla. Cabe mencionar que en este trabajo nos enfocaremos en el modelo 4 presentado en la Tabla 5, ya que fueron los resultados con menor desviación entre ambas simulaciones de ambos softwares.

De acuerdo con la medición de la geometría del cigüeñal y con la asignación de las propiedades del acero al carbono como material (Tabla 2) en el modelo CAD, SolidWorks muestra las características físicas mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades físicas del modelo CAD del cigüeñal

Propiedad	Valor (Imperial)	Valor (SI)
Masa	28.734 lb	13.033 kg
Volumen	100.676 in ³	0.002 m ³
Longitud total	17.7 in	0.449 m

En este apartado se citan los mensajes de Solver, las frecuencias resonantes y la forma de cada modo de cada modelo del cigüeñal, que representan los datos resultados de interés para los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación.

SolidWorks Simulation

Con la configuración del estudio de frecuencias en SolidWorks Simulation, las restricciones mencionadas y las propiedades de mecánicas asignadas, los modos y valores de frecuencia resonante encontrados en el estudio de frecuencias de SolidWorks son los mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Modos de vibración del modelo 4 del cigüeñal SolidWorks Simulation

N.º de modo	Frecuencia (Hz)
1	314.5
2	332.09
3	568.31
4	747.55

Las primeras dos formas modales de este modelo pueden observarse en la Figura 11.

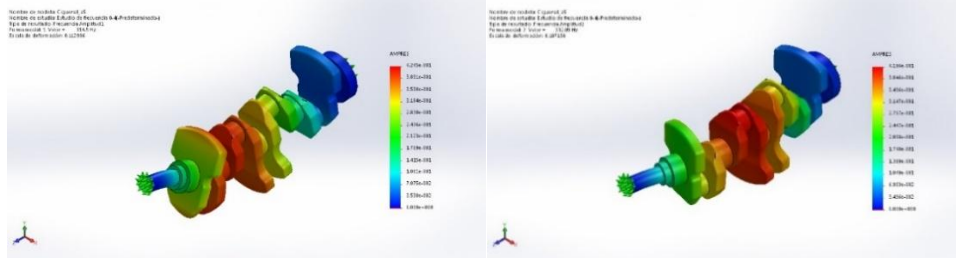


Figura 11. Formas modales del modelo 4 del cigüeñal en SolidWorks Simulation

ANSYS

Los modos y valores de frecuencia natural encontrados en el análisis modal de ANSYS de este modelo son los mostrados en la Tabla 5.

Tabla 4. Modos de vibración del modelo 4 del cigüeñal ANSYS.

Modo	Frecuencia (Hz)
1	354.24
2	375.68
3	632.36
4	868.35

Las dos primeras formas modales de este modelo pueden observarse en la Figura 12.

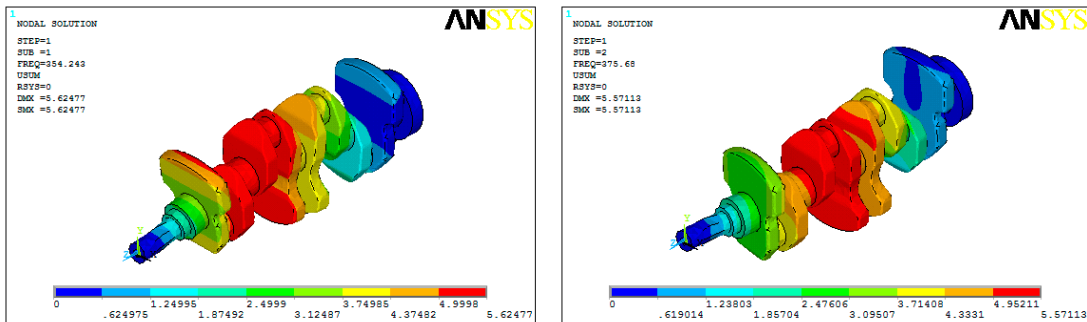


Figura 12. Formas modales del modelo del cigüeñal en ANSYS

La Tabla 5 muestra los resultados de manera comparativa de cada estudio de frecuencias o análisis modal, tanto en SolidWorks Simulación como en ANSYS para cada uno de los modelos anteriores.

Tabla 5. Comparación de frecuencia de modo entre SolidWorks y ANSYS

Modo de Vibración	SolidWorks Simulation (Hz)	ANSYS (Hz)
1	314.50	354.24
2	332.09	375.68
3	568.31	632.36
4	747.55	868.35

Comenzando con la comparación de los resultados entre ambos softwares de análisis FEA y considerando que tentativamente el único factor que puede inducir a una diferencia en los mismos (frecuencias), es el mallado a elementos finitos del modelo del cigüeñal. En la Figura 13 se muestran los valores de frecuencia de cada modo en el modelo del cigüeñal en cada para cada software, con fin de exhibir de manera más nítida la diferencia entre modelos. En esta figura se puede observar que mientras sea mayor el tamaño de la base del elemento, mayor es la diferencia reflejada en los resultados de análisis modal para cada elemento (aumenta la separación vertical entre las líneas de dispersión de la figura).

Como punto final de comparación de resultados debido a que no se cuenta con un valor real o correcto ni un valor de cambio o incorrecto en la frecuencia de cada modo es imposible realizar un análisis basado en errores. Por este motivo, un método de comparación aplicable es el llamado porcentaje de diferencia, el cual compara dos valores sin necesidad de asignar un valor como verdadero o correcto. Para calcular este porcentaje es necesario realizar la siguiente operación:

$$\%Dif_{m1m1} = \frac{|Valor_1 - Valor_2|}{(Valor_1 + Valor_2)/2} * 100\%$$

Donde:

$Valor_1$ = Frecuencia natural del modo (SolidWorks Simulation o ANSYS)

$Valor_2$ = Frecuencia natural del modo (ANSYS o SolidWorks Simulation)

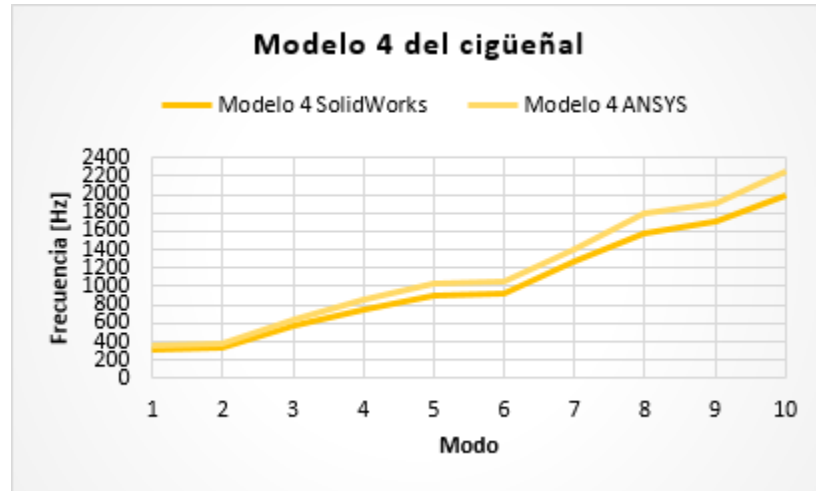


Figura 13. Comparación de modos del modelo (SolidWorks-ANSYS)

Dada la variación tan grande en los resultados, se realizaron mallados más finos en los puntos críticos de la geometría. De esta manera, el porcentaje de diferencia entre cada modo de cada modelo analizado en cada software computacional se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de diferencia entre resultados de SolidWorks y ANSYS

Modo	% Diferencia entre SolidWorks y ANSYS			
	Modelo 1 (Tamaño de elemento 0.1)	Modelo 2 (Tamaño de elemento 0.01)	Modelo 3 (Tamaño de elemento 0.001)	Modelo 4 (Tamaño de elemento 0.005)
1	11.89 %	7.75 %	6.34 %	2.31 %
2	12.32 %	7.93 %	6.36 %	2.42 %
3	10.67 %	6.97 %	5.35 %	1.73 %
4	14.95 %	9.81 %	7.12 %	3.07 %
PROM	12.12 %	7.82 %	6.07 %	2.33 %

La figura 14 muestra la variación que tienen los resultados obtenidos con cada línea de dispersión correspondiente a cada modelo, si cada una de estas debe seguir aproximadamente en línea recta el valor promedio de diferencia, se refleja fácilmente la desviación que se tiene en cada modo de vibración entre modelos de ambos softwares.

CONCLUSIONES

El trabajo realizado en este proyecto reúne algunos puntos de valor en ingeniería, pues la utilización de dos softwares de análisis FEA para encontrar los modos de vibración del cigüeñal de MINI Cooper refleja el interés en presentar conceptos innovadores. Los resultados obtenidos en ambos softwares cumplen satisfactoriamente con lo planteado en el trabajo, puesto que se pudo observar poca diferencia entre los datos y además se pudo considerar una relación tamaño de elemento-frecuencia para los modelos del cigüeñal analizados. Esta relación indica básicamente que ANSYS, al tener mayor necesidad de definición de parámetros, se ve más significativamente afectado por el tamaño

del elemento utilizado en el mallado de cada modelo. En caso contrario, SolidWorks Simulation requiere de una menor cantidad de parámetros para la definición del análisis y los resultados de cada modelo se ven ligeramente afectados.

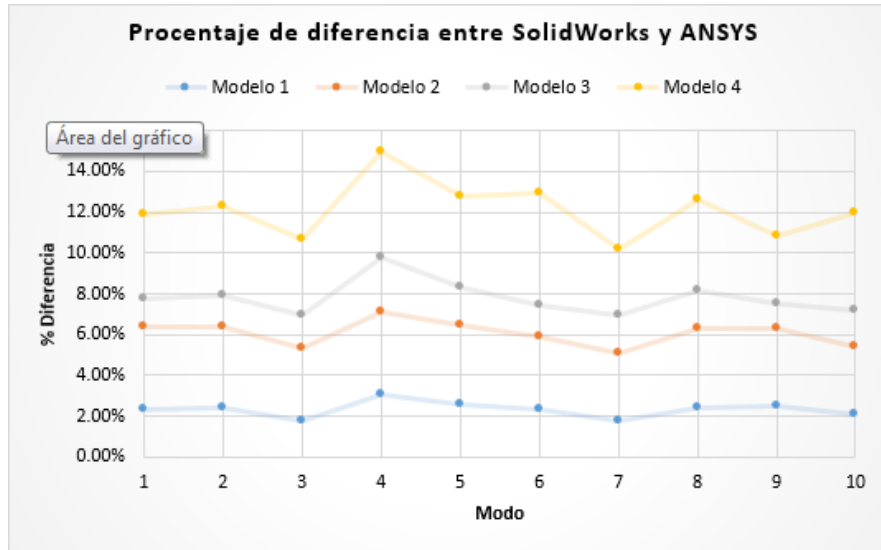


Figura 14. Porcentaje de diferencia entre la frecuencia de cada modo en cada modelo del cigüeñal.

Aunque el software ANSYS pudiera considerarse para unos como el mejor programa de análisis FEA, al existir una variedad de software que pudieran aplicarse a problemas de ingeniería tan complejos como se presenten, SolidWorks Simulation es un programa en crecimiento que da agilidad y sencillez al proceso de análisis de sistemas sencillos y complejos; misma tarea que en ANSYS pudiera requerir una mayor cantidad de tiempo e incluso de conocimientos para lograr el análisis de sistemas tan sencillos o complejos como se requiera. Por tanto, queda a criterio del diseñador qué software utilizar para simulación en su labor de ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

1. AZoM.com. (11 de Junio de 2013). AZoM.com. Obtenido de An AZoNetwork Site: <http://www.azom.com/>
2. Azoury, C., & Kallassy, A. (2012). *Experimental and Analytical Modal Analysis of a Crankshaft*. Francia.
3. Brandenburg, J., & Clemmons, L. (2012). *Analysis of Numerical Differential Equations and Finite Element Method*. Nueva Delhi: College Publishing House.
4. Gómez, S. (2010). *SolidWorks Simulation*. España: Ra-Ma.
5. He, J., & Fu, Z.-F. (2011). *Modal analysis*. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann.
6. Hibbeler, R. C. (2006). *Mecanica de Materiales*. Prentice Hall
7. Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). *Manufactura, Ingeniería y tecnología*. México: Prentice Hall.
8. Kelly, S. G. (2011). *Mechanical Vibrations: Theory and Applications*. Estados Unidos: CENGAGE Learning.
9. Lee, H. H. (2014). *Mechanics of Materials Labs with Solidworks Simulation 2014*. USA: SDC Publications.
10. Madenci, E., & Guven, I. (2006). *The Finite Element Method and applications in engineering using ANSYS*. Estados Unidos: Springer.
11. Meng, J., & Liu, Y. (2011). *Finite Element Analysis of 4-Cylinder Diesel*. China: MECS.
12. Rao, S. S. (2011). *The Finite Element Method in Engineering*. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann.
13. Weber, M. (2015). *Solidworks Simulation 2015 Black Book*. USA: CAD/CAM/CAE/WORKS.

CENTRO DE DIAGNÓSTICO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA SENSORES COMERCIALES IMPLEMENTADOS AL AUTOMÓVIL

Azucena López Casique¹, Mirna Patricia Juárez Varela¹, Edy Flores Flores¹, Anahí Bautista López¹,
Ángel Robles Rosales¹, Saúl Hernández Mariscal²

¹Universidad Tecnológica de Puebla – Sistemas Automotrices, ²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

RESUMEN

La innovación en el desarrollo de la industria automotriz es imprescindible. Surge la necesidad de crear e implementar sistemas que ayuden en la prevención y corrección de fallas en los principales sensores del automóvil. En la actualidad existen diversos sistemas que son utilizados como herramientas en el mantenimiento de vehículos; sin embargo, estos dispositivos tienen un alto costo y su manipulación requiere de personal calificado. Es por lo anterior, que se diseñó e implementó un centro de diagnóstico que permite detectar de manera oportuna las fallas que pudieran presentarse en sensores comerciales del automóvil, de manera sencilla para los usuarios, aún sin contar con conocimientos previos de electrónica o mecánica automotriz.

El módulo de diagnóstico cuenta con una interfaz USB, la cual tiene comunicación con una computadora por medio de una tarjeta Arduino. El sistema muestra en tiempo real el funcionamiento de tres sensores diferentes: uno de temperatura, el cual ayuda a detectar fallas en el sistema de enfriamiento; un sensor de aparcamiento, el cual detecta objetos cercanos al automóvil en un rango de 1.5 mts a 0.30 mts, evitando así colisiones; por último, un sensor de final de carrera, el cual es utilizado para indicar el uso del cinturón de seguridad de los tripulantes. El centro de diagnóstico cuenta con un panel visual desarrollado en LabVIEW, el cual muestra virtual y numéricamente en la lectura de datos adquiridos de los sensores en forma individual o simultánea.

Del presente trabajo se concluye que es posible desarrollar sistemas de bajo costo que ayuden a las personas en el mantenimiento preventivo y correctivo de sus automóviles, teniendo la posibilidad de adquirir sistemas que les ayuden en ésta tarea a un bajo costo y con la sencillez requerida para poder ser manipulado por cualquier persona.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de contar con un módulo de apoyo para la prevención de incidentes automovilísticos es imprescindible. La creciente demanda del uso de automóviles como medio de transporte, uso comercial y desarrollo económico, hace que el desgaste de los automóviles se acelere, además de forzar ciertos sistemas. Es por lo anterior que se implementan algunos sensores de uso comercial y de uso cotidiano en el automóvil.

Los sistemas de seguridad y prevención en los sistemas eléctricos, mecánicos y de infotainment en el auto son implementados en modelos recientes y de gama alta, además de tener que ser operados por personal calificado, elevando costos en mantenimiento. Sin embargo, y de manera contradictoria a los estatus con los cuales son comercializados los automóviles, los de mediana gamma son los de mayor ocupación, siendo estos los que no cuenta con sistemas de apoyo al conductor.

El centro de diagnóstico preventivo y correctivo para sensores comerciales implementados en automóviles, desarrollado en el presente trabajo son de aparcamiento, de temperatura, y de final de carrera. La razón por la cual se determinó implementar los sensores mencionados se debe a los datos mostrados en recientes estudios, los cuales señalan que mueren 32 personas diariamente por accidentes automovilísticos, cifra que ha ido al alza. Los principales motivos que ocasionan estos accidentes son entorno a la seguridad (no usar cinturón de seguridad), atropellos o choques (no percatarse del acercamiento hacia una persona, automóvil u otro objeto), y muchas veces por el sobrecalentamiento del motor (perdiendo el control del vehículo o alterando las condiciones normales del camino) [1].

Cabe señalar que una de las principales razones por la cual se desarrolló este sistema es minimizar los costos, ya que los sensores implementados, suelen ser instalados desde fábrica, elevando en un porcentaje considerable el costo del vehículo [2].

TEORÍA

En esta sección se presentan los sensores que pueden ser diagnosticados en el centro virtual desarrollado en LabVIEW. Su aplicación principal es en el automóvil así como las fallas comunes en cada uno de los mismos.

El desarrollo de la aplicación virtual del sistema de diagnóstico y prevención, consta de una interface entre una tarjeta Arduino y LabVIEW. Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquier interesado en crear objetos o entornos interactivos, Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El micro-controlador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en una computadora [3].

El sensor más sencillo implementado en el sistema es el LM35., el cual es un sensor de temperatura analógico, con una precisión calibrada de 1°C. No necesita circuitería externa ni ajustes de calibración para funcionar, su rango de medición abarca desde -55°C hasta 150°C. La salida es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV, el empaquetado de este sensor es through-hole TO-92. Es ideal para aplicaciones remotas ya que consume menos de 60 mA de corriente. Es compatible con Arduino, PIC, EMBED, AVR o cualquier micro-controlador [4].

El sensor infrarrojo de seguidor de pasos consta de un módulo sensorial infrarrojo: un emisor y un receptor, el módulo se puede adaptar a luz ambiente y el ajuste de alcance se realiza a través de un potenciómetro que viene incluido en la tarjeta, dicha distancia se encuentra comprendida en un rango de 2cm a 1.5m, con un ángulo de apertura de 35°, aunque para el presente trabajo, fue modificado el rango [5]. Estos infrarrojos emiten señales a cierta frecuencia cuando detectan algún obstáculo (superficie de reflexión), la señal emitida por el emisor rebota, siendo captada por el receptor. La señal captada por estos sensores es acondicionada mediante un circuito comparador, esto se ve reflejado mediante un LED indicador de color verde, en donde dependiendo de la configuración del usuario, podrá establecer niveles altos (1 lógico) y bajos (0 lógico) de voltaje.

Los interruptores de final de carrera son dispositivos electromecánicos que constan de un accionador vinculado mecánicamente a un conjunto de contactos, el cual es instalado al final de un desplazamiento mecánico, este sistema se activa en el último interruptor que es la parada de emergencia [6].

PARTE EXPERIMENTAL

En el desarrollo del sistema se trabajó con LabVIEW, una forma de programación gráfica, la cual hace el trabajo de programación más simple. La programación en este software se desarrolla por bloques. Cada bloque ejecuta instrucciones específicas, de acuerdo al tipo de entradas y salidas que se requieren.

Por otro lado, se realizó el control de cada uno de los sensores en Arduino, es decir, realmente el módulo que extrae la información de los dispositivos, así como el control de los indicadores (LEDs) del sistema se desarrollaron en la tarjeta de Arduino Mega, sin embargo, con una tarjeta básica, como la Uno o Nano, el sistema también funciona.

Para todos los casos, se utilizó un cable bocina para el acoplamiento de los módulos del sistema, (interface Arduino – LabVIEW).

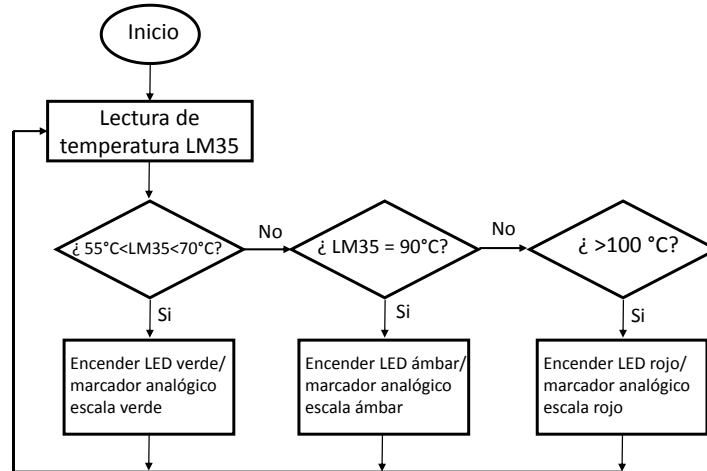


Figura 1. Diagrama de flujo LM35

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo, con el cual se realizó la programación del entorno virtual del sistema para el sensor LM35. Para el diagrama de la programación del sensor de temperatura, se registra la conversión realizada por el mismo sensor en el módulo Arduino, para poder mostrar de manera gráfica los índices de temperatura. Si el sensor, registra temperaturas por debajo de la mínima para el buen funcionamiento del automóvil, se enciende un LED en color verde, además de que el marcador de temperatura analógico, muestra que la aguja este entorno al rango mínimo. Para el caso de una temperatura óptima, se enciende el indicador ámbar y la aguja del marcador analógico estará a 90° exactamente con respecto a la horizontal. Finalmente si se registra una temperatura superior a los 100°C , el indicador rojo se encenderá y la aguja del marcador analógico se desplazará hasta el extremo derecho, en donde se encuentra el rango rojo.

La Figura 2 muestra el diagrama de flujo para el sensor infrarrojo. En este caso, solo se ajustaron dos indicadores: uno en color verde y el otro en rojo. Para el caso del indicador verde, señala distancias entre los 30 cm y 6 cm. Si el vehículo se encuentra en este rango de distancia de un objeto o persona, el conductor tendrá tiempo de reaccionar y evitar un accidente, además que pondrá sobre aviso al mismo conductor que se está acercando demasiado a un objeto. Para el caso del indicador rojo, el sensor fue calibrado para distancia pequeñas, siendo la máxima en este rango de 5cm. Es importante recordar que los sensores utilizados para aparcamiento tienen un ángulo de visión de 35° , por lo cual es necesario colocar los sensores en puntos estratégicos de tal forma que se cubra el mayor perímetro posible.

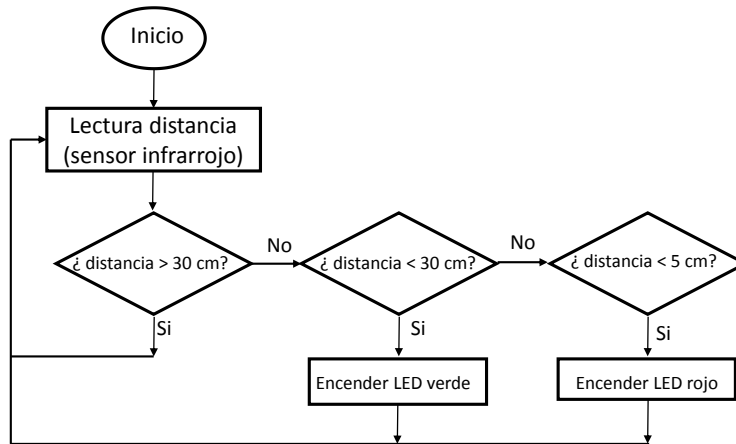


Figura 2. Diagrama de flujo para sensor de aparcamiento

Finalmente para el interruptor de final de carrera (Figura 3), solo se realizó la comparación de la señal digital de entrada. Si la señal se encuentra en bajo (o cero), el indicador del cinturón se encuentra apagado y a la vez esta encendido el indicador preventivo, el cual está configurado en color rojo, para tener una vista que llame la atención del conductor. Cuando se activa la señal de entrada (uno) o se cierra el interruptor, se enciende el indicador verde, el cual señala que el cinturón está colocado correctamente.

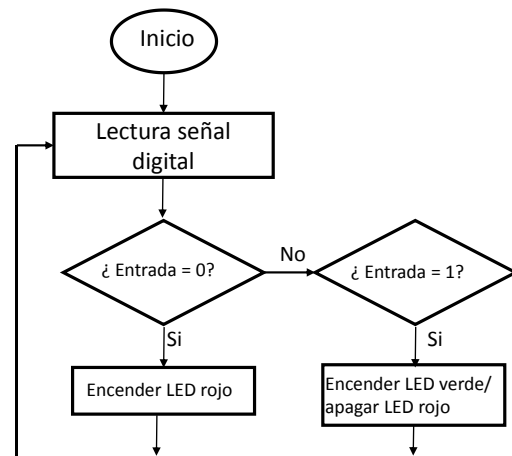


Figura 3. Diagrama de flujo interruptor fin de carrera

RESULTADOS

El sensor de temperatura LM35, funciona por medio de dos medidores: uno de aguja y el otro simula un LED (Figura 4). El indicador de aguja esta graduado en escala de colores de acuerdo a normas de seguridad. El color verde muestra que el sensor de temperatura se encuentra en un rango por debajo del apropiado. Cuando la aguja se comienza a desplazar al tono ámbar, significa que el sensor comienza a detectar un incremento sustancial en la temperatura del sistema, hasta llegar al óptimo, 90°C. Por último si la aguja marca el extremo derecho o color rojo, la temperatura del sistema ha sobrepasado el adecuado para su buen funcionamiento, por lo cual el vehículo tiene que ser revisado inmediatamente.

De manera simultánea también se muestran tres indicadores simulando LEDs, los cuales muestran una señal de alerta en las mismas tonalidades que el analógico. Cabe destacar que a pesar de que el sistema muestre una emergencia en el sensor, se cuenta con un rango considerable, dando tiempo al conductor de estacionarse y definir la falla.

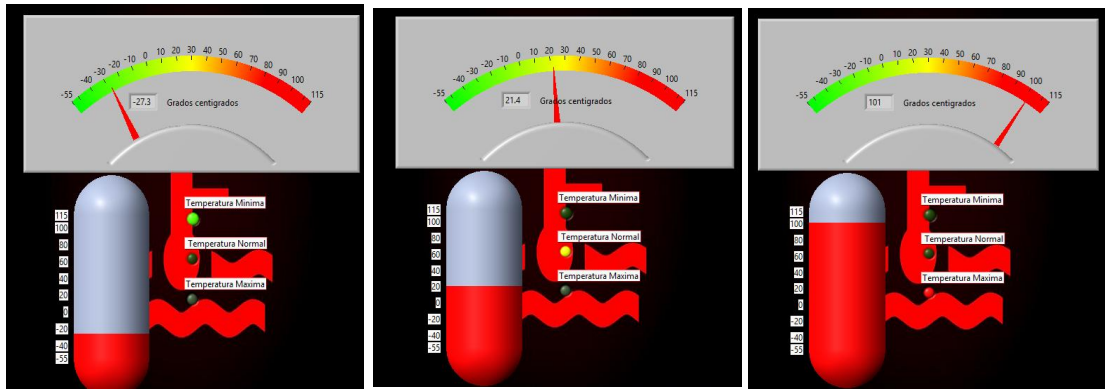


Figura 4. Modulos de prevención y corrección de sensor de temperatura LM35

Estos gráficos nos permiten identificar la temperatura del motor, lo cual nos manda advertencias, es decir se activa automáticamente los indicadores de temperatura máxima, normal y mínima.

Para el caso de los sensores infrarrojos se muestra en el panel de control del sistema virtual, dos indicadores (verde y rojo) los cuales se enciende de acuerdo a la distancia a la cual se encuentra el automóvil (Figura 5). Es importante el señalar que las distancias consideradas se encuentran en el rango de 2 cm a 30 cm. Posterior a estas distancias, los indicadores permanecen apagados, al no existir un objeto cercano del cual alertarse. Se consideran distancias críticas a partir de 5cm y el sistema llega a detectar un mínimo de 2cm. Para distancia considerablemente cortas pero lejos de riesgo, se considera un rango de 6cm a 30cm.



Figura 5. Indicadores sensor de aparcamiento

En el caso del interruptor de final de carrera (Figura 6), se indican dos estados del sensor. En estado cero, es decir que el switch se encuentra en la parte abierta, ya que se abre automáticamente al no tener contacto con algo (en este caso el cinturón de seguridad). En estado uno, es decir el switch se encuentra cerrada, esto sucede cuando hay algo que está haciendo contacto con la parte de la palanca.

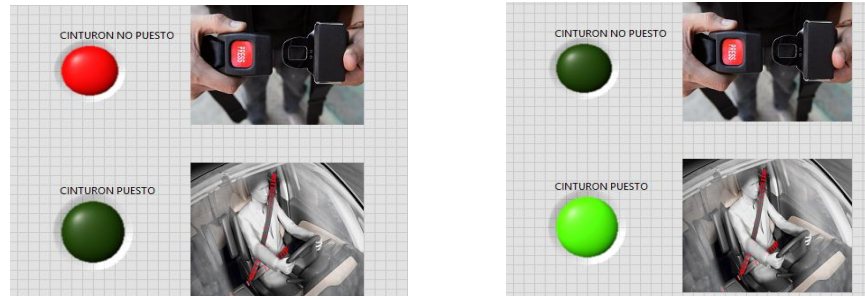


Figura 6. Indicadores de interruptor de final de carrera.

Finalmente, se presenta en la Figura 7 el panel de control general del centro de diagnóstico para sensores comerciales implementados al automóvil. Como se puede observar, todos los módulos descritos anteriormente fueron implementados en conjunto, siendo el entorno desarrollado totalmente gráfico, para un mejor manejo del usuario.

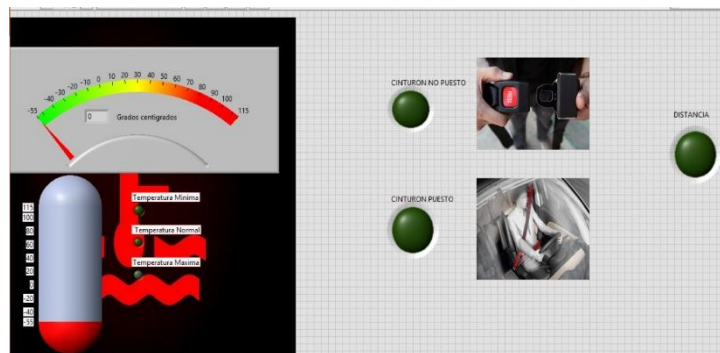


Figura 7. Centro de diagnóstico

CONCLUSIONES

La implementación del uso constante de sensores en el automóvil conlleva una gran innovación y aportación de confort y seguridad en la utilización constante de medios de transporte.

La utilidad de estos sensores proporciona a los usuarios menor preocupación, tanto en la manera de utilizar el auto, como en la prevención de problemas tales como el sobrecalentamiento en diversas áreas de la carrocería con la utilidad de los sensores de temperatura, así mismo en la precaución a prueba de impactos laterales, frontales o traseros implementando a su vez los sensores de presencia como sensores de estacionamiento o como alertador de puntos ciegos evitando así: alerta de colisión frontal, alerta de colisión inminente o simplemente como detección de peatón.

Consecutivamente el uso de sensores básicos como el sensor de carrera aporta seguridad a los ocupantes del automóvil incorporando avisos auditivos o visuales haciéndonos saber del uso del cinturón de seguridad.

El diseño, instalación y uso de este tipo de tecnología aporta sin dudas un gran auge tecnológico a la industria automotriz, proporcionando en gran manera el interés que se tienen por los usuarios de los nuevos vehículos incorporando por obiedad una mayor garantía de vida del automóvil y eventualmente mayores ganancias con modelos nuevos y futuros con gran aporte tecnológico e innovador todo esto a un costo accesible.

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/transporte/accidentes.asp>
2. Agentes de control de vehículos en entornos urbanos. Josué Manuel Pérez Rastelli. Tesis Docotoral, 2017.
3. Joyanes, L. (s.f.). Introducción a la programación. México: Alfaomega.
4. http://www.ece.usu.edu/ece_store/spec/lm35dt-3p
5. Pérez, J. (2014). Plataformas de programación. Obtenido de <http://arduino.com>
6. T. Kreis, "Speckle Metrology," in *Holographic Interferometry* (Akademie Verlag Inc., New York, NY, 1996), Chapter 4, pp. 125-149.

ASEGURAMIENTO Y TRAZABILIDAD DE MATERIA PRIMA EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUBIERTAS AUTOMOTRICES.

Andrea Abigail Hernández Torres, Karina Lerma García, Luis Armando Torres Pérez y María Guadalupe de Lourdes Acosta Castillo

Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato

RESUMEN

La empresa fabricante de cubiertas retráctiles para vehículos automotrices cuenta un departamento llamado Supermercado, el cuál es el mediador entre el almacén y el departamento de producción, con el fin de mantener una cantidad reducida de inventario cerca de la línea de producción en un corto lapso de tiempo y así cumplir con el programa de producción.

Debido al poco espacio, tiempo de implementación con el que cuenta dicha área, además de la próxima expansión de la empresa a una nueva instalación, no se había realizado la actualización y organización de los materiales de Supermercado de la línea de ensamble de cubiertas retráctiles que permitiera su aseguramiento y trazabilidad. Lo anterior ocasionó una discrepancia en los inventarios de materiales y el faltante o sobrante de materiales en las órdenes de producción programadas, así como la falla en la ejecución de los cambios de ingeniería que involucraban el cambio en materiales.

La metodología utilizada incluyó la implementación de un sistema de administración de inventarios por medio de la creación de un programa computacional para el registro y control de materiales, así como el desarrollo de un sistema Kanban en el aseguramiento de la cantidad de números de parte involucrados en el plan de producción.

Una vez realizadas las actividades mencionadas, el resultado se reflejó en el surtimiento del 100% del material solicitado en el plan de producción, así como en la confiabilidad del inventario y el cumplimiento en tiempo y forma con los cambios de ingeniería.

El sistema desarrollado será integrado a todas las líneas de producción de la empresa, incluyendo a las nuevas instalaciones.

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se expondrá las actividades realizadas una empresa fabricante de cubiertas retráctiles automotrices donde se planteó el aseguramiento de los materiales utilizados en el proceso desde su recepción en Supermercado (SM) de la línea de Tonneau Cover (TC), la cual elabora productos llamados cubiertas retráctiles de diferentes dimensiones para automóviles y/o camionetas.

El papel que tiene esta área llamada SM, es ser el mediador entre el almacén y departamento de producción, con el fin de tener una pequeña cantidad de existencias en un lapso corto de tiempo, con volúmenes de material necesarios para la programación de los productos.

En logística, el almacenamiento es una sección modular para el cálculo de las cantidades de materiales, infraestructura y optimización de las operaciones que permitan el movimiento de los materiales a través del sistema, de tal forma que se optimicen los costos y tiempos establecidos (Ballou, 2004). Las formas de almacenamiento han sufrido una evolución desde únicamente almacenar las mercancías, hasta convertirse en centros de atención para satisfacer las necesidades de los clientes o usuarios (Hernández, 2008).

En este sentido, el departamento de Planeación, Programación y Control de la Producción (PPCP) de la empresa, se encuentra probando la implementación del área de Supermercado, la cual tiene como función girar la orden de abastecimiento de materia prima entre almacén y producción. Debido al poco espacio, tiempo de implementación con el que cuenta dicha área, además del próximo cambio de la empresa a una nueva nave industrial, no se había realizado la actualización y organización (etiquetado, resguardo, ubicación, traspaleo, flujo) de los materiales de Supermercado de la línea de Tonneau Cover.

TEORÍA

Los procesos realizados en los almacenes deben tomar en cuenta la disminución de los costos en el transporte hacia el área de producción, realizar la eficiente coordinación de las demandas con el

suministro correspondiente, apoyar al área de producción en la medida de sus posibilidades y se basa principalmente en el control de sus operaciones (Arencibia, 2001).

Por otro lado, las áreas de cada almacén deben estar identificadas correctamente para la identificación de cada uno de los materiales por parte del personal a todos los niveles de la organización. En este sentido, la codificación juega un papel importante de acuerdo a las necesidades de cada organización (Fernández, 2008).

La gestión de los inventarios es un punto crítico para el manejo correcto de todas las organizaciones, desde el aprovisionamiento de materia prima hasta la entrega de producto a los clientes. Debido a lo anterior, es necesario conocer la cantidad exacta de materiales para evitar el desabasto o en su caso un exceso de inventario, donde la pérdida de tiempo en localización de materiales, falta de veracidad de inventarios y por consecuencia llevar al desabasto (Zapata, 2014).

PARTE EXPERIMENTAL

Sistema de administración de inventarios.

Elaboración de etiquetas de identificación

Es indispensable que cada material en el área de Supermercado tenga una identificación, la cual debe de contener el nombre del material y número de parte (como parte fundamental) para que se respete el máximo de piezas que debe de existir en dicha casilla del material para que exista un control de entrada y salida de material y consecuentemente en el costo que se genera a partir de ello. El área de supermercado tiene colores específicos para cada línea y/o modelo del producto a la que se dirige el material. En el área de TC existen 4 modelos fundamentales:

- TLA
- BF4
- HR3
- P32

Los colores de las identificaciones de TC con respecto a esos modelos se derivan de los colores pasteles:

TLA = Amarillo

BF4= ROSA

HR3= VERDE

P32= GRIS

COMPARTIDOS= CREMA

Este último, es un color que identifica aquellos materiales que comparten los 4 modelos anteriores.

La siguiente tabla muestra los colores y modelos mencionados (Figura 1).

CÓDIGO DE COLORES	
MODELO	COLOR
BF4	Rosa
P32	Gris
TLA	Amarillo
HR3	Verde
COMPARTIDO	Crema

Figura 1. Código de colores del área TC.

Previamente, el departamento de PPCP se había encargado de elaborar un archivo de etiquetas destinadas para toda el área de Supermercado, contemplando el material más pequeño hasta el más grande.

Para hacer la actualización y estandarización en todo el departamento de Supermercado, especialmente en TC, se solicitó el archivo de las etiquetas, en donde se actualizaron los números de parte y se agregaron etiquetas faltantes que no se encontraban en el enlistado previo del archivo. Los datos en las etiquetas de identificación (Figura 2) indican el nombre, número de parte, máximo, mínimo, y área/modelo, además de una etiqueta de ENTRADA y SALIDA para el sistema de primeras entradas primeras salidas, donde los productos que llegan en primer lugar deben ser los primeros productos en salir, dejando los productos nuevos atrás de los productos viejos (Ballou, 2004).

HR3	Entrada	Std. Pack: 1000	HR3	Salida	Std. Pack: 1000
Material symbol label EPF109007J			Material symbol label EPF109007J		
Mínimo 2000			Mínimo 2000		
Máximo 4000			Máximo 4000		

Figura 2. Ejemplo de etiquetas de identificación de material.

Cálculo de máximos y mínimos de producción.

Para esta sección se establecieron los niveles mínimos y máximos de inventario para un periodo fijo de revisión, en el cual debe ordenarse la discrepancia entre la existencia total y el nivel máximo. El punto de pedido consiste en multiplicar el consumo promedio de materiales por el tiempo de reposición de inventario y sumarle la existencia máxima (FIAEP, 2014).

Con la información proporcionada en los Billetes de materiales de cada producto, se elaboró una tabla en Excel para calcular los máximos y mínimos de cada material utilizado en la producción de TC (Figura 3), como propuesta para el control y flujo de material que llega al departamento, pidiendo únicamente lo necesario para la producción.

RACK B TC										
NÚMERO DE PARTE	NOMBRE	Requerimiento por día	Requerimiento c de un turno	Requerimiento c de 1 día	SNP (empaques pequeño)	SNP (empaques proveedor)	SNP (empaques proveedor)	CONTENEDOR DE PROVEEDOR	Min	max
CAC261007M	HOLDER RETRACTOR	1023.33	85	171	500	1000		si	500	1000
EKA222007C	PAD E	1023.33	85	171	250	2500	12000	no	250	12000
CAC041207C--BN	END CAP (LH)	1023.33	85	171	100	500		no	100	500
RM99010-----BNS	SHEET	1432.67	119	239		15500	1860	no	1860	1860
EKA360007T	FELT	2046.67	171	341	400	6000		no	400	6000
EKA126007C	PAD	1023.33	85	171	250	2000	12000	no	250	12000
CAC041197C--BN	END CAP (RH)	1023.33	85	171	100	500		no	100	500
EG023511----BNS	SEWING THREAD	16682.90	1390	2780	2000 m	120000		no	2000	120000
EKA321007C	FELT C	848.33	71	141	480	2400	8640	no	480	2400
EKA221007C	PAD (LH)	1023.33	85	171	250	2500	12000	no	250	12000
EKA320007C	FELT B	2046.67	171	341	480	6000	1680	no		
CAC091107C	SUPPORT	848.33	71	141		300		no	300	300
CAH051097M--BN	HANDLE A	1023.33	85	171		864		si	864	864
EKA319007C	FELT A	2046.67	171	341	4000	6500	24000	no	4000	24000

Figura 3. Establecimiento de máximos y mínimos de acuerdo al programa de producción.

Sistema Kanban en contenedores de materiales.

El sistema Kanban es ampliamente utilizado para el control del flujo de producción, su implementación incluye el uso de tarjetas de identificación y contenedores de materiales. Las tarjetas son colocadas en los contenedores que han sido vaciados para indicar que es necesario resurtir las cantidades indicadas en la tarjeta. El cálculo del número de contenedores necesarios en la producción incluye la demanda promedio durante el tiempo de entrega, más el inventario de seguridad, dividido entre la cantidad de unidades por contenedor (Krajewski, Malhorta y Ritzman, 2008). Al aplicar el sistema en los contenedores de la línea de TC se identificó la cantidad de material a utilizar en los contenedores (Figura 4) y se elaboró una hoja de operación estándar para el abastecimiento de cada contenedor (Figura 5).

NUMERO DE PARTE	NOMBRE	CANTIDAD DE CONTENEDOR	SNP	MODELO	CONTENEDOR
CAF041057M--BN0	STOPPER-R	50	225	HR3	B
CAF041067M--BN0	STOPPER-L	50	225	HR3	B
CAH041107M--BP1B	HOOK(RH)	25	160	TLA	B
CAH041117M--BP1B	HOOK(LH)	25	160	TLA	B
CAF411007C--BN0A	ROD GUIDE-R	135	135	BF4	A
CAC411157C--BN9	MTG SIDE COVER (RH)	70	210	P32	A
CAF411017C--BN0A	ROD GUIDE-L	135	135	BF4	A
CAC411167C--BN9	MTG SIDE COVER (LH)	70	140	P32	A

Figura 4. Material utilizado en los contenedores de la línea TC.

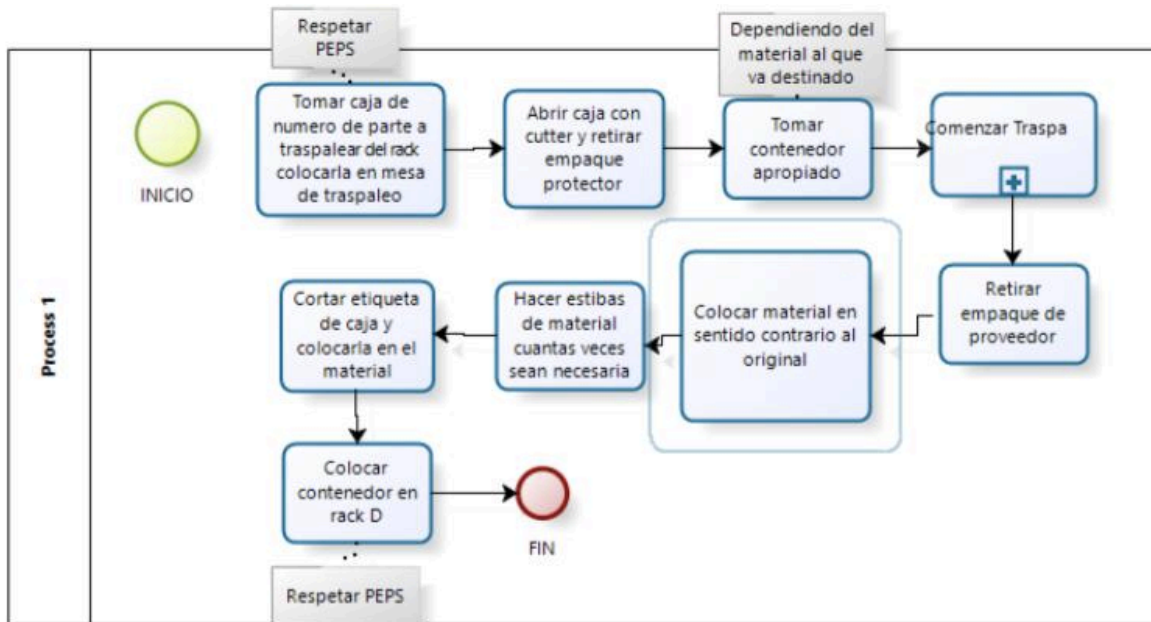


Figura 5. Hoja de operación estándar para el llenado de contenedores.

RESULTADOS

Con las actividades realizadas para la identificación de materiales en la línea de producción, especialmente como un complemento al diseño de etiquetas de identificación para cada material, se diseñaron hojas de materiales (Figura 6) para ser utilizadas por el personal en el área de producción y de esta forma identificar rápidamente los materiales correspondientes a TC.

LISTADO DE MATERIA PRIMA TONNEAU COVER RACK "D"			
NÚMERO DE PARTE	NOMBRE	MODELO	UBICACIÓN
CAH041107M-BP1B	HOOK (RH)	TLA	D1,D2
CAH041117M-BP1B	HOOK (LH)	TLA	D3,D4
CAF411007C-BN0A	ROD GUIDE-R	BF4	D7
CAC411157C-BN9	MTG SIDE COVER (RH)	P32	D8,D9
CAF411017C-BN0A	ROD GUIDE-L	BF4	D13
CAC411167C-BN9	MTG SIDE COVER (LH)	P32	D14,D15
EKA420007T	FELT (B)	HR3	D17
EKA431007M	FELT D	TLA	D18
CAW06203708	REINFORCE	TLA	D19
EKA428007M	FELT (D)	HR3	D20
EKA268007—B	FELT (D)	BF4	D21
CAB19101703	STOPPER	BF4	D22

Figura 6. Hoja de materiales de TC.

Una vez depurada la información en el archivo de máximos y mínimos obtenido, se realizó el diseño final para su utilización (Figura 7).

NOMBRE	SNP (empaques proveedor)1	SNP (empaques proveedor)2	CONTENEDOR DE PROVEEDOR	Min	max	AREA
HOOK(RH)	160	160	no	960	100	TLA
HOOK(LH)	160	160	no	960	100	TLA
ROD GUIDE-R	135	135	no	540	540	BF4
MTG SIDE COVER (RH)	210	140	no	140	280	P32
ROD GUIDE-L	135	135	no	540	540	BF4
MTG SIDE COVER (LH)	140	140	no	140	280	P32
FELT B	1000	1000	no	1000	1000	HR3
FELT (D)	1600	1600	no	1600	3200	TLA
REINFORCE	2000	2000	no	2000	2000	TLA
FELT (D)	1600	1600	no	1600	1600	HR3
FELT (D)	1500	1500	no	1500	1500	BF4
STOPPER	400	400	no	800	1200	BF4

Figura 7. Reporte final de máximos y mínimos de producción.

Finalmente, se elaboró una ayuda visual para identificar el código de colores a utilizar, así como el contenido del Kanban en la línea de TC (Figura 8).

ESTACIÓN EN LA QUE APLICA:				FOLIO	
DEPARTAMENTO:	PPCF	SUPERMERCADO	Seat Belt (todas)	AYV-425	
ÁREA:	AIM	MODELO(S):	Air Bag (todas)	Fecha emisión:	05/06/2017
CUENDE:	AIM		Buckle (todas)	Nivel Revisión:	A.1
PROYECTO:	Supermercado	FAMILIA:	Seat Belt		
			Air Bag		
			Buckle		
Motivo:	IDENTIFICACIÓN KANBAN DE COLORES EL MATERIAL EN RACKS DE SUPERMERCADO			ELABORÓ:	Ing. Alina Olivares
				Revisó:	Ing. Dina Sánchez
				APROBÓ:	Ing. Juan Carlos
CÓDIGO DE COLORES		EL CÓDIGO DE COLORES APLICA PARA IDENTIFICAR LOS MATERIALES DENTRO DE LOS RACKS DE SUPERMERCADO. EL COLOR DE LA KANBAN INDICA AL ÁREA A LA QUE SE ABASTECERÁ EL MATERIAL.			
ÁREA	COLOR	Significado de las figuras:			
LÍNEAS DE SEAT BELT		Entrada: Lado de abastecimiento de cajas en el rack. 			
CUARTO LIMPIO		B: Nombre de Rack 			
RB3		15: Número de ubicación de material en columna 			
BOLSA DEL AIRE		Salida: Lado por el cual deben tomarse las cajas para surtir en línea 			
BUCKLE		B: Nombre de Rack 			
CORTE Y COSTURAS		15: Número de ubicación de material en columna 			

BEARING
BGJ550017C—B

Nivel: 15
Máximo: 5,000

BEARING
BGJ550017C—B

Nivel: 15
Máximo: 5,000

EJEMPLO DE KANBAN DE RB3

Figura 8. Ayuda visual con código de colores y Kanban para TC.

CONCLUSIONES

La participación del personal aparece como un elemento importante en la mejora del área de producción, participando con propuestas y necesidades para llegar a un acuerdo que beneficie a ambas partes y no solamente los cálculos matemáticos. En uno de los materiales en cuestión fue necesaria la experiencia del personal participante para la selección y abastecimiento de los contenedores.

Las herramientas aplicadas serán utilizadas para el resto de las líneas de producción y serán implementadas en las nuevas instalaciones de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arencibia, L. (2001) Aprovisionamiento. México. Obtenido de: <http://liboelectronico.net/>
2. Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministros*. Editorial Prentice Hall Estados Unidos.
3. Fernández, S. (2008). *Gestión de Stocks: Modelos de optimización y Software*, Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, España.
4. FIAEP (2014). *Control y manejo de inventario y almacén*. México: FIAEP. Obtenido de: <http://fiaep.org/inventario/controlymanejodeinventarios.pdf>
5. Hernández, S. (2008). *Administración, teoría, proceso, áreas funcionales y estrategias para la competitividad*, McGraw Hill, México.
6. Krajewski, L., Malhotra, M. and Ritzman, L. (2008). *Administración de operaciones* (8a. ed.), México: Pearson Educación.
7. Zapata, C. J. (2014). *Fundamentos de la Gestión de Inventarios*. Medellín: Centro Editorial Esumer.

CARACTERIZACION Y DETERMINACION DE FENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES DE EXTRACTOS DE CORTEZA DE TRES ESPECIES DE ENCINOS

María Guadalupe Argueta-Solis¹, Nuria Elizabeth Rocha-Guzmán², José Guadalupe Rutiaga-Quiñones¹, Rubén Francisco González-Laredo², José Alberto Gallegos-Infante², Martha Rocío Moreno-Jiménez², Jessica Alejandra Reyna-Rojas²

¹División de Estudios de Posgrado en Ciencias y Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Santiago Tapia 403, Morelia, Michoacán, C.P. 58000, MÉXICO. garguetasolis@gmail.com

²Unidad de Posgrado, Investigación y Desarrollo Tecnológico (UPIDET), TecNM/Instituto Tecnológico de Durango, Blvd. Felipe Pescador 1830, Durango, Durango, C.P. 34080, MÉXICO.

RESUMEN

El género (*Quercus*) son algunos de los árboles de más importancia y abundancia en la mayoría de los bosques templados del hemisferio norte. Destacando su centro de diversificación en México. El estudio de los encinos y su uso no maderable ha sido de poco interés para la investigación, se exploró el potencial químico de la corteza de tres especies de encino (*Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*), donados por la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. La caracterización se determinó por cromatografía, determinando que las extracciones acetónicas fueron más eficientes para concentrar metabolitos, en tanto que las infusiones concentraron metabolitos como ácido elálgico en los taninos hidrolizables. Por su naturaleza química los extractos de corteza de los tres encinos poseen un alto contenido de compuestos polifenólicos activos, por lo que se pueden considerar como una fuente de ingredientes nutraceuticos fenólicos.

INTRODUCCIÓN

El número de especies en México no se conoce con exactitud; algunos autores que estudian su distribución calculan que está en 253 especies. El género se encuentra casi en todos los bosques templados del hemisferio norte, en algunas regiones tropicales y subtropicales; incluso se pueden encontrar algunas especies en zonas donde su habitat es más seca como el sudeste Asiático y el norte de África. Los encinos se pueden encontrar desde Canadá hasta Colombia y Cuba. Existen dos centros de diversidad de este género; el primero de ellos es del Sudeste Asiático con una aproximación de 125 especies [1], y el segundo en México, principalmente en zonas rocosas, donde el género es una parte importante de los bosques templados. Si bien el uso maderable y los derivados de los encinos son ampliamente reconocidos, su aprovechamiento ha sido reducido e inadecuado debido al desconocimiento de aspectos biológicos y a su taxonomía complicada [2], a pesar de que representan valores económicos, sociales y culturales importantes: diversas comunidades étnicas y mestizas de México, obtienen y elaboran diversos productos para fines medicinales, alimenticios y forrajeros [3]. En esta investigación se evaluaron diferentes extractos de corteza de tres especies de encino (*Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*) para determinar su eficiencia en la concentración de polifenoles.

METODOLOGÍA

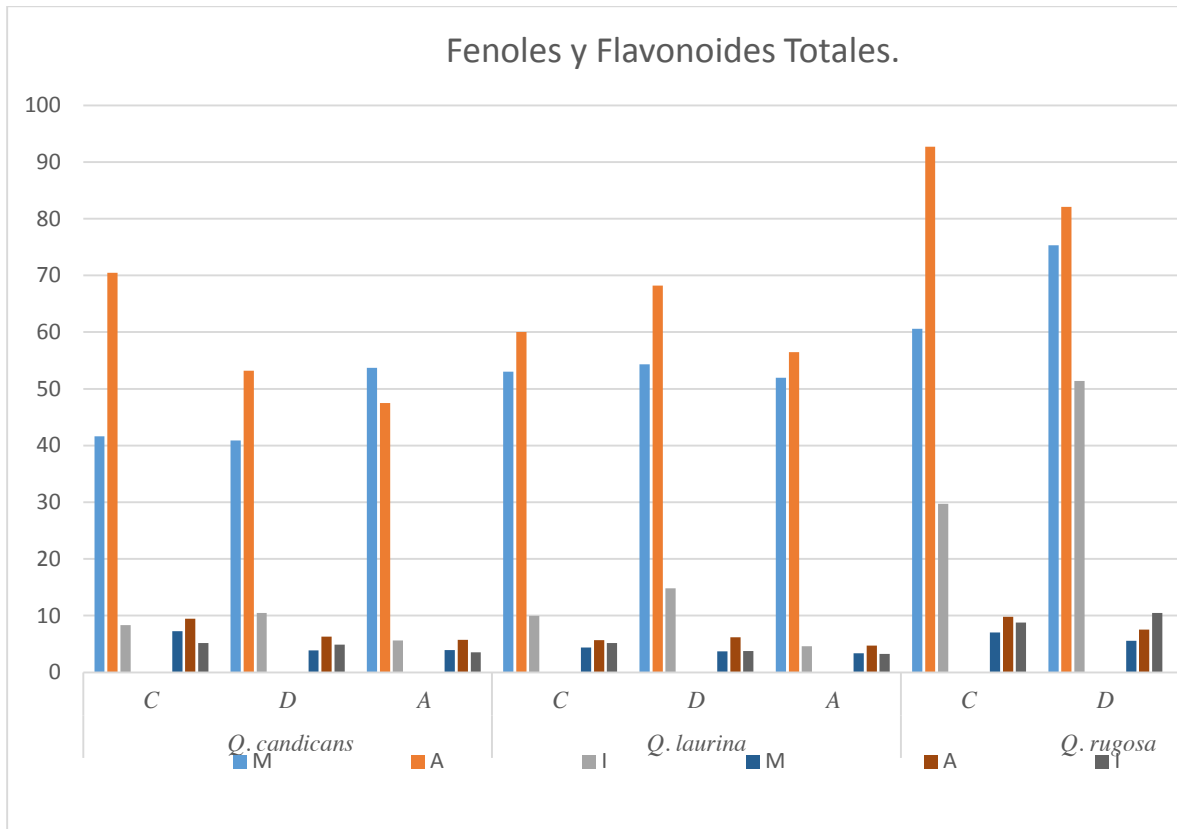
Se usó harina de corteza de tres encinos (*Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*), cribada en diferentes mallas 20, 40 y 60, utilizando la de malla 40 (420 µm), retenida en la malla 60.

Las extracciones metanólicas, acetónicas y de infusión al 1% se obtuvieron siguiendo la técnica Rocha Guzmán et al., (2009) [4]. Para la caracterización de ácidos fenólicos, flavonoides y taninos hidrolizables se siguió el método de García-Villalba et al., (2017) [5], la cuantificación de fenoles y flavonoides totales se determinaron por la metodología descrita por Velioglu et al., (1998) [6], y Heimler et al., (2005) [7].

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la caracterización de las cortezas fueron: en ácidos fenólicos los siguientes compuestos, ácido gálico, ácido ferúlico, y ácido quínico. En flavonoides se encontraron; epicatequina galato y catequina, finalmente como taninos hidrolizables se encontraron el ácido elálgico, y trigaliohexosido.

Como se puede observar en la Grafica 1, los resultados obtenidos en la determinación de Fenoles y Flavonoides Totales para los extractos de las especies de encino analizadas. La cuantificación de los fenoles totales tuvo mayores resultados en la corteza de *Q. rugosa* así como en la presencia de flavonoides totales, en comparación con las otras dos cortezas estudiadas, observando que la corteza de *Q. laurina* es la que tiene menor rendimiento, esto tiene relación a los fenoles que fueron identificados en la caracterización de cada una de las cortezas analizadas.



Grafica 1. Determinación de Fenoles y Flavonoides Totales

CONCLUSIONES

Con este estudio se comprueba la relación que existe entre los compuestos fenólicos y su caracterización de los extractos de tres cortezas de especie de encino estudiadas.

REFERENCIAS

1. Valencia, A., "Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México", *Boletín de la sociedad Botánica de México*, No. 75, 2004.
2. Zavala, F., "Encinos Hidalguenses", *Universidad Autónoma de Chapingo*, 1995.
3. Cruz, M. y Badiano, J., "Libellus de medicinalibus indorum herbis", *Fondo de Cultura Económica e Instituto Mexicano del Seguro Social*, 1991.
4. Rocha-Guzmán, N.E.; Gallegos-Infante, J.A.; González-Laredo, R.F.; Reynoso-Camacho, R.; Ramos-Gómez, M.; Garcia-Gasca, T.; Rodríguez-Muñoz, M.E.; Guzmán-Maldonado, S.H.; Medina-Torres, L. y Lujan-García, B.A., "Antioxidant activity and genotoxic effect on HeLa cells of phenolic compounds from infusions of *Quercus resinosa* leaves", *Food Chemistry*, No. 115, p. 1320-1325, 2009.

5. García-Villalba, R.; Vissenaekens, H.; Pitart, J.; Romo-Vaquero, M.; Espín, J.C.; Grootaert, C.; Selma, M.V.; Raes, K.; Smagghe, G.; Possemiers, S.; Van Camp, J. y Tomas-Barberan, F.A., "Gastrointestinal Simulation Model TWIN-SHIME Shows Differences between Human Urolithin-Metabotypes in Gut Microbiota Composition, Pomegranate Polyphenol Metabolism, and Transport along the Intestinal Tract". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, No. 65, p. 5480-5493.
6. Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B. D. 1998. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 46: 4113-4117.
7. Heimer, D., Vignolini, P., Dini, M. & Romani, A. (2005). Rapid test to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. Dry beans. *Journal Agriculture Food chemistry*, 53(8): 3053-3056.

IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES ELECTROCARDIOGRÁFICAS MEDIANTE UNA RED NEURONAL ONLINE, IMPLEMENTADO EN LABVIEW Y LA TARJETA USB-DAQ-6009.

Héctor García Estrada¹, Karen J. Mendoza Bautista¹, Ángel Pastrana Manzanero¹, Omar A. Linares Escobar¹, María G. Ramírez Sotelo², Agustín I. Cabrera Llanos¹.

¹Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, México, CDMX.

²Departamento de Bioingeniería, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, México, CDMX.
aicllbuda@yahoo.com

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el desarrollo de un electrocardiógrafo de 12 derivaciones con un identificador basado en una red neuronal diferencial, para el electrocardiógrafo de 12 derivaciones se utilizó un procesamiento híbrido, se hace la adquisición de 8 derivaciones utilizando amplificadores de instrumentación con un prefiltrado pasabanda en ganancia de 0.5 a 120 Hz, con su respectivo aislamiento, mediante un optoacoplador, midiéndose las señales en los canales diferenciales de la tarjeta USB-DAQ-6009, las derivaciones restantes se calcularon mediante las relaciones de Einthoven entre las derivaciones aumentadas y las derivaciones bipolares. Una vez que estas señales son adquiridas, se filtran y procesan utilizando LabVIEW, la señal que se encuentra en visualización es utilizada para identificación mediante una red neuronal diferenciada desarrollada con el toolkit "*Control design and simulation*", obteniendo resultados en tiempo real, teniendo errores de aproximación menores al 2%, presentando las gráficas obtenidas de la señal, la identificación y la dinámica del error. Debido a los resultados obtenidos, la red neuronal diferenciada puede ser aplicada en la identificación de otros biopotenciales, como; electromiografía, electro-oculografía, electroencefalografía, entre otros. Sirviendo como referencia para futuros desarrollos y aplicaciones de redes neuronales a biopotenciales.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de este sistema se considera el uso de un electrocardiograma (ECG), el cual permite realizar un estudio del corazón, esta señal es adquirida en tiempo real, y da la pauta para iniciar una red neuronal capaz de seguirla. Se realiza la adquisición de la señal mediante una tarjeta USB-DAQ-6009, esta adquisición es la entrada a la red neuronal diseñada y programada mediante la plataforma de LabVIEW con la finalidad de visualizar el seguimiento de la misma red a la señal biológica especificada.

1. ELECTROCARDIOGRAMA

Un electrocardiograma es un registro que refleja la actividad eléctrica del corazón, dicho registro es realizado con la ayuda de un aparato conocido con el nombre de electrocardiógrafo, el cual es un dispositivo diseñado para mostrar los vectores resultantes de la dirección y magnitud en que fluyen las corrientes eléctricas cardiacas, sin embargo, para la adquisición de estas corrientes en necesario el uso de sensores llamados electrodos, los cuales tienen la capacidad de transducir la conducción iónica a la conducción eléctrica, para que la señal pueda ser procesada (José Fernando Parra Parra, 2011).

El ECG habitual consta de 5 ondas: P, Q, R, S y T, las cuales se pueden clasificar como ondas de curso lento (P y T), y ondas de curso rápido (Q, R y S). Excepcionalmente se logra apreciar una 6^{ta} onda, llamada onda U, la cual tiende a ser más visible en las derivaciones precordiales derechas (V1 y V2), Figura 5 (José Fernando Parra Parra, 2011).

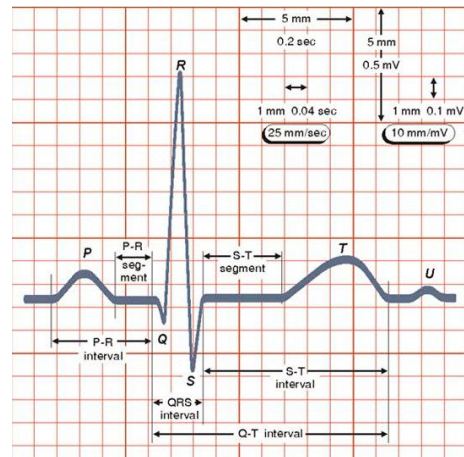


Figura 5. Complejos de señal de ECG.

El corazón a ser un órgano tridimensional no puede ser visto desde un solo punto, por lo cual es necesaria la colocación de electrodos en distintos puntos del plano frontal y horizontal, dependiendo del lugar de colocación de cada electrodo, será la característica eléctrica que se apreciará.

De manera estándar, un electrocardiograma consta de 12 derivaciones, las cuales se dividen en:

- a) Bipolares o derivaciones estándar (DI, DII y DIII): se encuentra en el plano frontal, los electrodos son colocados en ambas extremidades superiores y en la extremidad inferior izquierda. Estas derivaciones constituyen un circuito cerrado (Ley de Kirchhoff), y cumplen una ley denominada de Eithoven, la cual dice que $DII - DI = DIII$, y es usada para verificar la correcta colocación de los electrodos. Estas derivaciones fueron descritas por Eithoven como los vértices de un triángulo equilátero, con el corazón en el centro de este.

Si se trasladan los 3 lados del triángulo hasta que estos se crucen en su punto medio se puede obtener un sistema triaxial de referencia (Sistema triaxial de Bailey). Esto será de utilidad para orientar los vectores de despolarización. Teniendo los polos positivos de las derivaciones DI a 0° , DII a $+60^\circ$ y DIII a $+120^\circ$ (los negativos estarán a $\pm 180^\circ$, -120° y 60° respectivamente), las cuales se observan en el plano frontal de la Figura 6 (De Micheli, 2001).

- b) Monopolares aumentadas o derivación de los miembros (aVR, aVL y aVF): localizadas en el plano frontal son denominadas mono o unipolares debido a que el electrodo de registro es el polo positivo, mientras que el polo negativo se encuentra en un punto de referencia llamado centro terminal (de Wilson), estas derivaciones surgen en 1942, cuando Goldberger observó que las señales de Wilson podían ser aumentadas (ya que se observa un incremento del 50% en el valor de la señal detectada) si se tomaba el promedio de los otros puntos involucrados, dando como resultado las llamadas derivaciones aumentadas (aVL, aVR y aVF), estas se aprecian en el plano frontal de la Figura 6 (De Micheli, 2001).

- c) Derivaciones monopolares precordiales (V1, V2, V3, V4, V5 y V6): se localizan en el plano horizontal, estas permiten conocer las direcciones que puede tomar la actividad eléctrica del corazón con respecto al anterior y posterior, las cuales no se pueden observar con las derivaciones del plano frontal al ser cargas perpendiculares.

Al igual que las derivaciones de los miembros, los electrodos exploradores (positivos) se colocan en partes específicas del tórax, y se hace la referencial (polo negativo) con la central terminal de Wilson (centro del corazón).

En los electrocardiógrafos estándar se utilizan 6 derivaciones precordiales para explorar el lado izquierdo del corazón (V1 a V6), como se puede ver en el plano transversal de la Figura 6 (De Micheli, 2001).

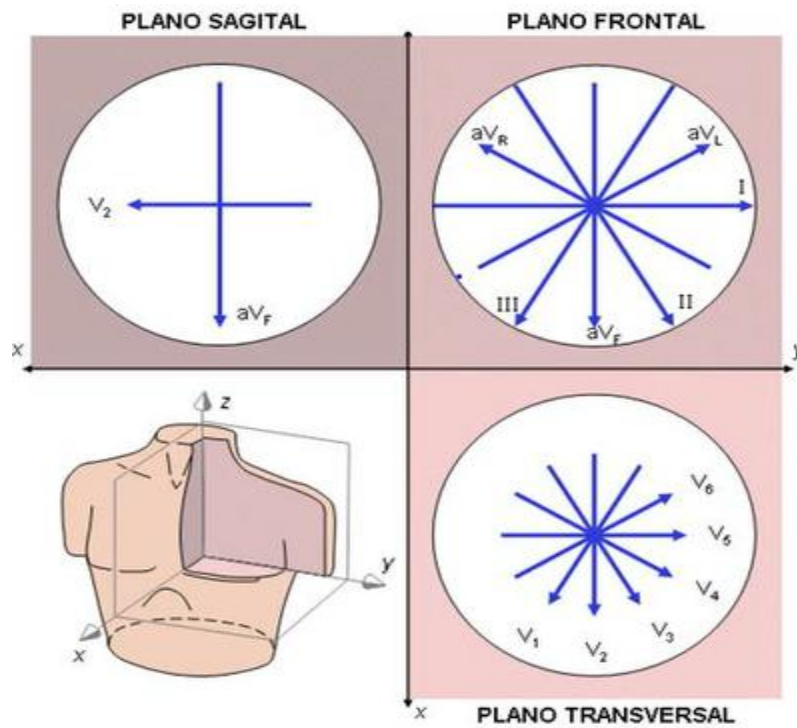


Figura 6. Derivaciones mostradas en los diferentes planos del cuerpo.

Los electrodos se colocan de la siguiente manera para cada una de las 6 derivaciones precordiales:

- V1: cuarto espacio intercostal, línea paraesternal derecha.
- V2: cuarto espacio intercostal, línea paraesternal izquierda.
- V3: entre V2 y V4.
- V4: quinto espacio intercostal, línea medio claviclar.
- V5: quinto espacio intercostal, línea axilar anterior.
- V6: quinto espacio intercostal, línea axilar media.

Sin importar de qué tipo de derivación sea, todas tienen dos polos, uno positivo y otro negativo, pasando por el centro del corazón. De esta manera pueden registrar y calcular los vectores de despolarización dependiendo si se alejan o acercan al polo positivo y mostrar deflexiones positivas o negativas en el registro.

2. RED NEURONAL DIFERENCIAL

Una red neuronal diferencial (DNN, por sus siglas en inglés) es propuesta como un modelo estimador de estados de acuerdo con los principios descritos en 1986 por Rumelhart y McClelland, haciendo a la neurona artificial el principal elemento de la red, la cual se organizará en capas.

En la Figura 7, podemos observar del lado izquierdo la analogía entre una neurona biológica y una neurona artificial, mientras que del lado derecho observamos la estructura de la red neuronal.

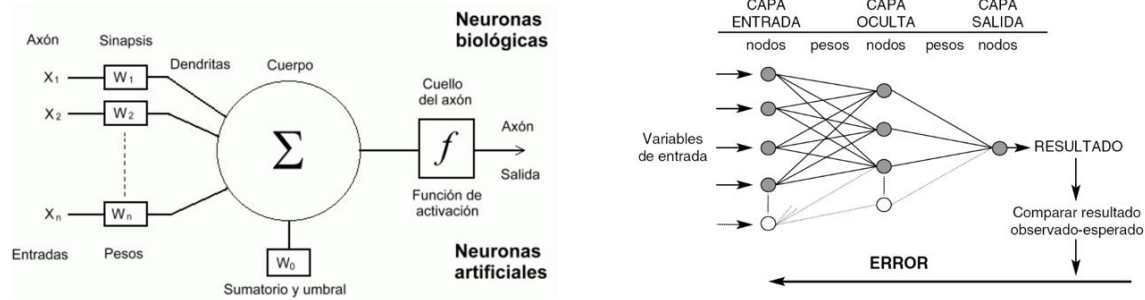


Figura 7. Neuronas artificiales y redes neuronales.

La red neuronal diferencial está establecida por la siguiente ecuación (Fonseca M., 2005):

$$\frac{d}{dt} \hat{x}_t = A \hat{x}_t + W_{1,t} \sigma(\hat{x}_t) + W_{2,t} \phi(\hat{x}_t) u_t \quad (1)$$

Donde:

A es una matriz perteneciente a los reales de n^*m .

\hat{x}_t es el vector de estados de la red neuronal.

$W_{1,t}, W_{2,t}$ son las matrices correspondientes a los pesos conectados entre capa y capa de la DDN.

u_t es la entrada.

$\sigma(\hat{x}_t)$ y $\phi(\hat{x}_t)$ están dadas por:

$$\sigma(\hat{x}_t) = \frac{a_2}{1 + e^{-a_3 \hat{x}_t}} - a_4 \quad (2)$$

$$\phi(\hat{x}_t) = \frac{b_1}{1 + e^{-b_2 \hat{x}_t}} - b \quad (3)$$

Y el error esta dado por:

$$\Delta t = \hat{x}_t - x_t \quad (4)$$

Cabe resaltar que una red neuronal cuenta con leyes de aprendizaje, las cuales se describen como:

$$\dot{\widehat{W}}_{1,t} = -K_1 P \Delta t \sigma(\hat{x}_t) \quad (5)$$

$$\dot{\widehat{W}}_{2,t} = -K_2 P \Delta t \phi(\hat{x}_t) u_t \quad (6)$$

Donde:

K_1, K_2 son constantes positivas.

P es una matriz definida positiva.

3. LABVIEW

El software conocido como LabVIEW es un lenguaje grafico de programación, utilizado como estándar en el desarrollo de aplicaciones de test y medida, control de instrumentación y sistemas de adquisición de datos. LabVIEW cuenta con un grupo de VI's exclusivos para la tarjeta USB-DAQ-6009, los cuales permiten configurar, adquirir o generar diversos tipos de datos (señales) y enviarlos a la tarjeta, sin importar si son datos analógicos o digitales.

Ni- USB-DAQ-6009

La tarjeta NI-USB-DAQ-6009 es una tarjeta de adquisición de datos multifuncional, posee alto rendimiento y alta velocidad de muestreo. Las especificaciones de la tarjeta y el soporte de proveedores externos hacen ideal su uso para un amplio rango de aplicaciones en nuestro caso el de la adquisición de datos, para la industria, laboratorios, control de procesos y automatización de sistemas en las fábricas. Dentro de sus características se encuentran:

- Canales de entrada analógica seleccionados por software: 8 canales unipolares y 4 diferenciales. · Un convertidor A/D de 14 bits de aproximaciones sucesivas y 13 bits de modo diferencial.
- El rango máximo de muestreo de la tarjeta es 5 Mhz.

- Rangos de entradas analógicas seleccionadas por software: unipolares: $\pm 10V$ y diferenciales: $\pm 20V$, $\pm 10V$, $\pm 5V$, $\pm 4V$, $\pm 2.5V$, $\pm 2V$, $\pm 1.25V$, $\pm 1V$.
- Resolución de entrada: 14 bits en modo unipolar y 13 bits en modo diferencial.
- Voltaje de trabajo $\pm 10V$, con una impedancia de entrada de $144K\Omega$ y una protección de sobretensión de $\pm 35V$.

Cuenta con 8 entradas analógicas y 8 digitales ambas pueden configurarse como entradas o salidas por medio de software además posee 8 salidas digitales con 2 salidas analógicas utilizando un convertidor de aproximaciones sucesivas (National Instruments, 2004).

METODOLOGÍA

El proyecto se realizó en cuatro actividades diferentes: obtención de las señales, digitalización y procesamiento de las señales, cálculo de DIII y las derivaciones aumentadas y seguimiento de la red neuronal. A continuación, se describen cada una de las actividades.

A. OBTENCIÓN DE LAS SEÑALES

Se realizó una amplificación con ganancia aproximada de 1000 a partir de la hoja de especificaciones del fabricante (ecuación 7). El amplificador de instrumentación debe cumplir con diversas características para el manejo adecuado de las señales, entre ellas están: CMRR alto, impedancia de entrada alta y baja impedancia a la salida, así como un bajo nivel de ruido. Para la adquisición de las señales se utilizó el amplificador de instrumentación AD620 con un arreglo en la resistencia de ganancia (Analog Devices, 2011).

$$G = 1 + \left(\frac{49.4k\Omega}{RG} \right) \quad (7)$$

El rango de frecuencias para un ECG en reposo está de 0.5 a 150Hz por lo que a cada una de las nueve derivaciones se realizó un filtrado analógico de 120 Hz mediante un arreglo RC en la resistencia de ganancia del amplificador de instrumentación (Figura 8 Circuito utilizado para adquisición de ECG).

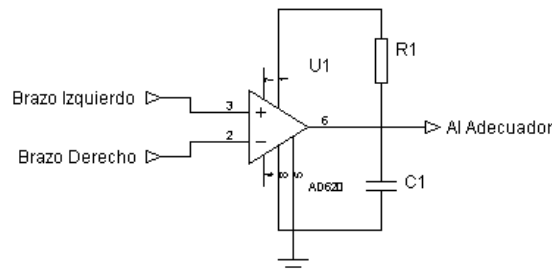


Figura 8 Circuito utilizado para adquisición de ECG

Este arreglo modifico la ecuación 1 como se muestra en la ecuación 8. Provocando que el amplificador también actué como un filtro pasa banda, ya que cuando la frecuencia tienda a cero la ganancia será de 1, y cuando tienda a infinito la ganancia será aproximadamente de 2. Ambas ganancias al compararlas con la ganancia de diseño son despreciables (Carolina, Ruiz, García, Ramírez, & Cabrera, 2017).

$$G(s) = 1 + \frac{49.4k\Omega Cs}{RGCs + 1} \quad (8)$$

Se construyeron 8 circuitos como este, para adquirir DI, DII, y las derivaciones precordiales.

B. DIGITALIZACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES

Para la digitalización de las señales se utilizó la tarjeta NI USB DAC-6009. Utilizando sus 8 canales analógicos referenciados a tierra. Para facilitar el seguimiento de parte de la red neuronal, eliminar ruido de alta frecuencia, se configuraron las entradas con una frecuencia de muestro de 250 Hz (Figura 9).

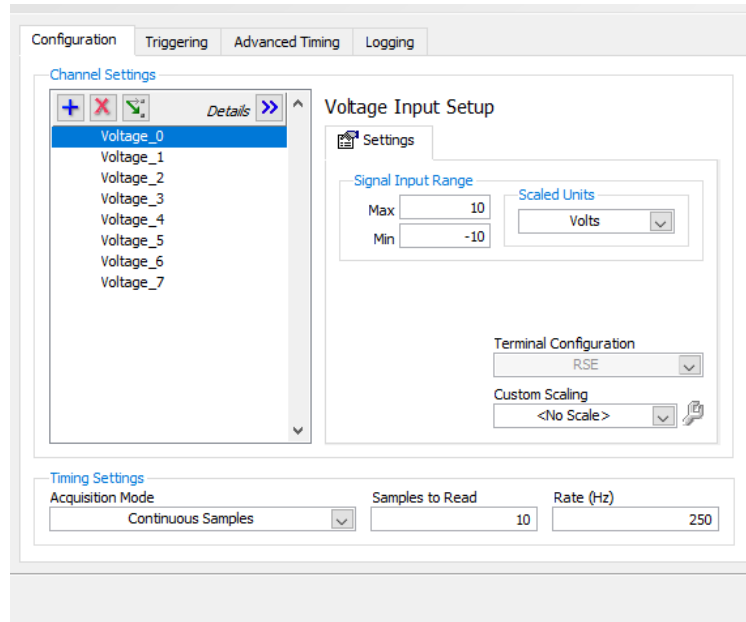


Figura 9 Configuración de la DAC

Las 8 señales son sometidas a un proceso de filtraje digital mediante filtros de respuesta infinita al impulso de cuarto orden: un pasa-altas a 0.5 Hz, un pasa-bajas a 120 Hz y un rechaza banda a 60 Hz.

C. CALCULO DE LAS DERIVACIONES

Con el fin de poder obtener las 12 derivaciones usando 8 canales analógicos se calculó DIII, aVR, aVL y Avf a partir de las lecturas de DI y DII. La derivación DIII se obtuvo siguiendo la relación entre las derivaciones bipolares obtenida a partir de la aplicación de la ley de voltajes de Kirchoff obteniendo la ecuación 9.

$$DIII = DII - DI \quad (9)$$

En lo que corresponde a las aumentadas, también se realizó el análisis de las conexiones para cada una de las derivaciones llegando a las ecuaciones 10, 11 y 12 (Kligfield, et al., 2007).

$$aVR = -(DI + DII)/2 \quad (10)$$

$$aVL = (DI - DIII)/2 \quad (11)$$

$$aVF = (DII + DIII)/2 \quad (12)$$

D. SEGUIMIENTO DE LA RED NEURONAL

Para el funcionamiento de la red neuronal se ocupó un selector, de esta manera, solo una de las 12 derivaciones entra a la red y es desplegada en el panel frontal del programa.

La red neuronal fue programada a partir de las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 utilizando el *toolkit* "Control and simulation" dentro de un loop de control, obteniendo datos de la entrada de la red (ECG directo), la salida estimada por la red y el error de la señal.

RESULTADOS

Se realizaron mediciones en un paciente aparentemente sano de 22 años de edad, realizando la estimación de las derivaciones DI y DIII, observando los resultados mediante el panel frontal del programa desarrollado en LabVIEW (Figura 10).



Figura 10 Panel frontal del programa en funcionamiento

En el caso de la derivación uno se observa el acoplamiento de la señal adquirida y de la red neuronal diferencial (Figura 11).

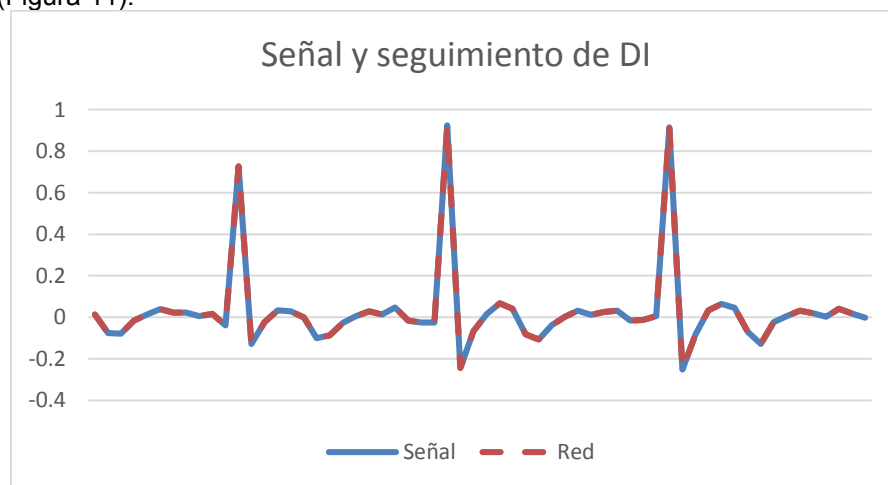


Figura 11 Gráfica de señal y red para DI

Lo anterior debido a que el error entre ambas señales es mínimo (Figura 12).



Figura 12 Error del seguimiento de DI

Por otra parte, en la derivación tres, de manera similar a la derivación uno, se observa la aproximación entre la señal adquirida y su respectivo seguimiento (Figura 13).

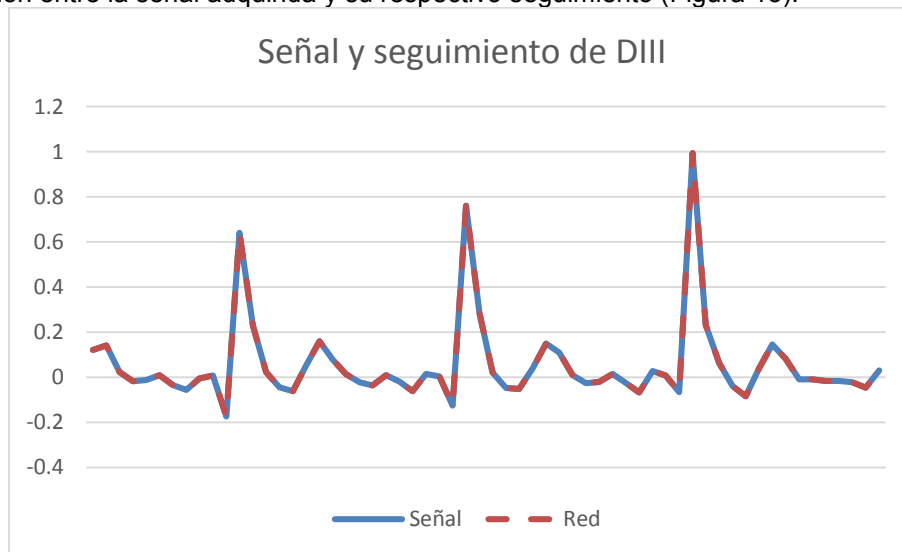


Figura 13 Gráfica de señal y red para DIII

Siendo mínimo el error en la estimación de DIII (Figura 14).

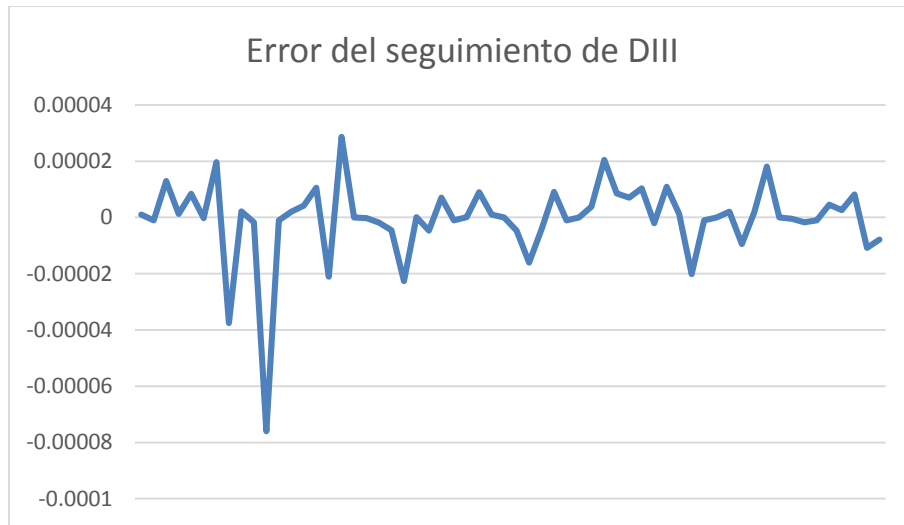


Figura 14 Error del seguimiento de DIII

CONCLUSIONES

Se desarrolló un ECG de 12 derivaciones con seguimiento de una derivación por medio de una red neuronal diferencial en tiempo real mediante la tarjeta de adquisición USB DAC-6009 y LabVIEW, logrando errores menores a ± 0.0001 . La reducción de la frecuencia de muestreo permitió a la red realizar el seguimiento del electrocardiograma en línea.

La aplicación de esta red neuronal diferencial da pauta a la expansión a mayor cantidad de bioseñales como electromiografía, electroencefalografía, entre otras.

El trabajo de la red neuronal como seguidor en electrocardiograma abre el panorama para su aplicación como sistema estimador y/o predictor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Analog Devices. (2011). *Low Cost Low Power AD620*. Retrieved from Technical Documentation, Datasheets: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD620.pdf>
2. Carolina, I., Ruiz, A., García, H., Ramírez, G., & Cabrera, A. (2017). Electrocardiógrafo portátil con comunicación Wireless desarrollado en LabVIEW. *CLADI 2017, Congreso Latinoamericano de Ingeniería*.
3. De Micheli, A. (2001). Utilidad del análisis vectorial del electrocardiograma. In *Archivos de cardiología de México* (pp. 237-240). México.
4. Fonseca M., C. A. (2005). Independent Neuro-Fuzzy Control System. *ELSEVIER*, 237-242.
5. José Fernando Parra Parra, W. M. (2011). *Monitor de signos vitales portátil*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad San Buenaventura Cali.
6. Kligfield, P., Gettes, L. S., Bailey, J. J., Childers, R., Deal, B. J., Hancock, E. W., . . . Mirvis, D. M. (2007). Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. *Journal of the American College of Cardiology*, 1109-1127.
7. National Instruments. (2004). *Manuals*. Retrieved from National Instruments: www.ni.com/pdf/manuals/371303n.pdf

MÁQUINA PARA HACER NIEVE GARRAFA ARTESANAL

María Esther Guevara Ramírez

Universidad Politécnica de Guanajuato.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo del diseño y construcción de un prototipo de una máquina para hacer nieve de garrafa, el cual comenzó desde la elección del diseño y la búsqueda de las necesidades del cliente para poder ofrecer algo innovador y accesible además de buscar un ahorro de tiempo, esfuerzos, energía eléctrica y como consecuencia una reducción en los costos de la elaboración de este tipo de nieve.

INTRODUCCIÓN

La nieve de garrafa es muy tradicional en el estado de Guanajuato y algo que ha logrado su popularidad es su consistencia y sabor muy diferentes a la de un helado. Existen diversas máquinas para hacer nieve o helado sin embargo no se logra la consistencia de la nieve artesanal, por ello es fundamental que la velocidad del proceso de batido sea baja. Sin embargo el proceso requiere mucho esfuerzo físico para mantener constante el batido.

TEORÍA

Sistema simple de poleas con correa

El sistema de poleas con correa más simple consiste en dos poleas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto del rozamiento de una correa con ambas poleas. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes. Es este un sistema de transmisión circular puesto que ambas poleas poseen movimiento circular.

En base a esta definición distinguimos claramente los siguientes elementos:

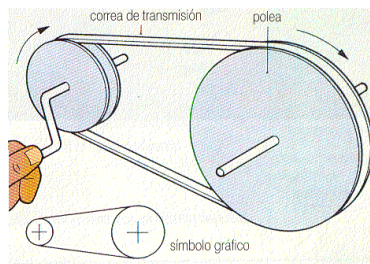


Figura 1. Sistema de poleas con correa

1. La polea motriz: también llamada polea conductora: Es la polea ajustada al eje que tiene movimiento propio, causado por un motor, manivela, este eje conductor posee el movimiento que deseamos transmitir.

2. Polea conducida: Es la polea ajustada al eje que tenemos que mover. Así, por ejemplo: en una lavadora este eje será aquel ajustado al tambor que contiene la ropa.

3. La correa de transmisión: Es una cinta o tira cerrada de cuero, caucho u otro material flexible que permite la transmisión del movimiento entre ambas poleas. La correa debe mantenerse lo suficientemente tensa pues, de otro modo, no cumpliría su cometido satisfactoriamente.

Sistema reductor de velocidad: En este caso, la velocidad de la polea conducida (o de salida) es menor que la velocidad de la polea motriz (o de salida). Esto se debe a que la polea conducida es mayor que la polea motriz.

Definimos la relación de transmisión (i) como la relación que existe entre la velocidad de la polea salida (n_2) y la velocidad de la polea de entrada (n_1).

$$i = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{Ec.1}$$

La relación de transmisión, como su nombre indica, es una relación de dos cifras, no una división. Ejemplo 1: Supongamos un sistema reductor de modo que: n_1 = velocidad de la polea motriz (entrada) es de 400 rpm. n_2 = velocidad de la polea conducida (entrada) es de 100 rpm. La relación de transmisión también se puede calcular teniendo en cuenta el tamaño o diámetro de las poleas.

$$i = \frac{d_1}{d_2} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde

d_1 = diámetro de la polea motriz (entrada).

d_2 = diámetro de la polea conducida (salida).

Se puede calcular las velocidades de las poleas a partir de los tamaños de las mismas $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$ expresión que también se puede colocar como:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} \quad \text{Ec. 3}$$

Los siguientes conceptos fueron necesarios para el desarrollo de este proyecto.

Motor Eléctrico: es esencialmente una máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico, a través de medios electromagnéticos.

Energía: Es la capacidad que tiene un mecanismo o dispositivo eléctrico cualquiera para realizar un trabajo.

Potencia eléctrica: Es la velocidad a la que se consume la energía.

Corriente Nominal (In): Es la corriente que consume el motor cuando trabaja a potencia de salida nominal.

PARTE EXPERIMENTAL

El proyecto consiste en un motor rotativo, que sustituirá la fuerza del hombre que se emplea para hacer girar el bote de metal que contiene la mezcla para la nieve, disminuyendo el tiempo y esfuerzo empleado en la elaboración de nieve de garrafa.

El motor activará una transmisión fabricada con poleas y bandas, la que reducirá hasta las revoluciones requeridas para la fabricación de la nieve.

Las aspas son desmontables para su facilidad de lavado, así como también el bote que se ajusta mediante una abrazadera.

El prototipo necesita un voltaje de alimentación de 127Vac.

Diseño

- Cálculo de velocidad angular

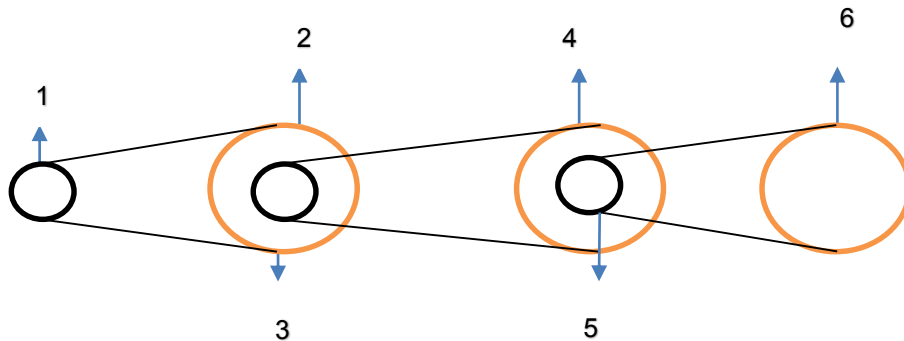


Figura 2. Sistema de 4 poleas con correa

DATOS GENERALES

Motor de 1 Hp a 1745 rpm

⊗ Polea de motor = 5 cm

⊗ Polea mayor = 23 cm

⊗ Polea menor = 7 cm

- Velocidad de poleas

$$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2 = n_3 \times d_3 = n_4 \times d_4 = n_5 \times d_5 = n_6 \times d_6 \quad \text{Ec.4}$$

1 a 2

$$1745 \times 5 = n_2 \times 23$$

$$N_2 = 379.3 \text{ rpm}$$

3 a 4

$$379.3 \times 7 = n_4 \times 23$$

$$N_4 = 115.4 \text{ rpm}$$

5 a 6

$$115.4 \times 7 = n_6 \times 23$$

$$N_6 = 35.13 \text{ rpm}$$

- Velocidad de engranes (Cambio de giro)

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{N^\circ \text{ dientes de arrastre}}{N^\circ \text{ dientes engrane}} = \frac{62}{35} = 1.77:1 \quad \text{Ec. 5}$$

$$\frac{na}{np} = \frac{na}{np}$$

$$\frac{115.4}{n2} = \frac{35}{62}$$

$$n2 = 204.4 \text{ rpm}$$

$$\frac{204.4}{n4} = \frac{62}{35}$$

$$n4 = 115.4 \text{ rpm}$$

El diseño de la estructura de la máquina así como de las aspas como del bote se realizó en el software Solid Works.

- Diseño de aspas

El diseño de las aspas se realizó de acuerdo a las necesidades del cliente ya que es necesario que recoja toda la nieve que se va quedando en las orillas del bote.

Las aspas están fabricadas de aluminio y en la orilla madera de guayabo o pino (recomendación de los fabricantes de nieve de garrafa, es el material del que están hechas sus palas), nosotros no fabricaremos aún las aspas sólo las diseñamos y las mandamos fabricar a talleres que cuenten con centro de maquinado (fresadora y torno) que esta región tenemos suficientes, de la misma manera el bote de acero inoxidable se diseñará y se mandará fabricar.

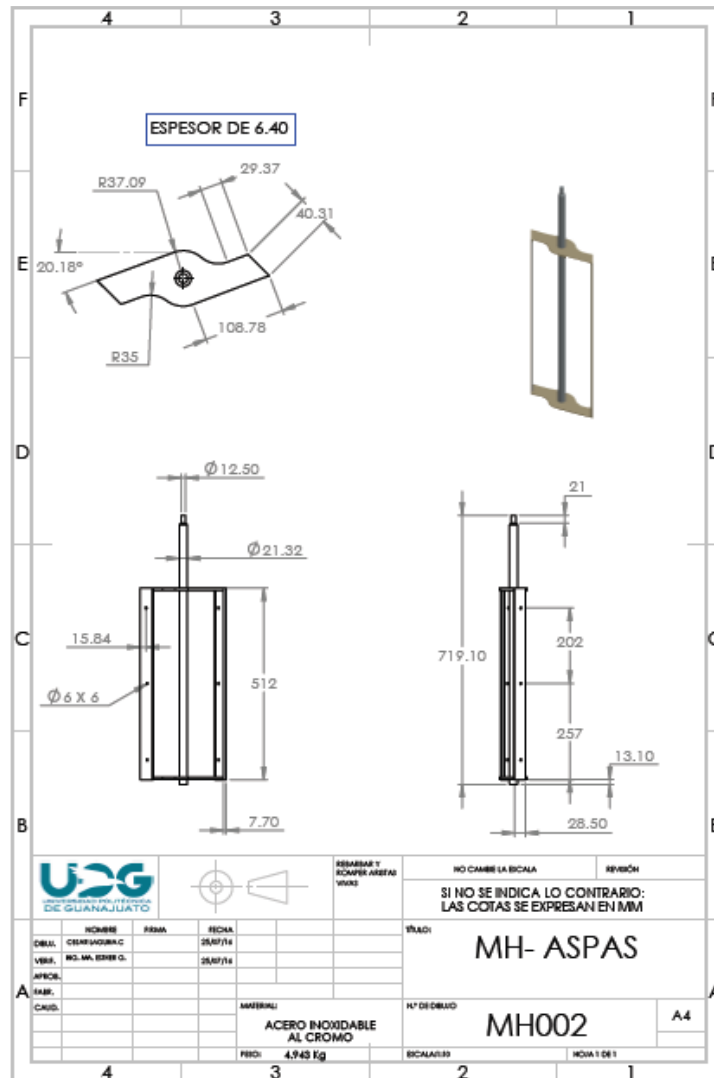


Figura 3. Diseño de aspas

- Diseño de bote.

El diseño del bote fue necesario dado que es necesario que se acople a las aspas previamente diseñadas, el material del bote es acero inoxidable dado que se está manejando un producto alimenticio como es la nieve.

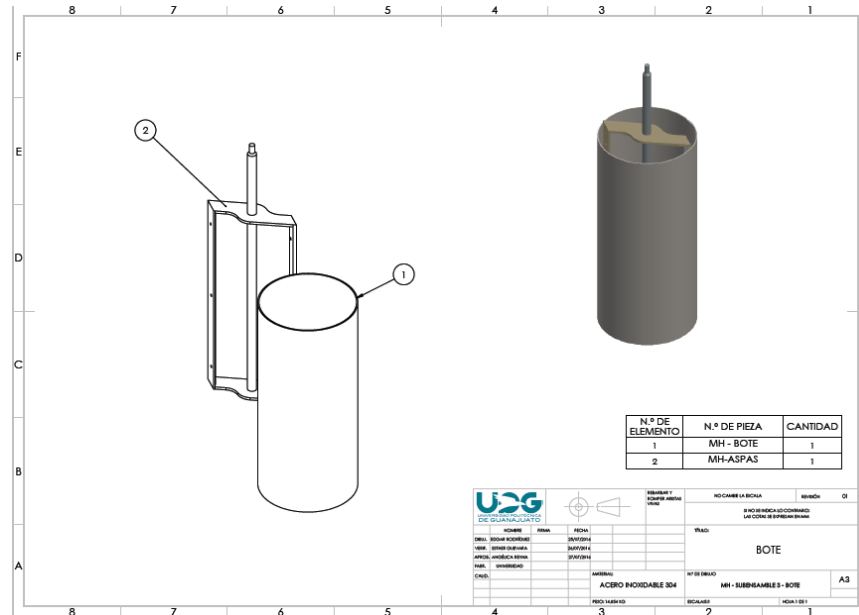


Figura 4. Diseño de bote

- Diseño de la estructura.
La estructura de la máquina fue en base al peso del mecanismo, el bote y el peso de la nieve.

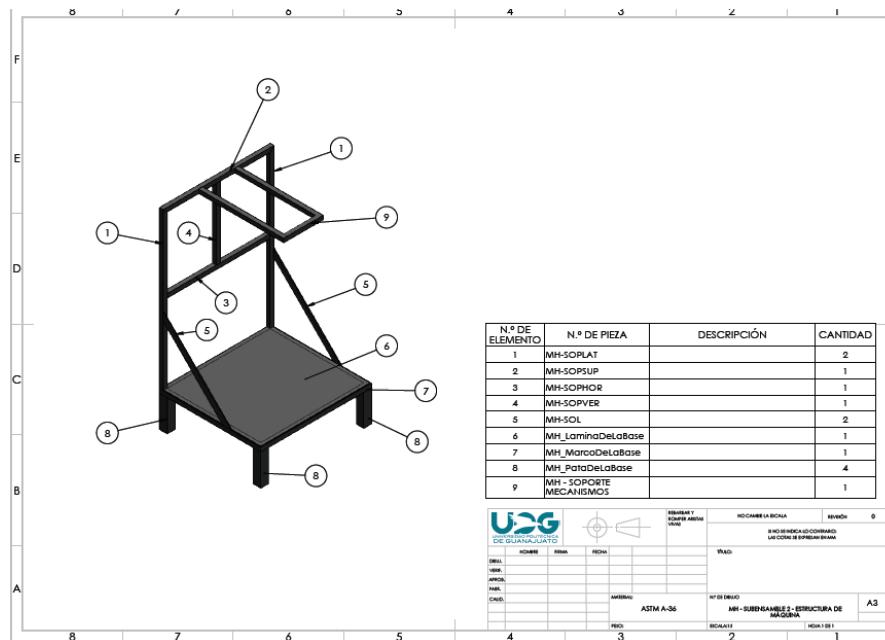


Figura 5. Diseño de la estructura.

Para la base de la máquina se utiliza lámina calibre 22, tubulares de acero ASTM A36 de 1" y PTR de acero ASTM A36 de 1 1/2" los cuales son materiales que se pueden conseguir fáciles de conseguir en la región. La transmisión de potencia está conformada por 6 poleas de fundición de aluminio, 9 baleros, 1 chumacera y 4 engranes La parte eléctrica de máquina está conformado por un motor de 1 HP de potencia y utiliza una alimentación de 127 Vac y un interruptor a 20 A, los cuales también se pueden encontrar en la región. El manejo de máquina es sencillo; ya que se abre la abrazadera para colocar el bote de acero y se enciende la máquina mediante un interruptor.

- Ensamble general.
A continuación se muestra el ensamble general de la máquina para hacer nieve de garrafa.

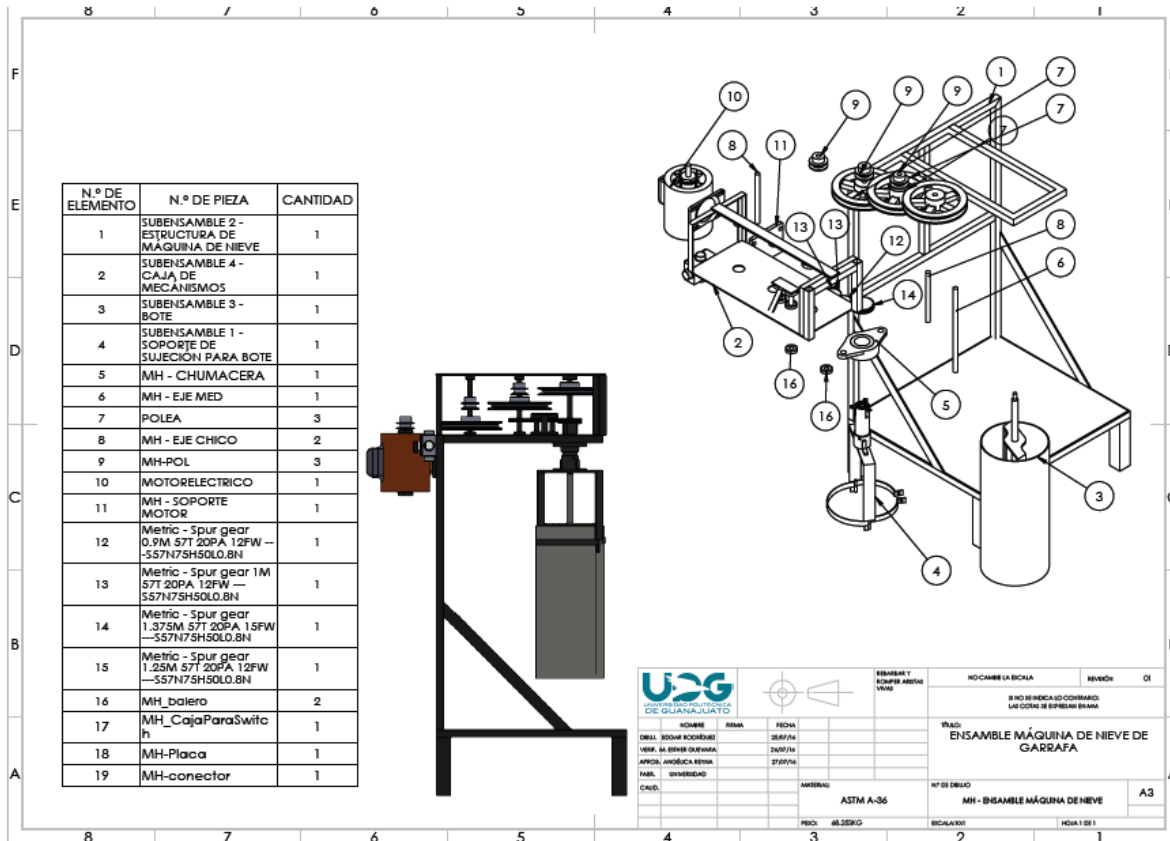


Figura 5. Ensamble general.

RESULTADOS

Se logró construir un prototipo que cubre en gran medida las necesidades los productores artesanales de nieve de garrafa ya que van a poder producir más nieve en menos tiempo y llevando con ello un ahorro en su producción además que el costo de esta máquina está dentro de su poder adquisitivo. También se tiene bastante avance del plan de negocios.



Figura 6. Máquina para hacer nieve artesanal.

CONCLUSIONES

Por lo anterior podemos concluir que el papel de los productores de la nieve de garrafa fue fundamental para el desarrollo de este proyecto, ellos determinaban si la consistencia era la correcta, este proyecto no fue fácil ya que el diseño de cada una de sus partes tuvo que ser modificado varias veces, después de realizar las pruebas, sin embargo el resultado final fue muy satisfactorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norton R. (2011). Diseño de máquinas (4ta Ed.).Prentice Hall.
2. Pérez R. (2007). Análisis de mecanismos y problemas resueltos. Alfaomega
3. Mott R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. Pearson.
4. Gómez S. (2007).SolidWorks Office Professional. S.A. MARCOMBO
5. Pulido A. (2008). Sistema simple de poleas con correa. Consultado el 19 de diciembre 2018 de <https://aprendemostecnologia.org/2008/08/28/sistema-simple-de-poleas-con-correa/>

HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA EL USO DE FIBRAS ÓPTICAS MEDIANTE EL ENVÍO DE IMÁGENES DE 4-BITS

Uriel Rivera-Ortega, Nilli Martinez-Sisniega, Uriel Alcantara-Mendoza

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

RESUMEN

Se presenta una herramienta educativa de bajo costo cuya finalidad es demostrar de manera práctica el uso de una fibra óptica mediante el envío/recepción de una imagen de 4-bits en escala de grises. Cada pixel de dicha imagen es convertida en una señal PWM (modulación de ancho de pulso) la cual se interpreta como niveles de intensidad a la salida del diodo láser. La interfaz de usuario con la cual se hace la lectura y envío de la señal correspondiente a la imagen, así como la detección de la misma fue realizada en LabVIEW, usando la plataforma Arduino UNO como la interfaz electrónica. Una imagen es leída y transformada en escala de grises, donde el nivel de gris correspondiente a cada pixel es interpretado como una señal PWM con la cual se alimentará al diodo láser, generando así un cambio de intensidad a su salida.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una herramienta educativa de bajo costo que permite demostrar uno de los usos de las fibras ópticas como es el envío y recepción de imágenes de 4 bits en escala de grises mediante el uso de fibras ópticas mono-modo. El arreglo consiste en el programa de computadora creado en LabVIEW, el cual interactúa con el usuario permitiéndole seleccionar y preparar una imagen para su envío. Además, este programa controla el Arduino UNO, en él se conecta el diodo láser, el cual permite generar pulsos con diferentes intensidades, dependiendo del bit que está enviando. La luz viaja a través de las fibras ópticas y se reciben con una fotorresistencia, la cual también está conectada en el Arduino, para convertir la señal en cada bit de la nueva imagen, esta se muestra finalmente en la pantalla.

El dispositivo propuesto en este proyecto es fácilmente reproducible, ya que ofrece una solución de costo total estimado menor a 300 pesos, que permite hacer uso de las fibras ópticas para el envío y recepción de información de manera sencilla, usando componentes básicos y comunes como un Arduino UNO, una fotorresistencia, un diodo láser genérico rojo (longitud de onda de 650 nm, potencia de salida de 5mW, con entrada de voltaje de 3.5 a 5 V), una resistencia de 680 Ω , un popote lleno de fibras ópticas individuales de plástico (se pueden encontrar en juguetes o lámparas ornamentales), y cables.

TEORÍA

La invención de la fibra óptica ha revolucionado al mundo durante las últimas décadas debido a sus múltiples ventajas, como la velocidad de transmisión y las largas distancias a las que puede transmitir con pérdidas mínimas. Por esta razón, su utilización se ha extendido a una gran variedad de áreas haciendo que su mejora continua sea exponencial, lo cual se demuestra con el hecho de que el número de bits por segundo que una fibra puede transmitir ha crecido por un factor de 10 millones, lo cual recuerda a la magnitud de crecimiento de los electrónicos dictado por la ley de Moore [1].

No obstante, este nivel de mejoras puede llegar a un límite, para lo cual es necesario que una gran cantidad de personas especialistas trabajen en conjunto, por lo cual es necesario tanto ingenieros o investigadores en el área de software, hardware, materiales, óptica y electrónica conozcan los conceptos y la utilización de la fibra óptica [2]. Por este motivo, es necesaria la creación de recursos que permitan el uso de fibras ópticas de manera sencilla para un acercamiento interactivo al tema [3-6].

Por otra parte, una fibra óptica es usada como una guía de onda hecha de un material dieléctrico que consiste en dos regiones concéntricas que propagan la radiación del espectro infrarrojo al visible [7]. Está compuesta de tres partes principales, el núcleo, el revestimiento y la cubierta. El núcleo es el centro de la fibra y su tamaño varía entre 3.7 μm y 980 μm . La luz viaja a través de este centro hecho generalmente de dióxido de silicón puro. El revestimiento rodea al núcleo y tiene un índice de refracción menor que el del núcleo, generalmente ($n_2=1.47$ y $n_1= 1.49$ respectivamente). Finalmente, la cubierta es la capa que protege la fibra óptica de impactos, cortes, humedad u otros agentes que

puedan dañar la fibra, por lo tanto está hecha de materiales como el carbón, poliamida, silicona, entre otros [8].

El principio de funcionamiento de las fibras ópticas por el cual es también conocida por su pérdida mínima de datos, es el de reflexión interna total. Este dice que la luz que viaje en un medio con cierto índice de refracción (núcleo) se va a reflejar totalmente si se encuentra con otro medio (revestimiento) con un índice de refracción menor. Estas reflexiones se darán con el mismo ángulo (θ_c) que el ángulo de incidencia (α). Por lo tanto, la diferencia entre los índices de refracción del núcleo y el revestimiento es de suma importancia para lograr que la fibra funcione correctamente. Además, esto permite a su vez el cálculo de la apertura numérica de la fibra, el cual se relaciona directamente con el rango de ángulos de aceptación total, el cual asegura que se dará una reflexión interna total y determina el tamaño del núcleo, como se muestra en la Figura 4 [7-8].

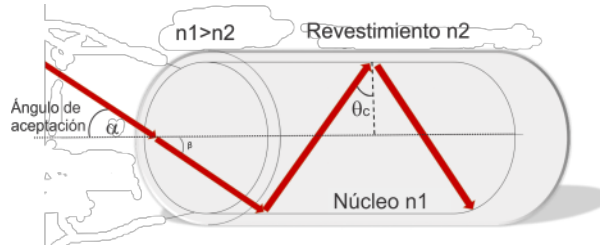


Figura 5. Principio de propagación de la luz en fibras ópticas

Asimismo, es necesario saber que las fibras ópticas se pueden dividir en dos tipos: mono modo y multi-modo dependiendo del número de rayos que puede guiar al mismo tiempo. En el caso del primer modo, solo se permite un rayo de luz a la vez debido al tamaño del núcleo. En cambio, en el segundo modo, se pueden tener varios rayos reflejados a diferentes ángulos, sin embargo, estos pueden tener cierta interferencia entre ellos [9, 10].

Adicionalmente, debido a que las señales se pueden convertir en luz por un emisor, es necesario mencionar que el propósito de las fibras ópticas es guiar estas señales ya convertidas en luz por cierta distancia para que finalmente llegue al receptor y pueda ser decodificada al final de su camino [8]. Con esto en mente, el emisor de la luz es un componente crucial para un sistema de fibra óptica. Actualmente, los láseres son los que han hecho que este sistema se pueda mejorar, ya que con sus avances se han podido satisfacer los avances en la industria con tecnologías como los láseres ópticos o los diodos láser semiconductores [11].

PARTE EXPERIMENTAL

Las conexiones son sencillas, el diodo láser se conecta al pin 11 del Arduino Uno en su terminal positiva y a tierra en su terminal negativa. La fotorresistencia se conecta en un extremo directamente a la fuente de 5 V del Arduino, del otro se conecta en serie a la resistencia de 680Ω , esta última va a tierra. En la conexión de ambas resistencias se coloca un cable que va hacia el pin A5 del Arduino, este lleva la señal de lectura del receptor, para lo cual se necesita un divisor de voltaje. El circuito se puede ver en la Figura 1.

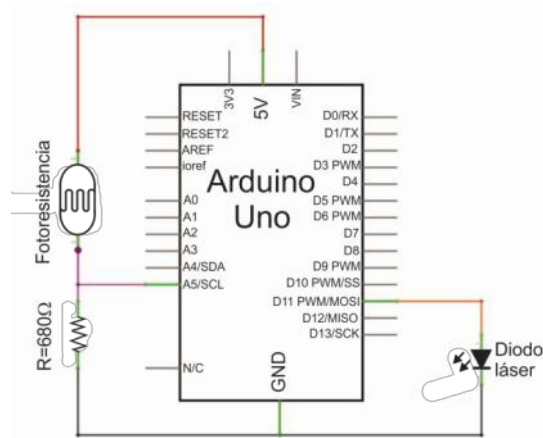


Figura 1. Esquema de conexiones

Por otra parte, las fibras ópticas se colocan en un arreglo de varios hilos individuales pegados dentro de un popote de plástico, el cual tiene el mismo diámetro que la salida del diodo láser para un mejor acoplamiento, el otro extremo del popote se coloca en el sensor de la fotorresistencia, como se muestra en la Figura 2, se puede agregar cinta adhesiva oscura en estos dos extremos conectados para tener mejores resultados. En la Figura 3 se encuentra el aparato final.

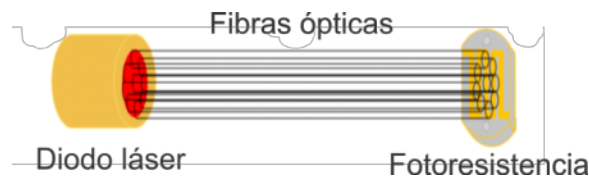


Figura 2. Arreglo de fibras ópticas con diodo láser y fotorresistencia en sus extremos

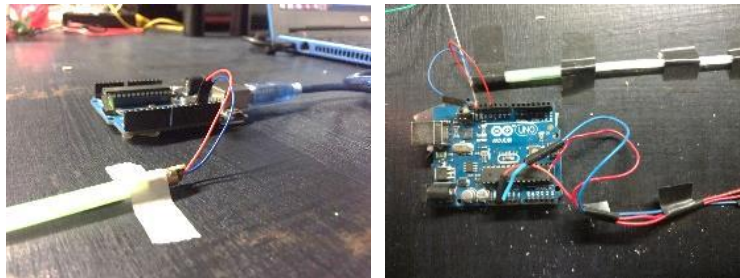


Figura 3. Fotografías del arreglo experimental

El aparato también cuenta con un programa de computadora diseñado en LabVIEW, el cual permite ser la interfaz gráfica para el usuario, a su vez, realiza todas las tareas necesarias para enviar y recibir la información correctamente.

El programa comienza con la selección de la imagen a enviar, además de definir las dimensiones que se desean que tenga al momento del envío. Además, se puede elegir el tiempo de espera entre el envío de cada pixel, este se utilizará para la espera entre cada pulso que emita el diodo láser, se recomienda un valor de 10 ms.

Una vez que se seleccionó la imagen, el programa la muestra con sus dimensiones finales y la convierte a escala de grises. Para ello, el programa lee cada intensidad de color de los pixeles de la imagen y los coloca en su rango correspondiente, solo hay cuatro, ya que corresponden a cada bit que se puede enviar. Con esos rangos, el programa vuelve a colorear la imagen para mostrar la imagen de 4 bits final a enviar en la pantalla.

Posteriormente el programa comienza a calibrar el valor del voltaje recibido en la fotorresistencia correspondiente a cada intensidad del diodo láser. Para ello, el programa manda cuatro diferentes tipos de PWM del Arduino al diodo láser para representar cada tipo de bit. La luz del diodo llega a la fotorresistencia, la cual por su sensibilidad distingue las diferentes intensidades. Estos valores obtenidos se guardan en un arreglo para calcular el valor promedio de cada intensidad. Una vez que esto está hecho, la imagen comienza a enviarse.

Cuando este proceso se lleva a cabo, una matriz en vacía es creada con las dimensiones de la imagen enviada. El programa lee la intensidad de cada pixel mediante el voltaje que genera por medio de la fotorresistencia. Con la ayuda de los valores guardados previamente en la calibración, el valor de cada bit se guarda en la matriz recientemente creada. Al mismo tiempo, este proceso se puede ver en la pantalla, ya que al momento de su recepción se va formando la imagen recibida. Al finalizar el proceso, el programa se detiene y muestra la imagen recibida completa. La Figura 4 muestra el diagrama de flujo de todo el proceso.

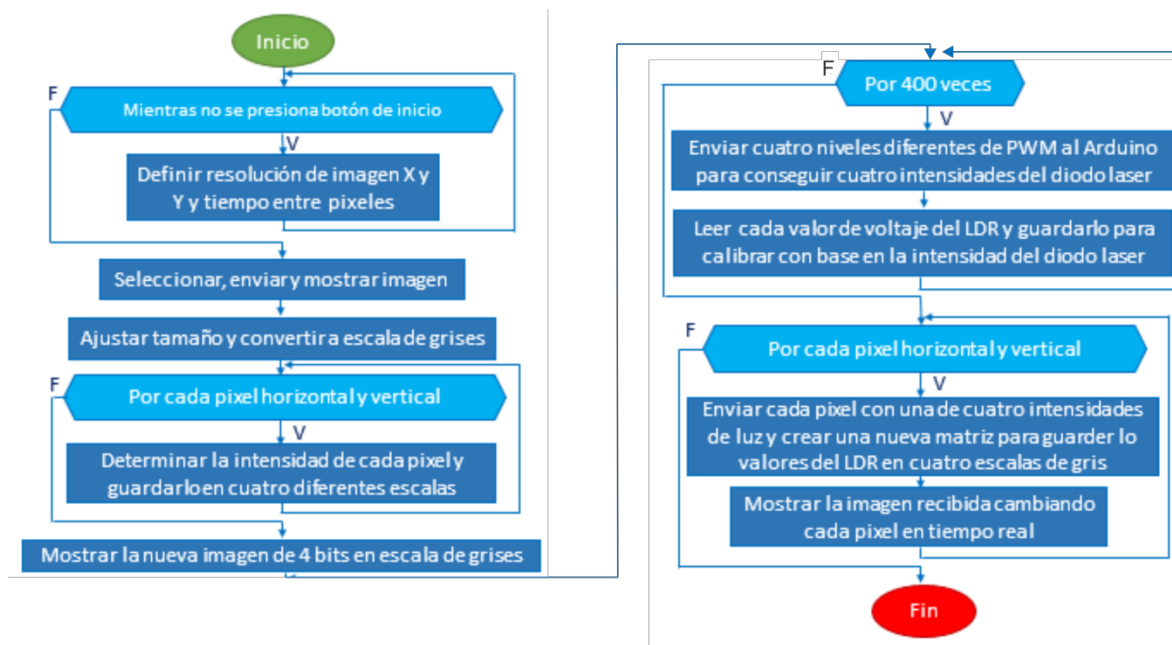


Figura 4. Diagrama de flujo de todo el proceso

RESULTADOS

Después del diseño del proyecto, se probó el aparato numerosas veces para demostrar su repetitividad y funcionalidad. Algunas de las imágenes obtenidas en estas pruebas se encuentran en la Figura 5. Se puede observar de manera cualitativa que las imágenes obtenidas mantienen una buena calidad y la pérdida de información es mínima.

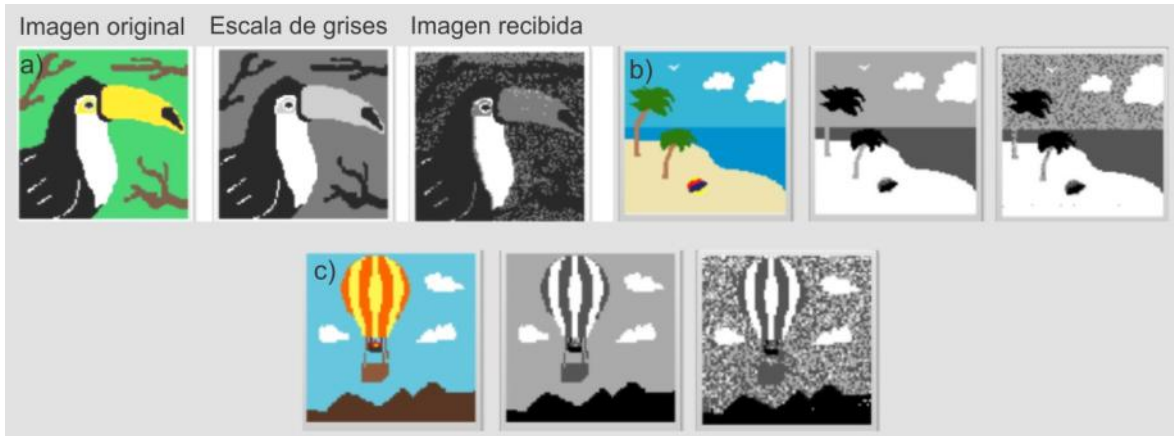


Figura 5. Resultados obtenidos.

Cabe destacar que el proceso para utilizar la interfaz del usuario se resume en las siguientes líneas: conectar todos los componentes como se especificó anteriormente, incluyendo el Arduino a la computadora por medio del cable USB. Iniciar el programa, seleccionar el puerto COM correspondiente al Arduino UNO, escribir la resolución de la nueva imagen, escribir el tiempo de espera de 10 ms, seleccionar la imagen a enviar y después hacer click en el botón de Inicio. El programa comenzará con el proceso completo.

CONCLUSIONES

La herramienta educativa/demostrativa aquí presentada surgió por la necesidad que tienen muchas instituciones de impartir conceptos relacionados con el funcionamiento y uso de fibras ópticas, sin contar con el equipo necesario para tal finalidad. En este manuscrito se presentó un método alternativo que permite utilizar fibras ópticas de manera sencilla para el envío y recepción de imágenes de 4 bit en escala de grises. El diseño y construcción hace uso de materiales de bajo costo (aproximado total \$300 MXN) y fácil de adquirir con el objetivo de que sea reproducible, logrando así que profesores, alumnos o personas en general pueden tener un acercamiento a este tema y así fomentar su interés.

Debido a que el programa se creó en LabVIEW, éste ofrece una interfaz amigable para el usuario; además de portátil, debido a que las conexiones físicas entre componentes son de dimensiones pequeñas. Es posible apreciar en los resultados obtenidos que la calidad de envío de información es buena comparando la imagen original con respecto a la recibida.

Si el lector desea implementar lo descrito en este manuscrito, el archivo ejecutable puede ser descargado de manera libre en <https://www.dropbox.com/sh/ql2mi9y0ql5vkep/AADCi4HM-QOATVboCSHEH0Uxa?dl=0>; donde también se incluye la paquetería LIFA_BASE necesaria para establecer la comunicación con Arduino.

BIBLIOGRAFÍA

1. D. Monroe, Optical fibers getting full, Communications of the ACM, 59, 2016, pp.10-12.
2. E. Agrell et al, Roadmap of optical communications, J. Opt., 18, 2016, pp.5-35.
3. A. Hofstein and V. N. Lunetta, "The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research", Rev. Educ. Res., 52, 1982, pp.201-217.
4. R. T. White, "The link between the laboratory and learning", Int. J. Sci. Educ., 18, 1996, pp. 761-774.
5. L. D. Feisel and A. J. Rosa, "The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education", J, Eng. Educ., 94, 2005, pp. 121-130.
6. U. Rivera, "A simple LabVIEW-MATLAB implementation to observe the wavelength tunability of a laser diode with a diffraction grating", Comput. Appl. Eng. Educ., 24, 2016, pp. 365-370.
7. L. Ibbotson, The Fundamentals of Signal Transmission: in line, waveguide, fibre and free space, (Elsevier, San Francisco, CA,1999), Chapter 5, pp. 58-75.

8. A. Oliviero and B. Woodward, *Cabling: The Complete Guide to Copper and Fiber-Optic Networking*, (Wiley, Indianapolis, IN, 2014), Chapter 19-21.
9. S. Perumal Sankar, N. Hariharan and R. Varatharajan, "A novel method to increase the coupling efficiency of laser to single mode fibre", *Wirel. Per. Commun.*, 87, 2015, pp. 419-430.
10. C. DeCusatis, *Handbook of Fiber Optic Data Communication: A Practical Guide to Optical Networking* (Elsevier, San Francisco, CA, 2008), Chapter 2.
11. S. Kumar and M. Jamal Deen, *Fiber Optic Communications: Fundamentals and Applications* (Wiley, Chichester, UK, 2014), Chapter 3.

EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO EN LA SEPARACIÓN DE ORO MEDIANTE MEMBRANAS POLIMÉRICAS

María Elena Núñez Gaytán, Ricardo Agustín López, Ana María Núñez Gaytán

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich.

RESUMEN

El oro es un metal precioso, actualmente se tiene interés en la recuperación de este metal de fuentes primarias y secundarias. Un sistema de separación por membranas poliméricas se considera novedoso ya que es un proceso continuo de extracción-reextracción. El oro es soluble en medios de ácido clorhídrico concentrado formando HAuCl_4 . En este trabajo se estudió el efecto que tiene la concentración del ácido clorhídrico en la separación y recuperación de trazas de oro en un sistema de membranas poliméricas. Para ello, se sintetizaron membranas con diferente composición del soporte polimérico y de acarreador. El polímero utilizado fue el triacetato de celulosa y como acarreador un fosfato orgánico. Se utilizó una celda de dos compartimentos separados por la membrana polimérica y se determinó el tiempo necesario para el ciclo de operación del sistema. La fase de alimentación contenía oro(III) en medios de ácido clorhídrico 1 M, 3 M y 5 M y como fase de recuperación una solución salina. La concentración de oro se midió con un espectrofotómetro UV-Vis a una longitud de onda de 313 nm. Se observó que la separación del oro se realiza en tiempos cortos y el acarreador demostró ser eficiente para la recuperación del metal en los diferentes medios concentrados de ácido clorhídrico.

INTRODUCCIÓN

El oro es uno de los metales más caros por su importancia en la economía mundial, predomina como metal nativo y los metales con que frecuentemente se asocia son plata, cobre, fierro, rodio y platino [1]. Además por sus propiedades como su excelente conductividad térmica y eléctrica; y maleabilidad, es empleado en microprocesadores de computadoras y dispositivos electrónicos [2]. Por ello, la importancia de recuperar el oro, aún en nivel de trazas a partir de materiales de fuentes primarias o secundarias. El oro tiene como propiedades importantes que es estable e inalterable con el aire y la mayoría de las soluciones acuosas; incluyendo ácidos fuertes. El oro es soluble en agua regia (mezcla 3:1 de ácido clorhídrico y ácido nítrico) y en medios cloruro y yoduro formando iones complejos. Siendo el oro un metal valioso, la recuperación de trazas del metal a partir del reciclaje de fuentes secundarias (desperdicios electrónicos) ha incrementado el estudio de métodos de separación. Entre los métodos de separación, recuperación o preconcentración tenemos la extracción líquido-líquido o extracción por solventes y la separación mediante membranas poliméricas.

Los sistemas de separación por membranas poliméricas son actuales y novedosos debido a las grandes ventajas que presentan como son bajos costos de operación, utilizar extractantes o acarreadores baratos y selectivos, además disminuyen la cantidad de disolventes orgánicos. En caso contrario, la extracción líquido-líquido emplea grandes cantidades de diluentes orgánicos. La característica principal de estos sistemas es precisamente la membrana polimérica que separa dos fases líquidas [3]. El soluto de interés debe migrar de una fase a la otra a través de la membrana. Las membranas poliméricas se emplean principalmente para la separación de especies metálicas a nivel de trazas; así como para su concentración o enriquecimiento [4]. Hay varios métodos para permitir que las sustancias atraviesen una membrana. Ejemplos de estos métodos son la aplicación de alta presión, el mantenimiento de un gradiente de concentración y la introducción de un potencial eléctrico. La membrana funciona como una pared de separación selectiva. Ciertas sustancias pueden atravesar la membrana, mientras que otras no.

TEORÍA

El oro se disuelve en agua regia o en medios ácidos concentrados en ión cloruro formando el clorocomplejo AuCl_4^- . La figura 1, muestra la estructura geométrica cuadrado plana que presenta el clorocomplejo. En medios concentrados de ácido clorhídrico se forma HAuCl_4 .

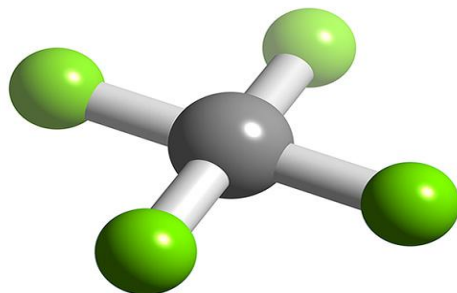


Fig. 1. Representación tridimensional de la molécula del complejo AuCl_4^- .

Una membrana polimérica de inclusión (MPI) se sintetiza con tres componentes: polímero, plastificante y acarreador. El acarreador es esencialmente el responsable de transportar la especie de interés a través de la membrana. El soporte polimérico le proporciona a la membrana fuerza mecánica, mientras que el plastificante le provee elasticidad y flexibilidad. En ocasiones el acarreador también funciona como plastificante [5]. Un ejemplo, es el tris(2-etilhexil) fosfato, TEHP, el cuál es capaz de proporcionar elasticidad a la membrana y ser eficiente en la separación de oro (figura 2).

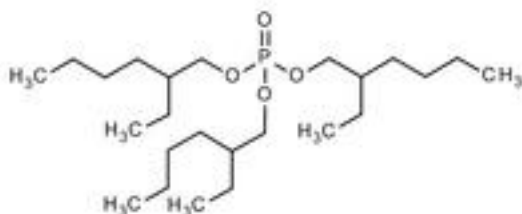


Figura 2. Estructura química del plastificante y acarreador tris(2-etilhexil)fosfato.

La técnica de separación consiste de una celda de dos compartimentos separados por la membrana polimérica. Una de las fases es la alimentación (F) y la otra fase es la de reextracción o recuperación (S). Ambas fases se agitan a la misma velocidad.

PARTE EXPERIMENTAL

Todos los reactivos utilizados son grado analítico o superior. La fase de alimentación se preparó a partir de una solución de oro certificada de 1025 ppm en HCl al 5% marca Aldrich.

Las membranas poliméricas de inclusión se sintetizaron mezclando triacetato de celulosa (soporte polimérico) y el fosfato orgánico (plastificante y acarreador); los que se disuelven con un diluyente orgánico volátil. La membrana se forma después de eliminar el diluyente orgánico. Se utilizó CH_2Cl_2 como solvente orgánico. Se sintetizaron 9 membranas poliméricas de composición aproximada de 47% de triacetato de celulosa y 53% de tris(2-etilhexil)fosfato. Las membranas se colocan en medio de una celda de permeación de dos compartimentos, separando las fases de alimentación (F) y recuperación (S). Ambas fases se agitan mediante unos motores colocados en la parte superior a una velocidad de 450 rpm para asegurar que las fases tienen un mezclado uniforme. Durante el transcurso del experimento (ciclo de operación), se tomaron muestras a diferentes intervalos de tiempo para evaluar la separación del metal. La concentración de oro en la fase de alimentación y en la de recuperación se determinó por espectroscopía UV-Vis a una longitud de onda de 313 nm.

La eficiencia de cada membrana en la extracción de oro se evaluó con la determinación de la permeabilidad de la membrana.

RESULTADOS

Se determinó el transporte de oro para membranas poliméricas de inclusión de una composición específica en una celda de permeación. La fase de alimentación contenía trazas de Au(III) en el nivel de 2×10^{-4} M en diferentes medios de ácido clorhídrico. La concentración de ácido clorhídrico fue de 1 M, 3 M y 5 M. La solución de recuperación fue 0.1 M en medio cloruro. Se demostró que el medio cloruro es eficiente en la re-extracción del oro. La tabla I, muestra los valores de permeabilidad para la membrana en función de la variación del medio concentrado de HCl en la alimentación. Se observa que con el incremento de la concentración de ácido clorhídrico, la permeabilidad de la membrana disminuye y por tanto la separación o recuperación de oro también disminuye. El ciclo de operación fue de 180 minutos. La figura 2, representa el perfil de concentraciones de Au(III) en las fases de alimentación y recuperación en función de la variación de concentración del HCl de 1 M y 5 M. La concentración se expresa en fracción molar del metal en cada fase, Au_F/Au_0 para la fase de alimentación y Au_S/Au_0 para la fase de recuperación.

Tabla 1. Eficiencia de las membranas poliméricas en diferentes concentraciones de HCl. Composición de la membrana: 47% triacetato de celulosa y 53% de tris(2-etilhexil)fosfato. P_F , permeabilidad.

[HCl] Molaridad	P_F cm/min	% Recuperación
1 M	0.275	87%
3 M	0.25	83%
5 M	0.16	75 %

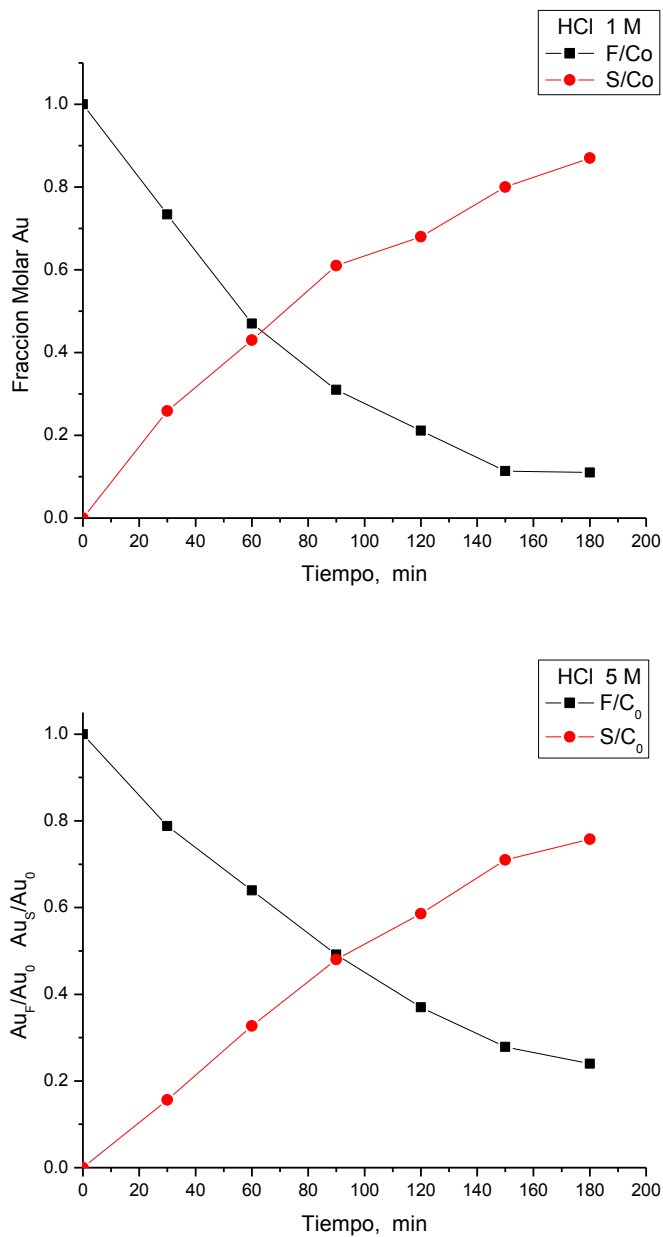


Figura 2. Transporte de Au(III) a través de la MPI. Alimentación: Au(III) en HCl 1 M y 5 M. Composición de la membrana: 47% triacetato de celulosa y 53% de tris(2-etilhexil)fosfato. Recuperación: cloruro 0.1 M. Ciclo de operación: 180 min.

CONCLUSIONES

En este trabajo se estudió el efecto que tiene la variación de la concentración de ácido clorhídrico en la fase de alimentación para la separación de oro en un sistema de membranas poliméricas de inclusión. El tris(2-etilhexil) fosfato funciona como acarreador y plastificante; y demostró ser eficiente para la recuperación de trazas de oro en medios concentrados de ácido clorhídrico mediante separación con membranas poliméricas. Se observó que la separación del oro se realiza en tiempos relativamente cortos, pero disminuye el porcentaje de recuperación del metal conforme se incrementa la concentración del ácido clorhídrico en la fase de alimentación.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. G. Evans, Henley K. J. Henley, "Gold ore mineralogy and its relations to metallurgical treatment," *Miner. Sci. Eng.*, Vol. 7, No. 4, 1975.
2. Kirk-Othmer, "Encyclopedia of chemical technology," Editorial Wiley & Sons, New York, NY., Vol. 12, 1994.
3. C. J. Geankopolis, "Procesos de transporte y operaciones unitarias,"CECSA, 2005.
4. P. R. Danesi, "Separation of metal species by supported liquid membranes, " *Sep. Sci. Technol.* , No. 19, 1984.
5. M. Sugiura y H. Hirata, "Effect of phospholipids on carrier-mediated transport of lanthanide ions through cellulose triacetate membranes," *Sep. Sci. Tech.*, Vol. 28, No. 10, 1993.

DESARROLLO EMPRENDEDOR EN ESTUDIANTES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LA CIÉNEGA

Dalila Itzel Tejeda Rosas, Maritza Miroslava Badillo Gómez, Claudia Carolina Vaca García, Eduardo René Carrillo Iñiguez, María Eugenia Sánchez Morales y Cuauhtémoc Acosta Lúa

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega. carovaca@hotmail.com

RESUMEN

El emprendedurismo es un proceso en el que se busca concretar un proyecto con el fin de obtener utilidades, o bien un beneficio social. Por lo general, el emprendedor es una persona que presenta una serie de características que lo identifican, tales como liderazgo, iniciativa, persistencia, determinación, entre otras.

En este estudio, se encuestaron a 300 estudiantes de distintas carreras del Centro Universitario de la Ciénega de la Universidad de Guadalajara, en Ocotlán, Jalisco, México, con el fin de definir la percepción que tienen sobre el emprendedurismo, las características que ellos creen que debe tener un emprendedor y si consideran que cuentan con estas aptitudes para en un futuro emprender exitosamente. De igual manera, se incluyeron preguntas enfocadas a conocer qué los motivaría a iniciar con un negocio y si consideran que la universidad les ha proporcionado las herramientas necesarias para ello.

Entre los resultados obtenidos se muestra que la mayoría de los alumnos que actualmente trabajan es para alguien más o en negocio familiar, siendo muy pocos los que tienen un negocio propio. Lo prioritario a la hora de crear una empresa es la formación y la experiencia adecuada y los obstáculos primordiales que se presentan para emprender es la falta de dinero y el financiamiento. La mayoría de los alumnos frecuentemente se han planteado ser emprendedores e iniciar con un negocio a la hora de egresar, sin embargo, creen que hay poca promoción para emprender y que la universidad se enfoca más a formar trabajadores de empresas ya establecidas que a fomentar el autoempleo. Lo anterior constituye un nicho de oportunidad para que el Centro Universitario de la Ciénega adecúe sus estrategias educativas para impulsar el desarrollo emprendedor.

INTRODUCCIÓN

Antes que nada es necesario definir qué es emprendedurismo y todos los aspectos relevantes que tienen que ver con este tema para así ayudar al desarrollo de esta investigación. Existen demasiados conceptos pero aun así no se tiene con claridad un concepto que adquiera una validez común. Por lo que se tomó el concepto que Benites (2003). “La palabra emprendimiento proviene del francés *entrepreneur* (pionero), y se refiere a la capacidad de una persona para hacer un esfuerzo adicional por alcanzar una meta u objetivo, siendo utilizada también para referirse a la persona que iniciaba una nueva empresa o proyecto, término que después fue aplicado a empresarios que fueron innovadores o agregaban valor a un producto o proceso ya existente” (Benites, 2013).

Por tanto el emprendedurismo es el arte de ser visionario que se animó a poner en marcha ideas con la finalidad de poder hacer realidad un sueño.

Importancia de ser un emprendedor

Si cada uno de nosotros nos preguntáramos ¿qué puedo hacer para aminorar el problema de desempleo en el país?, ¿para ayudar a mejorar la economía de éste? O quizá, ¿para alcanzar un nivel de vida superior al que tengo? En cada caso, una parte de la respuesta sería “Promover el espíritu emprendedor”. El espíritu emprendedor nace de una actitud creativa y dispuesta a asumir el riesgo de iniciar y administrar un negocio nuevo (Benavides, 2014).

Durante mucho tiempo se podía ver poco interés en desarrollar el espíritu emprendedor y, de hecho, algunas personas expresaban su temor de que la existencia misma de los pequeños negocios estuviera en duda. Sin embargo, el panorama económico mundial se ha transformado en un entorno turbulento y difícil de predecir, así como la relación que existía entre la organización e individuo (Benavides, 2014).

Muchas personas que creían en su habilidad y dedicación al patrón, pensaban que eran elementos importantes y vitalicios para protegerse contra la pérdida del empleo. Pero esto ha cambiado, ya que surgen los despidos masivos o programas de reducción de tamaño en las empresas. La razón por

la que se dan estos acontecimientos con mayor frecuencia en la actualidad es porque está en juego la supervivencia de la organización y, con el fin de poder competir en los mercados actuales se busca reducir costos a los niveles más bajos posibles y esto lleva consigo reducir al mínimo necesario la planta de personal que se tiene (Benavides, 2014).

El emprendedor surge de esta problemática como una solución, ya que genera e impulsa el desarrollo social y económico de México.

A menudo, una persona es emprendedora al iniciar una empresa, pero también al generar nuevas actividades de negocios, introducir un producto o desarrollar un mercado. Los gerentes de grandes organizaciones realizan actividades emprendedoras cuando idean nuevas líneas de productos o establecen nuevas divisiones para introducirse en mercados en que no habían estado. Entonces en sentido amplio, los emprendedores manejan recursos para crear algo nuevo: una empresa, producto o servicio, o hasta un mercado (Benavides, 2014).

Características de un emprendedor

Muchos estudios del tema coinciden en que los emprendedores poseen una serie de características que los distinguen del resto de las personas.

En la tabla 1, elaborada por Sánchez Almagro (2003), se expone con claridad (Rodríguez, 2015).

Tabla 8 Características de un emprendedor

1. Factores Motivacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de logro. • Necesidad de reconocimiento. • Búsqueda del desarrollo personal. • Percepción del beneficio económico. • Baja necesidad de poder y estatus. • Necesidad de independencia. • Necesidad de afiliación o ayuda a los demás. • Necesidad de escape, refugio o subsistencia.
2. Características personales	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativa personal. • Capacidad de decisión. • Aceptación de riesgos moderados. • Orientación hacia las oportunidades. • Estabilidad emocional/autocontrol. • Orientación hacia metas específicas. • Locus de control interno (atribuirse a sí mismo los éxitos o fracasos). • Tolerancia a la ambigüedad/incertidumbre. • Receptividad en las relaciones sociales. • Sentido de urgencia/tiempo valioso. • Honestidad/integridad y confianza. • Perseverancia/constancia. • Responsabilidad personal. • Individualismo. • Optimismo.
3. Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Energético. • Trabaja con ahínco.
4. Características intelectuales	<ul style="list-style-type: none"> • Versatilidad/flexibilidad. • Creatividad/imaginación/innovación. • Búsqueda de la verdad e información. • Planificación y seguimiento sistemático de resultados. • Capacidad para analizar el ambiente (reflexión). • Visión comprensiva de los problemas. • Capacidad para solucionar problemas. • Planificación con límites de tiempo.
5. Competencias generales	<ul style="list-style-type: none"> • Liderazgo. • Orientación al cliente. • Capacidad para conseguir recursos. • Gerente/administrador de recursos. • Patrón de factores de producción. • Exigencia de eficiencia y calidad. • Dirección y gestión de la empresa. • Red de contacto. • Comunicación.

Fuente: (Rodríguez, 2015).

Emprendedurismo en México

Una vez generalizado el concepto de emprendedurismo enfocándose en México, se puede entender fácilmente que es un país que entra en el rango de los que tienen mala calidad de empleos y por ende las personas con espíritu emprendedor buscan la manera de independizarse (Aguirre, 2014).

En México 7 de cada 10 empleos se generan en Pymes; sin embargo, la inversión informal, corrupción y dificultades para desarrollar y adoptar nuevas tecnologías son retos cruciales para el entorno emprendedor (Aguirre, 2014).

Introduciendo a El Instituto Global de Emprendimiento y Desarrollo (GEDI por sus siglas en inglés) esta organización se dedica a estudiar los factores que hablan sobre la creación de nuevos empleos tanto como del crecimiento económico de cada país participante respectivamente (Aguirre, 2014).

Según éste, México se encuentra en el puesto número 62 de entre 118 países participantes. Según el GEDI, México ocupa el lugar 57 en términos de actitud emprendedora, 46 en términos de habilidad y en el 74 en términos de aspiraciones emprendedoras (Aguirre, 2014).

Según datos oficiales de la Secretaría de Economía y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, las PYMES contribuyen al 48% del producto interno bruto del país. De ahí, el 91% corresponde a servicios, manufactura y comercio. Esto es, solamente el 9% del producto interno bruto es producido por emprendedores en sectores convencionalmente considerados como de innovación, los mismos sectores considerados en el análisis del GEDI (Aguirre, 2014).

Además de la inversión informal, corrupción y nuestra capacidad de desarrollar y adoptar nuevas tecnologías, existen otras variables como educación superior, nivel tecnológico profesional, capital humano e internacionalización que afectan de manera negativa el desempeño de México en el índice de emprendedurismo y desarrollo (Aguirre, 2014).

PARTE EXPERIMENTAL

Las actividades que se realizaron para llevar a cabo la investigación son las siguientes:

Se planeó la manera en cómo se llevaría a cabo la recolección de datos y a qué público se enfocaría.

En éste caso se recurrió a la aplicación de encuestas para una cierta muestra de alumnos, efectuadas a las 13 carreras que conforman el Centro Universitario de la Ciénega, de la Universidad de Guadalajara en Ocotlán Jalisco, México. El número de estudiantes encuestados fueron 300.

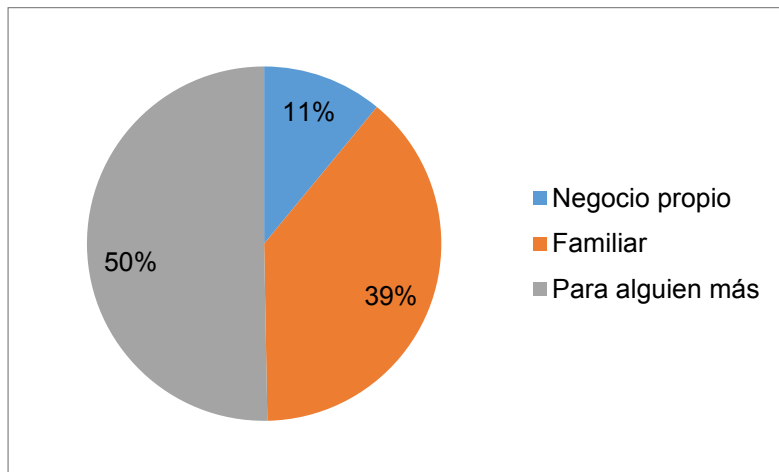
En base a las encuestas realizadas se prosiguió a crear el concentrado de los resultados obtenidos.

Para así definir la percepción que tienen los alumnos sobre el emprendedurismo y las oportunidades en el país.

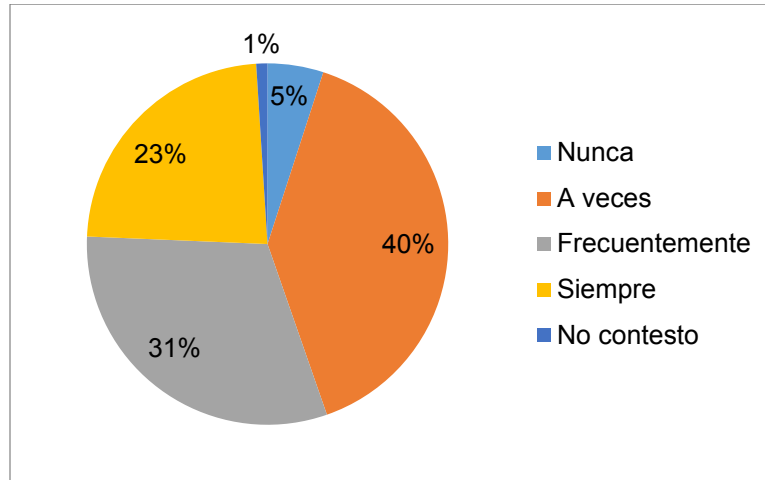
RESULTADOS

Los resultados más relevantes de acuerdo a las preguntas planteadas en la encuesta son los siguientes:

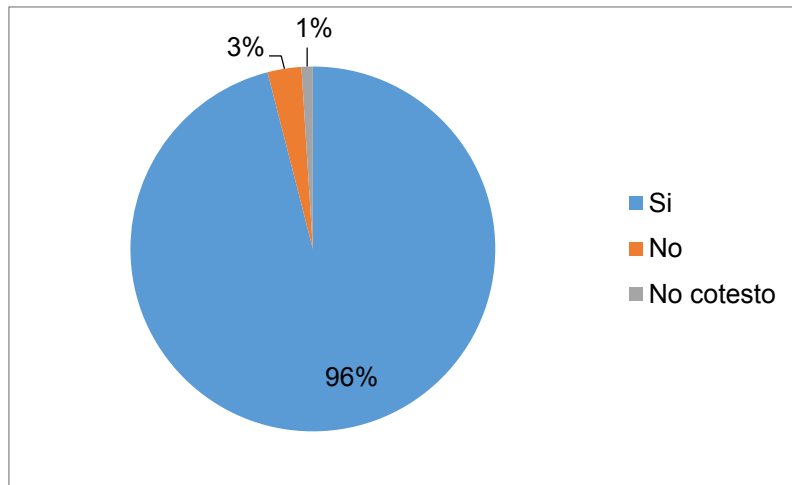
1. De los 300 estudiantes, únicamente 173 trabajan, de tal modo que 87 es para alguien más, 67 en negocio familiar y solo 19 en negocio propio.



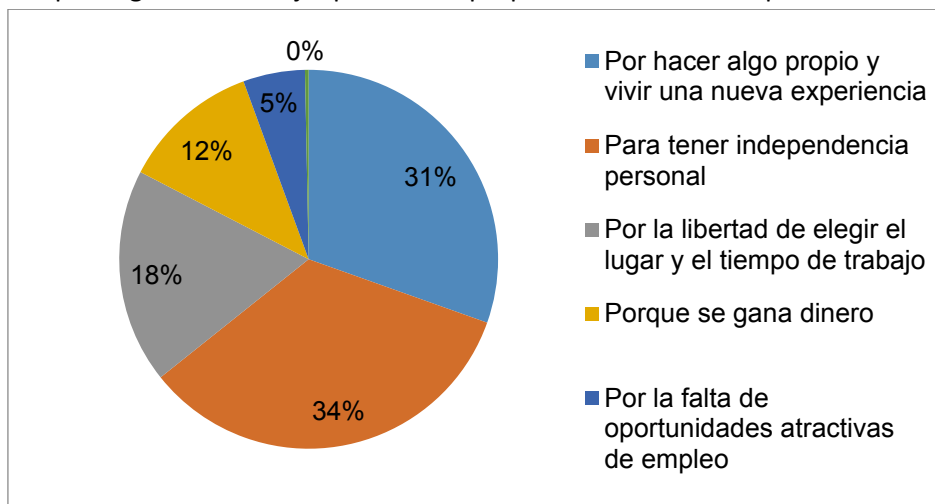
2. ¿Alguna vez te has planteado ser emprendedor?



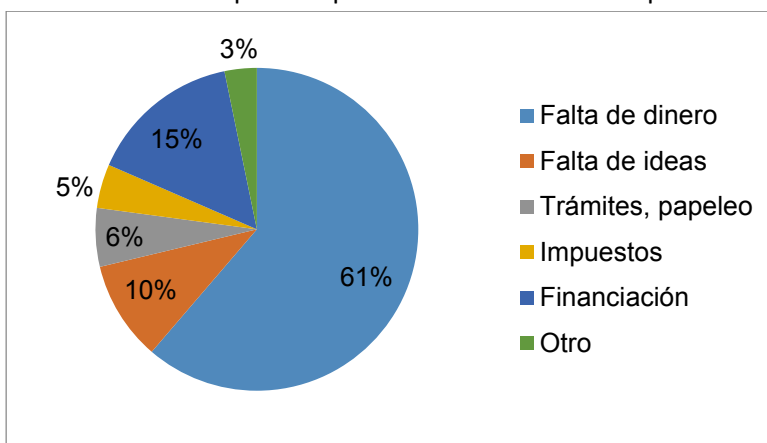
3. Si tuvieras la formación necesaria ¿emprenderías un negocio?



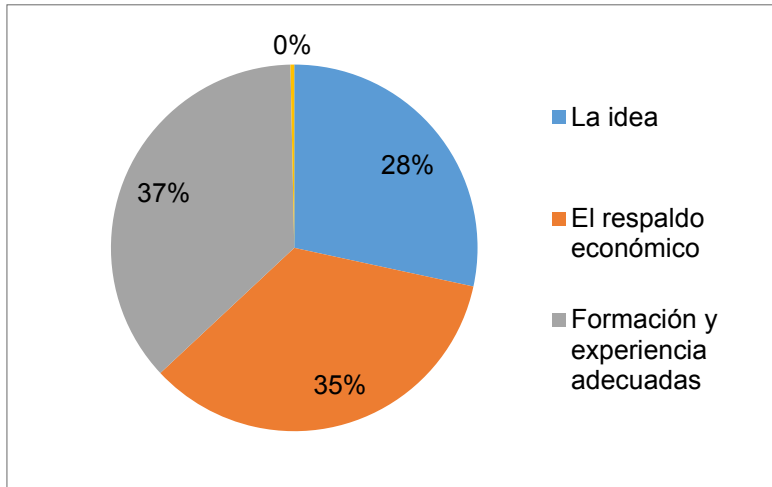
4. ¿Por qué te gustaría trabajar por cuenta propia? Señala el más importante.



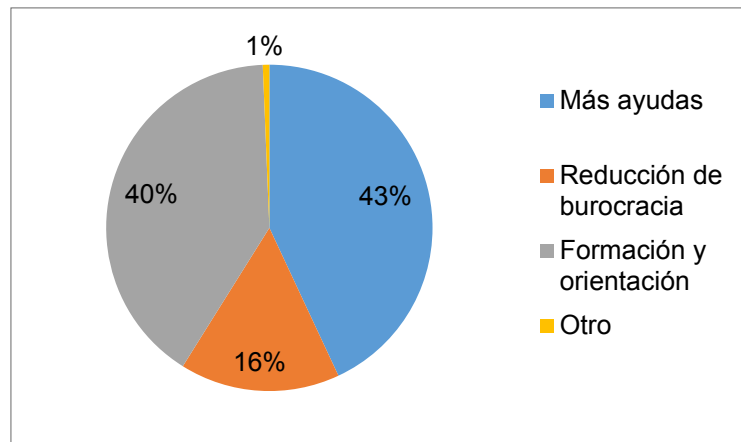
5. ¿Qué obstáculo encuentras para emprender? Señala el más importante.



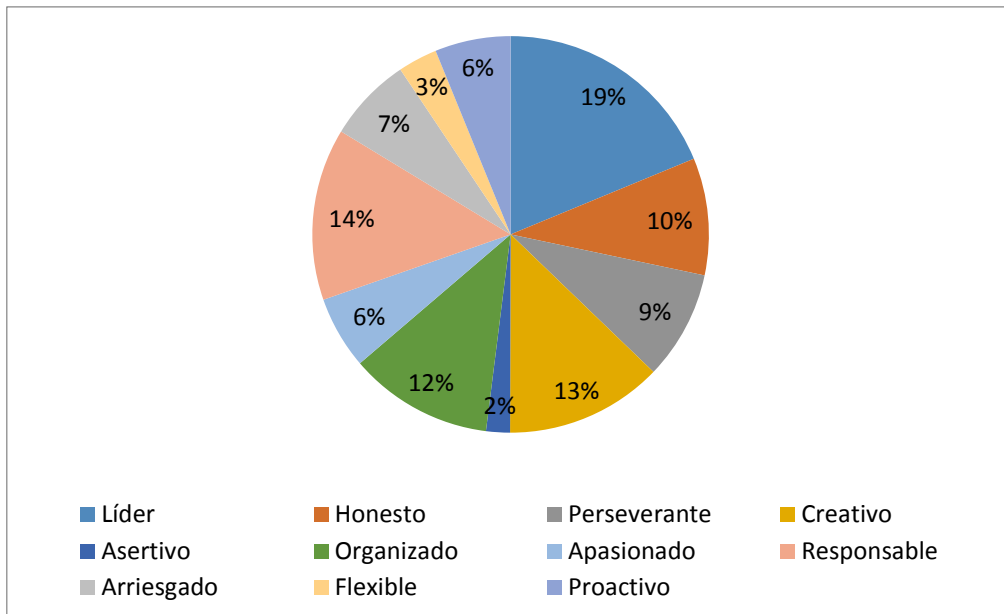
6. ¿Qué crees que es prioritario a la hora de crear una empresa?



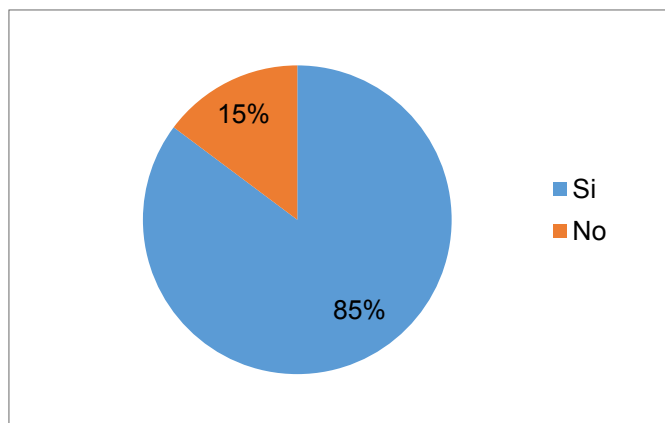
7. ¿Qué crees que podría hacer el gobierno para promover el emprendimiento?



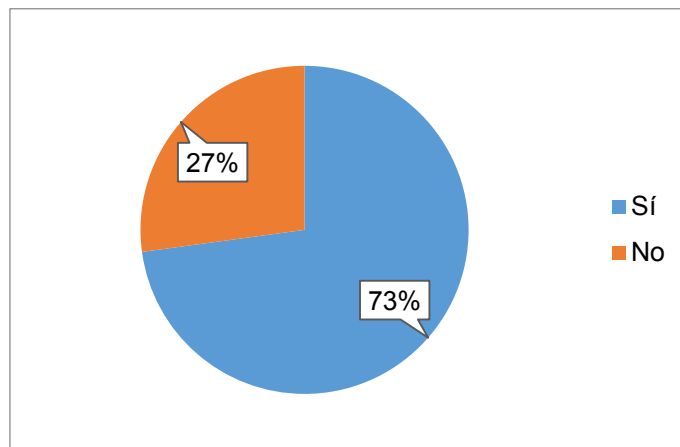
8. ¿Cuáles de las siguientes cualidades debería tener una persona emprendedora?
Selecciona 3.



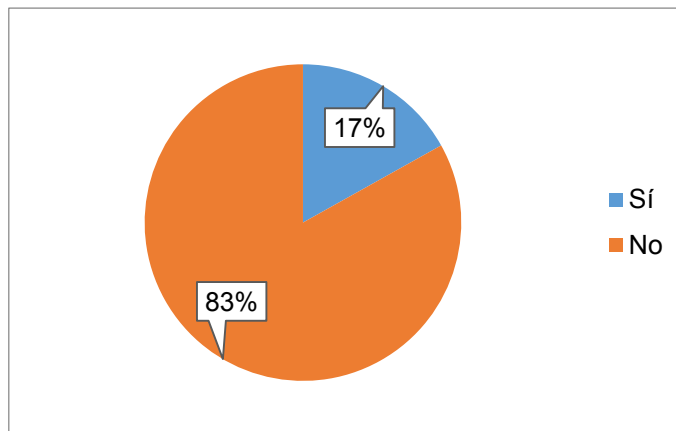
9. ¿Te gustaría emprender un negocio una vez que egreses?



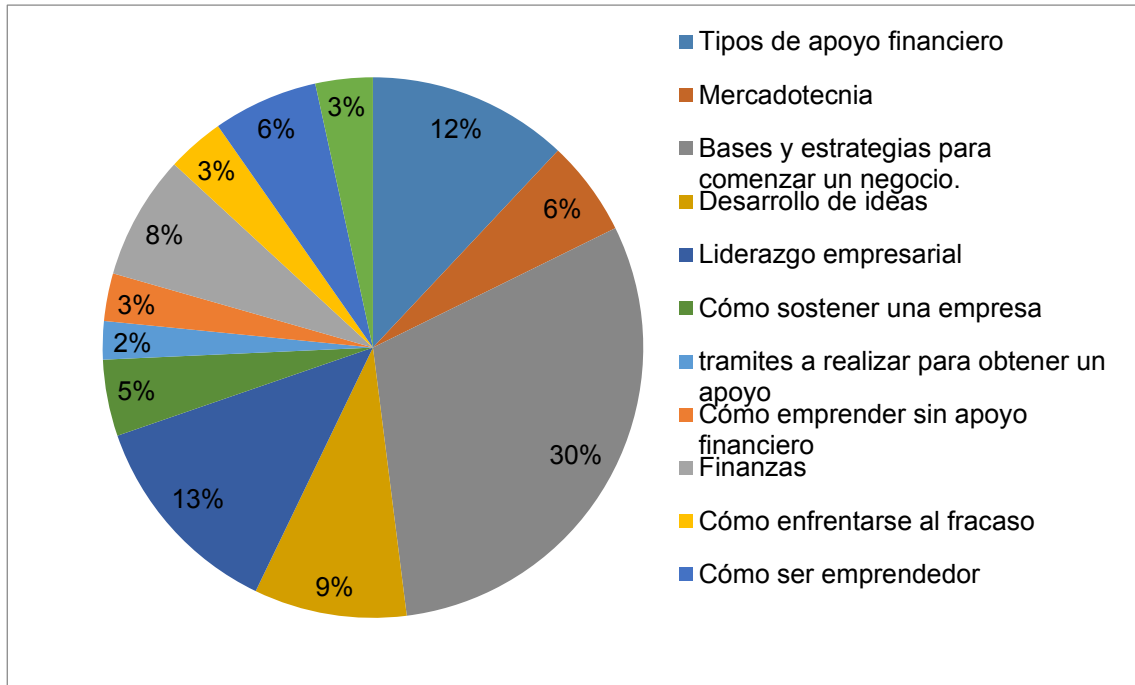
10. ¿Crees que la Universidad te ha dado formativos para emprender?



11. ¿Conoces programas de la Universidad que apoyen el emprendedurismo?



12. ¿Qué temas te gustaría que te enseñaran en la Universidad sobre emprendedurismo?

**CONCLUSIÓN**

Los emprendedores son necesarios para el desarrollo de una comunidad y fundamentales para el correcto desempeño de la economía de un país ya que tienen una visión ambiciosa y un carácter que la complementa y hace posible la eficiencia en la toma de riesgos para crear un patrimonio y el crecimiento del medio que lo rodea. Los emprendedores en México son muchos, pero un porcentaje muy bajo es el que tiene éxito después del primer año.

Conforme a los resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas se muestra que es gran porcentaje de los alumnos que egresando quieren emprender un negocio, pero quizás se observe que serán pocos los que si llegarán a cumplirlo ya que existen diferentes factores que se los impedirán como lo es la falta de dinero, el financiamiento y no tengan la formación y experiencias adecuadas. Por tanto, la Universidad de Guadalajara se debe centrar más en formar estudiantes para que tengan una visión de patrón y no como empleados, proporcionándoles las herramientas necesarias y dar a conocer que existen programas universitarios que apoyan al desarrollo de empresas. Con esto lograr aumentar el número de jóvenes emprendedoras e independientes y haya un crecimiento también para el país ascendiendo de lugar en términos de emprendedurismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, L. (28 de Noviembre de 2014). *Forbes*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2017, de <https://www.forbes.com.mx/potencializando-el-emprendedurismo-y-su-impacto-economico/>
2. Benavides, J. (2014). *Administración 2a. ed.* McGraw-Hill Interamericana.
3. Benites, J. L. (25 de Enero de 2013). *Emprende tu mismo*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2017, de <http://empredetumismo.blogspot.mx/2013/01/definicion-e-importacia-del.html>
4. Rodríguez, R. E. (2015). *El emprendedor de éxito 5a. ed.* Mexico: McGraw-Hill Interamericana.

DECORACIÓN DE NANOMATERIALES BASE CARBONO (NTC) CON NANOPARTÍCULAS METÁLICAS POR MEDIO DE ULTRASONIDO

Flores Pedroza Cedrick Arturo¹, Méndez Rodríguez Eduardo¹, Garibay Febles Vicente², Ortiz Landeros Jose³, Mercado Zúñiga Cecilia¹

¹Depto. Ing. Materiales, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco ²Instituto Mexicano del Petróleo ³Depto. Ing. Metalurgia y Materiales, ESIQIE-IPN

RESUMEN

En la búsqueda de nuevos materiales o modificación de algunos, se encuentra la decoración de materiales base carbono (NTC, nanotubos de carbono) con nano partículas metálicas (NPM), en este caso Ag (plata) por su capacidad antibacteriana. La elaboración de esta decoración fue realizada por medio de Ag_2NO_3 (Nitrato de plata) como precursor, DMSO (Dimetil sulfoxido) como agente reductor, así mismo se utilizaron NTC (comerciales) estos como material soporte y también se utilizó N-N Dimetil acetamina la mezcla fue introducida a la cámara de ultrasonido para realizar el decorado, con la finalidad de poder realizar la caracterización de los NTC decorados, estos se enjuagaron con acetona y secaron a 100 °C. La caracterización se llevó por medio de DR-X (Difracción de Rayos X) con el fin de determinar las fases presentes, MEB (Microscopia Electrónica de Barrido); el cual nos ayudó a determinar el porcentaje presente de cada fase semicuantitativamente, y finalmente MET (Microscopía Electrónica de Transmisión) con el objetivo de determinar el tamaño de partícula obtenido además de su distribución. Los resultados obtenidos mostraron la formación de nanopartículas de plata con un tamaño de partícula promedio de 1.5 nm distribuidas homogéneamente sobre el material soporte.

INTRODUCCIÓN

A partir del descubrimiento de los NTC se han realizado un sin número de investigaciones relacionadas con su obtención y aplicación dadas las extraordinarias propiedades y características que ellos presentan.

Entre las innumerables aplicaciones que tienen los NTC una innovadora es la unión con nanopartículas metálicas, para ello se combinan NTC y NPM (Ag) gracias a las grandes propiedades que estos dos materiales tienen, de igual manera se implementa una nueva técnica de decorar los NTC con las NPM con la finalidad de realizarlo con una mayor eficiencia y un menor costo.

TEORÍA

La plata ha ganado mucho interés debido a su buena conductividad, estabilidad química y su actividad catalítica y antibacteriana. Las AgNPs (Nano Partículas de Plata) se están convirtiendo en una de las categorías de productos de mayor crecimiento en la industria de la nanotecnología. Su fuerte actividad antimicrobiana es la principal característica para el desarrollo de productos con AgNPs, actualmente una amplia categoría de productos se encuentra disponibles en el mercado. En el ámbito médico, existen apósitos para heridas, dispositivos anticonceptivos, instrumental quirúrgico y prótesis óseas, todos ellos recubiertos o integrados con AgNPs para así evitar el crecimiento bacteriano [1]

Un nanotubo es una molécula en forma de tubo hecha con átomos de carbono [2]. Los nanotubos de carbono (NTC) son alótropos del carbono, como el diamante, el grafito o los fullerenos. Existen diferentes tipos de NTC en función de las capas de grafito que los forman, estos pueden ser nanotubos de carbono de pared sencilla (SWCNT's por sus siglas en inglés) y nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT's) que pueden considerarse como capas de láminas de grafito enrolladas concéntricamente donde cada átomo de carbono está unido con otros tres mediante hibridación sp^2 . Entre las aplicaciones descritas para los NTC están su uso como biosensores, como transportadores de fármacos y agentes con propiedades antibacterianas [3].

PARTE EXPERIMENTAL

Una mezcla de NTC comerciales Sigma Aldrich (3 mg) se introdujo en un vaso de precipitados con 25 ml de DMSO, 3.4 g de AgNO_3 , 25 ml N-N Dimetilacetamina (relación 1:1), esta mezcla se sometió a una agitación y temperatura constante (120 RPM, 60 °C) durante 30 min. Después de la agitación

se obtuvo una solución espesa. La mezcla fue filtrada y enjuagada con acetona (para remover las impurezas), el filtrado se realizó en vacío, la muestra fue puesta en un vidrio de reloj para posteriormente ser secadas. El filtrado se repitió 4 veces. El vidrio de reloj fue introducido en la mufla, esto con el fin de dejar completamente seca la muestra, para esto se introdujo la muestra a la mufla y se dejó calentar hasta una temperatura de 200 °C por un lapso de 30 min. Posteriormente la muestra fue caracterizada por las técnicas de Difracción de rayos x (DRX), Microscopia electrónica de barrido, Microscopia Electrónica de Transmisión y Espectroscopia Raman.

RESULTADOS

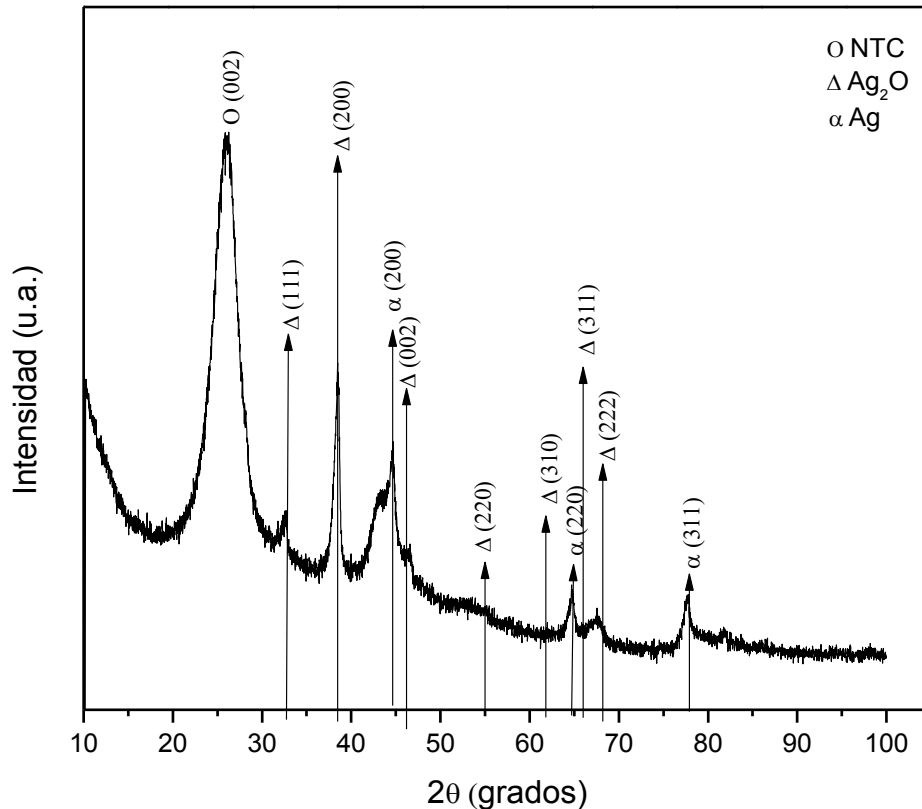


Fig. 1 Patrón de DR-X de NTC/Ag/DMSO/DMAc

En la Fig. 1 se muestra el Patrón de DR-X de NTC/Ag/DMSO/DMAc, en donde se observan diferentes reflexiones con las siguientes posiciones en $2\theta = 32.66^\circ$, 38.47° , 46.70° , 54.76° , 62° , 65.9° , 67.7° las cuales se asocian a los planos (111), (200), (002), (220), (310), (311) y (222) correspondientes a la carta JCPDS 00-003-0796 del óxido de Plata BCC. Adicionalmente se observan reflexiones a 43.28° , 64.74° y 77.76° en 2θ , asociadas a los planos (200), (220) y (311) de la plata metálica FCC correspondiente a la carta JCPDS 00-004-0783. Se observa una reflexión en $2\theta = 26.17^\circ$ vinculado al plano (002) del Carbono no metálico con estructura cristalina hexagonal (JCPDS 75-1621).

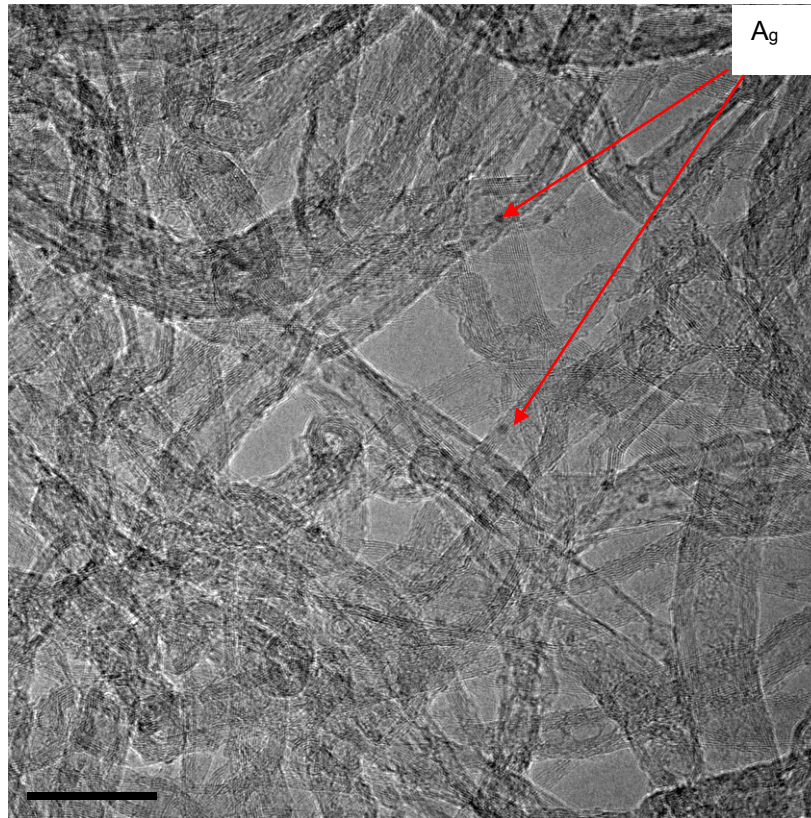


Fig. 2 Morfología de NTC Y NPM (A_g)

En la Fig. 2 morfología de NTC Y NPM (A_g), se observa la imagen obtenida por TEM la cual ayudó a determinar el tamaño promedio de las nanopartículas de Ag depositadas sobre la superficie del NTC, se realizó la medición del diámetro a 38 partículas para así poder determinar un tamaño promedio, el cual resultó en 1.5 nm. Además, se observó que la distribución de las partículas de Ag es homogénea sobre el sustrato.

Tabla 1 NTC/Ag/DMSO/DMAc

ELEMENTO	PESO%	At %
C	61.76	88.65
O	5.83	6.28
A_g	32.40	5.17
Total	100.00	100.00

En la Tabla 1 NTC/Ag/DMSO/DMAc, se muestran los resultados obtenidos en un EDS puntual echo a la muestra, reflejan una composición de C de 61.76% esto gracias a que el material soporte (NTC) esta compuesto de C, y como segundo elemento se observa Ag con un porcentaje de 32.40% el cual representa la plata que decora la superficie de los NTC.

CONCLUSIONES

Los NTC fueron decorados de manera adecuada con nanopartículas metálicas de Ag, con un tamaño promedio de partícula de 1.5 nm y una dispersión homogénea sobre el material soporte, así mismo se corrobora que el método de microondas utilizado para decorar los NTC con Ag es completamente funcional ocupando N-N Dimetil acetamina.

BIBLIOGRAFÍA

1. Síntesis, caracterización y aplicaciones nanoestructuras metálicas, López Téllez G, Morales Luckie R A, Olea Mejía OF, Sánchez Mendieta V, Trujillo Reyes J, Varela Guerrero V, Vilchis Néstor A R, Editorial Reverté, Barcelona, España, 2013 ISBN: 978-84-291-7972-9.
2. Nanotubos de carbono, Pérez Corimayta A, Universidad Mayor de San Andrés, Revista de Información Tecnología y Sociedad 10 (1), pp 10-5, 2010.
3. Nanotubos de carbono: funcionalización y aplicaciones biológica, Andrade Guel M L, López López L I, Sáenz Galindo A, Revista Mexicana Ciencia Farmacológica 43 (3), 2012

* Agradecimiento: Proyecto CONACyT No. 243427

ESTUDIO MECÁNICO, QUÍMICO Y TRIBOLÓGICO DE RECUBRIMIENTOS DE NÍQUEL

Jaime Vite Torres¹, Jesús Eliseo Reyes Astivia², Gonzalo Martínez Barrera², Carlos Barrera Díaz²

¹Centro Nuclear, ININ, ²Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN

Los átomos se reorganizan en varias configuraciones ordenadas, llamados cristales. Este arreglo de los átomos en el cristal se conoce como estructura cristalina, habiendo 3 tipos como son: bcc (ej. Fe- α (Ferrita), Cr, Mo, Ta, W y V, fcc (ej. Fe- γ (austenita), Al, Cu, Ni, Pb, Ag, Au, Pt), hcp (ej. Be, Cd, Co, Mg, Ti- α , Zn y Zr). Al estructura cristalina del níquel: Se distribuye en dos fases, gamma (γ) y gamma prima (γ'): - Fase gamma: solución sólida centrada en las caras que actúa como matriz. - Fase gamma prima: dispersión de precipitados ordenados intermetálicos, responsable de la gran resistencia de las superaleaciones. Las fórmulas estequiométricas de esta fase son: Ni₃Al, Ni₃Ti o Ni₃(AlTi).

INTRODUCCIÓN

La corrosión es un fenómeno electroquímico o químico que afecta a todos los materiales (metales, cerámicas, polímeros, etc.) y todos los ambientes (medios acuosos, atmósfera, alta temperatura, etc.)

La corrosión. Es un problema industrial importante, pues puede causar accidentes, además, representa un costo importante, por ejemplo se calcula que en pocos segundos se disuelven cinco toneladas de acero en el mundo, procedentes de diferentes piezas pero que, multiplicados por la cantidad de acero que existe en el mundo, constituyen una cantidad importante.

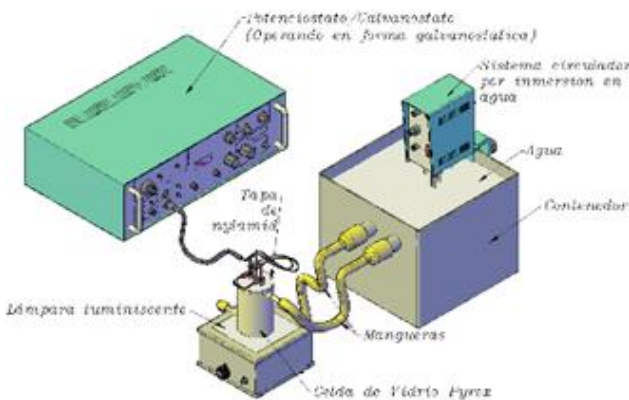
Existen dos formas de corrosión metálica en el mundo las cuales son : uniforme y localizada (macroscópica y microscópica)

Existen diferentes métodos para el tratamiento de los materiales los cuales son mediante tratamientos térmicos y superficiales.

En este trabajo se realizaron electrodepositos de níquel utilizando el Baño Watts y de sulfamato de níquel para reducir el fenómeno de corrosión en el acero al carbono.

PARTE EXPERIMENTAL

1. Desarrollo experimental:



Electrodeposición utilizando la celda electrolítica. Éste consiste en la adaptación del sistema que hace circular agua caliente, que proviene de un contenedor, al cual se le adapta un sistema analógico de inmersión. En la celda electrolítica de vidrio pyrex encamisado, el agua fluye a través de la celda de doble fondo, lo cual ayudará al sistema a mantener la temperatura requerida para el electrodeposito de níquel, así mismo se conecta la corriente eléctrica en el ánodo y el cátodo para realizar el recubrimiento.

Preparación de los electrolitos

Los electrolitos utilizados para realizar los diferentes recubrimientos de níquel, tienen la siguiente composición:

Se prepararon 250 ml de solución de cada electrolito.

Componentes para el baño de Watts.		Componentes para el fosfatado	
Componente	Cantidad (g/l)	Componente	Cantidad (g/l)
Sulfato de níquel (NiSO ₄ ·6H ₂ O)	330	Ácido fosfórico(H ₃ PO ₄)	28
Cloruro de níquel (NiCl ₂ ·6H ₂ O)	45	Carbonato de Manganeso ((MnCO ₃)	12
Ácido Bórico (H ₃ BO ₃)	37	Carbonato de zinc (ZnCO ₃)	3
		Nitroguanidina (CH ₄ N ₄ O ₂)	0.8
		Acetato de sodio (NaC ₂ H ₃ O ₂)	0.16



Se mezclaron cada uno de los componentes en 250 ml de agua desionizada eléctricamente neutra figura 1, se mezclaron los reactivos químicos, se filtró la solución para quitar los grumos aforando a 250 ml., para finalmente depositarlo en la celda electrolítica.

Preparación de los electrolitos para el baño de Watts y sulfamato de níquel,

Preparación de las probetas de acero al carbón

Las probetas que se utilizaran para los electrodepositos fueron maquinadas de acero al carbón de diferentes geometrías como se muestran en el siguiente dibujo, las dimensiones de las probetas fueron de acuerdo a las características de las máquinas que se utilizaron para realizar las pruebas.

Preparación de las probetas para el proceso de recubrimiento

Previo al recubrimiento se debe de tener superficies libres de imperfecciones que no se puedan corregir en el proceso de recubrimiento así como la grasa, el polvo o algún otro material extraño que no esté contemplado en el proceso, por lo tanto se debe de hacer una limpieza mecánica como es el pulido o esmerilado. En el caso de la grasa se puede realizar con limpiadores alcalinos, hidrocarburos clorados o por vía electrolítica.

1. Limpieza mecánica con ayuda de lija No. 300, eliminando todo tipo de imperfecciones.
2. Limpieza con jabón y agua des-ionizada eliminando la grasa.
3. Secado perfectamente.

2. Pruebas tribológicas

Probeta para estudios tribológicos

Después de la limpieza se pesan las probetas antes y después del proceso de electrodeposición de níquel. finalmente realizar, el proceso de recubrimiento superficial bajo condiciones ideales para obtener un recubrimiento óptimo.

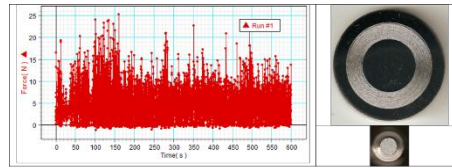
Pruebas tribológicas. Configuración Pin on Disk ASTM G0099-04a.

Los ensayos de desgaste por deslizamiento se efectuaron con una máquina de configuración perno sobre disco, aplicando una carga de 5N en un tiempo de 600 seg., el perno fue de acero al carbono como base y recubierto con níquel, el disco fue de acero inoxidable 3014 con acabado a espejo.

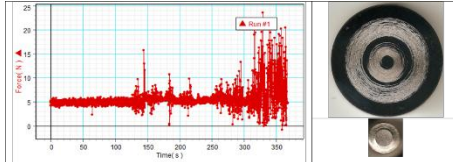
Tabla 5.1. Condiciones para las pruebas de deslizamiento adhesivo.

Material	Ambiente	Temperatura	Velocidad	Carga	Tiempo
Acero al carbón recubierto con baño de watts	Seco atmosférico	Ambiental (22 a 24 °C)	200 rpm	500 grs.	10 min.
Acero al carbón recubierto con Sulfamato de níquel	Seco atmosférico	Ambiental (22 a 24 °C)	200 rpm	500grs.	10 min.

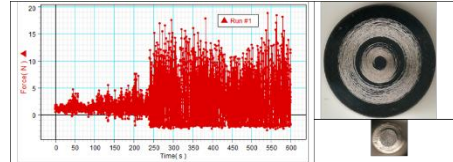
1. Pin de material base



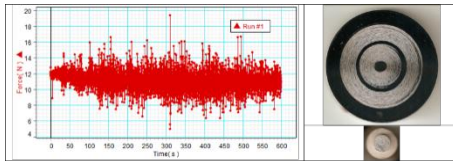
2. Pin con recubrimiento de sulfamato de níquel



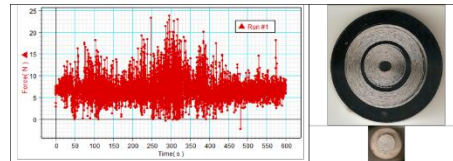
3. Pin con recubrimiento de sulfamato de níquel



4. Pin con recubrimiento de Watts



5. Pin con recubrimiento de Watts



La contribución de este trabajo es que en las pruebas tribológicas mostraron que el material base se desgastó inmediatamente que comenzó la prueba, en el caso del sulfamato de níquel los resultados fueron favorables para el recubrimiento ya que el material quedó protegido después de haber recorrido una longitud de 4,712.388 metros, en baño de watts no fue de gran ayuda el recubrimiento como se puede apreciar en las Figuras.

Valores obtenidos de la tasa de desgaste Q y el coeficiente de desgaste K en ambos recubrimientos de níquel

Muestra	Longitud recorrida mm	Volumen del material perdido mm ³	$Q=V/L$ Tasa de desgaste	$K=QH/W$ Coeficiente de desgaste	μ coeficiente de fricción
Figura 1	11309733.6	1.5	1.32629×10^{-7}	1.83028×10^{-6}	0.94
Figura 2	4712388.98	1.5	3.1831×10^{-7}	4.39268×10^{-6}	0.04
Figura 3	4712388.98	1.5	3.1831×10^{-7}	4.39268×10^{-6}	0.04
Figura 4	942477.796	1.5	1.59155×10^{-6}	2.19634×10^{-5}	0.3
Figura 5	471238.898	1.5	3.1831×10^{-6}	4.39268×10^{-5}	0.3

RESULTADOS

No se aceptarán trabajos en PDF solo se considerarán los que sean enviados en formato Word.

CONCLUSIONES

La contribución de este trabajo nos muestra que existen diferentes tratamientos que se pueden aplicar en los materiales ya sea superficiales o de bulto, la selección del tipo de tratamiento tiene que ser de acuerdo al tipo de trabajo que tenga que desempeñar el material.

Los recubrimientos electrodepositados cambian las propiedades superficiales de los materiales base. En el caso de un recubrimiento de níquel en el acero al carbono produce una mayor dureza como característica superficial.

Por sus propiedades del níquel al aplicarse en un material metálico como es el caso de los aceros al carbono que tienden a oxidarse muy fácilmente, el recubrimiento de níquel le ayudaría a evitar este tipo de fenómeno.

Por otro lado la capa del recubrimiento de níquel le da un buen acabado al material si se le agrega sacarina como agente abrillantador, habrá que tener en cuenta que la calidad del electrodepósito, dependerá mucho del acabado superficial que se tenga en la pieza base.

BIBLIOGRAFÍA

1. Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid. Manufactura, ingeniería y tecnología. Cuarta Edición. Prentice Hall. ISBN: 970-26-0137-1. New Jersey, U.S.A. 2002.
2. Askeland, Donald and Frandee P. Phulé. The Science and Engineering of the materials. Cuarta edición. Tomson Brooks/Cole. 2003.
3. ASTM G99. Standar Method for Wear Testing with a Pin-On-Disk. Apparatus. 1990.
4. Bharat Bhushan. Principles and applications of tribology. Second edition. Jhon Wiley & sons, inc. New York. 2013.
5. Reyes Astivia J. E., Vite Torres J., Vite Torres M., "Propiedades mecánicas del acero al carbón electrodepositado con níquel", Tesis, Editorial Académica Española, (2014).

ESTRATEGIAS DE MODULACIÓN CON MULTI-PORTADORA PARA UN INVERSOR MULTINIVEL DE TIPO T

Lucia Rodríguez Larios, Gerardo Vázquez Guzmán, Mario Alberto Juárez Balderas, Cesar Augusto Limones Pozos

Laboratorio de Eléctrica y Electrónica de Potencia (LEEP)
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RESUMEN

En este artículo se presenta una topología de inversor para un sistema fotovoltaico (FV) de tipo multinivel basado en una topología tipo T y su estrategia de modulación, la cual se utiliza para realizar la transferencia de la energía desde el generador FV hacia la carga. Este tipo de convertidor tiene la ventaja de reducir el contenido armónico de la señal de voltaje de salida, y a su vez reducir el tamaño y peso del filtro pasa-bajas, el cual se utiliza para acoplar el sistema con la red eléctrica. El sistema propuesto se valida considerando parámetros orientados a instalaciones de tipo residencial. Se utiliza una herramienta de simulación orientada a sistemas electrónicos de potencia como PSIM, para validar el sistema propuesto, considerando el análisis de las señales de entrada y salida, así como la eficiencia y el comportamiento del voltaje de modo común.

INTRODUCCIÓN

El uso de fuentes no renovables para generar energía eléctrica provoca una excesiva emisión de gases, los cuales son uno de los factores que están ocasionando el cambio climático. Y una de las alternativas para solucionar este problema es transformar la energía solar en energía eléctrica por medio de sistemas FV. Estos sistemas no dañan el medio ambiente por lo que se considera que es una energía limpia y económicamente competitiva actualmente. Debido a esto en los últimos 10 años la energía renovable ha crecido exponencialmente [1]. Una parte esencial de los sistemas FV es el inversor FV, ya que es el encargado de convertir la corriente continua (CD) proveniente de los paneles FV en corriente alterna (CA). La señal de voltaje de salida de CA del inversor puede ser de dos niveles, tres niveles o multinivel. De manera que, conforme aumentan los niveles de voltaje existe una mejora en la onda de salida del inversor, la cual se mide mediante un parámetro conocido como Distorsión Armónica Total (DAT). La DAT permite medir que tan parecida es una forma de onda a una señal senoidal la cual se considera libre de contaminación armónica. Debido a que la DAT en un inversor multinivel es baja, existe un interés importante en desarrollar conocimiento y tecnología orientado a resolver problemas en esta área de conocimiento [2].

En este trabajo se presenta una topología de inversor FV monofásico multinivel de cinco niveles tipo T para sistemas FV conectados a la red. La topología que se presenta está diseñada para reducir el contenido armónico del voltaje de salida y para contribuir a la reducción de las corrientes de modo común que se presentan en sistemas FV que se acoplan a la red eléctrica sin aislamiento galvánico. Este tipo de sistemas tiene importantes ventajas como: forma de onda de salida mejorada, menor peso, filtro más pequeño, menor interferencia electromagnética (EMI), menor distorsión armónica total (THD), entre otros [3].

TEORÍA

Un panel solar está compuesto por una serie de celdas fotovoltaicas hechas de materiales semiconductores que absorben la energía solar, la cual está formada por diversas radiaciones electromagnéticas y todas ellas están formadas por fotones. La transformación de energía solar a energía eléctrica se produce por el efecto fotovoltaico, este depende de la energía que portan los fotones, los cuales son reflejados o absorbidos, si son absorbidos transmiten su energía a los electrones del material semiconductor produciendo una CD, que puede ser almacenada en baterías por medio de un regulador de voltaje y conectarse a un inversor para convertir la CD en CA. Por lo tanto, un sistema FV es el conjunto de dispositivos cuya función es convertir la energía solar en energía eléctrica, acondicionando la energía eléctrica a los requerimientos de una aplicación determinada [4].

El convertidor objeto de estudio de este trabajo se muestra en la Figura 1. Donde la fuente V_{CD} representa el voltaje proveniente del arreglo de paneles FV, la energía así generada será procesada mediante una manipulación adecuada de los interruptores para entregar a la carga una señal de voltaje de CA. El acoplamiento con la red eléctrica representada en la Figura 1 por V_S , se realiza utilizando un filtro de primer orden L_S , el cual ayuda a reducir el contenido armónico de la corriente inyectada a la red eléctrica.

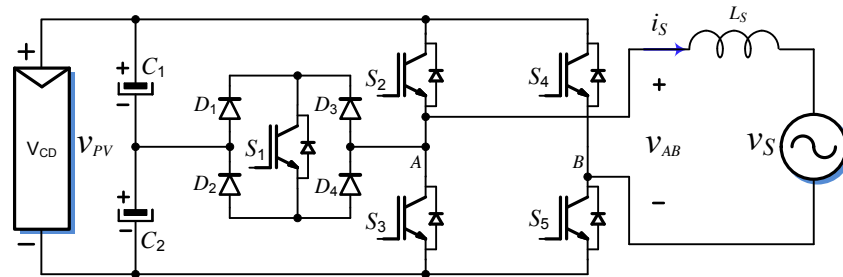


Figura 1. Topología tipo T multinivel con sujeción basada en un interruptor bidireccional.

Principio de operación

Para generar la señal de salida del inversor de la Figura 1 se usan señales PWM diseñadas en una secuencia particular. Para esto y de manera general se compara una señal triangular conocida comúnmente como *portadora* de alta frecuencia con una señal senoidal de baja frecuencia conocida como *señal de referencia*. De esta forma, una vez comparada la señal portadora con la señal de referencia, se genera una señal modulada que puede ser digitalmente manipulada para producir la secuencia deseada de accionamiento para los interruptores, en este caso representados por dispositivos semiconductores IGBTs.

En particular, la estrategia de modulación del control de los transistores del inversor de la Figura 1, se realiza utilizando dos señales de referencia las cuales se comparan con una señal portadora ($V_{portadora}$). Ambas señales de referencia $V_{referencia1}$ y $V_{referencia2}$ son idénticas entre sí y están desplazadas verticalmente una señal con respecto a la otra, como puede observarse en la Figura 2 [3].

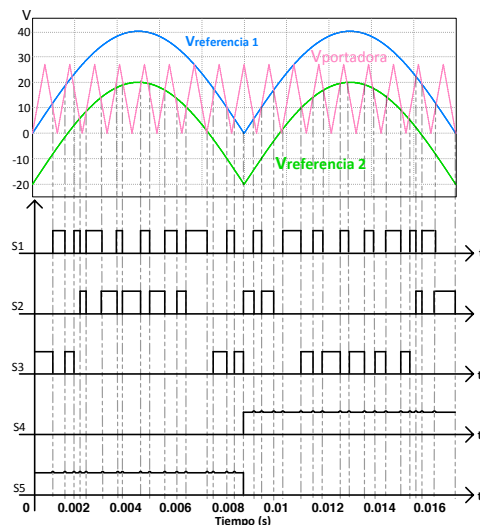


Figura 2. Estrategia de modulación para el inversor mostrado en la Figura 1.

De acuerdo con la Figura 2 el transistor S1 se activa cuando el voltaje de la portadora es menor que la señal $V_{referencia1}$ pero mayor que la señal $V_{referencia2}$, el transistor S2 se activa cuando el valor

instantáneo de la señal portadora es menor que el valor instantáneo de la señal $V_{referencia2}$, el transistor S_3 se satura cuando la señal de la portadora es mayor que la señal $V_{referencia1}$, lo anterior ocurre a lo largo del primer semi-ciclo de la onda rectificada. Además, se observa que los transistores S_4 y S_5 operan con la misma frecuencia que las señales de referencia. Por otro lado, en el segundo semi-ciclo la operación es similar pero de forma opuesta. En la Tabla 1 se muestran los estados de operación del convertidor para la generación de cada nivel de voltaje. Los valores de voltaje posibles a la salida del inversor son: voltaje positivo, voltaje medio positivo, cero, voltaje medio negativo y voltaje negativo [3]. En la Tabla 1, el "0" y el "1" indican el corte y la saturación de los transistores respectivamente.

Tabla 1. Estados de operación y niveles de voltaje para el convertidor propuesto.

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	V_{AB}
0	1	0	0	0	1	V_{CD}
1	0	0	0	0	1	$V_{CD}/2$
0	0	1	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0	$-V_{CD}/2$
0	0	1	1	0	0	$-V_{CD}$

Para generar el voltaje positivo de salida V_{CD} , la configuración de los interruptores es similar a la de un puente H convencional, es decir, los interruptores S_2 y S_5 se saturan y el resto de los interruptores se mantiene en corte. Con esta configuración, la corriente fluirá desde la fuente de alimentación hacia la carga a través de S_2 y S_5 , consiguiéndose de esta forma la transferencia de la energía. Un circuito equivalente simplificado de esta configuración se muestra en la Figura 3.

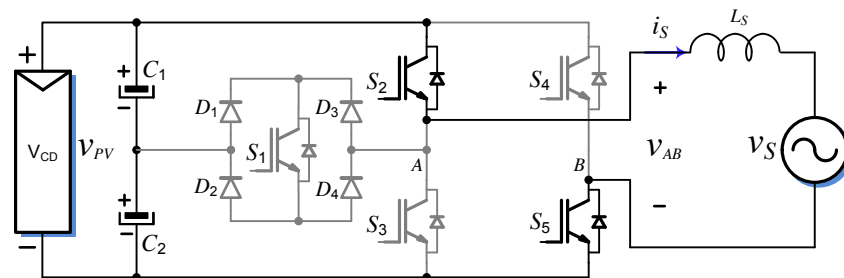


Figura 3. Configuración del inversor para generar un voltaje de salida V_{AB} igual a V_{CD} .

Por otro lado, para generar el voltaje de salida $V_{CD}/2$ se deben saturar los transistores S_1 y S_5 de acuerdo con la Tabla 1, de esta forma la corriente de salida fluirá a través de los transistores S_1 y S_5 y de los diodos D_1 y D_4 , como se muestra en la Figura 4. Notar que, en este caso, se utiliza el punto medio de los dos capacitores C_1 y C_2 , donde se supone duplicidad en las características de los mismos para garantizar que el voltaje a través de cada uno de ellos es el mismo.

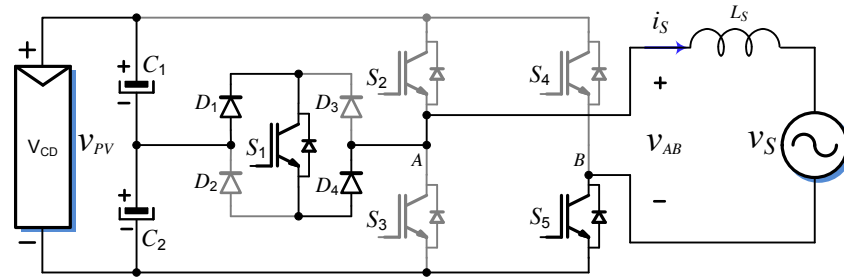


Figura 4. Voltaje de salida V_{AB} igual a $V_{CD}/2$.

El nivel de voltaje cero del voltaje de salida puede ser representado de diferentes formas, sin embargo, en la Figura 5 solo se presenta la primera opción de la Tabla 1, en este caso, se usa S3 y S5 para permitir que la corriente se salida circule libremente en la dirección previa, a esta etapa se le conoce comúnmente como “etapa de freewheeling o libre circulación”. Es importante resaltar que si en el estado anterior la corriente fluye del punto A al punto B en la carga, entonces en el momento que se establece la configuración para el estado nulo, la corriente debe seguir fluyendo en la misma dirección. De acuerdo con lo anterior, en el estado nulo, la corriente debería fluir por el transistor S5 y por el diodo en anti-paralelo del transistor S3. Esto podría indicar que no sería necesario saturar S3, pero se debe tomar en cuenta que al ser una carga inductiva puede existir un desplazamiento en fase entre corriente y voltaje, por lo que es necesario dotar al convertidor de bidireccionalidad para la corriente de la carga.

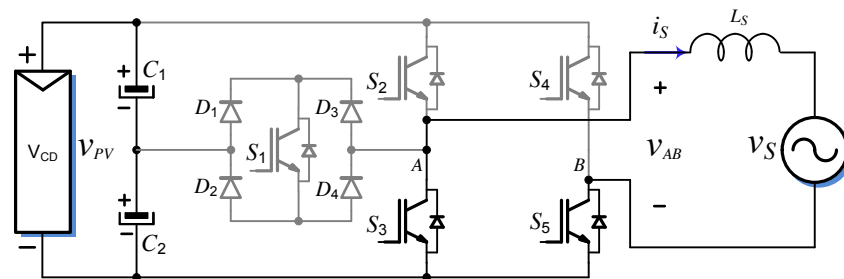


Figura 5. Voltaje de salida V_{AB} igual a 0.

Por otro lado, para generar el voltaje $-V_{CD}/2$ se activan S1 y S4, así que la corriente fluye a través de estos transistores y de los diodos D3 y D2. Un circuito equivalente de esta configuración se muestra en la Figura 6. Observar que en este caso, el terminal positivo del capacitor C1 está conectado al punto B de la carga, por lo que el voltaje de salida es negativo y opuesto a las configuraciones presentadas anteriormente. De igual forma la corriente en la carga se considera de dirección opuesta a los casos anteriores y de igual forma se deberá considerar operación en los cuatro cuadrantes para evitar que está se distorsione. Es necesario mencionar que el hecho de que la corriente fluya a través de cuatro dispositivos implicará que las pérdidas por conducción se incrementen, por lo que, dentro de las consideraciones prácticas, se deberá tomar en cuenta que se debe realizar una adecuada selección de los dispositivos semiconductores.

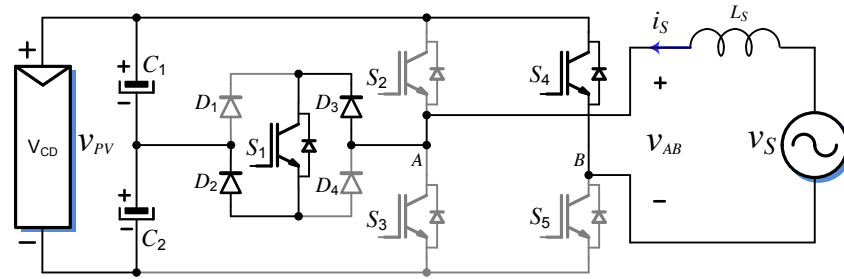


Figura 6. Voltaje de salida V_{AB} igual a $-V_{CD}/2$.

Finalmente, para generar el voltaje $-V_{CD}$ se saturan S_3 y S_4 , como se muestra en la Figura 7. La corriente entonces fluye del punto B al punto A en la carga y es suministrada por la fuente de alimentación desde el terminal positivo del capacitor C_1 , a través de S_4 y S_3 hasta regresar en el terminal negativo del capacitor C_2 .

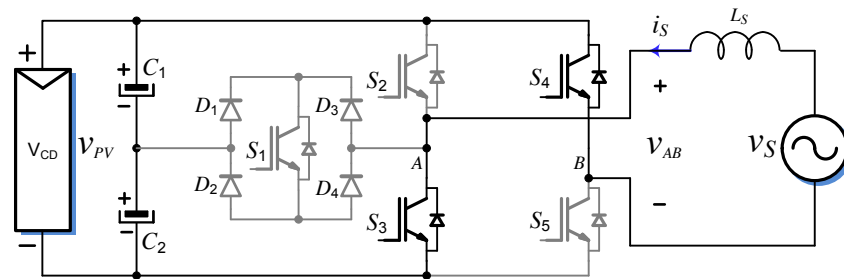


Figura 7. Voltaje de salida V_{AB} igual a $-V_{CD}$.

Simulación y resultados

Para validar el esquema de modulación planteado para controlar el estado de operación para cada interruptor se realizaron simulaciones utilizando PSIM que es un software de simulación especializado en sistemas electrónicos de potencia. Para la obtención de estos resultados se utilizaron los siguientes parámetros: frecuencia de conmutación de 10 kHz, voltaje de entrada de CD de 300V el cual se generó utilizando dos fuentes de CD ideales cada una en paralelo con un capacitor C_1 o C_2 , esto se hizo para asegurar que el voltaje en ambos capacitores es igual dado que no se implementó un lazo de control que garantizara esta condición. Inductancia de carga igual a 3 mH, frecuencia de la señal de salida de 60Hz, dispositivos semiconductores ideales, C_1 y C_2 de 1000 μF .

La Figura 8, muestra el resultado obtenido para el caso del voltaje de salida V_{AB} . Como puede observarse se tienen cinco niveles de voltaje, los cuales son: 300V, 150V, 0V, -150V y -300V, lo cual cumple con lo establecido en la Tabla 1. Además, puede observarse que los intervalos de tiempo en los cuales aparecen los diferentes niveles son asimétricos, esto depende principalmente de la relación de magnitudes entre la señal portadora y las señales de referencia, a esta relación se le conoce como ganancia o índice de modulación del convertidor. De esta relación depende también la magnitud de la componente fundamental del voltaje de salida.

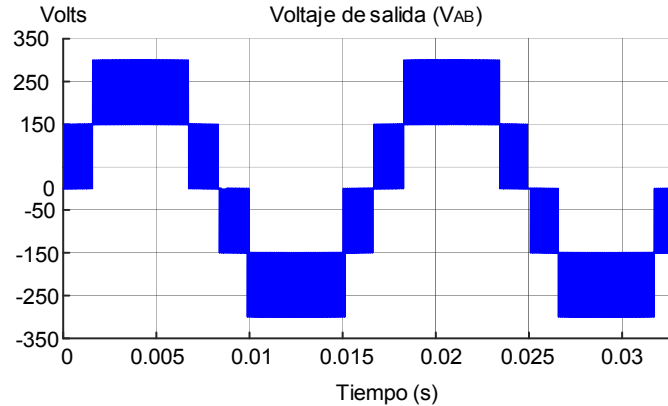


Figura 8. Voltaje de salida V_{AB} de la topología propuesta.

La forma de onda de la Figura 8, correspondiente al voltaje, impulsa a la corriente a fluir a través del filtro de primer orden representado por L_s . Por lo tanto, se esperaría que la corriente inyectada a la red eléctrica fuera muy cercana a una señal senoidal, lo cual se demuestra en la Figura 9. Se puede observar que existe una componente de alta frecuencia (10 kHz), esta componente es el rizado debido al proceso de conmutación de los interruptores y su magnitud depende de varios factores como: valor del inductor de filtrado, frecuencia de conmutación y del contenido armónico del voltaje de salida.

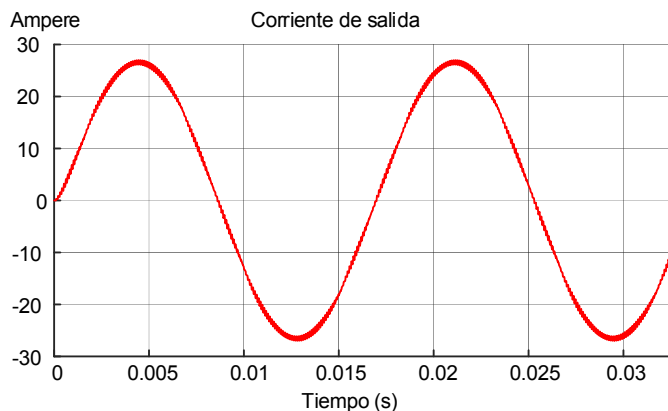


Figura 9. Corriente de salida de la topología tipo T multinivel.

Debido a que el inversor propuesto se utiliza en un sistema FV conectado a la red, el voltaje de salida debe ser mayor para garantizar que la potencia fluya del sistema FV a la red, para conseguir esto, en la etapa de entrada se suele utilizar un convertidor CD-CD elevador. Además, la corriente inyectada debe estar en fase con el voltaje de la red eléctrica con el fin de garantizar que se está inyectando potencia activa.

Finalmente, es necesario mencionar que este tipo de sistemas requiere que las pérdidas de potencia en el proceso de conversión sean tan reducidas como sea posible, de esta forma se garantiza que la energía generada por los paneles solares se aprovecha de una forma óptima.

CONCLUSIONES

En base al estudio realizado se puede concluir que el incremento en el número de niveles de voltaje de la señal de salida contribuye a la reducción del contenido armónico de la forma de onda. Adicionalmente, el incremento de los niveles de voltaje permite reducir los esfuerzos eléctricos en los dispositivos semiconductores contribuyendo así a aumentar la confiabilidad del sistema. Además, el voltaje de salida del inversor debe ser mayor al voltaje de la red, para que la potencia fluya del sistema FV a la red, estos sistemas son muy utilizados para la generación de energía eléctrica, ya que son una fuente de energía limpia, lo que ayuda a reducir la contaminación del medio ambiente y también es una fuente rentable por sus costos competitivos en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. REN21.(2017). Renewables 2017 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat.
2. G. E. Valderrama, G. V. Guzman, E. I. Pool-Mazún, P. R. Martinez-Rodriguez, M. J. Lopez-Sanchez and J. M. S. Zuñiga, "A Single-Phase Asymmetrical T-Type Five-Level Transformerless PV Inverter," in *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol. 6, no. 1, pp. 140-150, March 2018.
3. J. Selvaraj and N. A. Rahim, "Multilevel Inverter For Grid-Connected PV System Employing Digital PI Controller," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, no. 1, pp. 149-158, Jan. 2009.
4. K. C. Oliveira, M. C. Cavalcanti, J. L. Afonso, A. M. Farias and F. A. S. Neves, "Transformerless photovoltaic systems using neutral point clamped multilevel inverters," *2010 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Bari, 2010, pp. 1131-1136.
5. K. C. Oliveira, M. C. Cavalcanti, J. L. Afonso, A. M. Farias and F. A. S. Neves, "Transformerless photovoltaic systems using neutral point clamped multilevel inverters," *2010 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Bari, 2010, pp. 1131-1136.

RIZOFILTRACIÓN DE METALES PESADOS PROVENIENTES DE UNA INDUSTRIA GALVANOPLÁSTICA MEDIANTE SALVINIA NATANS

Diana Fernanda Sánchez Pacheco, Aline Hernández García, Luis Roberto Fischer Sánchez, Natalia Loera Quintos y María José Contreras Hernández

Facultad de Ingeniería, Universidad Anáhuac México.

Mail: diana.sanch23@gmail.com

RESUMEN

La rizofiltración es una biotecnología que se usa para el tratamiento de aguas residuales basado en el potencial de biosorción que presentan algunas plantas acuáticas.

En el presente trabajo se analizará la posibilidad de obtener las condiciones adecuadas, para limpiar el agua residual de una planta galvanoplástica, por medio de helechos acuáticos (*Salvinia natans*), que presentan gran capacidad biosorción de metales pesados, se tomará como línea base el níquel (Ni), por ser el metal pesado que se encuentra en mayor proporción. La *Salvinia natans* se puede considerar un hiperacumulador de metales pesados; esto quiere decir que los residuos con metales que son de gran toxicidad, son altamente bioacumulables.

La industria galvanoplástica, que colaboró con las muestras, se dedica al recubrimiento de tornillería y varilla donde los depósitos en general son de níquel. El níquel junto con otros metales pesados es altamente tóxico, por lo que este tipo de residuos se consideran de tipo peligroso, ya que están señalados en la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Dicha industria se enfoca en dividir sus aguas residuales en 3 vertientes, lo que se realizó, es observar si la *Salvinia natans* es capaz de sobrevivir en las 3 vertientes para realizar una rizofiltración, o si es posible una combinación de las 3 vertientes que logren las características necesarias para realizar la rizofiltración.

INTRODUCCIÓN

La *Salvinia natans* se seleccionó para realizar estudios ecológicos y de toxicidad, debido a que la planta puede resistir ambientes extremos y su alta productividad en tratamiento de aguas con contenido de metales pesados [3]. Se reportó que la *Salvinia Natans* fue capaz de eliminar un 90% de Hg y Cu en una muestra con concentraciones menores a 5 mg y máximas de 50 mg [4]. Así mismo la capacidad de bioacumulación de Cr⁶⁺ en una *Salvinia*, considerando otros aspectos como son el pH y la intensidad de la luz, lo realizó Olguín, demostrando la opción para ser empleada como bioacumulador de iones tóxicos y cancerígenos [6]. Por lo tanto, existen diversos trabajos donde se reporta la *Salvinia natans* como buen prospecto como bioacumuladora de diversos metales pesados en distintos ambientes y condiciones tanto de concentraciones de metales pesados, como de pH y nivel de iluminación.

La industria Galvanoplástica produce residuos contaminantes de forma acuosa, los cuales contienen níquel, el cual es un metal pesado y está presente en mayor proporción ya que en la muestras recibidas, se tiene que Ni total presente es de 189,706.13 mg/L, lo cual rebasa por mucho el límite permisible de 4 mg/L, de la NOM-002-ECOL-1996. Además de que es considerado como un residuo peligroso de clasificación CPR: (T,C) Clave: RP 8/04, de acuerdo a la norma NOM-052-SEMARNAT-2. Las plantas de tratamientos fisicoquímicos tienen costos muy elevados y no reducen el problema, ya que se limpia el agua, pero se generan lodos con moléculas más complejas por el uso de floculantes. Por lo que se requiere desarrollar métodos y tecnologías bajo las cuales se cuenten con las condiciones adecuadas para llevar a cabo métodos biotecnológicos que son más baratos y de técnicas de aplicaciones más sencillas de operar.

La propuesta del presente trabajo es usar la especie *Salvinia natans* para realizar rizofiltración, a efluentes de residuos acuosos de una empresa galvanoplástica, con concentraciones de Ni totales de 189,706.13 mg/L y lograr las condiciones óptimas para lograr reducciones de este metal pesado y no generar más residuos peligrosos al realizar un tratamiento de aguas de forma fisicoquímica.

METODOLOGÍA

Se caracterizan cada una de las muestras de los efluentes donados por la empresa galvanoplástica, para corroborar las composiciones reportadas por la misma. Se realizan mediciones de pH para cada uno de los efluentes. Los efluentes contaminados de industria son:

- Tintas de enjuague, Enjuagues (Ees)
- Enjuagues de limpieza de línea ácida, fosa y canal, Contaminada (Cda)
- Soluciones concentradas, Concentrados (Cdos)

Se realizan caracterizaciones de cada una de las plantas seleccionadas, antes de los experimentos. Se procede a colocar un espécimen de la especie *Salvinia natans* en 450 mL de agua con microorganismos propios del agua donde coexiste la especie en equilibrio y 450 mL del efluente seleccionado. Se realizan observaciones durante el experimento. Y al finalizar se hace caracterización. Se decidió que la planta debía tener parte de la fauna microbiana para optimizar su supervivencia.

En una segunda etapa se hará combinaciones de efluentes para conseguir condiciones que aseguren la mejor supervivencia de la especie y que la eficiencia de biosorción aumente. Nuevamente con estas nuevas condiciones se colocarán nuevas plantas de *Salvinia natans* para ver el efecto de la nueva composición.

Finalmente se analizarán todos los resultados obtenidos por los diferentes métodos de caracterización, para concluir que condiciones son las más óptimas y si es posible usar la especie *Salvinia natans* para uso en rizofiltración.

RESULTADOS

Primera Etapa

La selección de especímenes vegetales de la especie *Salvinia natans* se realizó el 27/09/17 registrando los datos que se muestran en la Tabla 1,

Tabla 1. Selección de especímenes

Planta	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	FigurNo. de hojas
I.Cda	2.9570	5.7	3.3	10
I.Cdos	2.9087	5.1	2.9	10
I.Ees	3.1723	5.8	3.1	13

Se colocan los especímenes en frascos de 900 mL el día 29/09/17, 3 de ellos se someten a una combinación de 50% efluente y 50% fauna microbiana propia de la planta.

Las plantas se colocaron en cada solución a las 11:40am, a las 2:00pm (2 horas 20 minutos) se empezó a notar la biosorción. Se nota en las raíces la acumulación de material, en especial en la ICda.

Mediciones de pH

Se tomaron las pruebas de pH de cada planta:

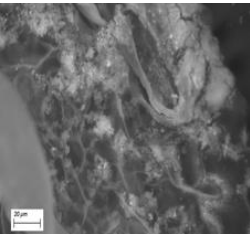
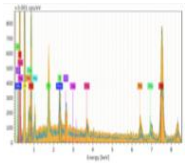
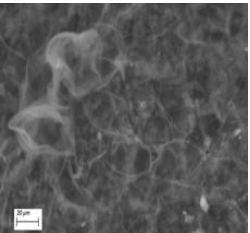
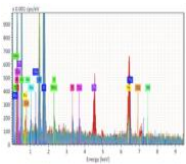
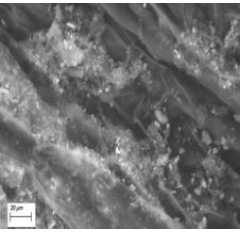
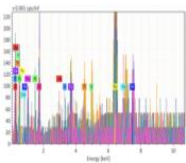
- I.Cda, pH=7 (Neutro)
- I.Cdos, pH=3 (Ácido)
- I.Ees, pH=9 (Alcalino)

Dato: Tanto en la I.Cdos y la I.Ees se detecta olor y perecieron al cabo de 3 días.

Tabla 2. Porcentajes de adición de las 3 vertientes para obtener mejores condiciones de supervivencia.

Volúmenes Propuestos	% Volumen de Propuestos
20mL Cdos	22%
40mL Ees	44%
30mL Cda	34%
TOTAL: 90mL	TOTAL: 100%

Tabla 3. Comparativo de la Primera Etapa, Especímenes Vegetales

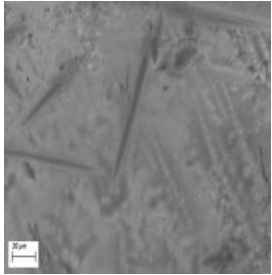
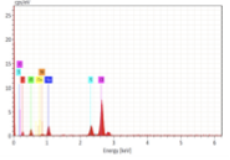
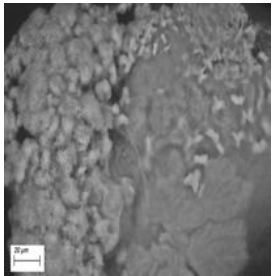
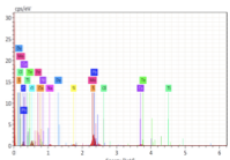
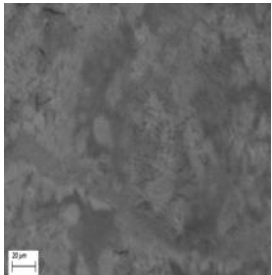
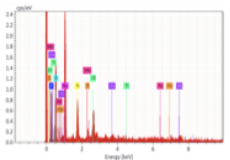
Vertiente	Peso inicial	[Ni] sol'n	pH	MEB (Microscopía Electrónica de Barrido)	Espectro RX, Peso final y [Ni] en planta
I.Cda	2.957g	17.15% _m	7		 11.27g, 9.2% _m
I.Cdos	2.908g	0% _m	3		 10.47g, 0.06% _m
I.Ees	3.172g	2% _m	9		 11.21g, 1.3% _m

De acuerdo a la tabla 3, las plantas se encontraban sanas al momento de su uso para biorremediación, ya que el color era característico de esta especie (hojas verde esmeralda), con un

número de hojas que indicaba que no eran individuos jóvenes, esto nos ayuda a que el espécimen tenga mayor resistencia, sin embargo al estar en contacto con las vertientes el resultado es que las células de la planta se vuelven cafés y pálidas, lo que indica la muerte celular de la planta, sobre todo en el caso de los especímenes de las vertientes ICda e IEes, se ve a bajos aumentos la acumulación de un material amarillo pálido, en las células de la planta, aunque no saturan los tricomas de las plantas. En los resultados de MEB (Microscopía Electrónica de Barrido) en los cortes transversales se aprecia que la biosorción llegó a tejidos, tanto de xilema como de floema, por lo que la biosorción no solo se quedó a nivel frontera. Por lo que podemos decir que la biosorción que presenta el espécimen es tanto de tipo absorción como adsorción.

Los porcentajes de metal pesado (en este caso Ni, que se usa como la línea base para este trabajo) tiene un alto porcentaje de biosorción el cual es directamente proporcional a la cantidad de metal pesado al que es expuesto. Es decir, a mayor cantidad de metal presente en la vertiente, mayor será el metal biosorbido por la planta. En la última columna de la tabla 5, se aprecia que el pico de Ni es de tamaño considerable, en el espectro de DRX, por lo que confirma la presencia de dicho metal.

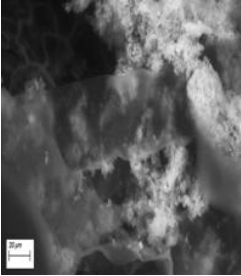
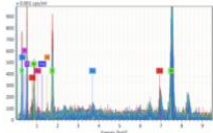
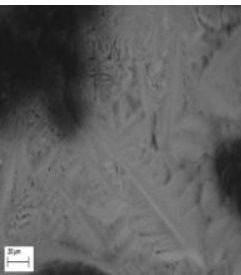
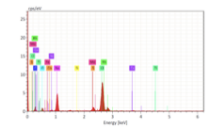
Tabla 4. Comparativo de la Primera Etapa, Soluciones acuosas

Vertiente	[Ni] vertiente	pH	MEB (Microscopía Electrónica de Barrido)	Espectro RX, [Ni] en agua
I.Cda	17.15% m	7		 4.58% m
I.Cdos	0% m	3		 0.1% m
I.Ees	2% m	9		 0.64% m

En la tabla 4, se aprecian los resultados de la etapa acuosa antes y después de la aplicación de la *Salvinia natans*, en el caso de la muestra I.Cda, presenta solidificación de las sales disueltas en el agua de forma dendrítica, lo cual es característico de sistemas ricos en metales, el porcentaje de reducción del Ni en esta vertiente fue del 12.57%, en el caso de la muestra ICdos, el Ni no es un metal adecuado para tomar como referencia ya que es tan poca la cantidad que solo se encuentra en pequeñas trazas, como lo muestra el porcentaje final de 0.1%, debemos recordar que las concentraciones iniciales, son las proporcionadas por la empresa, por lo que pueden diferir ligeramente, como fue el caso del pH. En el caso de la muestra de I.Ees, el porcentaje de reducción del Ni fue de un 1.36%.

En el caso de la primera etapa, los especímenes sobrevivieron relativamente poco tiempo, lo que disminuyen sus posibilidades de continuar biosorbiendo los contaminantes del agua para lograr una adecuada rizofiltración, además de que si se opta por esta opción se necesitan 3 tanques de estadía para tener las plantas realizando la rizofiltración. Por lo que se opta por intentar la segunda etapa, en la cual se obtuvo como resultado un mayor tiempo de sobrevivencia, en donde la planta sobrevivió 3 semanas, por lo que tiene mayor posibilidad de hacer una rizofiltración más óptima. Los resultados de la etapa 2, se presentan a continuación en la tabla 5.

Tabla 5. Comparativo de la Segunda Etapa, Solución Acuosa y Espécimen Vegetal.

Vertiente	[Ni]vertiente	pH	MEB (Microscopía Electrónica de Barrido)	Espectro DRX, [Ni] en agua
Etapa 2	8.41% _m	7		 61.37% _m
Líquido Etapa 2	8.41% _m	7		 1.53% _m

El porcentaje de Níquel presente en la planta después de 3 semanas en estas condiciones es el mayor porcentaje con 61.37% en masa, mientras que el porcentaje de reducción de cantidad de Níquel removida del agua es el mayor con un 81.8%, por lo que la propuesta de combinación de vertientes, nos da un buen resultado de rizofiltración

CONCLUSIONES

La *Salvinia natans* logra biosorber más del 200% de su peso en metales pesados en el caso de aguas residuales de industria galvanoplástica. En una primera etapa los porcentajes de bioacumulación se encuentran entre 1.3 y 9.2 % dependiendo la concentración inicial a la cual se exponga la planta. Reduciendo la cantidad de Ni del agua hasta un 12.57%, pero solo tiene unas horas de supervivencia. En la segunda etapa usando las mismas vertientes se ajustó a un pH neutro y una concentración intermedia, logrando una biosorción de Ni de 61.37% en masa del total de la planta y una remediación de Ni en agua de 7%, con un tiempo de supervivencia de 3 semanas. La reducción de Ni presente en el agua es mayor en las condiciones de la segunda etapa, ya que el % reducido es mayor que el porcentaje para la vertiente I.Cda. La aplicación de estrategias para el uso de los mismos residuos acuosos de la planta logra condiciones óptimas para el uso de biorremediaciones, basados en la biosorción de metales empleando plantas acuáticas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Al-Hamdani , S.F. y Ballow-Sirna, C. 2008. Physiological responses of *Salvinia minima* to different phosphorus and nitrogen concentrations. *Am Fern J* 98(2):71–82.
2. Jacono, C.C. 2003. *Salvinia*. <http://salvinia.er.usgs.gov/>
3. Olgún, E.J. Hernández, E., Coutiño, P. and González, R. 1994. Aprovechamiento de Plantas acuáticas para el tratamiento de aguas Residuales. En: *Tecnologías Ambientales para el Desarrollo Sustentable* [Olgún, Peña, Hernández, Camacho, Comp.] Instituto de Ecología, A.C.

4. Sen, A.K. and Mondal, N.G. 1987. *Salvinia natans* – As the scavenger of Hg (II). *Water Air & Soil Pollut* 34: 439-446.
5. Sen, A.K. and Mondal, N.G. 1990. Removal and uptake of copper (II) by *Salvinia natans* from wastewater. *Water, Air & Soil Pollut* 49:1-6.
6. Olguín, E.J., Sánchez-Galván, G., Pérez-Pérez, T. y Pérez-Orozco, A. 2005. Surface adsorption, intracelular accumulation and compartmentalization of lead in batch operated lagoons with *Salvinia minima* as affected by environmental conditions, EDTA and nutrients, *J Ind Microbiol & Biotechnol* 32:577–586.
7. Das, N., Vimala, R., Karthika, P. (2008). Biosorption of heavy metals - An overview. *Indian J Biotechnol* 7:159-169.
8. Jiménez, C. B. E. (2001). La contaminación ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada. LIMUSA. 1a edición, 2a reimpresión. México. pp. 48-59.
9. Misra, S. G. (1992). *Metallic Pollution*. Ashish Publishing House. New Delhi.
10. Sarkar, B. (2002). *Heavy metals in the environment*. Marcel Dekker, Inc. United States of America. pp. 349-407.
11. Galván, C. Gloria Sánchez. “*Mecanismos de adsorción y acumulación intracelular de Pb2 en Salvinia minima*”. Master’s thesis, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, Julio del 2010. México: Casa abierta al tiempo, 2010. 38-44.
12. García, Erick Aranda. *Biosorción de Cromo y Níquel por la cáscara de la bellota encino*. Master’s thesis, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Junio del 2010. México, 2010. 2-22.
13. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal. (1997).
14. Gobernación, S. d. (2010). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de NOM-052-SEMANAT-2010:
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4912592&fecha=23/06/2006
15. Cotoras, D. T. (1995). Recicladores invisibles. *Induambiente* 13(14):27-29
16. Volesky, B. (2001). Detoxification of metal-bearing effluents: Biosorption for the next century. *Hydrometallurgy*. 59: 203–216.
17. Bailey, S. E., Olin, T. J., Bricka, R. M., Adrian, D. D. (1999). A review of potentially low- cost sorbents for heavy metals. *Water Res* 33(11):2469-2479.
18. Wang, J., Chen, C. (2006). Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: A review. *Biotechnol Adv* 24:427–451.

PROPUESTA DE CUBICAJE PARA UNA MIPYME: MÉTODO RÁPIDO Y MÉTODO EXACTO

Gabriela Calderón Guzmán, Roberto Baeza Serrato

Universidad de Guanajuato. División de Ingenierías.
Departamento de Estudios Multidisciplinarios**RESUMEN**

A través de un análisis de cubicaje mediante dos métodos distintos, se construye una propuesta de solución referente al almacenamiento de los materiales dentro del vehículo de carga para la logística de distribución, logrando mantener el correcto funcionamiento del transporte, ahorros en las rutas del mismo y la optimización de las condiciones técnicas del vehículo. Se realizaron los cálculos correspondientes en el almacenamiento de las mercancías dentro del transporte de carga, con el objetivo de llevar la mayor cantidad de carga posible para el máximo aprovechamiento del equipo de transporte. Los resultados indicaron que la MiPyME analizada utiliza menos del 25% de la capacidad de carga del vehículo, el aprovechamiento del mismo podría incrementarse mediante una modificación en el área de carga para crear mayor volumen disponible y sostén de las mercancías. Esta investigación sirve para comprender el diseño de un análisis de cubicaje por distintos métodos y resaltar la importancia que esta herramienta representa para el correcto funcionamiento de los transportes de acuerdo a su capacidad de estiba, además de representar una aplicación importante para el ahorro en almacenamiento y la disminución del costo logístico. Para cualquier sector productivo, el transporte de materiales significa un alto porcentaje del valor de los bienes.

INTRODUCCIÓN

Las microempresas tienen una importante contribución al crecimiento económico, la competitividad, la innovación y la creación de empleo en los países latinoamericanos. (Neira, 2006). Han dejado de tener un carácter marginal, ya que ante la coyuntura actual, éstas han: i) contribuido a la reorganización de la producción; ii) tenido la capacidad de resistir el lento crecimiento de la economía a través de su impacto en el empleo y en la equidad y, iii) mostrado su capacidad para resistir un entorno adverso, caracterizado por una profunda crisis económica y grandes cambios en el mercado internacional. (Tunal, 2003)

Las microempresas son importantes porque alivian hasta cierta medida la pobreza extrema y representan, por lo tanto, la oportunidad de mejorar el nivel de vida de sus propietarios. Adicionalmente, diversas fuentes establecen que en México entre el 80 y el 90% de las empresas son micro, pequeña y mediana, lo que las convierte en elemento clave de activación de la economía interna del país. (López 2007)

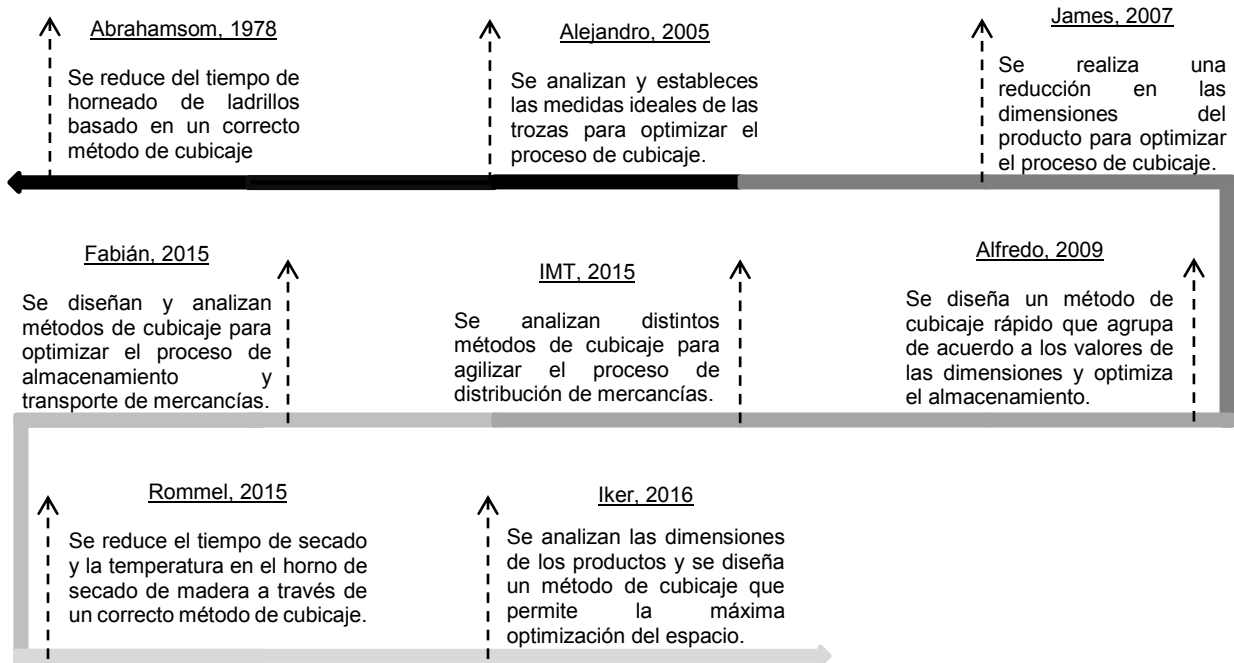
En la presente investigación el caso de estudio se conforma por una microempresa dedicada a la carpintería conocida como "La carpintería de Neto", donde se analizó la forma actual en la que se realiza el cubicaje dentro de los procesos de logística de distribución; para Bortfeldt y Wascher. (2012), el problema de cubicaje se define como un problema de asignación geométrica, en la que objetos pequeños de tres dimensiones (llamada carga) tienen que ser asignados al interior de grandes objetos rectangulares (cúbicos) tridimensionales (llamados contenedores), con objeto de optimizar el espacio, el cual debe ser atendido mediante un proceso de planeación.

La NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014 regula las características sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, con un enfoque en la seguridad y cuidado a la infraestructura de transporte, afectando las condiciones de diseño del cubicaje, en términos de peso y volumen.

El propósito de la presente investigación es la creación de una propuesta de solución óptima del proceso de cubicaje dentro de la logística de distribución de una MiPyME en Uriangato, Gto., respetando las condiciones establecidas por la NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014.

Revisión de la literatura

Esta sección muestra las herramientas utilizadas con anterioridad en base a los problemas de cubicaje y los métodos para su solución, como resultado de sus aplicaciones en diferentes casos de estudio seleccionados mediante una estricta búsqueda de antecedentes, representada por la siguiente línea del tiempo respecto a la fecha de su publicación.



A través de la revisión de la literatura se concluye que la utilización de los diferentes métodos de cubricaje permite la reducción en los costos logísticos, además de tener una influencia positiva en las características técnicas de los transportes de carga y su utilización. Las diferentes aplicaciones de cubricaje en distintos casos de estudio muestran beneficios para las distintas empresas y la obtención del resultado esperado respecto a la optimización en el almacenaje y transporte de mercancías.

TEORÍA

Según la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (2015), los conceptos básicos para contextualizar el presente trabajo de investigación se definen de la siguiente manera:

Cubicaje

Se refiere a la acción de acomodar las mercancías en un camión, caja semirremolque o contenedor multimodal, con el objetivo de llevar la mayor cantidad de carga para aprovechar al máximo la capacidad del equipo de transporte, respetando las restricciones técnicas de los vehículos y la normatividad establecida por las autoridades.

Método Rápido

Este método es el más simple y consiste en llevar a cabo los siguientes pasos:

- Determinar el volumen de la caja que contiene el producto y determinar el volumen total de la carga.
- Determinar el volumen del contenedor.
- Calcular el número de cajas dividiendo el volumen del contenedor entre el volumen de la carga; del resultado, tomar el número entero (sin decimales).
- Restar 10 o 15% a la cantidad que dio como resultado. Dependiendo del margen de error que desee aplicar la empresa.
- Determinar la capacidad de uso del contenedor.

Método exacto o de la matriz

Este método se basa en la construcción de una matriz de cálculo, como apoyo a la toma de decisiones y consiste en llevar a cabo los siguientes pasos:

Paso 1. Construir una matriz, y capturar el largo, ancho y alto del contenedor y de la caja que será cubicada.

Paso 2. Calcular el número de cajas que caben en el largo del contenedor para el largo, ancho y alto de la caja que será cubicada.

Paso 3. Determinar la longitud que ocupa el número total de cajas calculadas en el paso anterior para el largo, ancho y alto de la caja que será cubicada.

Paso 4. Obtener el espacio perdido o no cubierto por el número de cajas acomodadas a lo largo del contenedor, para el largo, ancho y alto de la caja que será cubicada.

Paso 5. Hacer lo mismo del paso 1 al 4 para el ancho y alto del contenedor.

Paso 6. Llevar a cabo las combinaciones de largo, ancho y alto de las cajas que caben en las dimensiones de largo, ancho y alto del contenedor, para determinar el número total de cajas que serán cubicadas.

PARTE EXPERIMENTAL

El caso de estudio de la presente investigación se realizó mediante un trabajo de campo, los datos utilizados para el análisis fueron recabados de forma directa con el dueño de la empresa durante varias sesiones informativas. Estas sesiones se realizaron de manera programada, atendiendo a la disponibilidad del empresario y del investigador con el objetivo de generar un ambiente de trabajo adecuado para la correcta transferencia de la información requerida en cada una de estas. Las etapas del proceso de investigación se presentan en la siguiente figura:

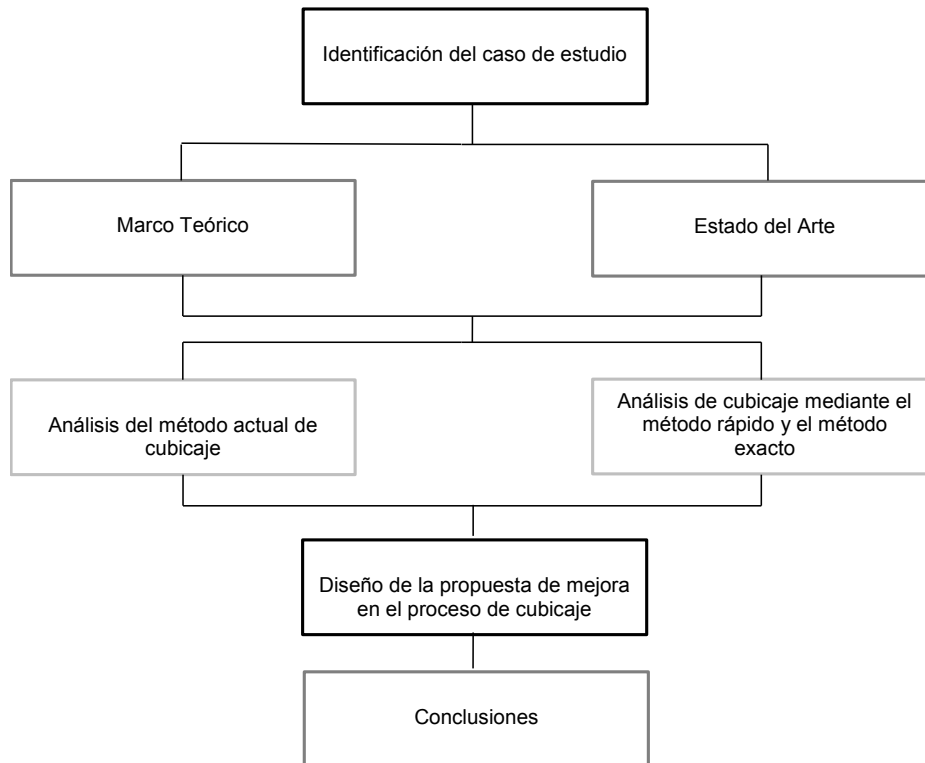


Ilustración 14 Metodología de la investigación

RESULTADOS

Un correcto cubicaje para la entrega de productos permitirá optimizar la capacidad de carga del vehículo, lo que generará para el empresario mayor ahorro del costo logístico.

Para aplicar una metodología de cubicaje se deben conocer las características del contenedor y del mueble a transportar; en este caso los productos a entregar son burós de 40 cm de largo, 45 cm de ancho y 60 cm de alto con un peso de 21 kg, cuyo diseño es el siguiente:

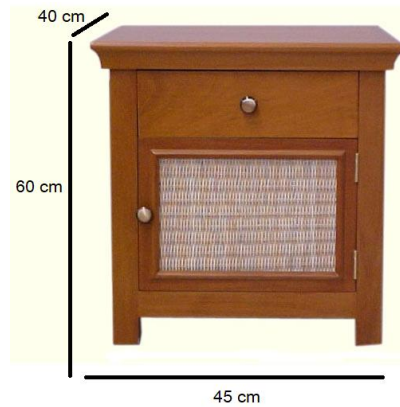


Ilustración 15 Diseño y dimensiones del producto a cubicar

Por otro lado, el medio de transporte utilizado por la empresa es una camioneta Chevrolet S10 1992 que cuenta con 190 cm de largo, 140 cm de ancho y 40 cm de alto, con una capacidad de carga de 980 kg, equivalente a 0.98 toneladas, mostrando a continuación los factores mencionados anteriormente:



Ilustración 17 Transporte de carga



Ilustración 16 Contenedor del transporte de carga

Para una mejor comprensión, los datos necesarios de ambos factores se muestran en la siguiente tabla:

Factor	Descripción	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Capacidad de carga / Peso (Kg)
Transporte	Camioneta Chevrolet S10 1992	190	40	140	1'064,000	980
Producto	Buró de caoba con cajón y puertilla	40	60	45	108,800	21

Tabla 9 Características generales del producto y el contenedor

Método Rápido

Este método es el más simple y consiste en llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Determinar el volumen de la caja que contiene el producto y determinar el volumen total de la carga.
 $\text{Largo} * \text{Alto} * \text{Ancho}$
 $40 * 45 * 60 = 108,800 \text{ cm}^3$
2. Determinar el volumen del contenedor.
 $\text{Largo} * \text{Alto} * \text{Ancho}$
 $190 * 140 * 40 = 1'064,000 \text{ cm}^3$
3. Calcular el número de cajas dividiendo el volumen del contenedor entre el volumen de la carga; del resultado, tomar el número entero (sin decimales).
 $1'064,000 / 108,800 = 9.77 = 9 \text{ burós}$

4. Restar 10 o 15% a la cantidad que dio como resultado. Dependiendo del margen de error que desee aplicar la empresa.
 $9 \times 0.10 = 0.9 = 0$ $9 - 0 = 9$ burós
 $9 \times 0.15 = 1.35 = 1$ $9 - 1 = 8$ burós
5. Determinar la capacidad de uso del contenedor.
 Para el 10% $9 \times 21 \text{ kg} = 189 \text{ kg} = 0.189 \text{ ton}$
 $0.189/0.98 = 0.1836 \times 100 = 18.36\%$
 Para el 15% $8 \times 21 \text{ kg} = 168 \text{ kg} = 0.168 \text{ ton}$
 $0.168/0.98 = 0.1714 \times 100 = 17.14\%$

Debido a la altura de la caja de la camioneta el volumen de la misma es bajo en comparación con la capacidad de carga, por eso, la utilización del vehículo es un porcentaje muy reducido.

Método Exacto o De La Matriz

Para este método se utilizarán las mismas dimensiones tanto del producto como del vehículo.

El método exacto se basa en la construcción de una matriz de cálculo, como apoyo a la toma de decisiones y consiste en llevar a cabo los siguientes pasos:

Paso 1. Construir una matriz, y capturar el largo, ancho y alto del contenedor y de la caja que será cubicada.

	MEDIDAS DEL BURÓ			
CONTENEDOR	LARGO	ANCHO	ALTO	
LARGO	190	40	45	60
Burós a lo largo				
Espacio ocupado				
Espacio perdido				
ANCHO	140			
Burós a lo ancho				
Espacio ocupado				
Espacio perdido				
ALTO	40			
Burós a lo alto				
Espacio ocupado				
Espacio perdido				

Tabla 10 Paso 1 Método exacto

Paso 2. Calcular el número de cajas que caben en el largo del contenedor para el largo, ancho y alto de la caja que será cubicada, utilizando únicamente números enteros (sin decimales).

	MEDIDAS DEL BURÓ			
CONTENEDOR	LARGO	ANCHO	ALTO	
LARGO	190	40	45	60
Burós a lo largo		4	4	3
Espacio ocupado				
Espacio perdido				
ANCHO	140			
Burós a lo ancho		3	3	2
Espacio ocupado				
Espacio perdido				
ALTO	40			
Burós a lo alto		1	0	0
Espacio ocupado				
Espacio perdido				

Tabla 11 Paso 2 Método exacto

Paso 3. Determinar el espacio que ocupa el número total de cajas calculadas en el paso anterior para el largo, ancho y alto de la caja que será cubicada.

CONTENEDOR	MEDIDAS DEL BURÓ			
	LARGO	ANCHO	ALTO	
LARGO	190	40	45	60
Burós a lo largo		4	4	3
Espacio ocupado		160	180	180
Espacio perdido				
ANCHO	140			
Burós a lo ancho		3	3	2
Espacio ocupado		120	135	120
Espacio perdido				
ALTO	40			
Burós a lo alto		1	0	0
Espacio ocupado		40	0	0
Espacio perdido				

Tabla 12 Paso 3 Método exacto

Paso 4. Obtener el espacio perdido o no cubierto por el número de cajas cubicadas a lo largo del contenedor, para el largo, ancho y alto de la caja que será cubicada.

CONTENEDOR	MEDIDAS DEL BURÓ			
	LARGO	ANCHO	ALTO	
LARGO	190	40	45	60
Burós a lo largo		4	4	3
Espacio ocupado		160	180	180
Espacio perdido		30	10	10
ANCHO	140			
Burós a lo ancho		3	3	2
Espacio ocupado		120	135	120
Espacio perdido		20	5	20
ALTO	40			
Burós a lo alto		1	0	0
Espacio ocupado		40	0	0
Espacio perdido		0	40	40

Tabla 13 Paso 4 Método exacto

Paso 5. Hacer lo mismo del paso 1 al 4 para el ancho y alto del contenedor.

Paso 6. Llevar a cabo las combinaciones de largo, ancho y alto de las cajas que caben en la dimensiones de largo, ancho y alto del contenedor, para determinar el número total de cajas que serán cubicadas.

CONTENEDOR	MEDIDAS DEL BURÓ			
	LARGO	ANCHO	ALTO	
LARGO	190	40	45	60
Burós a lo largo		4	4	3
Espacio ocupado		160	180	180
Espacio perdido		30	10	10
ANCHO	140			
Burós a lo ancho		3	3	2
Espacio ocupado		120	135	120
Espacio perdido		20	5	20
ALTO	40			
Burós a lo alto		1	0	0
Espacio ocupado		40	0	0
Espacio perdido		0	40	40

Tabla 14 Paso 6 Método exacto

Finalmente, se establecen el número de productos que corresponden a cada combinación y el porcentaje de utilización del vehículo:

CONTENEDOR	MEDIDAS DEL BURÓ			Burós totales	Uso del contenedor	
	LARGO	ANCHO	ALTO			
LARGO	190	40	45	60		
Burós a lo largo		4	4	3	0	0%
Espacio ocupado		160	180	180		
Espacio perdido		30	10	10		
ANCHO	140					
Burós a lo ancho		3	3	2	8	17.14%
Espacio ocupado		120	135	120		
Espacio perdido		20	5	20		
ALTO	40					
Burós a lo alto		1	0	0	0	0%
Espacio ocupado		40	0	0		
Espacio perdido		0	40	40		

Tabla 15 Método exacto, combinaciones y utilización

Analizando el número de burós que pueden transportarse y el porcentaje de utilización del vehículo se concluye como la mejor opción el cubicaje de la combinación amarilla:

Burós totales: 3 burós a lo largo * 3 burós a lo ancho * 3 burós a lo alto = 27 burós

Diseño de la propuesta

La propuesta planteada para el proceso de cubicaje en La Carpintería de Neto consiste en la implementación de unas redilas de madera de un metro de altura sobre la caja de carga; logrando aumentar el volumen un total de 26'600,000 cm³, es decir, 250% la capacidad del espacio actual, otorgando la posibilidad de transportar los siguientes burós en comparación a las condiciones actuales:

Método Rápido

Sustituyendo los datos por las nuevas medidas los resultados de ambas perspectivas (actual, propuesta) son los siguientes:

Factor	Volumen del producto	Volumen del contenedor	Burós totales	Kg totales	Error al 10%	Uso del contenedor	Error 15%	Uso del contenedor
Actual	108,800	1'064,000	9	189	9	19.29%	8	17.14%
Propuesta	108,800	3,724,000	34	714	31	66.42%	29	62.14%

Tabla 16 Comparativa método exacto, actual y propuesta

La implementación de propuesta genera en la caja de carga un volumen capaz de almacenar 25 burós más que en las dimensiones actuales, equivalente a 277.% de acuerdo al método rápido.

Método Exacto o De La Matriz

Sustituyendo los datos por las nuevas medidas los resultados de ambas perspectivas (actual, propuesta) son los siguientes:

ACTUAL						
CONTENEDOR	MEDIDAS DEL BURÓ				Burós totales	Uso del contenedor
	LARGO	ANCHO	ALTO			
LARGO	190	40	45	60		
Burós a lo largo		4	4	3	0	0%
Espacio ocupado		160	180	180		
Espacio perdido		30	10	10		
ANCHO	140					
Burós a lo ancho		3	3	2	8	17.14%
Espacio ocupado		120	135	120		
Espacio perdido		20	5	20		
ALTO	40					
Burós a lo alto		1	0	0	0	0%
Espacio ocupado		40	0	0		
Espacio perdido		0	40	40		

Tabla 17 Resultados método exacto actual

PROPUESTA						
CONTENEDOR	MEDIDAS DEL BURÓ				Burós totales	Uso del contenedor
	LARGO	ANCHO	ALTO			
LARGO	190	40	45	60		
Burós a lo largo		4	4	3	24	51.42%
Espacio ocupado		160	180	180		
Espacio perdido		30	10	10		
ANCHO	140					
Burós a lo ancho		3	3	2	24	51.42%
Espacio ocupado		120	135	120		
Espacio perdido		20	5	20		
ALTO	140					
Burós a lo alto		3	3	2	27	57.85%
Espacio ocupado		120	135	120		
Espacio perdido		20	5	20		

Tabla 18 Resultado método exacto, propuesta

La implementación de la propuesta genera en la caja de carga un volumen capaz de almacenar 19 burós más que en las dimensiones actuales, equivalente a 237.5% de acuerdo al método exacto.

CONCLUSIONES

Debido a la altura de la caja de la camioneta el volumen de la misma es bajo en comparación con la capacidad de carga, repercutiendo en un porcentaje muy reducido respecto a la utilización del vehículo en ambos métodos; dando como resultado un porcentaje menor al equivalente a un cuarto de la capacidad del transporte.

Colocando sobre la camioneta unas redilas de 1 metro de alto el volumen del contenedor aumentaría un total de 26'600,000 cm³, es decir, su capacidad se incrementaría un 250%, otorgando la posibilidad de transportar 34 burós por el método rápido y 27 por el método exacto, utilizando más del 55% de la capacidad de carga, 40% más respecto a los resultados con las dimensiones actuales en ambos métodos de cubijaje.

Como herramienta de optimización que se utiliza para disminuir desperdicios en la manufactura esbelta, la correcta implementación de un método de cubijaje realizada dentro del proceso de distribución, permitirá optimizar la capacidad de carga del vehículo, lo que generará para el empresario mayor ahorro del costo logístico.

La utilización de diferentes métodos de cubijaje, identificando plenamente las condiciones técnicas del vehículo y las dimensiones del producto a cubicar, optimiza el espacio del transporte de carga para una mayor capacidad de entrega manteniendo el correcto funcionamiento del mismo, además, siendo combinado con un análisis de VRP para reducir la distancia de las rutas de entrega, permitirá

reducir significativamente el costo implicado en la logística de distribución, resultados que traerán consigo mayor satisfacción del cliente y con ello, múltiples beneficios para el empresario.

BIBLIOGRAFÍA

1. O. N. Fernando, "Elementos para el estudio de la microempresa latinoamericana", *Latinoamérica* 43 (México 2006/2), 2006 pp. 153-174.
2. S. T. Gerardo, "El problema de clasificación de las microempresas", *Actualidad contable FACES Año 6 N° 7*, 2003, pp. 78-91.
3. L. L. Nidia, "Elementos de integración de microempresas comerciales en el Estado de México en los primeros años del siglo XXI", *Contaduría y Administración* ISSN 0186-1042, 2007.
4. Instituto Mexicano del Transporte "Cubicaje y su efecto económico en el costo logístico del transporte y competitividad empresarial", Secretaría de Comunicaciones y Transportes ISSN 01800-7297, 2015.
5. Bortfeldt y Wascher. (2012) Container Loading Problems - A State-of-the-Art Review.
6. D. P. Abrahamsom, "Method And Apparatus For Cubing Brick", US05891321, 1978.
7. M. M. Alejandro, "Medición Del Volumen De Las Trozas: Primer Paso De La Comercialización", *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* ISSN 2215-2504, 2012.
8. E. S. James, "Partial Product Reduction for Parallel Cubing", VLSI, 2007. ISVLSI '07. IEEE Computer Society Annual Symposium on, 2007.
9. F. Alfredo, "BitCube: A Bottom-Up Cubing Engineering", *Data Warehousing and Knowledge Discovery*, 2009, pp. 189-203.
10. L. I. Iker, "Optimización Del Plan De Carga De Camiones En Indaux S.A.U.", Depósito Académico Digital Universidad de Navarra, 18429, 2016.
11. M. A. Rommel, "Evaluación De La Respuesta Al Secado De Madera De Caoba (*Swietenia Macrophylla* King) En El Horno Solar De La Unidad De Forestales De Zamorano", Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 2015.
12. G. M. D. Fabián, "Diseño Del Plan De Mejoramiento En El Proceso De Recepción De Mercancía y De Despachos Urbanos", Universidad de Sabana / Trabajos de Grado, 2015.

PROPIEDADES ÓPTICAS DE PARTÍCULAS LUMINISCENTES DE CdSe SINTETIZADAS EN DIFERENTES ATMÓSFERAS.

Oscar Guadalupe Rojas Valencia, Ezequiel Villagarcía Chávez, Miriam Estrada Flores, Esther Torres Santillán, Miguel Ángel Orihuela Toledo.
os.lastfrid@gmail.com

IPN-ESIQIE, UPALM, Zacatenco, CP. 07738, CDMX. México.

RESUMEN

Los puntos cuánticos (QDs, por sus siglas en inglés) son cristales semiconductores tridimensionales en escalas de 2-10 nm [1], que producen luminiscencia de diferente color debido a los efectos de confinamiento cuántico. En el presente trabajo se presenta una comparación entre las propiedades ópticas de excitación y emisión de QDs de CdSe sintetizados con la técnica de inyección en caliente en atmósfera controlada de nitrógeno y de aire atmosférico; se tomaron muestras a diferentes tiempos de reacción y se determinó la longitud de onda de excitación por espectroscopia UV-vis y la longitud de onda de emisión por fotoluminiscencia (PL); se muestran micrografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido de alta resolución (HRSEM) en donde se observa que el tamaño de partícula es menor a 10 nm en ambas síntesis. Los resultados obtenidos muestran que la dependencia entre el tamaño de partícula y sus propiedades luminiscentes es la misma cuando la síntesis se realiza en una atmósfera controlada o en presencia de oxígeno atmosférico.

INTRODUCCIÓN

Los QDs pertenecen a una nueva clase de biomarcadores luminiscentes, que superan las limitaciones de los marcadores orgánicos convencionales [2]. La longitud de onda de fluorescencia (color) depende del tamaño de la nanopartícula [3]. Además, los QDs son extremadamente estables y pueden estar expuestos a ciclos de excitación y fluorescencia durante varias horas sin pérdida de su eficiencia [4]. Algunas de sus características más importantes son: poseen fuentes de excitación de amplias longitudes de onda, presentan espectros estrechos de emisión, resistencia a degradación metabólica, altos coeficientes de extinción y habilidad para ser conjugados con las biomoléculas, esto permite aplicarlos en áreas donde se necesita el monitoreo prolongado de biomoléculas [5]. De todos los materiales luminiscentes existentes, los puntos cuánticos son considerados los mejores, debido a la dependencia entre su tamaño, composición y propiedades ópticas, por lo que se pueden manipular dichas propiedades de acuerdo con la aplicación en que se requieran. El tamaño característico de estas estructuras oscila entre los 2-10 nm, y pueden estar formados por elementos de los grupos II y IV, y por los grupos III y V de la tabla periódica [6]. Diversas investigaciones se han enfocado en la síntesis de este tipo de materiales luminiscentes haciendo uso de una atmósfera inerte, en donde los resultados obtenidos muestran que las propiedades luminiscentes son dependientes del tamaño de partícula, es decir, los espectros de excitación y emisión son más energéticos para las partículas pequeñas y viceversa [7]. En el presente trabajo se explora la posibilidad de obtener propiedades ópticas muy semejantes a las obtenidas por los materiales sintetizados en una atmósfera controlada, a través de la síntesis en aire atmosférico, lo cual facilitaría la configuración experimental usada hasta el momento.

TEORÍA

La técnica de síntesis coloidal de nanomateriales llamada inyección en caliente, como se muestra en la Figura 1, hace uso de precursores organometálicos en donde se obtienen nanopartículas de naturaleza hidrofóbica, debido a la capa de agentes coordinantes usados, que está covalentemente adherida a la superficie del nanomaterial y que inhiben estéricamente su crecimiento. Esta técnica de síntesis permite manipular el tamaño de los QDs obtenidos mediante el tiempo de reacción y como consecuencia de esto, también permite manipular sus propiedades ópticas. La técnica consiste en la inyección de una solución precursora fría en otra caliente, originando la formación de núcleos; como consecuencia a la disminución de la temperatura, se inhibe la formación de nuevos núcleos y se considera que el sistema contiene núcleos relativamente monodispersos, además aún se tienen iones libres de precursores, los cuales se adhieren lentamente a la superficie de los núcleos, favoreciendo su crecimiento [8].

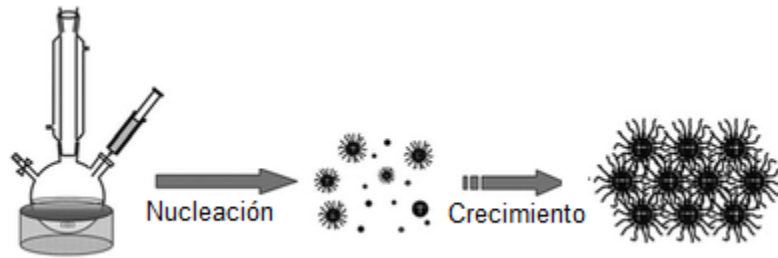


Figura 1. En la técnica de inyección en caliente, las etapas de nucleación y crecimiento están muy bien definidas debido al decremento de la temperatura del medio de reacción, como consecuencia a la inyección del precursor frío en el precursor caliente.

PARTE EXPERIMENTAL

Se llevó a cabo la síntesis de nanopartículas luminiscentes de CdSe mediante la técnica de síntesis de inyección en caliente, haciendo uso de diferentes atmósferas de reacción: a) nitrógeno y b) aire atmosférico; es importante mencionar que durante todas las etapas del desarrollo experimental se usaron las mismas atmósferas. Los materiales empleados fueron sales precursoras de cadmio, selenio elemental en polvo y agentes coordinantes de trioctilfosfina (TOP) y óxido de trioctilfosfina (TOPO), los cuales reaccionan en presencia de un solvente de alto punto de ebullición (octadeceno), con agitación vigorosa.

El precursor de selenio (TOPSe), se obtuvo disolviendo 26 mg de Se en polvo en 3 ml de TOP a 260 °C, formándose una solución color amarillo claro. El precursor de cadmio se obtuvo disolviendo 40 mg de acetato de cadmio hidratado, 0.8 gr de TOPO, 8.5 ml de TO y 0.6 ml de ácido oleico en 10 ml de octadeceno a 350 °C.

Las nanopartículas de CdSe se formaron al inyectar un mL de TOPSe a temperatura ambiente en el precursor caliente de cadmio a 350 °C, se observó que de manera inmediata inició la nucleación de los QDs por lo que se tomaron diferentes muestras a distintos tiempos de reacción.

RESULTADOS

Durante la síntesis de los QDs de CdSe en atmósfera de nitrógeno y de aire atmosférico, se tomaron catorce muestras a los tiempos de reacción de 10 s, 15 s, 20s, 1 min, 16 min, 31 min, 46 min, 61 min, 86 min, 111 min, 136 min, 161 min, 191 min y 221 min.

Para comprobar que los QDs de las muestras obtenidas presentaban propiedades luminiscentes fueron expuestas a una radiación ultravioleta de 254 nm y se observó que cada muestra emitía luz de diferente color. En la Figura 2 se observan los QDs excitados de CdSe sintetizados en atmósfera de nitrógeno, donde el color de emisión de cada muestra cambia conforme el tiempo de reacción incrementa, presentando emisión en los colores azul, verde, amarillo y anaranjado. En la Figura 3 se observan los QDs excitados de CdSe sintetizados en aire atmosférico, y al igual que las muestras sintetizadas en atmósfera de nitrógeno, su color de emisión cambia con respecto al tiempo de reacción, sin embargo, emiten en color azul, verde, amarillo, naranja y rojo.

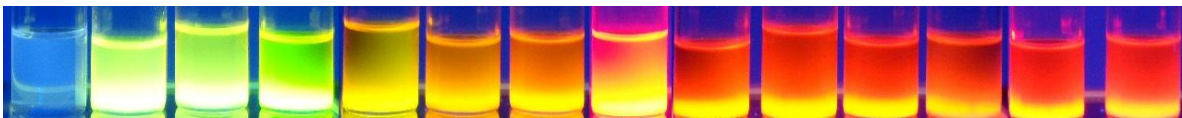


Figura 2. QDs de CdSe sintetizados en atmósfera de nitrógeno



Figura 3. QDs de CdSe sintetizados en aire atmosférico

Tras confirmar la emisión de las muestras de QDs, se determinó la longitud de onda de excitación mediante el análisis de UV-Vis. Como se observa en la Figura 4, se muestran los espectros de excitación normalizados en la longitud de onda del primer pico excitónico de las diferentes muestras de QDs de CdSe sintetizadas en atmósfera de nitrógeno y aire atmosférico. Se aprecia que, a tiempos cortos de reacción, es decir a los pocos segundos, el pico de excitación aparece a longitudes de onda corta y conforme el tiempo de reacción avanza estas se hacen más grandes, por lo que el desplazamiento en las longitudes de onda de excitación es considerado como un corrimiento batocrómico, pues se desplazan a longitudes más grandes o de menor energía.

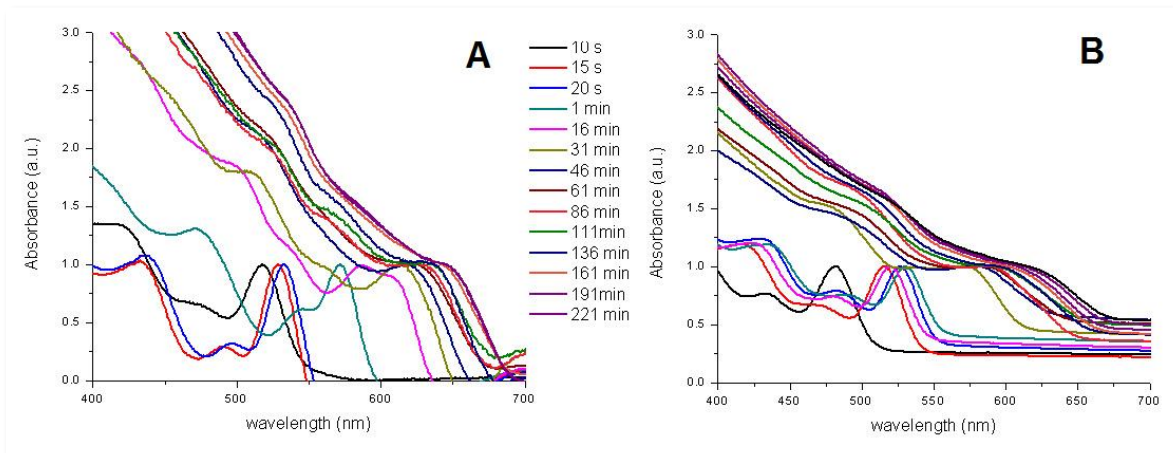


Figura 4. A) Espectros de excitación de QDs de CdSe sintetizados en nitrógeno. B) Espectros de excitación de QDs de CdSe sintetizados en aire atmosférico.

La imagen anterior sugiere que las muestras sintetizadas en nitrógeno como en aire atmosférico obtenidas pueden ser excitadas con radiación fotónica de 450 a 700 nm. Tras confirmar las propiedades luminiscentes de las diferentes muestras de QDs de CdSe fue necesario precisar la longitud de onda de emisión, por lo que se realizó el análisis de Fotoluminiscencia (PL, por sus siglas en inglés). En la Figura 5 se muestran los espectros normalizados en la longitud de onda de emisión, y al igual que los espectros de UV-Vis, se presenta un corrimiento batocrómico, es decir, existe un desplazamiento a longitudes de ondas menos energéticas conforme el tiempo de reacción crece. La simetría característica de los espectros de emisión, similar al de una campana de Gauss, es debido a la monodispersidad en el tamaño de los QDs, por lo que los espectros más estrechos representan una monodispersidad mayor y viceversa. Se aprecia que los QDs sintetizados en aire atmosférico son más monodispersos y emiten en mayores longitudes de onda que los obtenidos en nitrógeno, lo cual es un indicio de que se obtuvieron tamaños de partícula más grandes y que se pueden excitar con fuentes menos energéticas.

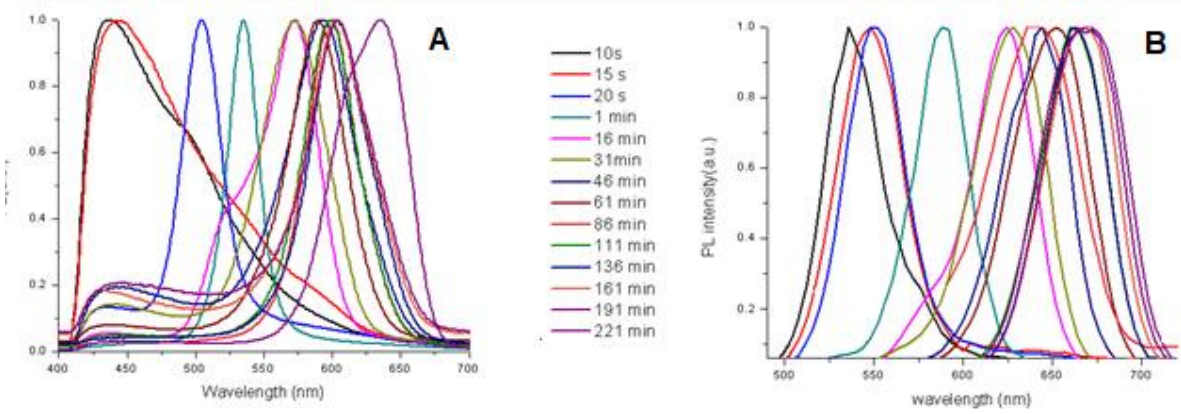


Figura 5.- A) Espectros de emisión de QDs de CdSe sintetizados en atmósfera de nitrógeno. B) Espectros de emisión de QDs de CdSe sintetizados en aire atmosférico.

Con la longitud de onda de excitación de los espectros de UV-Vis y haciendo uso del modelo matemático propuesto por W. William Yu [9] que está en función de las longitudes de onda de excitación, se obtuvo una aproximación del tamaño de los QDS obtenidos, este modelo se expresa como indica la ecuación 1.

$$\text{Diámetro} = A\lambda^4 + B\lambda^3 + C\lambda^2 + D\lambda + E \quad (1)$$

En donde λ expresa la longitud de onda de excitación (nm), el diámetro de partícula obtenido se expresa (nm) y las constantes A, B, C, D y E son únicas de acuerdo con la composición elemental de los QDs. Para el caso de los QDs de CdSe las constantes son las siguientes: $A=1.6122 \times 10^{-9}$, $B=-2.6575 \times 10^{-6}$, $C=1.6242 \times 10^{-3}$, $D=-0.4272$ y $E=41.57$.

Los resultados de diámetro obtenidos muestran la dependencia entre el tiempo de reacción y el diámetro de los QDs. En la Figura 6 se observa que a cortos tiempos de reacción se obtienen los diámetros de partícula más pequeños y viceversa, a tiempos más grandes de reacción el tamaño incrementa, además se aprecia que en los primeros segundos de reacción el crecimiento de partícula es exponencial y conforme el tiempo de reacción aumenta el tamaño permanece casi constante, de igual manera se observa que el tamaño de partícula es menor a los 10 nm esto a consecuencia del uso de agentes coordinantes que mediante el impedimento estérico entre dichas moléculas inhibe el crecimiento y aglomeración de los puntos cuánticos.

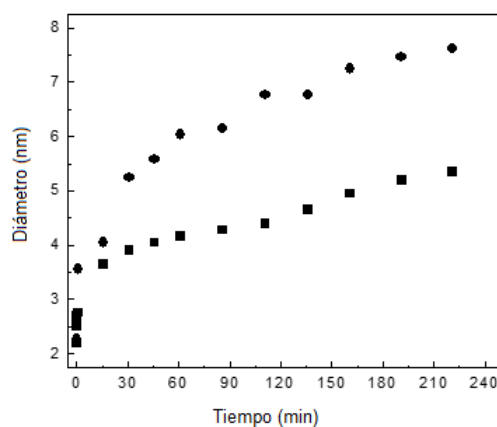


Figura 6. Diámetro de QDs de CdSe sintetizados en atmósfera de nitrógeno (■) y en aire atmosférico (●)

CONCLUSIONES

Se sintetizaron QDs de CdSe en atmósfera de nitrógeno y aire atmosférico empleando la técnica de síntesis coloidal de inyección en caliente, que se basa en la inyección de un precursor de un elemento semiconductor a temperatura ambiente en otro precursor a alta temperatura. Las muestras analizadas tuvieron emisión en la región visible en el intervalo de 535 nm a 650 nm en donde el crecimiento de los QDs de CdSe se lleva de manera exponencial, es decir, durante los primeros veinte segundos de reacción el crecimiento fue rápido y al llegar a los 191 minutos de reacción el crecimiento permaneció constante.

La dependencia entre el tiempo de reacción está fuertemente ligada al tamaño de partícula obtenido, es decir, a tiempos cortos de reacción el tamaño obtenido es pequeño y este incrementa cuando el tiempo hace lo mismo, de igual manera se observó la misma tendencia para la dependencia entre el tiempo de reacción y la longitud de onda de excitación.

De acuerdo con los resultados mostrados, se considera que el tipo de atmósfera empleado durante la síntesis no tiene gran repercusión sobre las propiedades ópticas de excitación y emisión, siendo el tamaño la diferencia más notable, sin embargo, en ambas síntesis el tamaño de las muestras es menor a 10 nm.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gholam Reza Amiri, Soheil Fatahian, Somayeh Mahmoudi, "Preparation and Optical Properties Assesment of CdSe Quantum Dots", *Material Sciences and Applications*. Vol. 4, 2003, pp. 134-137, 2003.
2. B. T. Huy, Min-Ho Seo, Jae-Min Lim, Dong Soo Shin and Yong-III Lee. "A systematic Study on Preparing CdSe Quantum Dots", *J. of the Korean Physical Society*, Vol. 59, 2005, pp 3293-3299.
3. Timothy Jamieson, Raheleh Bakhshi, Daniela Petrova, Rachel Pocock, Mo Imani, Alexander M. Seifalian. "Biological Applications of Quantum Dots", *Biomaterials*, Vol. 27, 2007, pp. 4717-4732.
4. Norhayati Abu Bakar, Akrajas Ali Umar, Muhamed Mat Salleh and Muhamad Muhammad. "Synthesis of CdTe-CdSe Core Shell Quantum Dots with Luminescence in the Red". *Sains Malaysiana*, Vol. 39, 2007, pp. 473-477.
5. Klimov V. I., Mikhailovsky A. A., Xu. S., Malko A., Hollingsworth J. A., Leatherdale C. A., Eisler H-J and Bawendi M. G. "Optical Gain and Simulated Emission in Nanocrystals Quantum Dots", *Science*, Vol. 290, 2009, pp. 314-317.
6. C. B. Murray, D. J. Norris, M. G. Bawendi, "Synthesis and characterization of nearly monodisperse CdE (E = sulfur, selenium, tellurium) semiconductor nanocrystallites" *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 115, 1995, pp. 8706-8715.
7. Karan Surana, Pramod K Singh, Hee-Woo Rhee, B. Bhattachayra. "Synthesis, characterization and application of CdSe quantum dots", *J. of Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 20, 2014, pp. 4188-4193.
8. S. J . Rosentahl, J. McBride, S. J. Penycook, L. C. Fierldmann, "Synthesis, surface studies, composition and structural characterization of CdSe, core/shell and biologically active nanocrystals". *Surface Science Reports*, Vol. 62, 2007, pp. 111-157.
9. W. William Yu, Lianhua Qu, Wnzhuo Guo and Xiaogang Peng. "Experimental Determination of the Extinction Coefficient of CdTe, CdSe and CdS Nanocrystals", *Department of Chemistry and Biochemistry, University of Arkansas*, 2003.

EVALUACIÓN DE LA INTELIGIBILIDAD DEL HABLA APLICANDO TÉCNICAS DE LATERALIZACIÓN VIRTUAL Y PERSONALIZACIÓN DE HRTF BAJO CONDICIONES ACÚSTICAS ADVERSAS

Ana Laura Padilla Ortiz¹, Felipe Orduña Bustamante²

CONACyT - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) Unidad Monterrey¹. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico – (CCADET - UNAM)²
apadilla@cicese.mx; felipe.orduna@ccadet.unam.mx

RESUMEN

En este trabajo se realizaron pruebas subjetivas para la evaluación de la inteligibilidad del habla considerando condiciones distintas: el ángulo de arribo de la señal de voz y el uso de funciones de transferencia referidas a la cabeza (HRTF) personalizadas y no personalizadas. Para los dos conjuntos de pruebas se utilizaron palabras bisílabas en español, como material de voz, y ruido y reverberación artificial como disturbio acústico. Para las pruebas de inteligibilidad en función del ángulo, se utilizó la tecnología de grabación biaural para obtener la lateralización virtual del orador. La señal de voz se grabó utilizando un maniquí acústico en una cámara anecoica en ángulos desde -60° (izquierda) hasta $+60^\circ$ (derecha) en intervalos de 15° . Las señales baurales de voz se presentaron a los sujetos de prueba a través de audífonos. Los resultados de estas pruebas indican que, aunque existan diferencias dada la naturaleza distinta de los disturbios acústicos empleados, la posición del orador respecto al oyente tiene una influencia significativa en la inteligibilidad. En el caso del ruido, la lateralización del orador a $\pm 30^\circ$ beneficia la inteligibilidad, mientras que en el caso de la reverberación la ventaja se observa a $+60^\circ$ y $+45^\circ$. En el caso de las pruebas de inteligibilidad que hacen uso de HRTF, éstas fueron medidas directamente en los sujetos de prueba, para las HRTF personalizadas, mientras que para las no personalizadas se hizo uso de mediciones de HRTF disponibles en una base de datos pública. Los estímulos de voz se convolucionaron con las mediciones de HRTF personalizadas y no personalizadas y se presentaron a los sujetos a través de audífonos. Los resultados muestran un aumento pequeño pero significativo de la inteligibilidad biaural de la voz cuando se utilizan las HRTF propias del sujeto, en comparación con las HRTF no personalizadas, para ambos disturbios acústicos.

INTRODUCCIÓN

Muchos trabajos han demostrado la importancia de las funciones de transferencia acústica a la cabeza (HRTF) en tareas relacionadas con la localización de fuentes sonoras [1-4], sin embargo, no se ha investigado mucho acerca del posible beneficio que las HRTF ofrecen en la inteligibilidad del habla.

Puesto que las HRTF permiten ubicar fuentes sonoras ubicadas alrededor de un oyente, tienen muchas aplicaciones, por ejemplo, en los sistemas de entrenamiento, como videojuegos, en los cuales la principal aportación es mostrar ambientes virtuales acústicos más reales, en los que sea posible escuchar un sonido en movimiento y además ubicar la dirección de un sonido determinado [5].

De reciente desarrollo, se encuentra la aplicación de esta tecnología en aplicaciones donde la voz juega un papel fundamental, como por ejemplo en las teleconferencias, donde la principal ventaja consiste en mejorar la inteligibilidad del habla y generar una experiencia auditiva más real y al mismo tiempo menos incómoda [6], así como videoconferencias, en donde es posible interactuar con más de dos participantes al mismo tiempo [7].

TEORIA

Sonido biaural

El sistema auditivo humano es capaz de localizar fuentes sonoras ubicadas a su alrededor; esto es posible gracias a que ambos oídos están físicamente separados entre sí por la cabeza y el sonido que registra un oído es generalmente distinto al que registra el otro. Este proceso se define como audición biaural [8].

El objetivo de la tecnología binaural tiene como objetivo presentar estímulos acústicos en ambos oídos para recrear un espacio acústico virtual, en el cual los oyentes puedan percibir como un ambiente acústico real. Las aplicaciones del sonido binaural han despertado interés en muchos campos tales como, sistemas de realidad virtual, aviación, equipos para personas con deficiencias auditivas evaluación de la calidad sonora, etc. Una ventaja de su uso es la mejora en la percepción del sonido cuando el usuario se encuentra en ambientes ruidosos o reverberados. Las aplicaciones de la tecnología binaural han despertado interés en muchos campos tales como, sistemas de comunicaciones, audífonos, tecnología del habla, música, entretenimiento y realidad virtual, entre otros [8-11].

La audición binaural a través de audífonos permite un mayor control e independencia de las señales que se reproducen en cada oído. En este caso, el inconveniente es que se pierde espacialización; es decir, no existe una percepción exteriorizada del ambiente acústico, por lo que el sonido es escuchado como si estuviera en el interior de la cabeza del oyente [12]. En este caso, existe la posibilidad de recuperar la sensación espacial mediante el procesamiento de las señales de audio a través de las funciones de transferencia referidas a la cabeza, propias del sujeto en la audición binaural normal [9, 13].

Función de Transferencia Referida a la Cabeza (HRTF)

Una onda sonora, antes de alcanzar los tímpanos de un oyente, sufre una serie de transformaciones al interactuar con el torso, los hombros y especialmente con la cabeza y los pabellones auriculares (orejas). Son diferentes para cada oído y dependen del ángulo de incidencia de la onda [8, 13].

La Función de Transferencia Referida a la Cabeza (HRTF) se define como la respuesta en frecuencia entre una fuente sonora y los oídos de un oyente, dicha respuesta engloba todas las transformaciones antes mencionadas, las cuales están asociadas con las claves determinantes para la percepción auditiva del entorno [2, 13-16].

Dado que existen diferencias anatómicas entre las personas, las funciones de transferencias son únicas para cada persona [9], por esta razón la personalización de las HRTF es necesaria para algunas aplicaciones [17]. Algunos estudios demuestran que el uso de HRTF personalizadas mejora la localización de las fuentes sonoras [1,2,9,4]; sin embargo, no se ha investigado mucho acerca del posible beneficio que las HRTF ofrecen en la inteligibilidad del habla.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

MATERIAL DE VOZ

El material de voz empleado en estas pruebas consistió en 4 listas diferentes de 50 palabras bisílabas con sentido en español balanceadas fonéticamente [18], emitidas por una mujer originaria de la Ciudad de México. Las palabras tienen una frase introductoria con la finalidad de conseguir la atención del oyente, por ejemplo: "Usted escuchará la siguiente palabra . . .".

El diseño del material de voz está construido a partir de las propiedades acústicas y fonéticas del idioma español; basados en estas características, el material de voz fue seleccionado y diseñado poniendo énfasis principalmente en el balance fonético contenido en cada lista.

Se dice que el material está fonéticamente balanceado porque en cada lista están representados, aproximadamente, todos los sonidos o fonemas del idioma español característico de la Ciudad de México. Para el análisis fonético de las palabras se consideraron 22 fonemas descartando el fonema "X", por ser el de menor incidencia en el español [19].

PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL DE VOZ

La señal de voz $s(t)$ se convolucionó con HRTF personalizadas y no personalizadas, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$s_L(t) = s(t) * h_L(t), \quad (1)$$

$$s_R(t) = s(t) * h_R(t) \quad (2)$$

Donde $h_L(t)$, $h_R(t)$ representan la respuesta impulso referida a la cabeza (HRIR) para el oído izquierdo y derecho, respectivamente.

DISTURBIO ACÚSTICO

Para contaminar las señales de voz con ruido y reverberación se utilizó la Función de Transferencia de Modulación, que cuantifica la reducción en las modulaciones en una señal de voz. Para obtener

una degradación similar de las señales de voz al contaminarlas con ruido y reverberación, se propuso un valor de $m = 0.1$, para el índice de transmisión de modulación (Ecuación 3) [20,21]:

$$m(F) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[2\pi F \frac{T}{13.8}\right]^2}} \times \frac{1}{1 + 10^{\left(\frac{-SNR}{10}\right)}} \quad (3)$$

Donde T es el tiempo de reverberación en segundos, F es la frecuencia de modulación en Hertz (relacionada con el número de sílabas por segundos), SNR es la relación señal-a-ruido en decibeles. Asumiendo un valor de $F = 2$ Hz para la frecuencia de modulación, se obtiene un valor de 5 segundos y -10 dB para el tiempo de reverberación y la relación-señal-a-ruido, respectivamente. Con estos parámetros se contaminaron las señales de voz.

SEÑAL DE VOZ CONTAMINADA CON RUIDO

Para contaminar las señales de voz con ruido, se utilizó una señal de ruido aleatorio con distribución uniforme y promedio cero, de acuerdo con las ecuaciones (4 y 5):

$$s_{LN}(t) = s_L(t) + n_L(t), \quad (4)$$

$$s_{RN}(t) = s_R(t) + n_R(t) \quad (5)$$

Donde $s_L(t)$, $s_R(t)$ son las señales binaurales limpias de voz para el oído izquierdo y derecho, respectivamente, (HRTF personalizadas o no personalizadas); $n_L(t)$, $n_R(t)$ son las señales de ruido aleatorio.

SEÑAL DE VOZ CONTAMINADA CON REVERBERACIÓN

Para obtener una señal de voz con reverberación, se generó una respuesta impulso reverberante artificial, y se convolucionó con la señal de voz limpia. La respuesta impulso reverberante se muestra en la ecuación (6):

$$h(t) = h_0 u(t) \exp\left(\frac{-13.8t}{T}\right) \quad (6)$$

Donde $u(t)$ es una señal aleatoria con distribución uniforme, promedio cero y varianza unitaria; y se multiplicó con una señal exponencial decreciente cuya constante de decaimiento tiene un valor de 13.8, como se observa en la ecuación (6). T es el tiempo de reverberación en segundos.

La señal de voz reverberada se obtiene por convolución, como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$s_{LT}(t) = s_L(t) * r_L(t), \quad (7)$$

$$s_{RT}(t) = s_R(t) * r_R(t) \quad (8)$$

Donde $s_L(t)$, $s_R(t)$ son las señales binaurales limpias de voz para el oído izquierdo y derecho, respectivamente, (HRTF personalizadas o no personalizadas); $r_L(t)$, $r_R(t)$ son las respuestas impulso reverberantes para el oído izquierdo y derecho, respectivamente.

HRTF PERSONALIZADAS Y NO PERSONALIZADAS

MEDICIÓN DE HRTF PERSONALIZADAS

Se realizó la medición de HRTF en 7 sujetos a diferentes ángulos acimutales desde -60° a $+60^\circ$ en intervalos de 15° . Las mediciones se llevaron a cabo en una cámara semi-anechoica. Se generó una señal de barrido lineal en frecuencia, en un intervalo de 0 Hz a 20 kHz, la cual se reprodujo a través de un altavoz amplificado marca Mackie, modelo HR624, para la grabación de la señal se utilizaron audífonos binaurales marca Head Acoustics, modelo BHM III.2. La reproducción y adquisición de los datos se realizó a través del software Analyzer ACQUA. La frecuencia de muestreo utilizada fue $f_s = 44.1$ kHz.

La distancia entre la fuente y el centro de la cabeza del sujeto fue de 1 m. Los sujetos se colocaron en el centro de la cámara, sentados en una silla giratoria con la espalda recta, giraron cada 15° . La distancia y el ángulo se verificaron con ayuda de un transportador y un hilo adherido a una diadema colocada en la cabeza del sujeto. En la Fig. 1 se muestra la HRTF medidas en los 7 sujetos, para una posición particular: $\theta = -45^\circ$, $\varphi = 0^\circ$

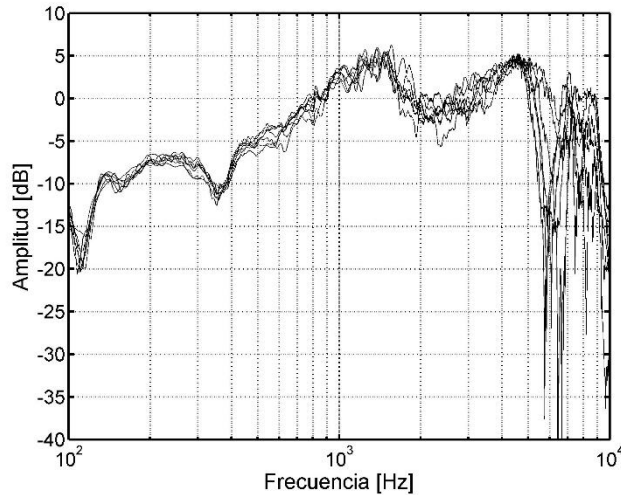


Figura 1: HRTFs medidas en 7 sujetos en una cámara semi-anechoica, para un ángulo acimutal de -45° y ángulo de elevación de 0°

HRTFS NO PERSONALIZADAS

Para realizar las pruebas subjetivas de inteligibilidad con las HRTF no personalizadas, se utilizaron las respuestas impulso contenidas en una base de datos pública de mediciones de HRTF, realizadas por el Center for Image Processing and Integrated Computing (CIPIC) Interface Laboratory de la Universidad de California [22]. Esta base de datos contiene mediciones realizadas en 45 sujetos en 1250 posiciones distintas de la fuente sonora para ambos oídos: 25 posiciones para el ángulo acimutal y 50 para el ángulo de elevación. Además, proporciona información de mediciones antropométricas de 35 de los 45 sujetos. Incluye también información sobre género, edad, estatura y peso de los participantes.

PRUEBAS SUBJETIVAS DE INTELIGIBILIDAD

PRUEBAS CON HRTF CON HRTF PERSONALIZADAS

Las pruebas se realizaron en una cámara semi-anechoica, participaron 7 sujetos sin problemas de audición, cuya edad oscila entre los 26 y 33 años con una edad promedio de 29.7 años. Los sujetos no estaban familiarizados con las palabras de la prueba y para todos los escuchas el idioma español es su lengua materna.

Las pruebas se dividieron en 4 sesiones. En la primera sesión se realizaron las mediciones de las HRTF, con una duración aproximada de 30 minutos. En las tres últimas sesiones se desarrollaron las pruebas subjetivas de inteligibilidad y cada una tuvo una duración de 45 minutos aproximadamente. Los sujetos escucharon la señal de voz convolucionada con sus propias HRTF medidas en cada uno de los ángulos. Para la reproducción de las señales se utilizaron unos audífonos de tipo intraural, marca Panasonic modelo RP-HJE100.

PRUEBAS CON HRTF CON HRTF NO PERSONALIZADAS

Las pruebas se realizaron en una cámara semi-anechoica, participaron 7 sujetos sin problemas de audición, cuya edad oscila entre los 22 y 27 años con una edad promedio de 25.5 años. Los sujetos no estaban familiarizados con las palabras de la prueba y para todos los escuchas el idioma español es su lengua materna.

Las pruebas se dividieron en dos sesiones de, aproximadamente, 45 minutos cada una. A cada sujeto se le asignaron las mediciones de HRTF de un sujeto en particular de la base de datos (Tabla 1). Para la reproducción de las señales, se utilizaron audífonos intraurales, marca Panasonic modelo RP-HJE100.

Se eligieron 7 funciones de transferencia medidas en personas con ciertas características anatómicas, para después aplicar estas funciones a personas con una anatomía completamente diferente. Los datos del lado izquierdo de la Tabla 1 corresponden a las características de las personas elegidas de la base de datos; mientras que las medidas del lado derecho corresponden a los sujetos que participaron en las pruebas de inteligibilidad. En la Tabla 1 se observa que hay

diferencias significativas entre los sujetos que fueron seleccionados de la base de datos CIPIC y los que participaron en esta prueba.

Tabla 1: Características de las personas elegidas de la base de datos CIPIC (lado izquierdo) y de las personas que participaron en la prueba (lado derecho).

	Sexo	Edad	Peso (Kg)	Estatura (m)	Sexo	Edad	Peso (Kg)	Estatura (m)
1	F	25	39.5	1.47	M	29	60	1.76
2	F	35	66	1.67	M	30	80	1.76
3	M	20	118	2.00	M	32	73	1.70
4	F	21	50	1.54	M	26	78	1.77
5	M	63	77	1.83	M	33	63	1.75
6	F	30	93	1.78	M	27	72	1.74
7	F	21	48.5	1.52	M	31	69	1.74

RESULTADOS

En la Figura 2 se muestran los porcentajes de inteligibilidad obtenidos con HRTF personalizadas y no personalizadas bajo condiciones de ruido. La inteligibilidad presenta una discreta mejoría si se utilizan HRTF personalizadas comparadas con las HRTF no personalizadas, esto se observa para todos los ángulos estudiados. Los ángulos que presentan una ventaja mayor son -45° y $+60^\circ$ ambos con 5%. Los ángulos que obtuvieron un porcentaje de ventaja menor son -30° y $+15^\circ$ con 1% cada uno.

Los resultados de estas pruebas coinciden con lo publicado por Drullman y Bronkhorst [23], quienes encontraron que no existe una diferencia significativa en la inteligibilidad, al utilizar HRTF personalizadas y no personalizadas. Estos resultados fueron encontrados para señales de voz con banda limitada a 4 kHz. Por otro lado, hay investigaciones que demuestran la importancia del uso de HRTFs personalizadas principalmente en la localización de fuentes [1-4].

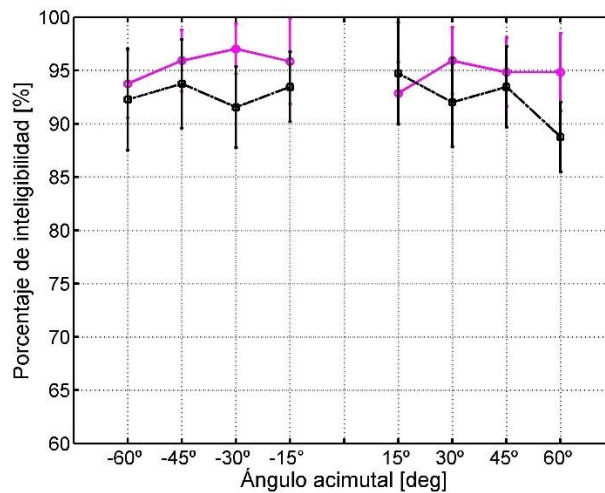


Figura 2: Porcentajes de inteligibilidad obtenidos con HRTF personalizadas (línea continua en color rosa) y no personalizadas (línea punteada en color negro) bajo condiciones de ruido.

En la Figura 3 se muestran los porcentajes de inteligibilidad obtenidos con HRTF personalizadas y no personalizadas bajo condiciones de reverberación. En este caso, la inteligibilidad presenta una ventaja muy variable utilizando HRTF personalizadas, incluso para algunos ángulos la ventaja se obtiene utilizando HRTF no personalizadas, por ejemplo, cuando el orador está ubicado a -30° . El ángulo en el cual se obtiene la máxima ventaja utilizando HRTF personalizadas a los -15° ; mientras que para los ángulos $+30^\circ$ y $+60^\circ$ no se obtuvo ningún beneficio.

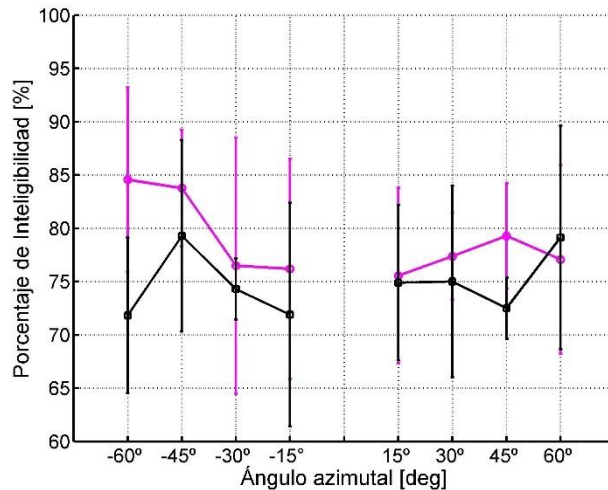


Figura 3: Porcentaje de inteligibilidad empleando HRTF personalizadas (línea continua en color rosa) y no personalizadas (línea punteada en color negro) en presencia de reverberación.

CONCLUSIONES

Se llevaron a cabo pruebas subjetivas de inteligibilidad para evaluar el beneficio que se obtiene mediante el uso de HRTF personalizadas comparado con HRTF no personalizadas. Se midieron HRTF en 7 sujetos a diferentes ángulos en el plano horizontal; mientras que las HRTF no personalizadas se tomaron de una base de datos pública disponible en Internet. Las señales de voz fueron filtradas con las HRTF personalizadas y no personalizadas. Los resultados demuestran que el uso de las HRTF personalizadas ayuda parcialmente a mejorar la inteligibilidad del habla bajo condiciones acústicas adversas de audición, con diferencias típicas de entre 5% y 10% en el porcentaje de inteligibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. D.J. Kistler, F.L. Wightman, "A model of head-related transfer functions based on principal components analysis and minimum-phase reconstruction". *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 91,3, 1992, pp.1637-1647.
2. E. Wenzel, M. Arruda, D. Kistler, and F. Wightman F, "Localization using nonindividualized head-related transfer functions", *J. Acous. Soc. Am.*, Vol. 94, 1, 1993. pp. 111-123.
3. H. Møller, "Fundamentals of binaural technology", *Applied Acoustics*, Vol. 36, 1992, pp. 171-218.
4. B.S. Xie, "Effect of Head Size on Virtual Sound Image Localization". *Applied Acoustics*, Vol. 2,5, 2002, pp. 1-7.
5. F. Hamidi, B.A. Kapralos, "A review of spatial sound for virtual environments and games with graphics processing units", *The Open Virtual Reality Journal*. 2009; Vol. 1,1, 2009, pp. 8-17.
6. N, Harikrishnan, D. Sengupta, R. Velmurugan, P. Rao, "Azimuth-dependent Spatialization for a Teleconference Audio Display". *Proc. Of the National Conference on Communications (NCC)*. Bangalore, India 2011.
7. Y. Kanada, "Simulated virtual market place using voiscap communication medium", *Proc. 13th ACM Int. Conf. Multimedia*. Singapore. November 6-11, 2005.
8. J. Blauert, "Spatial hearing. The psychophysics of human sound localization", *The MIT Press*. Cambridge, MA, 1997.
9. H. Møller, M. Sørensen, D. Hammersøi, C. Jensen, "Head-Related Transfer Functions of Human Subjects", *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 43,5, 1995, pp. 300-321.
10. W.G. Gardner, "3-D audio using loudspeakers", *Kluwer Academic*, 1998.

11. T. Takeuchi, P.A. Nelson, H. Hamada, "Robustness to head misalignment of virtual sound imaging systems", *J. Acous. Soc. Am.*, Vol. 109, 3, 2001, pp. 958-971.
12. F. Rumsey, "Spatial Audio", Ed. Music Technology Focal Press, 2001.
13. C. Cheng, G. Wakefield, "Introduction to head-related Transfer Functions (HRTF's): Representations of HRTF's in Time, Frequency, and Space", *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 49, 2001, pp. 231-249.
14. D. Brungart, W. Rabinowitz, "Auditory localization of nearby sources. Head-related transfer functions", *J. Acous. Soc. Am.*, Vol. 106, 3, 1999, pp. 1465-1479.
15. R. Duda, "Modeling Head Related Transfer Functions", Department of Electrical Engineering, San Jose State University.
16. Kazuhiro, I. Motokuni, I. Atsue, M. Masayuki, "Median plane localization using a parametric model of the head-related transfer function based on spectral cues", *Applied Acoustics*. Vol. 68, 2007, pp 835-850.
17. Bondu, S. Busson, V. Lemaire, R. Nicol, "Looking for a Relevant Similarity Criterion for HRTF Clustering: A Comparative Study", in: *Audio Engineering Society Convention 120*, 2006.
18. R. Castañeda, S. Pérez, "Análisis fonético de las listas de palabras de uso más extendido en logaudiometría", *Anales de la Sociedad Mexicana de Otorrinolaringología*, Vol. XXXVI, 1991, pp. 23 – 30.
19. P. Berruecos, J.L. Rodriguez, "Determination of the phonetic percent in the Spanish language spoken in México City, and formation of P.B. lists of trochaic words", *International Audiology*, Vol. 6, 2, 1967, pp. 211-216.
20. T. Houtgast, H.J.M. Steeneken, "A review of the MTF concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria". *J. Acoust. Soc. of Am.*, Vol.77,3, 1985a, pp. 1069 – 1077.
21. T. Houtgast, H.J.M. Steeneken, "The Modulation Transfer Function in room acoustics as a predictor of speech intelligibility". *Acustica* 28, 1973, pp. 63 – 73.
22. V.R. Algazi, R. Duda, D. Thompson, C. Avendano, "The CIPIC HRTF Database", In *Proc. IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Electroacoustics*, pp. 99 – 102, Mohonk Mountain House, New Paltz, NY, Oct. 21-24, 2001.
23. R. Drullman, A. W. Bronkhorst, "Multichannel speech intelligibility and talker recognition using monaural, binaural and three-dimensional auditory presentation, *J. Acoust. Soc. of Am.*, Vol. 107, 4, 2000, pp. 2224–2235

DETERMINACIÓN DE LOS PERFILES DE VELOCIDAD A TRAVÉS DE BARRERAS TEXTILES MEDIANTE ANEMOMETRÍA DE HILO CALIENTE

Isaac Soltero Ochoa¹, Arturo F. Méndez Sánchez¹, Edith Cortez Martínez²

¹Depto. de Física, ESFM, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México Ciudad de México, México. isochoa98@gmail.com

²Depto. de Ciencias Básicas, ESIT, Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México.

RESUMEN

El estudio de la permeabilidad en textiles es muy importante, ya que de esta propiedad se desprenden aplicaciones como lo es el aislamiento térmico, protección contra el viento, o propiedades relacionadas a la comodidad de las prendas de vestir y la transpiración. Por tal motivo, es que se tiene especial interés en evaluar la permeabilidad en los tejidos de origen textil. La técnica de anemometría de hilo caliente permite evaluar los perfiles de velocidad de flujo tanto en aire como agua y es por ello que mediante estos perfiles es posible evaluar la permeabilidad del aire en los tejidos. En el presente trabajo se determinó la permeabilidad del aire para textiles de Nylon usando anemometría de hilo caliente. Los resultados encontrados muestran que al incrementarse el valor del factor de cobertura del textil, disminuye la permeabilidad del aire de manera no lineal.

INTRODUCCIÓN

Estudiar el flujo de aire en presencia de barreras es de importancia industrial, por ejemplo, en textiles, se tiene el interés de estudiar la permeabilidad del aire, que es la velocidad de flujo que pasa por una probeta textil. Esta propiedad física, está ligada con la densidad de hilos de trama y urdimbre, resistencia de los hilos y fibras [1]. Asimismo, es de interés entender la dinámica de flujo en cuestiones de confort y aislamiento, como el térmico o de protección en situaciones de mojado o viento. Asimismo, estudiar el flujo de aire con barreras tiene interés en área automotriz, ya que se usan éstas como filtros para eliminar las partículas no deseadas en el aire empleado en la combustión [2-3].

Los materiales o telas que frecuentemente se emplean como barreras permeables textiles en general están divididos en tres categorías principales dependiendo de la manera que entrelazan los materiales textiles o hilos, a saber, existen los tejidos de calada, los cuales están constituidos por hilos dispuestos en dirección longitudinal y otros tantos en dirección perpendicular; los tejidos de punto o de malla, cuyos tejidos están formados mediante bucles de hilos entrelazados entre sí. Estos bucles atribuyen elasticidad y extensibilidad a las telas o mallas. Asimismo, también existen los textiles no tejidos, los cuales son constituidos en una lámina textil cohesionada de fibras o filamentos adheridos mediante tratamientos químicos, mecánicos o térmicos [1].

Para la determinación y estudio de los flujos de manera experimental, existen varias técnicas, según las características del fluido que se emplea. Entre ellas se puede mencionar la técnica de velocimetría, en donde se pueden determinar el perfil de velocidades y obtener curvas de flujo o gastos promedios a partir de analizar dichos perfiles. La técnica de anemometría de hilo caliente permite evaluar los perfiles de velocidad de flujo en aire y es por ello que mediante estos perfiles es posible determinar la permeabilidad del aire en los tejidos de origen textil.

TEORÍA

El principal concepto de interés en el presente trabajo es la permeabilidad del aire que es la velocidad de flujo que pasa perpendicularmente a través de una probeta. El equipo utilizado comúnmente para la obtención de la permeabilidad (por norma) mide el caudal de flujo de aire que pasa a través de la superficie de ensayo que es una probeta de tejido [4], además, se mide la diferencia de presión generada. A partir de estas mediciones, la permeabilidad R queda definida por:

$$R = \frac{qv}{A} \quad (1)$$

Donde:

$\bar{q} v$: Media aritmética del caudal de flujo de aire.

A: Área del tejido ensayado.

Esto es, la permeabilidad es la razón de la velocidad promedio del aire que atraviesa una probeta de tejido en un intervalo de tiempo en un área específica. De ahí que conocer el perfil de velocidades que se genera en esta prueba, permite obtener información más detallada del desempeño de la muestra y las características del flujo de aire a través de ésta. La integración directa del perfil es otra manera de obtener el caudal de flujo de aire, por lo que mediante la anemometría de hilo caliente se puede obtener más información de manera local como de manera global.

PARTE EXPERIMENTAL

El equipo consiste de un anemómetro de hilo caliente marca Dantec modelo Mini CTA [5]. La cual consiste en un sistema de adquisición analógico digital NI de cuatro canales a una frecuencia de 10kHz en aire. Las dimensiones del hilo caliente son de 1.25mm de largo por 5 μ m de grosor. La probeta de medición o hilo caliente es el modelo 54P11. Además, el equipo posee el software StreamWare Basic que permite evaluar la velocidad a lo largo de una línea de acción obteniendo el correspondiente del perfil de velocidades. En la figura 1 se esquematiza el sistema. El túnel empleado es de geometría circular con un diámetro 0.04614m. En éste se implementó una malla metálica próxima a la entrada del sistema de expulsión de aire con el fin uniformizar el flujo de aire y eliminar partículas. Se realizó una medición del perfil de velocidades sin la presencia de barrera y se obtuvo el promedio de la velocidad en 21 puntos diferentes con separación de 2 mm a través del diámetro del tubo. Esta medición se utilizó como referencia para evaluar la permeabilidad en especímenes de diferentes factores de cobertura.

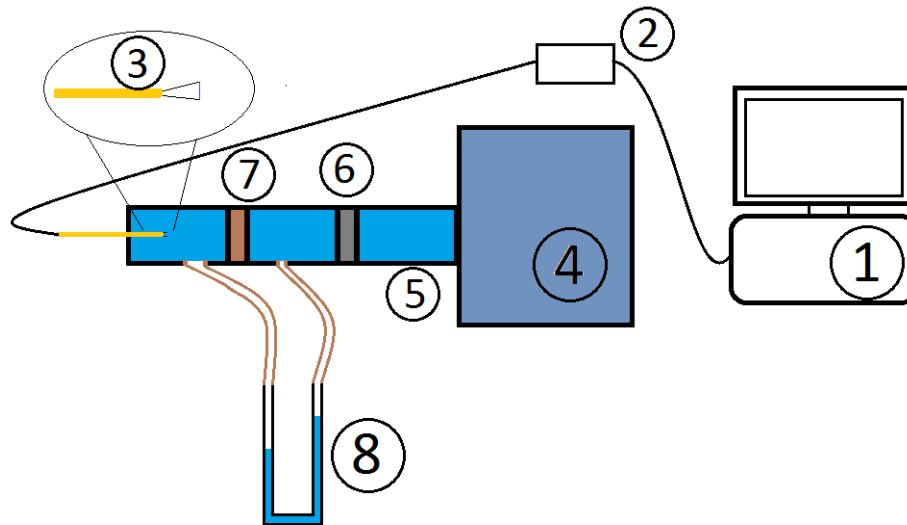


Figura 1 Dispositivo experimental: 1) PC, 2) interfase del anemómetro, 3) punta de hilo caliente 54P11, 4) extractor de aire, 5) túnel circular, 6) malla metálica, 7) probeta y 8) manómetro.

Se realizaron mediciones en presencia de una barrera textil elástica de Nylon 100%, debido a las características de alta resistencia y su gran elasticidad, este material se emplea en los textiles para remplazar a la seda y al rayón, su punto de fusión de 263 grados centígrados. Las muestras presentan un tejido de tipo romboidal, la barrera textil fue tejida tejidas de manera circular con un número de espiras promedios de 2400 vueltas por metro. Se tomó registro visual microscópico de la barrera textil y se determinó el área de cobertura, mientras que la velocidad media se evaluó a partir de la integración del perfil de velocidades.

RESULTADOS

Los perfiles de velocidad adquiridos en el sistema por anemometría de hilo caliente se obtuvieron para varias barreras de nylon con distintos factores de cobertura. La Figura 2 muestra una sucesión

de perfiles de velocidad obtenidos para las distintas barreras empleadas. Dichas barreras y sus porcentajes de cobertura están resumidos en la tabla 1.

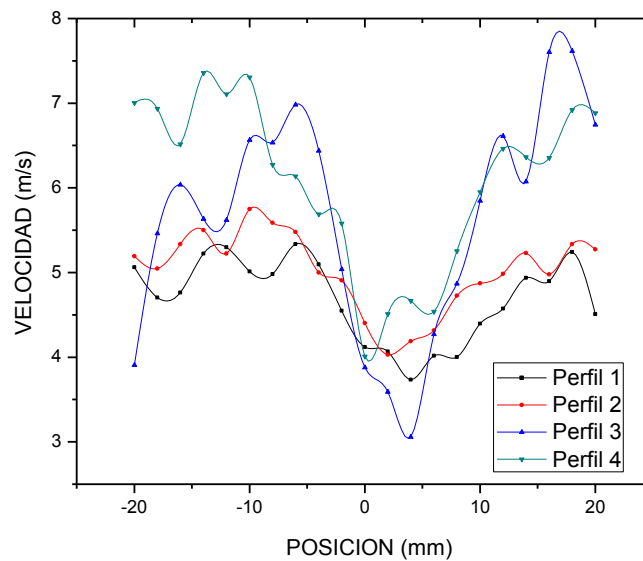


Figura 2. Perfiles de velocidad obtenidos para distintas barreras textiles.

Una vez que fueron obtenidos cada uno de los perfiles, se integraron numéricamente para evaluar la velocidad media, asimismo se evaluaron los factores de cobertura. Estos valores también se resumen en la tabla 1. Como puede verse en esta tabla, conforme aumenta el factor de cobertura, la velocidad media disminuye, este resultado es físicamente aceptable. Sin embargo, falta determinar el comportamiento que se espera con la permeabilidad.

Perfil	Porcentaje de cobertura	Velocidad promedio
Perfil 0	0 %	6.99 m/s
Perfil 1	12.56%	6.04 m/s
Perfil 2	27.45%	5.65 m/s
Perfil 3	43.04%	5 m/s
Perfil 4	54.19%	4.68 m/s

Tabla 1. Factor de cobertura y velocidad promedio obtenida por integración numérica.

A partir de los valores obtenidos y con el uso de la ecuación 1, se determinó la permeabilidad del aire para las barreras textiles estudiadas en función del factor de cobertura. La figura 3 ilustra el comportamiento obtenido. En ésta, se puede ver un comportamiento no lineal decreciente de la permeabilidad conforme se incrementa el factor de cobertura.

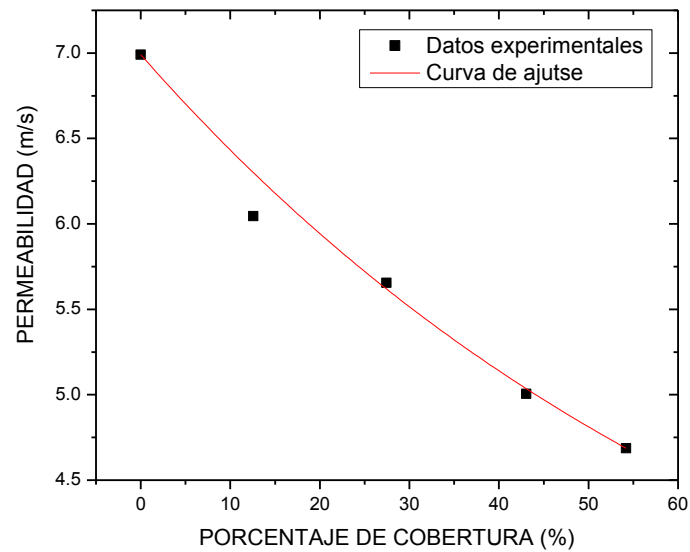


Figura 3 Comportamiento de la permeabilidad del aire en función del factor de cobertura para muestras de nylon.

CONCLUSIONES

Se empleó la técnica de anemometría de hilo caliente para evaluar los perfiles de velocidad de flujo en aire a través de muestras textiles. Se analizaron situaciones de flujo de aire en barreras textiles de Nylon con condiciones de cobertura distintas. Se determinó la permeabilidad del aire a partir de la integración del perfil de velocidades obtenido por anemometría de hilo caliente. Además, se encontró que dicho factor disminuye al incrementarse el factor de cobertura del textil de manera no lineal.

BIBLIOGRAFÍA

1. F. E. Lockuán Lavado, Las industria textil y su control de calidad II. Fibras textiles, referencia electrónica https://archive.org/details/II.LITYSCDC_201305, fecha de consulta noviembre de 2015.
2. A. Parker (1983) Contaminación del aire por la industria, REVERTE, Barcelona, España.
3. TECNA, maual SABIANA, <http://www.tecna.es/images/pdfadjunto/CRYSTALL.pdf>, fecha de consulta enero 2017
4. E. Carrera, Caracterización de Tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles. Universidad Politécnica de Catalunya. 1ª edición, julio 2015. Terrassa p.p 238
5. Dantec dynamics, MiniCTA-system, <https://www.dantecdynamics.com/minicta-system>, fecha de consulta junio de 2015

PRÓTESIS MIOELÉCTRICA DE BAJO COSTO PARA AMPUTADOS DE MANO

Roberto Orozco González, Eduardo Solorio Cruz, Maricela Martínez Carrillo, Ricardo Antonio Salido Ruíz

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza el diseño y construcción de una prótesis mioeléctrica de mano dirigida a las personas que por algún trauma, accidente o patología hayan perdido este miembro. Esta prótesis lleva a cabo su función mediante la obtención de señales musculares del antebrazo, que después pasan a ser captadas y procesadas por el circuito implementado seguido de una etapa de procesamiento de las señales para entregar una respuesta adecuada y accionar los mecanismos de control que darán origen a los movimientos de la mano. Es importante mencionar que el buen funcionamiento de la prótesis depende de si el sujeto es candidato a utilizarla, es decir es capaz de proporcionar a la prótesis un conjunto mínimo de señales mioeléctricas distintas. Como resultado obtenemos un modelo geométrico antropométrico que define la geometría parametrizada de las prótesis y seis placas de circuito impreso que por su tamaño logran reducir el espacio utilizado, obteniendo así una prótesis más ligera, económica y de fácil manejo para el individuo. Se espera realizar las primeras pruebas en sujetos no amputados para obtener los primeros resultados y posteriormente probarla en sujetos amputados con propósitos de evaluación.

INTRODUCCIÓN

El “instrumento de los instrumentos” así definió Aristóteles a la mano, tanto por su estructura biomecánica como por sus habilidades motoras. Su disposición anatómica formada por 27 huesos, más de 20 articulaciones y más de 30 músculos hace posible que el ser humano conozca, manipule e interactúe con su entorno.

Dicha extremidad es tan importante, que la amputación de la misma imposibilita al individuo a lograr esa correcta interacción con su entorno. Ante la necesidad de reemplazar el miembro amputado surgió el desarrollo de las prótesis. Existen varios tipos de prótesis de mano como lo son las prótesis mecánicas, prótesis eléctricas, prótesis neumáticas, prótesis mioeléctricas y prótesis híbridas.

El control mioeléctrico es probablemente el esquema de control más popular, basado en el concepto de que siempre que un músculo en el cuerpo se contrae o se flexiona, se produce una pequeña señal eléctrica (EMG) que es creada por una interacción química producida en el cuerpo. Además de tener un alto grado de rehabilitación, ya que sintetizan el mejor aspecto estético, tienen gran fuerza y velocidad de prensión, así como muchas posibilidades de combinación y ampliación es decir los movimientos en cada uno de los dedos tales como la flexión y extensión o movimientos más complejos como la prensión de la mano.

TEORÍA

- **Prótesis mioeléctricas**

En la actualidad las prótesis mioeléctricas tienen una gran aplicación en todo el mundo, debido a que brindan una mayor funcionalidad en cuanto a precisión y fuerza además de una imagen estética. Su funcionamiento está basado en la captura o registro de señales musculares, mediante el uso de electrodos lo cual permite una amplificación, filtrado así como un procesamiento para obtener una señal de control para el manejo de la prótesis.

- **Señal Mioeléctrica**

La señal mioeléctrica representa la actividad eléctrica resultante de la excitabilidad de las fibras musculares, debido a la contracción muscular. La amplitud de dicha señal varía desde los μV hasta valores del orden de los 10mV.

Origen de la señal mioeléctrica

El proceso de contracción muscular tiene su origen en la unidad motora, por lo que la conocemos como la unidad de control funcional y estructural del músculo. La unidad motora está formada por fibras musculares que al recibir un impulso nervioso se contraen, este impulso viaja desde el cerebro y la médula espinal hasta llegar a los músculos y así provocar su movimiento.

Generación

La excitabilidad de las fibras musculares a través del control neural representa un factor vital en la fisiología del músculo. Este fenómeno puede explicarse por un modelo de membrana semi-permeable que describe las propiedades eléctricas del sarcolema (membrana citoplasmática de las células musculares). El movimiento de iones es el responsable de generar los cambios de potencial observados en las membranas biológicas.

- Adquisición de la señal

Para lograr el control de la prótesis es necesario realizar una correcta adquisición y el más preciso de los registros de la señal mioeléctrica. Para detectar y adquirir la señal mioeléctrica de un músculo específico se emplean sensores denominados electrodos.

Electrodos superficiales

Los electrodos son un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con el músculo, en nuestro caso de una forma superficial. El electrodo detecta las corrientes iónicas del cuerpo humano y las transforma en corriente eléctrica para su posterior procesamiento.

Los electrodos poseen una superficie metálica y un electrolito que está en contacto con el músculo a través de la piel, por tal motivo, el camino de la señal bioeléctrica presenta dos transiciones. La primera corresponde al contacto entre la piel y el electrolito y la segunda al contacto entre el electrolito y la parte metálica del electrodo.

Placa Arduino

La tarjeta electrónica digital Arduino cuenta con un ambiente de desarrollo IDE que es un lenguaje de programación basado en C++ que es "open-source". Por otro lado su Hardware está construido por un microcontrolador de la familia AVR y es una de las tarjetas electrónicas más usadas para crear prototipos [10].



Figura 1. Placa Arduino.

Características del Arduino

La siguiente tabla resume las características generales de la placa utilizada.

Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de alimentación	6-20 V
Pines digitales E/S	14 (6 proveen salidas tipo PWM)
Pines analógicos de entrada	6 (A0 a A5)
Corriente máxima por cada pin de E/S	40mA (50mA para el pin de 3.3V)
Corriente máxima total por pines E/S	200mA
Memoria FLASH	32kB (0.5kB para el bootloader)
Memoria SRAM	2kB
Memoria EEPROM	1kB
Velocidad del reloj	16MHz
CONVERSOR ANALOGICO DIGITAL	10-bits

Tabla 1.- Características generales de la placa Arduino

- Servomotores

El término “servomecanismo” se utiliza en general para referirse a un dispositivo que mediante el uso de sensores y realimentación corrige el estado de un sistema. Un servomotor es un tipo particular de servomecanismo en el cual se controla la posición angular del eje o la velocidad de un motor. En su interior, además de un motor, contiene un sensor y un sistema de control.

- Funcionamiento de un servomotor

Los servomotores poseen tres cables, a diferencia de los motores comunes que sólo tienen dos. Estos tres cables casi siempre tienen los mismos colores, por lo que son fácilmente reconocibles.

Voltaje positivo	Tierra	Señal de control

Tabla 2.- Tabla de referencia para la conexión del servomotor.

La necesidad de una señal de control para el funcionamiento de este tipo de motores hace que sea imposible utilizarlos sin un circuito de control adecuado. Esto se debe a que para que el circuito de control interno funcione, es necesaria una señal de control modulada. Para esto se utiliza modulación por ancho de pulsos, es decir, PWM.

A continuación se muestra un diagrama de bloques del servomotor.

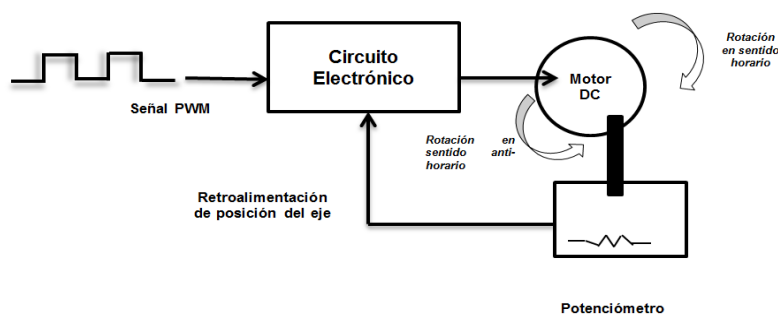


Figura 2. Diagrama de bloques del servomotor.

El diagrama anterior representa de forma visual el servomotor como un sistema. El circuito electrónico se encarga de recibir la señal PWM y la traduce en movimiento del Motor DC. El eje del motor DC se encuentra acoplado a un potenciómetro, el cual permite formar un divisor de voltaje. Lo cual permite que el voltaje en la salida del divisor varíe en función de la posición del eje del motor DC [11].

PARTE EXPERIMENTAL

Unos de los objetivos para el diseño de ésta prótesis es lograr que además de ser funcional, ésta sea estética y de fácil manipulación para el usuario. A continuación presentamos las etapas del diseño.

A) Construcción de la mano

La construcción del diseño de la mano se realizó con tecnología de impresión 3D tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- La creación de una base de datos con las medidas antropométricas promedio de personas en un rango de edad de entre 19 y 21 años. Esto nos permite tener un punto de partida para comenzar a realizar una prótesis personalizada para personas en este rango de edad.
- La migración de los bosquejos de la prótesis en papel hacia el software de diseño cuidando detalles importantes como el tipo de ensamblaje y los movimientos mecánicos entra cada uno de los segmentos tanto individuales como en conjunto.
- El correcto cuidado en relación a los rangos de movimientos, es decir los rangos angulares de cada una de las falanges.
- La estética fue un requisito que buscamos en nuestro diseño de prótesis y que a su vez los atributos de ésta no fueran un impedimento para el buen desempeño de la prótesis.
- La elección de un material que permitiera crear una prótesis ligera y funcional.

En la Fig. 3 se observan algunas vistas del diseño de prótesis propuesto.

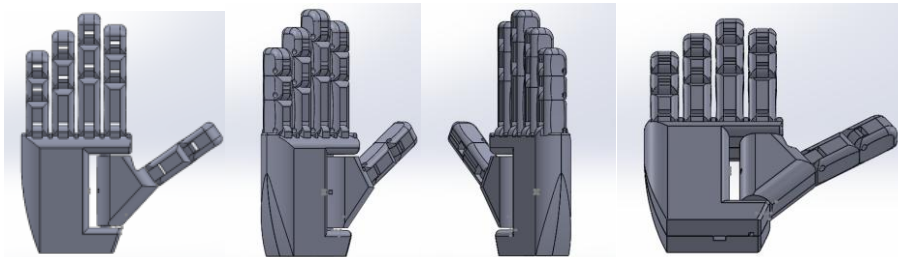


Figura 3. Vistas a distintos ángulos de la prótesis de mano diseñada.

B) Construcción del circuito Eléctrico

En lo que concierne al diseño del circuito electrónico se construyó un circuito con una etapa de pre amplificación, filtrado, amplificación, rectificación de media onda, conversión analógica digital (ver Fig. 4). El circuito fue fabricado en un PCB con tecnología de montaje superficial cuyo diseño fue hecho en el Software (PROTEUS – ARES).

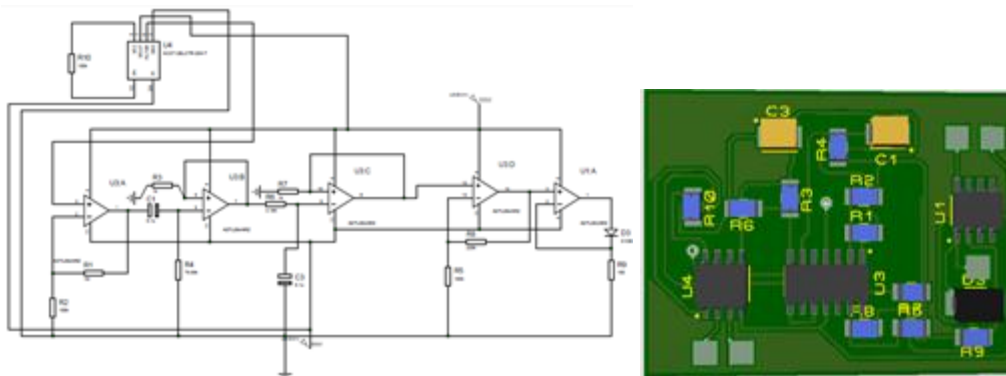


Figura 4. Circuito electrónico. a) Diagrama de conexión del circuito, b) Placa con tecnología SMD.

C) Adquisición y Procesamiento de la Señal EMG

La adquisición y procesamiento de la señal obtenida consta de la conversión analógica digital por parte de la placa Arduino, esto nos permite utilizar los valores de la señal en el rango de 0 a 1024 bits, y a su vez definir parámetros distintivos para cada falange e implementar el procesamiento de

las señales individuales con los actuadores obteniendo así señales de control para el movimiento de la prótesis de mano.

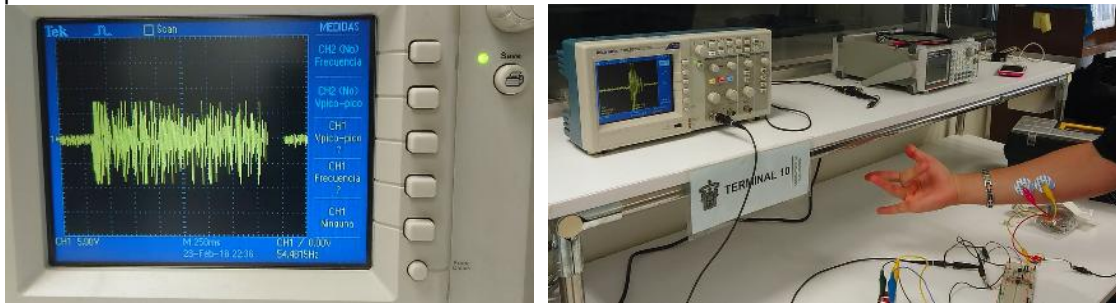


Figura 5. Adquisición de la señal EMG

RESULTADOS

Como resultado obtenemos un modelo geométrico antropométrico. Este modelo presenta las medidas promedio de una mano de un individuo entre 20-24 años. Se observa una mano impresa en 3D con Filamento PLA de 1.75mm compuesta por 31 piezas (ver Fig. 6).



Figura 6. Prótesis de mano impresa en 3D

Se presentan también placas de circuito impreso con tecnología SMD lo cual le confiere menor dimensión para aprovechar espacio. Como resultado una placa de 5x4 cm.

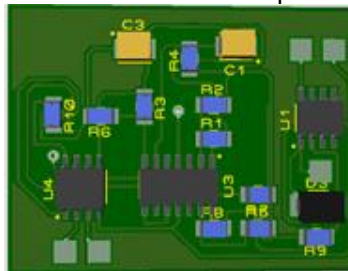


Figura 7. Placa con tecnología SMD

Obteniendo así una prótesis más ligera, económica y de fácil manejo para el individuo. Nos encontramos en la fase de prueba en sujetos sanos y posteriormente comenzaremos el reclutamiento de individuos con amputación de mano dispuestos a realizar las pruebas con nuestro modelo para obtener los primeros resultados con propósitos de evaluación.

CONCLUSIONES

Se logró construir una prótesis económica, ligera y funcional de mano derecha que permite movimientos de flexión y extensión en cada uno de los dedos y todo esto mediante las señales que nos otorgan los músculos del antebrazo. Se presentaron inconvenientes al adquirir las señales electromiográficas debido a la falta de material aislante en los cables que van dirigidos al músculo, por lo que es de suma importancia aislar los elementos utilizados, tales como los electrodos y los

cables conectados a los mismos, razón por la cual estamos trabajando en el aislamiento para eliminar dicho inconveniente; no obstante, las señales se procesan de manera adecuada para lograr el correcto funcionamiento de la prótesis en cuestión.

BIBLIOGRAFÍA

1. K. L. Moore, Moore Anatomía con orientación clínica, Wolters Kluwer, 2013.
2. A. R. Liard, Latarjet, México: Medica Panamericana., 2011.
3. P. R. R. F. A. J. J. Dorador, «Diseño de prótesis inteligentes,» Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2004.
4. Q. C.A., «Diseño y construcción de una prótesis robótica de mano funcional adaptada a varios agarres (tesis de maestría).» Universidad de Cauca, Popayán, Colombia., 2010.
5. J. Brito, X. Quinde y D. y. C. J. Cusco, «Estudio del estado del arte de las prótesis de mano,» *Ingenius*, n° 9, pp. 57-64, 2013.
6. M. B. Carpenter, Fundamentos, Neuroanatomía, Buenos Aires Argentina: Medica Panamericana, 1996.
7. M. M. P. G. Altamira E, «ELECTROMIOGRAFÍA,» Septiembre 2017. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/319902318_Electromiograma_EMG. [Último acceso: 28 marzo 2018].
8. R. T.-H. e. a. Christopher René Torres, «Diseño personalizado de una interfaz mioeléctrica para una prótesis de miembro superior,» Diciembre 2011. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v13n2/v13n2a07.pdf>. [Último acceso: 28 marzo 2018].
9. D. D. C. e. al, «Consideraciones sobre la denominación de los electrodos para señales bioeléctricas externas,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/17782/p20.pdf>. [Último acceso: 27 marzo 2018].
10. R. Estrada Marmolejo, «HETPRO,» Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/>. [Último acceso: 27 marzo 2018].
11. A. G. González, «Panama Hitek,» 2 diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>. [Último acceso: 10 abril 2018].

NANOMATERIALES HÍBRIDOS BASADOS EN NANOTUBOS DE CARBONO (CNT) Y TIERRAS RARAS

Oxana Vasilievna Kharissova, Patsy Arquieta G., Alena Borisovna K. y Blanca Mejia Montes

Universidad Autónoma de Nuevo León. okhariss@mail.ru

RESUMEN

En la actualidad, el desarrollo de nuevos elementos emisores de luz es necesario para crear dispositivos compactos de luz a todo color eficientes energéticamente. Las nanopartículas luminiscentes CdS unidas con los nanotubos de carbono (CNT-CdS) atraen la atención de los investigadores debido al amplio potencial de aplicación en energía fotovoltaica y optoelectrónica. Las matrices de CNT multicapa se obtuvieron por el método de deposición catalítica de la fase gaseosa a partir de una mezcla de tolueno y ferroceno. Las nanopartículas de CdS se forman en la superficie de los CNT a partir de una solución agua-amoniaco de cloruro de cadmio y tiourea. La morfología y la estructura de las estructuras híbridas CNT-CdS se estudiaron mediante microscopía electrónica de barrido, microscopía electrónica de transmisión y microscopía de fuerza atómica. Los métodos de espectroscopia de fotoelectrones de rayos X, espectroscopia de absorción de rayos X, espectroscopia de Raman revelaron información acerca de la composición de la superficie, la estructura y la estructura electrónica de los híbridos materiales. Se demostró que un aumento en el tiempo y la temperatura de la síntesis conduce a un aumento en el tamaño y grado de cristalinidad de las nanopartículas CdS, que tienen forma esférica. El uso de disolventes orgánicos viscosos conduce al crecimiento de nanopartículas de forma filamentosa CdS. Los defectos de vacantes en las paredes CNT son centros de nucleación para nanopartículas. Además, el uso de CNT con una superficie modificada con flúor conduce a una formación más uniforme de nanopartículas de pequeño tamaño, en comparación con los CNT sin modificar. La concentración y composición de las nanopartículas de CdS con tierras raras se puede cambiar aplicando un campo eléctrico. Un estudio detallado del fenómeno de electroluminiscencia y fotoluminiscencia en estructuras híbridas.

INTRODUCCIÓN

Los fotocatalizadores de semiconductores han atraído mucha atención en últimos años debido a su gran potencial en la solución de la energía global y problemas ambientales. En la actualidad, se utilizan muchos dispositivos luminiscentes, convirtiendo efectivamente la energía eléctrica en radiación óptica. Dichos dispositivos son ampliamente utilizados no solo en dispositivos de iluminación, sino también en medios de mostrar información de video: paneles publicitarios, pantallas de televisores, pantallas de computadoras y teléfonos móviles, sin los cuales la vida de la humanidad moderna es inconcebible. Por lo tanto, la tarea de mejorar la calidad de la imagen: mejorar la reproducción del color y el aumento en la resolución es tan relevante como sea posible. Una de las propiedades específicas de los nanotubos de carbono es la emisión de electrones a un voltaje relativamente bajo aplica campo eléctrico (de emisión de campo). Este fenómeno se ve facilitado por una gran relación entre la longitud del tubo y su diámetro, que puede alcanzar 10^4 . Desde rendimiento mejorado de electrones de campo eléctrico cerca de nanotubos de fin en vacío se puede producir en el campo aplicado de 1 V/m o menos [1], aunque la emisión de los materiales conductores convencionales necesidad de aplicar una tensión de 2-3 órdenes de magnitud mayor. Por lo tanto, la corriente eléctrica puede pasar a través de nanotubos de carbono sin aplicar mecánicamente un segundo contacto, lo que puede aumentar significativamente la eficiencia de su uso como cátodo de campo de paneles de luz [2]. En este caso, los voltajes operativos de los cátodos de tales tubos pueden ser diez veces menores que en los cátodos convencionales de emisión de molibdeno o campo de silicio. La curvatura de la superficie de los nanotubos provoca su mayor reactividad en comparación con una hoja de grafito plano, que se abre la posibilidad de su modificación química con el fin de obtener nuevos nanomateriales. Por ejemplo, los tubos se pueden usar como un transportador para nanopartículas semiconductoras [3].

Las últimas dos décadas, estas partículas se llaman puntos cuánticos, enfatizando la dependencia de sus propiedades ópticas y electrónicas del tamaño. Dado que las características de los puntos cuánticos se pueden "ajustar" variando el tamaño de la partícula en sí, se pueden usar para crear

diversos dispositivos optoelectrónicos (células solares), dispositivos emisores de luz, detectores ópticos, etc. [4].

Muchos fotocatalizadores han sido informados sobre la división del agua en presencia o ausencia de agentes de sacrificio, produciendo H_2 como fuente de energía limpia, y para la degradación de contaminantes orgánicos [1-4]. Pero algunos de estos catalizadores se requieren luz ultravioleta (UV) y sus eficiencias todavía están lejos de los requisitos prácticos de la aplicación. El desarrollo de fotocatalizadores sensibles a la luz visible eficientes es el objetivo deseable para la utilización efectiva de la energía solar porque la luz visible en el espectro solar es mucho más abundante (~43%) que la luz ultravioleta (~4%). [5]

Sulfuro de cadmio (CdS) posee un ancho de banda de ~2.4 eV, es un simple fotocatalizador de luz visible más ampliamente estudiado [6]. Sin embargo, la eficiencia de CdS es muy baja porque de la recombinación rápida de los electrones fotogenerados y agujeros.

EXPERIMENTACIÓN

Para la síntesis industrial de sulfuro de cadmio, generalmente se usa el sulfuro de hidrógeno tóxico o sulfuro de sodio. Sin embargo, estos reactivos pueden reemplazarse por compuestos disponibles poco tóxicos capaces de actuar como un proveedor de átomos de azufre. Las matrices de CNT de multicapa se obtuvieron por el método de deposición catalítica de la fase gaseosa a partir de una mezcla de tolueno y ferroceno por el método de spray pirólisis. Las nanopartículas de CdS se forman en la superficie de los CNT a partir de una solución agua-amoniaco de cloruro de cadmio y tiourea aplicando la temperatura de 24°C a 55°C. Las nanopartículas de Nd de tamaño 10-15 nm fueron añadidas a la solución en cantidades de cantidad (10^{-4} mol/l). La morfología y la estructura de las estructuras híbridas CNT-CdS se estudiaron mediante microscopía electrónica de barrido y microscopía electrónica de transmisión.

RESULTADOS

El estudio de las muestras obtenidas mostró que las nanopartículas se forman CdS redondeadas, la integración y la orientación de la disposición de tubos se mantienen en la solución de reacción en los extremos y en la superficie lateral de los nanotubos de carbono. Los experimentos han demostrado que el tamaño de las nanopartículas se puede variar variando la temperatura de la mezcla de reacción y la longitud de los nanotubos permanece en la solución. A bajas temperaturas de síntesis, se forman puntos cuánticos bastante homogéneos en la superficie del cátodo. Por lo tanto, las nanopartículas cultivadas en 5 minutos a partir de una solución calentada a 55°C tenían una forma esférica (Figura 1), un rango estrecho de tamaños (120-190 nm) y fueron decoradas sobre los nanotubos como perlas, lo que indica que la nucleación y el crecimiento de una partícula CdS ocurren directamente en la superficie de un nanotubo de carbono. Al bajar la temperatura de reacción a 30°C y reducir el tiempo de deposición a un minuto, dio como resultado, una disminución en el tamaño promedio de nanopartículas a 12-28 nm (Figura 1). Además, resultó que la superficie de los nanotubos cónicos es tan activa que la deposición de las nanopartículas CdS ocurre incluso a temperatura ambiente a 24°C durante 5 minutos (Figura 2). Pero bajo tales condiciones, las nanopartículas crecen raramente y, aparentemente, solo en las áreas más defectuosas de la superficie, como los extremos de los nanotubos. Pero estas nanopartículas cuales se encuentran en terminaciones finales de los nanotubos de carbono proporcionarán la luminiscencia más eficiente bajo la acción del campo eléctrico. Principio de funcionamiento de un cátodo de campo basado en un material semiconductor híbrido: se aplica un voltaje al sustrato de silicio con una matriz de nanotubos de carbono, dando como resultado una corriente de emisión de electrones entre el cátodo y el ánodo que causa la emisión de nanopartículas CdS en los extremos de los tubos. La radiación se observa a través de un ánodo transparente y se puede grabar con una cámara (Figura 3).

Usando el método de deposición controlada de sulfuro de cadmio, para obtener un cátodo a partir de una matriz de nanotubos de carbono en cuyos extremos se fija la nanopartícula CdS fue observado que cuando se aplica un voltaje a un sustrato conductor, una corriente eléctrica fluye a través de los nanotubos, mientras que se crea una alta intensidad de campo eléctrico en los puntos cuánticos en los extremos de los nanotubos, bajo cuya acción se excitan los electrones. La vida útil del sistema excitado es de aproximadamente 10^{-10} segundos, después de lo cual el electrón vuelve

a su estado original. Esta transición se acompaña de la emisión de un fotón y se produce electroluminiscencia.

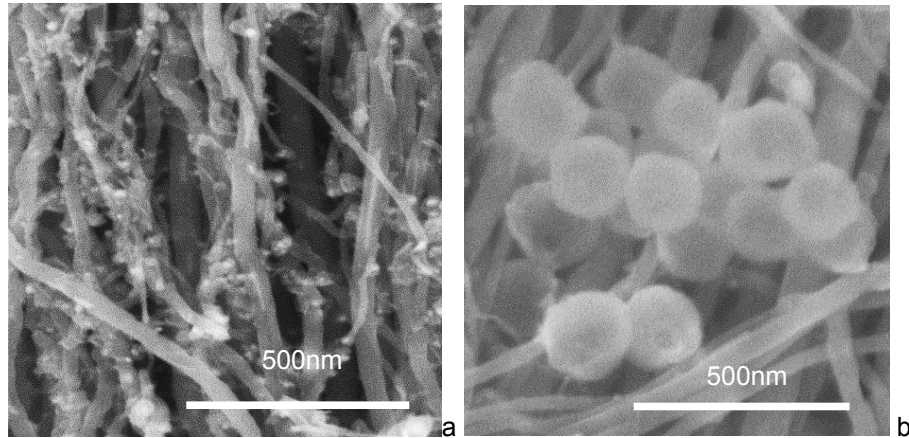


Figura 1. a) Imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM) de CNT con las nanopartículas de CdS obtenidas a temperatura de reacción a 30°C; b) Imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM) de CNT con las nanopartículas de CdS obtenidas a temperatura de reacción a 55°C.

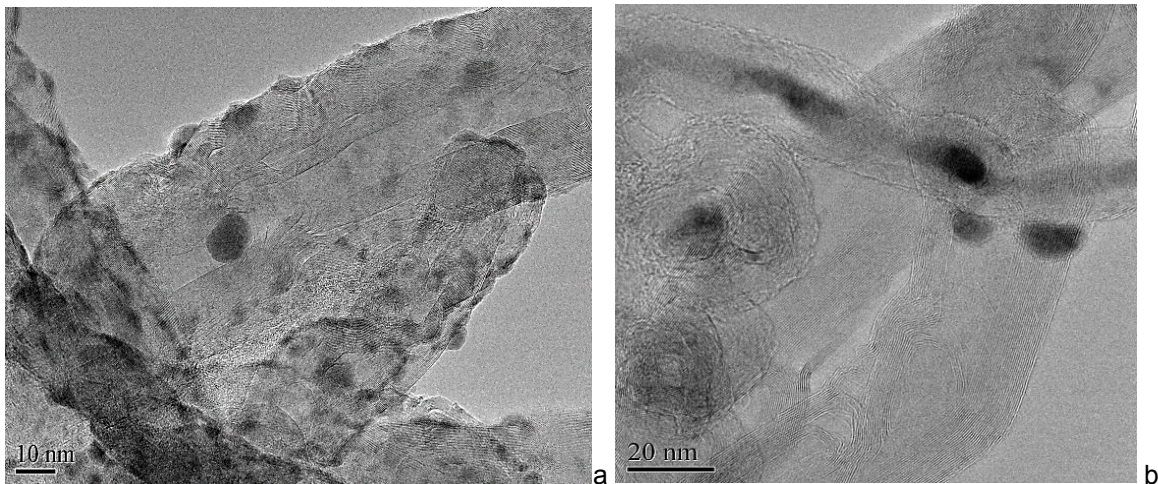


Figura 2. a) Imagen de microscopía electrónica de transmisión (TEM) de CNT con las nanopartículas de CdS obtenidas a temperatura de reacción a 30°C durante 5 minutos; b) Imagen de microscopía electrónica de transmisión (TEM) de CNT con las nanopartículas de CdS obtenidas a temperatura de reacción a 24°C durante 5 minutos.

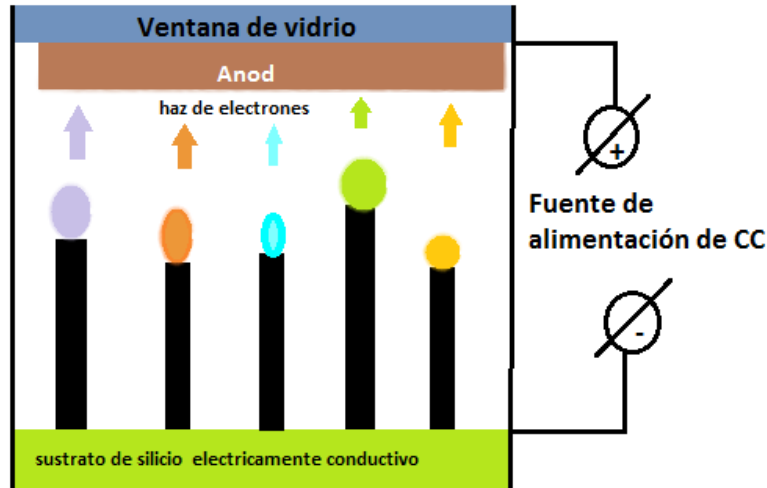


Figura 3. Esquema del principio de funcionamiento de un cátodo de campo basado en un material semiconductor híbrido.

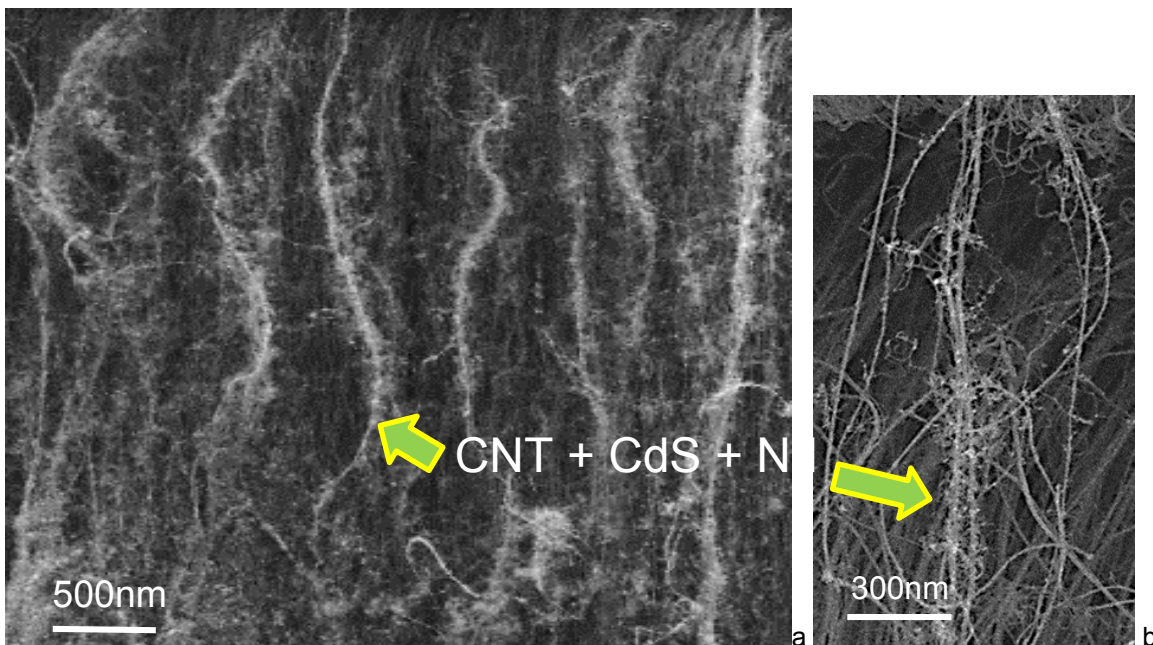


Figura 4. a,b) Imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM) de CNT con las nanopartículas de CdS obtenidas a temperatura de reacción a 30°C con las nanopartículas de CdS y Nd obtenidas a temperatura de reacción a 30°C durante 5 minutos.

El predominio de puntos verdes (electroluminiscencia) indica que las partículas de CdS formadas en los extremos de los nanotubos tienen una estructura cristalina casi perfecta sin defectos estructurales (ideal). La luminiscencia anaranjada o roja suele denominarse estados superficiales con ordenamiento de átomos interrumpido (defectos estructurales). Si los colores verde y rojo son comunes para la luminiscencia del sulfuro de cadmio, entonces es muy difícil obtener un color azul. Si bien solo hay un informe sobre la recepción de emisión azul de nanocristales CdS como resultado de una combinación de varias transiciones electrónicas. En este caso, para mezclar los colores

originales en la proporción adecuada, los cristales fueron sometidos a horas adicionales de tratamiento. La luminiscencia azul de CdS también se obtiene en el caso cuando en una nanopartícula tiene simultáneamente regiones con el arreglo "ideal" de átomos en la red cristalina, y con la división. Este tipo de "desorden" se puede lograr mediante la introducción de un pequeño la cantidad de átomos de otro metal. Como tal, un dopante fue elegido el neodimio, porque era conocido, que la adición de Nd a la mezcla de reacción utilizada para el crecimiento películas, conduce a la deformación estructural de la red cristalina CdS. De hecho, los experimentos llevados a cabo mostraron que los puntos cuánticos obtenidos al agregar a la solución de reacción una pequeña cantidad (10^{-4} mol/l) de neodimio, color azul (Figura 5 a-d). Fue observado, que los nanomateriales híbridos basados en nanotubos de carbono (CNT) y CdS con tierras raras(Nd) depositados sobre fibra óptica da luz azul.

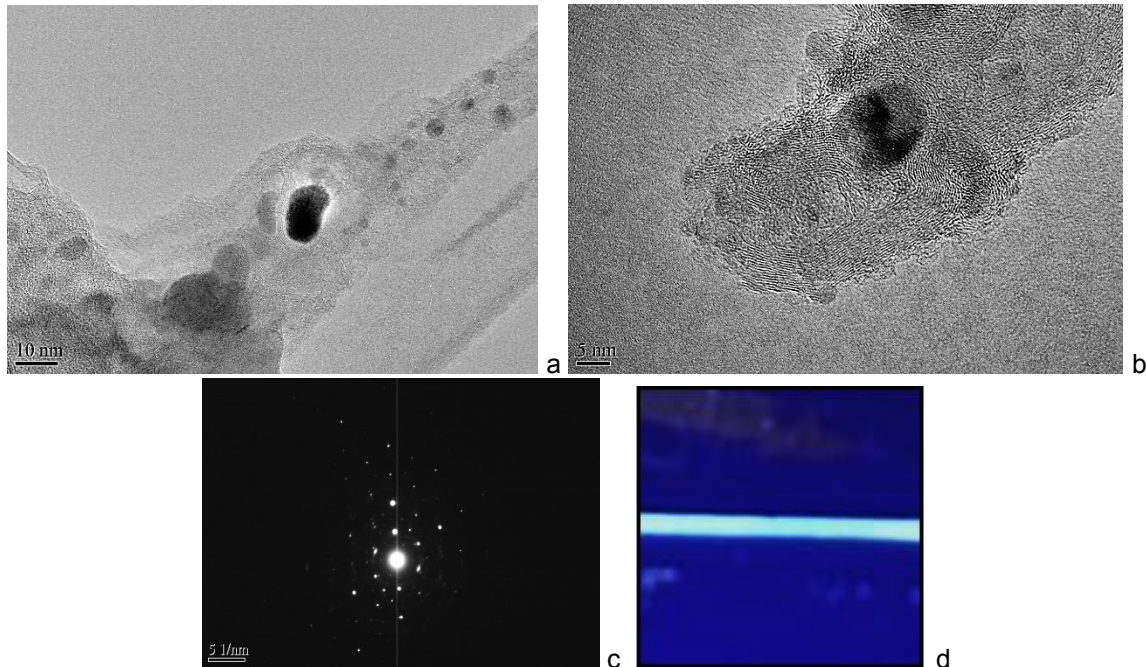


Figura 5. a) Imagen de microscopia electrónica de transmisión (TEM) de CNT con las nanopartículas de CdS y Nd obtenidas a temperatura de reacción a 55°C durante 2 minutos; b) Imagen de microscopia electrónica de transmisión (TEM) de CNT con las nanopartículas de CdS y Nd obtenidas a temperatura de reacción a 30°C durante 5 minutos, c) patrón de difracción de las nanopartículas, d) los nanomateriales híbridos basados en nanotubos de carbono (CNT) y CdS con tierras raras (Nd) depositados sobre fibra óptica da luz azul.

CONCLUSIONES

Como fue mostrado el color del punto cuántico luminoso se puede cambiar en dependiendo de las condiciones de reacción, esto permite, en principio, obtener elementos luminiscentes de una amplia gama de colores. Tales elementos serán muy solicitados para crear fuentes de luz en áreas grandes con bajo consumo de energía. La alta densidad de corriente permitirá obtener fuentes de luz de pequeño tamaño, pero brillo muy alto. Si los nanotubos de carbono se cultivan no en un sustrato eléctricamente conductor, sino en una placa especial, entonces es posible organizar un suministro rápido de energía eléctrica a cualquier nanopartícula de semiconductor individual a través de un nanotubo vinculado a ella. La resolución de la pantalla basada en tales materiales híbridos puede dar un orden de magnitud mejor que los dispositivos existentes. Se demostró que un aumento en el tiempo y la temperatura de la síntesis conduce a aumento en el tamaño y grado de cristalinidad de las nanopartículas CdS y nanopartículas de CdS con Nd tienen las formas esféricas.

REFERENCIAS

1. J. M Bonard et al. Field emission from carbon nanotubes: the first five years, *Solid-State Electronics*. 45, 2001, pp. 893-914.
2. A.V. Yeletsky, Nanotubos de carbono y sus propiedades de emisión, *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*, 172, 2002, pp. 401-438.
3. Eder D. Carbon nanotube - inorganic hybrids, *Chem. Rev.*, 110, 2010, pp. 1348-1385.
4. A.G. Kudashov, Síntesis de un material híbrido a partir de nanopartículas de CdS y nanotubos de carbono. *Izv. Acad. Nauk, Ser. Khim.* 9, 2010. pp. 1674-1677.
5. Fregnaux M. et al. Physical and chemical analyses on single-source precursor-grown CdS semiconductor nanomaterials, *J. Phys. Chem. C*.114, 2010, pp. 17318-17323.
6. Li X. et al. Solar Cells and Light Sensors Based on Nanoparticle-Grafted Carbon Nanotube Films, *ACS Nano*. 114, 4, 2010. pp. 2142-2148.

ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS SUSTANCIAS EXTRAÍBLES DE LA MADERA DE GMELINA ARBOREA

Martha Lilia Equihua Equihua, Adelaida López Gómez, Abril Munro Rojas, Raúl Espinoza Herrera

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESUMEN

La *Gmelina arborea* es una especie originaria de Asia de rápido crecimiento que está adquiriendo gran auge en plantaciones forestales. Por tal motivo es importante caracterizar la madera en todos los aspectos. Químicamente la madera está compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina, como componentes estructurales y de sustancias extraíbles que no se consideran parte estructural. Sin embargo, estas sustancias extraíbles son de vital importancia dando el color, el sabor, el olor y la durabilidad natural de la madera. Además, pueden intervenir en todos los procesos de transformación de la madera. Madera de *Gmelina arborea* fue tratada térmicamente por un periodo de 2.5 horas a 180°C, como un proceso para aumentar su durabilidad natural y reducir su higroscopicidad. La madera de *Gmelina arborea* fue molida y separada en albura y duramen, de acuerdo a las especificaciones de la norma TAPPI (2000). Así, la harina de madera fue sometida a extracción sucesiva en equipo Soxhlet con solventes de menor a mayor polaridad: hexano, acetato de etilo, acetona y agua, por un tiempo de 5 horas. Así en este estudio, se presentan como una primera fase del análisis químico, los porcentajes de los extraíbles de la madera de *Gmelina arborea* tratada térmicamente y sin tratamiento.

INTRODUCCIÓN

La madera está compuesta de forma general por tres grupos de sustancias, las que conforman la pared celular, donde se encuentran las principales macromoléculas, (celulosa, hemicelulosas y ligninas), que están presentes en todas las maderas; el otro grupo lo conforman las sustancias de bajo peso molecular conocidas como sustancias extraíbles (hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, ácidos alifáticos, ceras, glicéridos, y compuestos nitrogenados), se encuentran en los lúmenes de las células, en los intersitios de la pared celular o en las cavidades intercelulares (Hills, 1971; Fengel y Wegener, 1984). Sin embargo, estas sustancias extraíbles son de vital importancia dando el color, el sabor, el olor y la durabilidad natural de la madera. La distribución de los componentes químicos de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) pueden ser determinados por varios métodos, generalmente por el uso de madera reducida a pequeñas partículas, una vez que han sido lixiviados los extraíbles en su mayoría por medio de diferentes solventes orgánicos, se puede determinar la proporción de estos componentes.

La especie *Gmelina arborea*, es una especie forestal originaria del continente asiático ampliamente utilizada en a nivel mundial en Plantaciones Forestales Comerciales (PFC), de gran importancia económica para diferentes propósitos (Downs, 2003; CONAFOR, 2008). Sin embargo, aunque la madera proveniente de PFC podría ayudar a solventar el déficit de abastecimiento de madera, estas maderas tienen características físicas y químicas diferentes a las de bosques naturales, debido a sus diferentes condiciones de crecimiento (Sedano et al., 2015; Espinoza, 2015). Las propiedades de las maderas provenientes de PFC son muy inestables, debido al rápido crecimiento de los árboles, poseen una alta proporción de madera juvenil, la cual causa grandes problemas durante el procesamiento de este material. Deformaciones, grietas y colapsos, son habituales durante el aserrío y secado de esta madera (Garibay et al., 2014). Estos defectos, pueden limitar sus aplicaciones para ciertos usos. Un tratamiento que pudiera contrarrestar estas limitaciones es el termotratamiento de la madera. El termotratamiento, es un método que consiste en someter a la madera a temperaturas elevadas que van desde los 120 a 280°C por tiempos de 15 minutos a 24 horas. Este método es considerado amigable con el medio ambiente ya que no utiliza ningún compuesto químico (Peláez, 2013). Es utilizado para reducir la higroscopicidad de la madera, lo que incrementa su estabilidad dimensional y aumenta su resistencia a los hongos de la pudrición (Espinoza, 2015). Así, el objetivo del presente estudio es analizar las sustancias extraíbles de la madera *Gmelina arborea* sin tratamiento térmico (S/T) y con tratamiento térmico (C/T) debido a que al ser sometida la madera a un proceso de térmico se pudieran ir o modificar químicamente algunos extractos importantes, por

lo cual surge el interés de realizar extracciones con harina de madera sin tratamiento y con tratamiento térmico para conocer que extraíble se pudieran ir en el proceso, así como determinar el porcentaje de extraíbles presente antes del tratamiento y después del tratamiento.

PARTE EXPERIMENTAL

El material empleado en esta investigación consistió en madera de albura y duramen de *Gmelina arborea*. Los árboles seleccionados provinieron de una pequeña plantación de melina (*Gmelina arborea*) localizada en el rancho “La Guadalupe”, municipio de Nuevo Urecho, Michoacán.

Se realizó un tratamiento térmico sometiendo a la madera a una temperatura de 180°C durante 2.5 horas. Las muestras de madera (duramen y albura) sin tratamiento y con tratamiento térmico de *Gmelina arborea*, fueron astilladas, secadas y molidas en un molino Wiley de acuerdo con la norma T-157 TAPPI (2000), obteniendo la harina de madera, la cual se clasificó con tamices, para el análisis químico se empleó la fracción que paso por la malla 40 (420µm) y que fue retenida en malla 60 (250 µm) (figura 1).



Figura 1. a) Astillas de *Gmelina arborea*, b) molino wiley, c) tamices.

Obtención de sustancias Extraíbles

Para determinar la cantidad de extraíbles contenida en la madera sin tratamiento y con tratamiento térmico de *Gmelina arborea* (10 g de harina), se utilizó una secuencia de extracciones con solventes de polaridad creciente (hexano, acetato de etilo, acetona y agua), utilizando un sistema continuo en equipo Soxhlet (figura 2a), por un periodo de 5 horas, el cual se aseguró que se retirara la mayor cantidad de extractos presenten en la madera. Los extractos se recuperaron evaporando los solventes utilizados en la secuencia llevándolos a baño María considerando el punto de ebullición de cada solvente para evitar la pérdida de algunos extraíbles ya que estos son muy sensibles con la temperatura (figura 2b). Posteriormente, evaporados los solventes los matraces se colocan en el horno de secado (figura 2c), después se pasaron al desecador durante 15 minutos, posteriormente, se pesaron en una balanza analítica, obtenido los pesos, se obtiene el extracto y se guarda en viales de vidrio para su análisis (figura 2d). Para contenido de extraíbles en cada solvente se calculó dividiendo el peso del extracto anhidro entre el peso de la harina anhidra referido porcentualmente. Los extraíbles totales se calcularon con la suma de los porcentajes de los extraíbles de cada solvente.

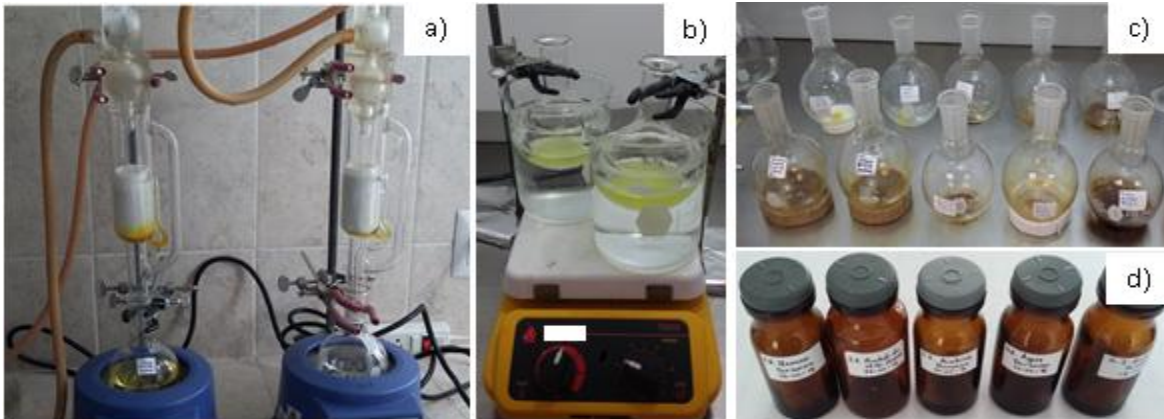


Figura 2. a) Equipo Soxhlet, b) Extractos a baño maría, c) Extractos evaporados, d) Extractos en viales para su análisis.

RESULTADOS

La figura 3, se presentan los porcentajes obtenidos de extractos de madera de *Gmelina arborea*. Se hace una comparación de la madera sin tratamiento y con tratamiento térmico de forma general, donde se observa que la madera de albura sin tratamiento tiene un porcentaje de extractos totales de 11%, mientras que la madera de albura con tratamiento de 7.77%, existiendo una diferencia de 3.24 unidades. Mientras que la madera de duramen sin tratamiento y con tratamiento el porcentaje total es del 9.39% en ambos casos.

Los porcentajes de extractos por tipo de solvente presentes en la madera de *Gmelina arborea* en cuanto a la albura sin tratamiento y con tratamiento térmico con hexano la diferencia es mínima de 0.01 unidades, con acetato de etilo 0.54 unidades, acetona de 1.23 unidades y con agua de 1.48 unidades de diferencia, siendo más notorio la disminución en acetona y agua.

En cuanto a la madera de duramen sin tratamiento y con tratamiento fueron los siguientes; para hexano la diferencia es mínima 0.05 unidades, para el acetato de etilo se presentó un aumento de 0.11 unidades al ser sometida la madera al tratamiento térmico, con la acetona fue de 0.88 unidades y para el agua al ser sometida la madera al tratamiento aumento 0.82 unidades.

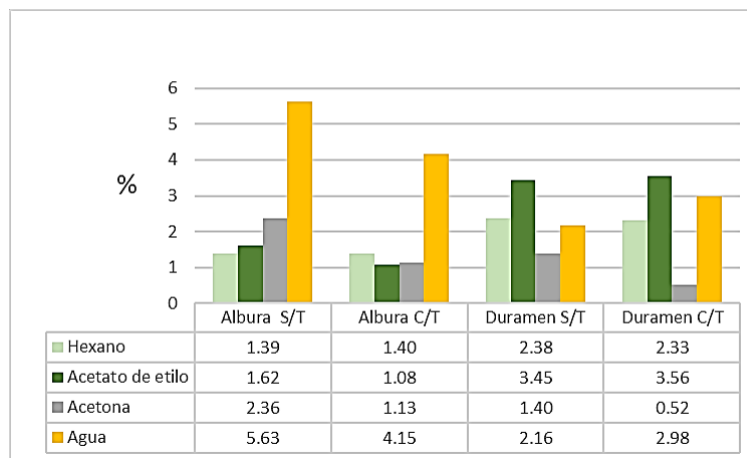


Figura 3. Porcentajes de extractos de la madera de *Gmelina arborea*.

CONCLUSIONES

Para la albura de esta especie, se notaron variaciones significativas en los extractos de acetato de etilo, acetona y agua, observándose que al ser sometida al tratamiento térmico la cantidad total de extractos presentes disminuyó en comparación con la madera sin tratamiento.

En cuanto al duramen de la *Gmelina arborea*, los resultados varían un poco con cada solvente existiendo un aumento de los extractos presentes en acetona y agua al ser sometida al tratamiento térmico, aunque cabe mencionar que no hubo una diferencia significativa. Esto es referente a los porcentajes de los extractos presentes, ya se trabaja en el análisis vía cromatografía de gases acoplada a masas, el análisis químico de cada extracto.

BIBLIOGRAFÍA

1. CONAFOR. "Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México". Comisión Nacional Forestal. 2008. URL <http://biblioteca.xoc.uam.mx/docs/consulta/136525.pdf> 2.
2. Downs, G. "Estudio tecnológico de la madera de *Gmelina arborea* Roxb., proveniente de plantaciones jóvenes del estado de Campeche". Campeche, México. 2003. 72p.
3. Espinoza H. R. (2015). El termotratamiento de la madera. Lectura Científica. Nivel Medio-Superior. Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación (CECTI). 39-4. URL. <http://cecti.michoacan.gob.mx> 2015.
4. Fengel, D. y G. Wegener. Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. Berlín, 1984. 613 p.
5. Garibay G. G.A., Casimiro C. J.C., Sosa V. H. y Espinoza H. R. "La madera de *Eucalyptus nitens* procedente de plantación comercial". Memorias. Primer Simposio Internacional "Día del Forestal". 28 Nov. Pag 36. 2014.
6. Hills W.E, Distribution, properties and formation of Some Wood Extractives. (Wood Science and Technology, 5:272-289. 1971.
7. Pelaez S. M.R., Yadama V., Lowell E., Espinoza H. R. "A Review of Wood Thermal Pretreatments to Improve Wood Composite Properties" Wood Sci Technol. 47: 1285-1319. 2013.
8. Sedano M. M., Colín G. M., Olmos L., Espinoza H. R. "Chemistry characterization of *Eucalyptus nitens*, from 8 years old coming from a commercial plantation". Mexican Journal of Materials Science and Engineering, vol.2, no.3, pp. 38-44. 2015.
9. TAPPI "Test Methods". Technical Association for the Pulp and Paper Industries. TAPPI Press. Atlanta, GA. 2000.

SISTEMA PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE MASTITIS SUBCLÍNICA DE LA VACA PREVIA A LA ORDEÑA A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL

Clara Alicia Gómez Márquez, José David Contreras Becerra, Mario Alberto Villegas Romero

José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica de Lagos de Moreno

RESUMEN

El 90% de los dueños de los establos de la región Altos Norte de Jalisco son proveedores de leche para la industria láctea. En estos establos, su principal problema es el tratamiento de la mastitis clínica en la glándula mamaria de sus vacas, lo que les genera un costo elevado en su cura, disminución en la producción de leche y baja calidad, por lo que se desarrolló un sistema innovador que detecta la mastitis subclínica de cada cuarto de la vaca basado en la conductividad eléctrica, así como la tecnología RFID como mecanismo eficiente y rápido para la identificación y recolecta de datos de las vacas. Para llevar a cabo los análisis de la obtención de leche de cada cuarto de la vaca, se desarrolló un software que permite la adquisición de datos de las muestras de leche, se desarrolló un dispositivo de medición el cual tiene embebido un arreglo con puentes de Wheatstone que permite encontrar el valor de la resistencia de la leche de cada cuarto de la vaca y en base a una serie de muestreos determinar la diferencia de potencial que indica la presencia de mastitis subclínica, se analizaron los datos del muestreo y se sometieron a una prueba de normalidad y se realizó un estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad para validar el instrumento de medición. El resultado arrojó que el valor de la resistencia de la leche entre establos, tiene variabilidad ya que depende en gran medida de las dietas a las que están sometidas las vacas, por lo que el dispositivo de medición se tendrá que adecuar a las características de cada establo. La validación del instrumento de medición indicó que es un dispositivo preciso y las pequeñas variaciones que existen se deben a la falta de calibración del puente.

INTRODUCCIÓN

El 90% de los dueños de los establos de la región Altos Norte de Jalisco son proveedores de leche para la industria láctea.

El rancho Potrero de Gutiérrez provee de 5000 a 5500 litros de leche diaria a la empresa “Alimentos la Concordia” y uno de sus principales problemas en sus vacas es la mastitis clínica.

La mastitis, es la respuesta inflamatoria de la glándula mamaria normalmente causada por bacterias en el que su impacto radica en la cantidad de producción del animal y la calidad de la leche producida. Esta enfermedad, se diagnostica comúnmente por los signos clínicos, además de las anomalías en la leche y la ubre. Los síntomas clínicos incluyen una disminución en la producción de la leche, aumento en el número de leucocitos, composición y apariencia alterada (grumos) de la leche, fiebre, cuartos mamaros enrojecidos, hinchados y calientes. En la mastitis subclínica, la ubre de la vaca permanece aparentemente sana, la leche que produce a simple vista es una leche normal, pero una infección incipiente puede estar dañando el tejido glandular y provocando por lo tanto una alteración en la leche que esta produce.

Por lo que se propone el desarrollo de un sistema innovador que detecte la mastitis subclínica de cada cuarto de la vaca basado en la conductividad eléctrica, así como la tecnología RFID como mecanismo eficiente y rápido para la identificación y recolecta de datos de las vacas.

TEORÍA

La Mastitis

La palabra mastitis deriva del griego, donde *mastos* significa “mama” e *itis* “inflamación del”. Esta inflamación de la glándula mamaria resulta de: traumatismos o lesiones en la ubre, irritaciones químicas o, más comúnmente, de infecciones causadas por microorganismos, especialmente bacterias. La reacción inflamatoria es un mecanismo de protección para: eliminar los microorganismos, neutralizar sus toxinas y ayudar a reparar los tejidos productores de leche para que la glándula pueda volver a funcionar normalmente. El grado de inflamación puede variar mucho, desde subclínica hasta clínico (en sus diversas formas), dependiendo esto de la severidad con que la ubre reaccione a la fuente de irritación².

La mastitis subclínica es el tipo predominante de infección intramamaria, si bien no puede ser detectada visualmente, ni en la ubre ni en la leche, ya que ambas tienen apariencia normal. Por lo general, la mastitis subclínica no es percibida ni por el cuidador del ganado ni por el ordeñador.

Puente de Wheatstone

Puente de medida, en el que su estructura está formada por cuatro resistencias, una de las cuales es la que se pretende medir, una fuente de tensión continua y un galvanómetro.

El puente de Wheatstone tiene dos resistencias fijas (R_1 y R_1), una resistencia variable (R) y la resistencia a medir (R_x). Cuando $R = R_x$ el puente está en equilibrio por lo que si la variación de r se hace de una forma totalmente controlada y es posible conocer su valor, habremos encontrado el valor de R_x (Fig. 1).

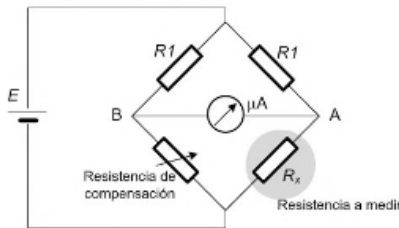


Fig.1 Puente de Wheatstone para conocer el valor de la resistencia R_x .

PARTE EXPERIMENTAL

Diagrama de alto nivel sistema

Primeramente, se definió el funcionamiento del sistema representado mediante un diagrama de alto nivel (Fig. 2).

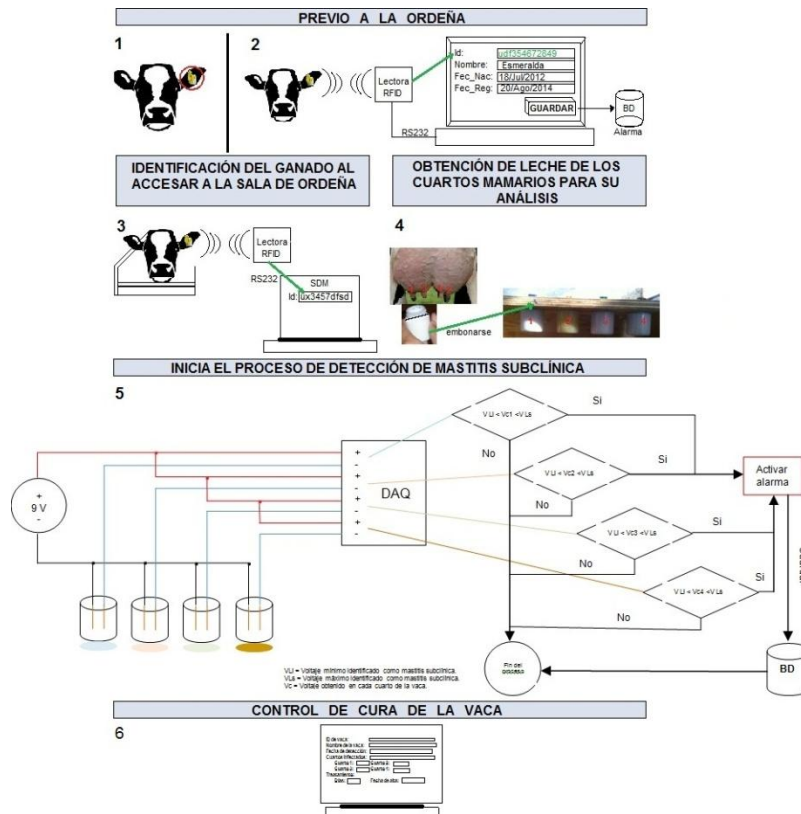


Fig. 2 Diagrama de Alto nivel del funcionamiento del sistema.

Levantamiento de requerimientos.

Se llevó a cabo un levantamiento de requerimientos funcionales para el desarrollo del sistema. El sistema para la parte de administración del estable se desarrolló en C# y se muestran sus casos de

uso (Fig. 3), mientras que la aplicación para el análisis de la leche y determinar si la ubre tiene o no mastitis se programó en labview y también se muestran sus casos de uso (Fig. 4).

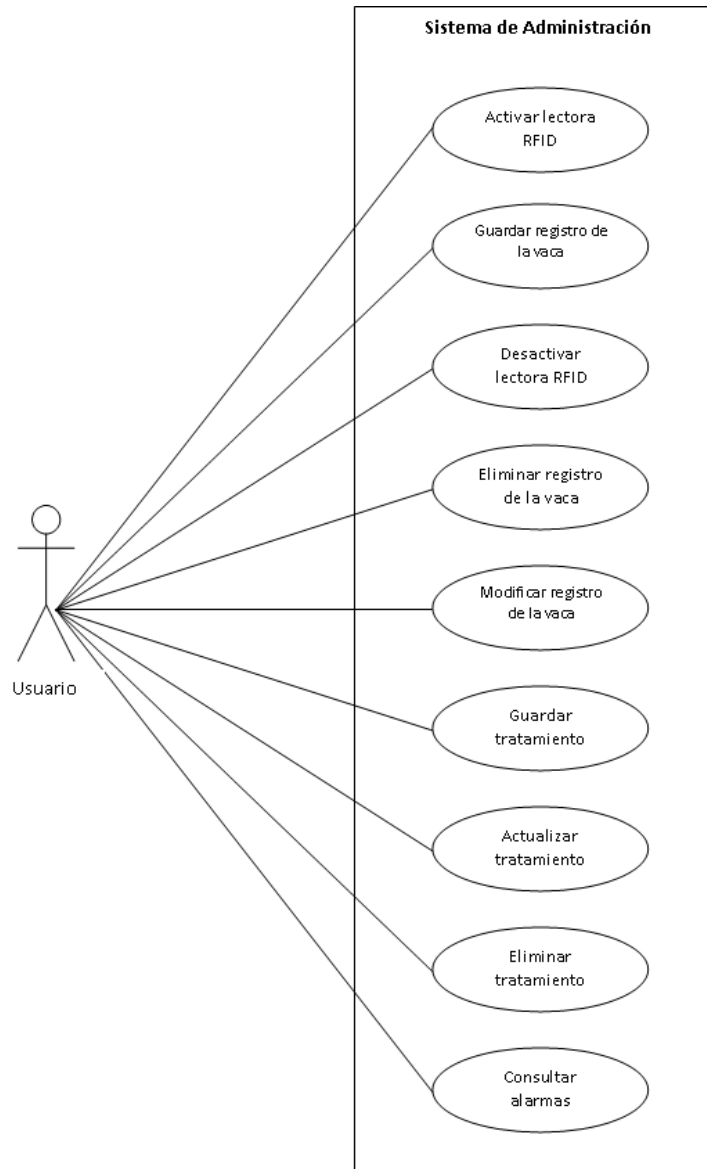


Fig. 3 Casos de uso para el sistema de administración.

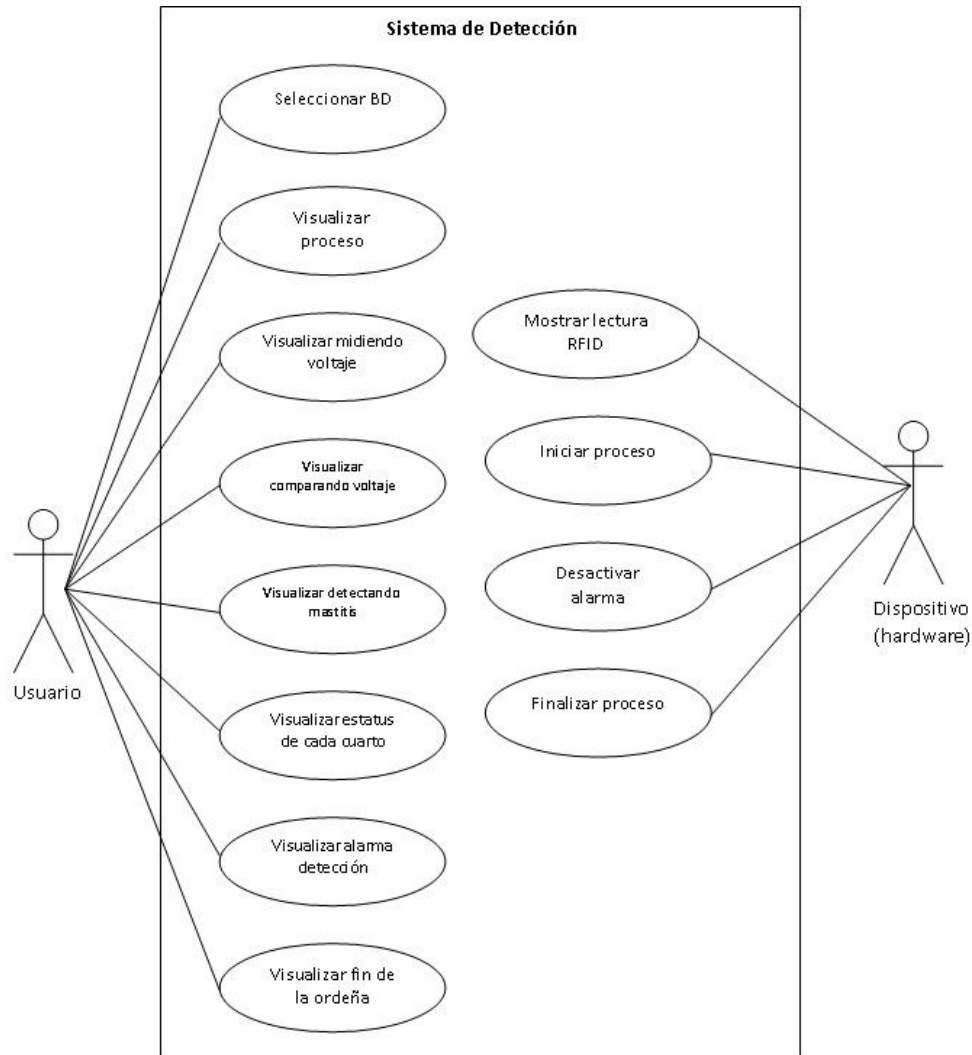


Fig. 4 Casos de uso para el sistema de detección.

Diseño del dispositivo de medición.

Se diseñó un prototipo para medir la diferencia de potencial de la leche de recién ordeña y con ello iniciar el análisis de los datos para determinar los rangos considerados para decidir si la vaca tiene mastitis en alguno de sus cuartos.

El diseño se realizó en varias etapas, acorde a las experimentaciones que se fueron realizando (Fig. 5).

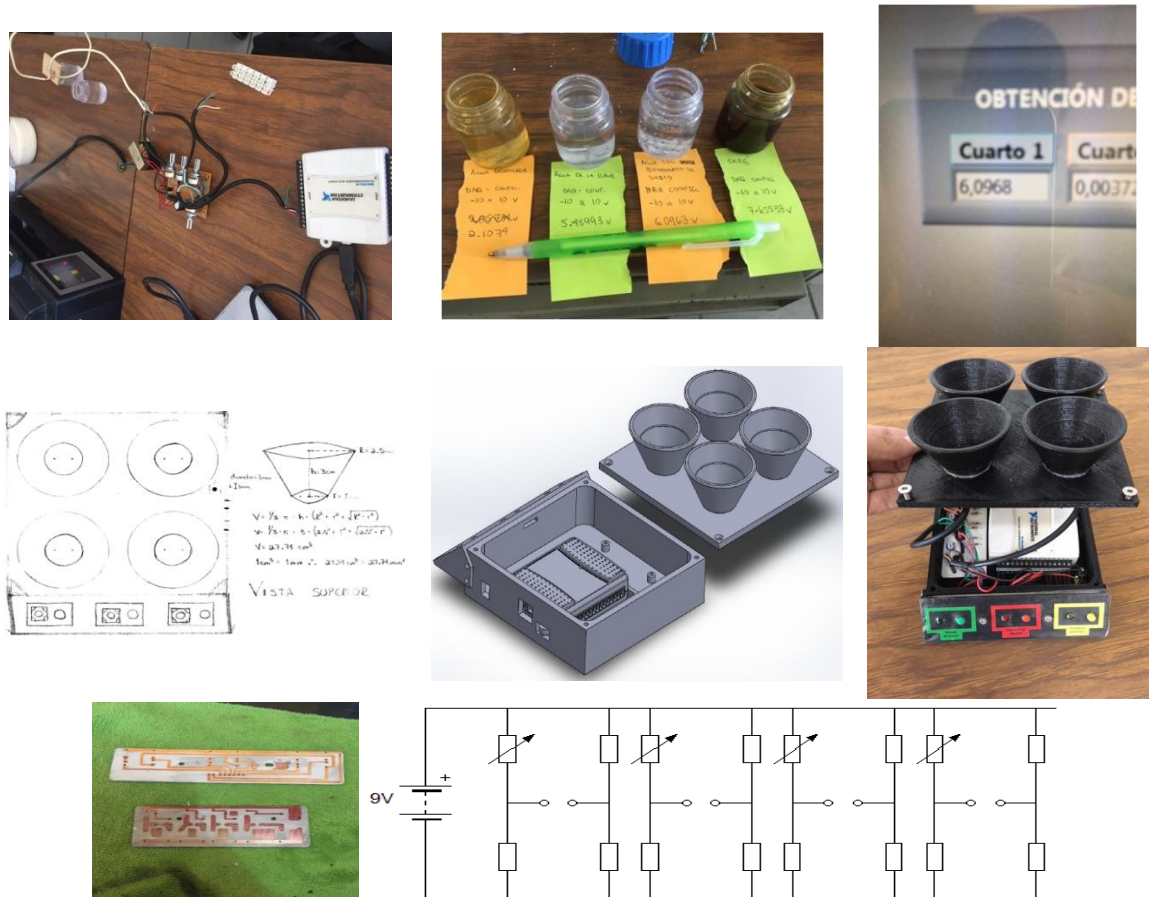


Fig. 5 Etapas de la construcción del dispositivo de medición.

Muestreo.

Se llevó a cabo el muestreo en el establo, con la implementación del sistema de detección de mastitis (Fig. 6).



Fig. 6 Muestreo, implementando el sistema de medición.

RESULTADOS

Se tomó una muestra de 40 vacas, de las cuales 18 sufren algún tipo de mastitis en una de sus ubres. Las muestras fueron realizadas por 2 operadores diferentes, lo que llevó a tener una muestra de 80 registros.

Con los datos obtenidos, se generó un análisis para ver la normalidad de los datos, lo que arrojó una distribución totalmente normal, con una media de 4.35 y una desviación estándar del 0.243, lo que indica que la diferencia de esta variación con respecto al valor medio es muy corta (Fig. 7).

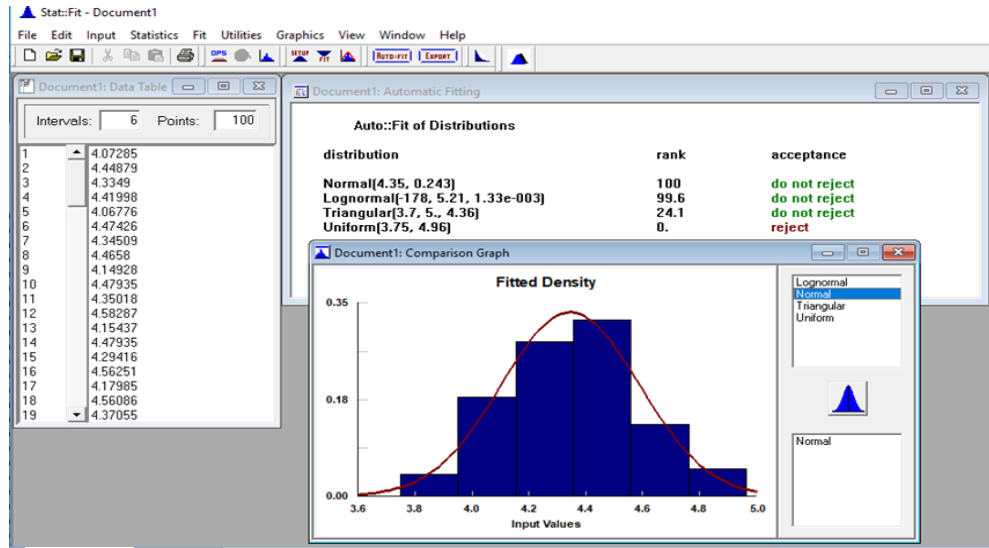


Fig. 7 Distribución resultante de los datos ingresados a la prueba.

Posteriormente se realizó un estudio R&R (Repetibilidad y reproducibilidad) para validar el instrumento de medición (Fig. 8), y en este arrojó:

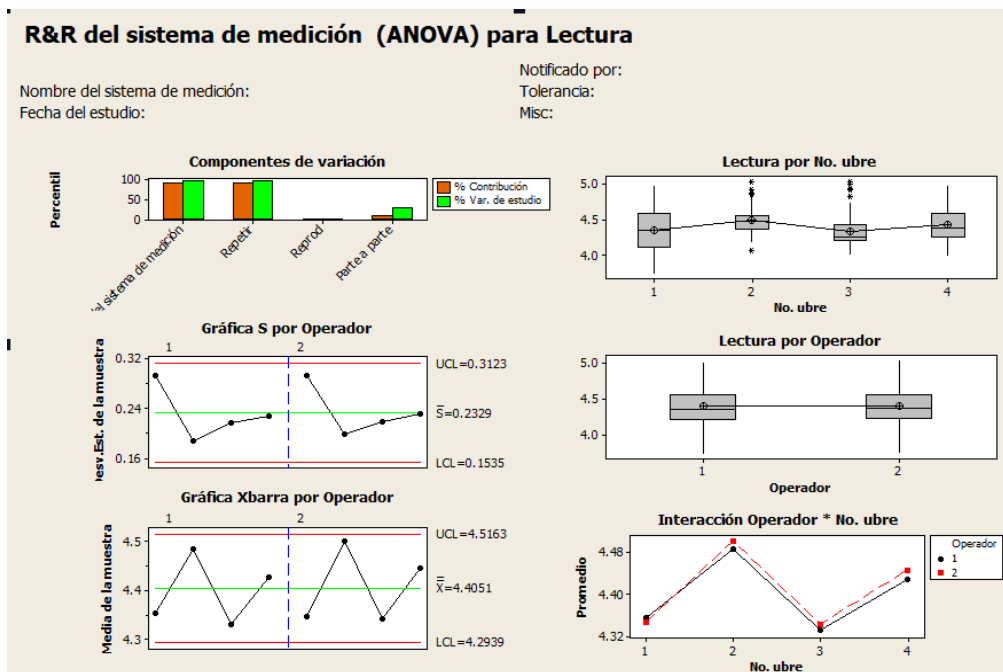


Fig. 8 Resultante arrojados en el estudio R&R.

1. Se puede observar que la variabilidad entre la contribución del sistema contra la variabilidad de estudio, es efectivamente demasiado pequeña por lo que se considera un instrumento de medición confiable.
2. En este punto se observa que el instrumento de medición genera una mínima variación, es decir la variación tiene relación con las 40 mediciones que realizó un mismo operador en la misma ubre de las vacas, usando el mismo sistema de medición y bajo las mismas condiciones; por lo que se considera al instrumento de medición como repetible.

- La imagen muestra que no existe variación, cuando los dos operadores tomaron las lecturas de las mismas ubres de las vacas con el mismo instrumento de medición y bajo las mismas condiciones, por lo que podemos interpretar que el instrumento de medición tiene reproducibilidad.
- El último apartado muestra como el sistema sí distingue entre partes, pero tiene una variación por encima de la media, lo que significa que las lecturas de una ubre a otra varían significativamente y esto puede deberse a una falta de calibración en los electrodos.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se pudo definir que el rango de voltaje considerado para determinar la mastitis subclínica en el Rancho Potrero de Gutiérrez es de los 4.62 V a los 4.64 V (Fig. 9).

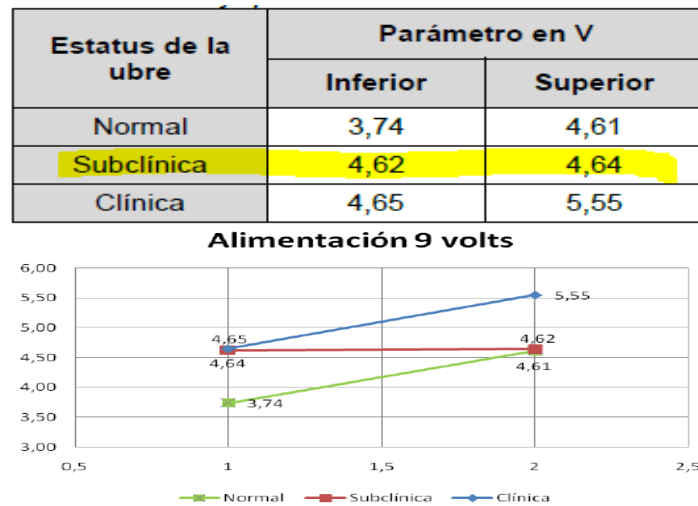


Fig. 9 Rangos de voltaje para definir el estatus de la ubre.

Por otra parte, para cada estable se tiene que hacer un muestreo, ya que la alimentación es de mucha importancia para la calidad de la leche y los valores de voltaje que esta arroje. El sistema de detección es un instrumento que apoya a los dueños de los establos a tener la certeza en la calidad de la leche.

BIBLIOGRAFÍA

- Bedolla, CC. Castañeda, VH. Wolter, W. *Métodos de detección de la mastitis bovina*. REDVENT. 2007, Vol. VIII, No. 9. Referencia 090702_REDVT
- LÉVESQUE, Pierre. *Menos Mastitis, Mejor Leche*. Ed. Hoard's Dairyman. 2004, Pag. 9.
- GONZALEZ RIVAS, Fabián. JUAN GODOY Bibiana. *Riesgos asociados al consumo de leche*. 16 de marzo de 2010 Fundación Eroski. [En línea] Disponible <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2001/11/07/528.php>. Noviembre 2011
- PHILPOT, W. Nelson. NICKERSON, Stephen C. *Ganando la lucha contra la mastitis*. Westfalia-Surge, Inc. & Westfalia Landtechnik GmbH.
- MOORE, W. Jhon. KOTZ, Jhon C. STANITSKI, Conrad L. JOESTEN, Melvin D. WOOD, James L. *El mundo de la Química*. Pearson Educación. 2da. Edición. Año 2000.
- KRAUS, Jhon D. FLEISCH, Daniel A. *Electromagnetismo con aplicaciones*. McGraw Hill. 5ta. Edición. Octubre 1999.
- PALLÁS ARENY, Ramón. *Sensores y acondicionadores de señal*. Alfa omega marcombo. 4ta. Edición. Año 2007.

8. DIECK ASSAD, Graciano. *Instrumentación, acondicionamiento electrónico y adquisición de datos*. Trillas. Enero 2000.
9. PÉREZ GARCÍA, Miguel Ángel. *Instrumentación electrónica*. Paraninfo S.A. Año 2014.
10. National Instruments. Mayo 2012. [En línea] Disponible <http://www.ni.com/white-paper/8985/es>. Agosto de 2015.
11. *Sistema de RFID*. [En línea] Disponible. http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt13_rfid.pdf. Noviembre 2012.
12. LAJARA VIZCAINO, José Rafael. PELEGRÍ SEBSATIÁ, José. *LabView entorno gráfico de programación*. Alfa Omega. 1ra. Edición. Marzo de 2007.
13. BELL, Douglas. PARR, Mike. *C# para estudiantes*. Pearson. 1ra. Edición. México, 2010.
14. FIRTMAN, Maximiliano. NATALE, Leonardo. *Visual Studio .NET Framework 3.5 para profesionales*. Alfa omega. 1ra. Edición. Buenos Aires, 2010.
15. Microsoft. MSDN.
16. PEREZ LÓPEZ, César. *Domine Microsoft SQL Server 2008*. Alfa omega. 1ra. Edición. Mayo de 2010.
17. LÓPEZ QUIJADO, José. *Domine PHP y MySQL*. Alfa omega. 1ra. Edición. Mayo de 2007.
19. *Manual de Access*. [En línea] Disponible http://www.lalila.org/tutoriales/tutorial_Access97.pdf. Octubre 2015.
20. *ODBC, ADO y OLE DB*. [En línea] Disponible <http://support.microsoft.com/kb/190463/es>. Noviembre de 20125.
21. PAVÓN PUERTAS, Jacobo. *Navegar en internet, creación de un portal con PHP y MySQL*. Alfa omega. 3ra. Edición. 2007.

SIMULACIÓN NUMÉRICA Y ANÁLISIS MODAL DE ELEMENTOS FINITOS PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE UN ESPÉCIMEN DE PRUEBA A BASE DE POLÍMERO PMMA (METIL-METACRILATO) USADO EN APLICACIONES ODONTOLÓGICAS.

Alberto Gutiérrez Martínez¹, Gonzalo M. Domínguez Almaraz¹, Erasmo Correa Gómez¹, Manuel Tapia Guzmán¹, Javier Gutiérrez Martínez¹ y Alejandra Martínez Gutiérrez¹, Ramon Hernandez Sanchez²

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ²Universidad Tecnológica de la costa grande de Guerrero (UTP). betin999@hotmail.com

RESUMEN

El polímero PMMA tiene actualmente muchas áreas de aplicación; una de las principales es la médica dentro del área de elaboración de prótesis. De acuerdo a la investigación bibliográfica, artículos, tesis y fuentes de información en la red, se decidió trabajar con el polímero PMMA por sus aplicaciones en el área de odontológica, debido a dos factores principales: a) fácil acceso y b) su costo.

Después de seleccionar este polímero, se obtuvieron mediante la búsqueda bibliográfica las siguientes propiedades físico-mecánicas, los cuales son de suma importancia para obtener las dimensiones de la probeta de ensayos. Las dimensiones se obtuvieron a través de simulación en software ANSYS utilizando un análisis modal, necesario para obtener su frecuencia natural de oscilación en dirección longitudinal, que se utiliza en los ensayos por fatiga ultrasónica.

Densidad =1180 Kg/m³, Módulo de Poisson =0.4, Coeficiente de elasticidad =3300 MPa

La simulación llevada a cabo con el software ANSYS R15.0, permite realizar la simulación con los parámetros anteriores para encontrar las dimensiones de la probeta que cumpla las condiciones de resonancia, necesarias en la puesta en marcha de ensayos de fatiga ultrasónica a 20 KHz, validando la simulación al obtener un buen proceso de mallado, de acuerdo a los criterios del software.

INTRODUCCION

El polímero PMMA tiene actualmente muchas áreas de aplicación; una de las principales es la médica dentro del área de elaboración de prótesis. De acuerdo a la investigación bibliográfica, artículos, tesis y fuentes de información en la red, se decidió trabajar con el polímero PMMA por sus aplicaciones en el área de odontológica, debido a dos factores principales: a) fácil acceso y b) su costo.

Después de seleccionar este polímero, se obtuvieron mediante la búsqueda bibliográfica las siguientes propiedades físico-mecánicas, los cuales son de suma importancia para obtener las dimensiones de la probeta de ensayos. Las dimensiones se obtuvieron a través de simulación en software ANSYS utilizando un análisis modal, necesario para obtener su frecuencia natural de oscilación en dirección longitudinal, que se utiliza en los ensayos por fatiga ultrasónica.

Densidad =1180 Kg/m³

Módulo de Poisson =0.4

Coeficiente de elasticidad =3300 MPa

La simulación llevada a cabo con el software ANSYS R15.0, figura 1 y 2, permite obtener la frecuencia natural de oscilación, introduciendo los parámetros anteriores. Esta simulación conduce a determinar las dimensiones de la probeta que cumpla las condiciones de resonancia, necesarias en la puesta en marcha de ensayos de fatiga ultrasónica a 20 KHz.

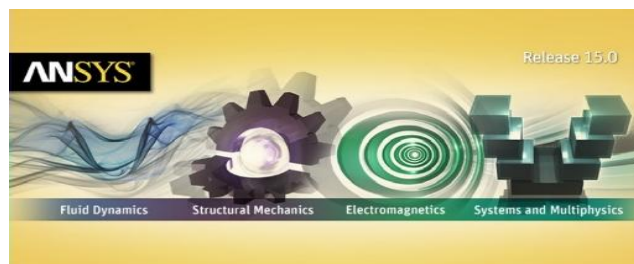


Figura 1. Software ANSYS 15.

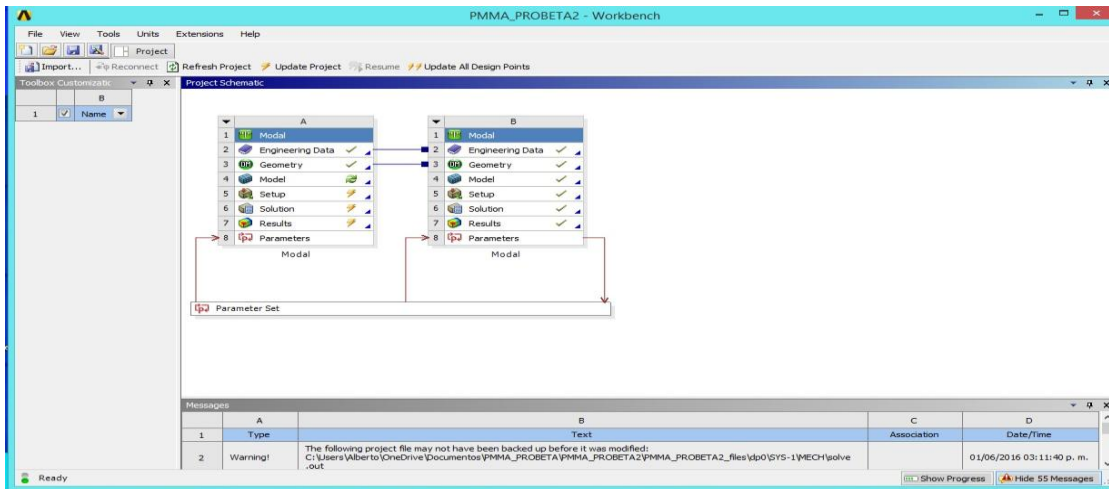


Figura 2. Plataforma de trabajo Workbench.

La interfaz gráfica utilizada Workbench de ANSYS es una plataforma muy accesible, la cual se utiliza para el desarrollo de la simulación correspondiente a las dimensiones de la probeta, para su análisis modal con el propósito de obtener la frecuencia natural de oscilación, figura 3.

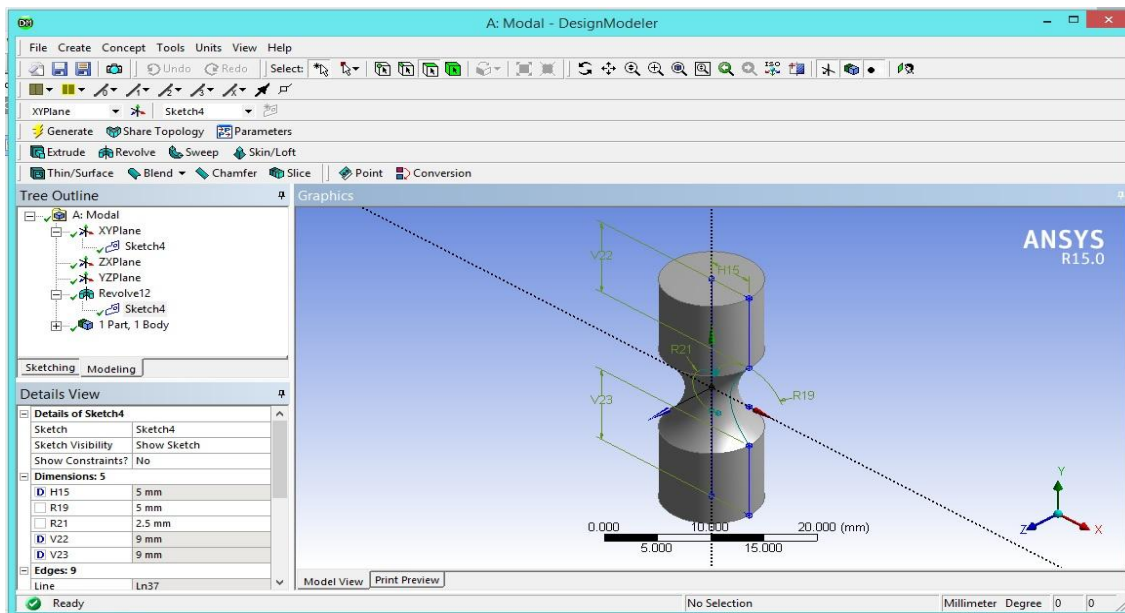


Figura 3. Dimensiones de la probeta elaborada en Workbench.

PROCESO DE MALLADO

Cambios de geometría. El proceso de mallado en la simulación permite obtener buenos o malos modelos. Existen dos formas de realizar este proceso:

Mallado Automático. El programa de elemento finito evalúa la geometría y topología del modelo mediante un algoritmo y puede ser: Tetraedros o Hexaedro-Dominante.

Mallado Manual. El usuario decide realizar un mallado con la talla fina o más gruesa según lo requiera su modelo.

En la siguiente figura 4, se muestra el mallado de forma automática realizada por el software ANSYS15 mediante su algoritmo eligiendo la alternativa según su criterio interno de selección. Para cumplir con un buen proceso de simulación es importante considerar las normas generales de mallado, las cuales se enlistan a continuación:

La relación Largo/Ancho de los elementos deben ser lo más cercano a 1 (se acepta < 3). Los elementos no deben presentar ángulos muy agudos o muy obtusos (desviación no mayor a $\pm 30^\circ$ del ángulo "óptimo").

Para las regiones que requieran utilizar una malla refinada:

- Aplicación de cargas.
- Posible concentración de esfuerzos.

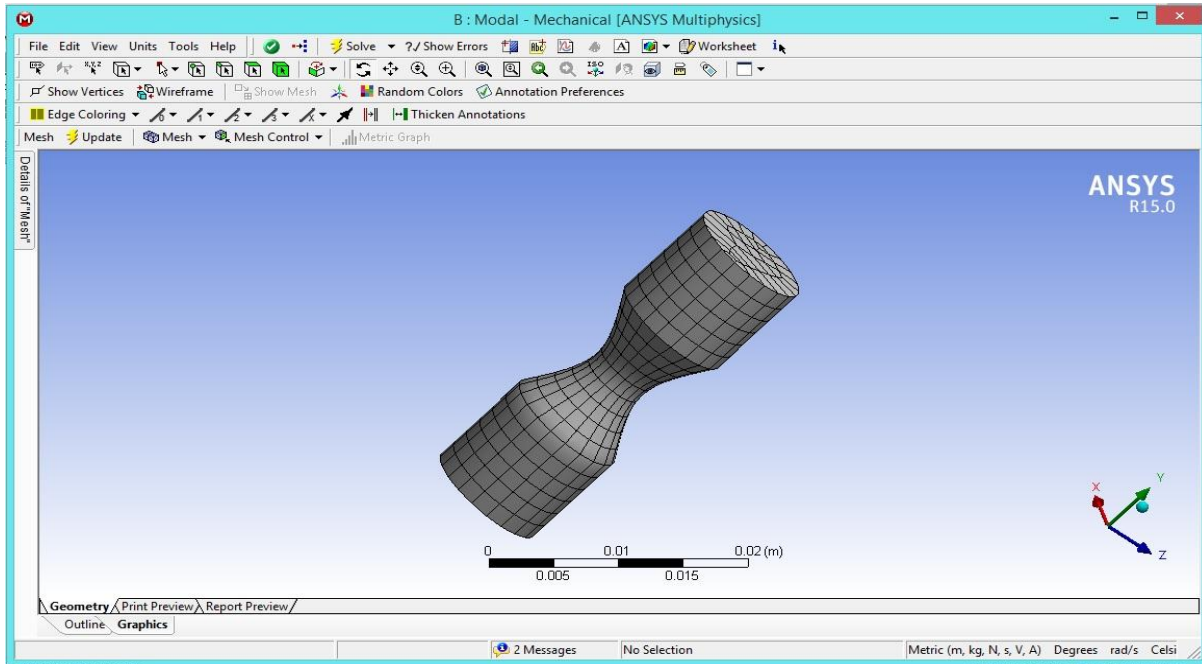


Figura 4. Proceso de mallado de probeta en Workbench.

Para realizar un proceso de mallado que permita obtener buenos resultados, es importante considerar la dimensión de los elementos del mallado con el fin de validar el modelo obtenido.

En la siguiente figura 5, se muestran las mallas obtenidas con dimensiones de 1mm, 0.5mm y 0.2mm respectivamente.

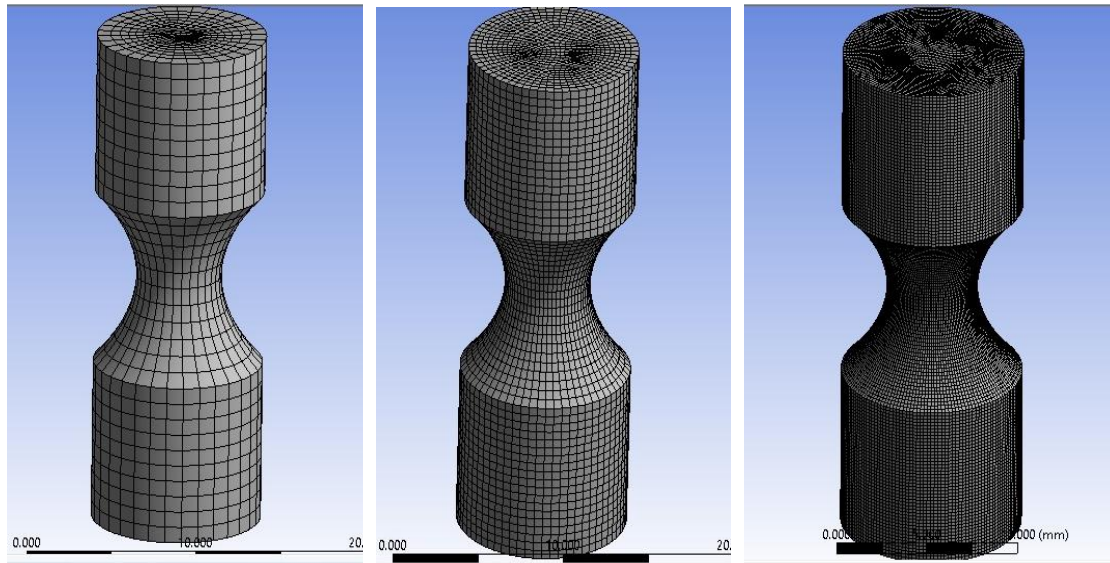


Figura 5. Mallado a 1, 0.5 y 0.2 mm, de izquierda a derecha respectivamente.

SIMULACIÓN DE MODELO Y OBTENCIÓN DE DIMENSIONES DE PROBETA.

El efecto de la dimensión de la malla se muestra en la figura 6, en la que se llevó a cabo simulación de la concentración de esfuerzos aplicando un desplazamiento en los extremos de la probeta de 9 μm . La máxima concentración de esfuerzos se encuentra en la parte estrecha de la probeta, como se observa en la misma figura 6. Como puede observarse, la dimensión de la malla influye en la precisión del esfuerzo obtenido: 6.1256 MPa y 6.0078MPa.

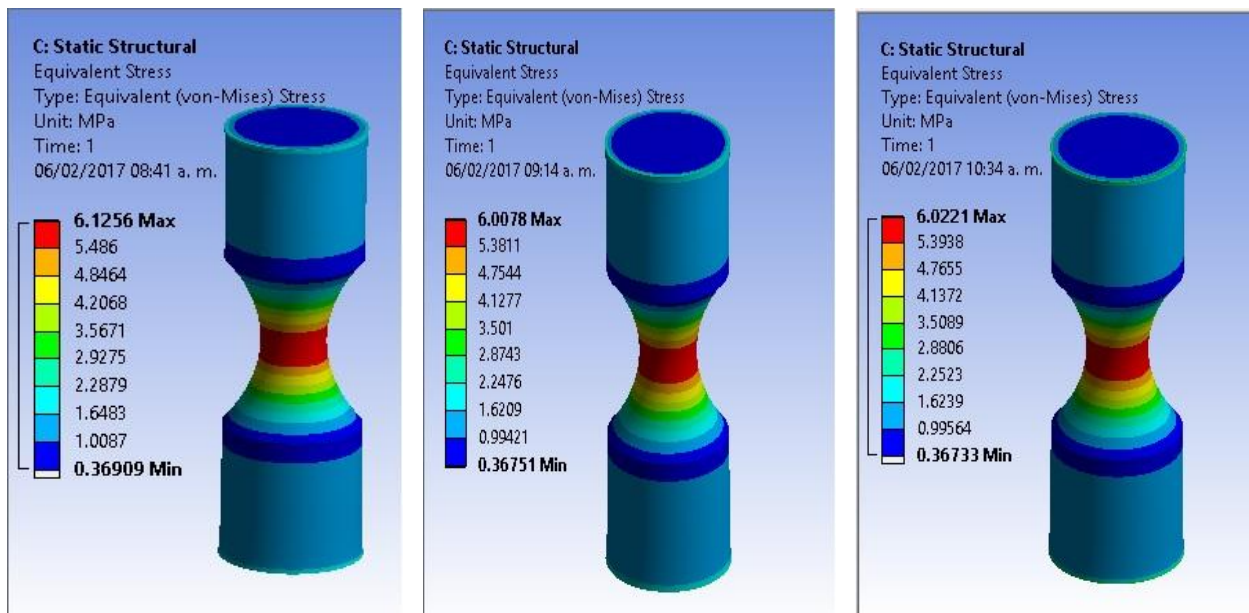


Figura 6. Simulación con 1, 0.5 y 0.2mm de mallado de la probeta, de izquierda a derecha respectivamente.

asta
ción

próxima a 20 KHz. En un inicio se trabajó con la plataforma Mechanical y posteriormente Workbench, ambos de ANSYS. En ambas plataformas se obtuvieron resultados muy adecuados, aunque se optó por la plataforma Workbench debido a su versatilidad.

Las dimensiones de la probeta que cumple las condiciones de resonancia son las siguientes:

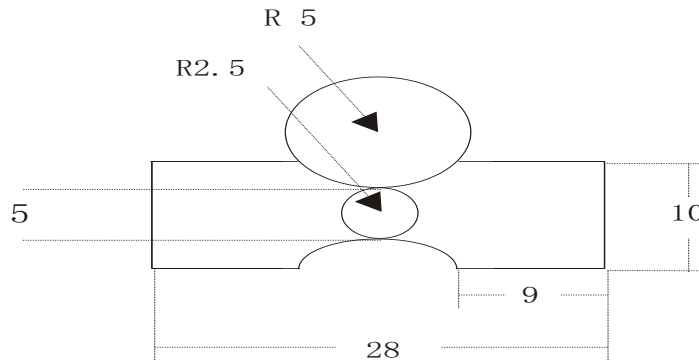


Figura 7. Croquis y dimensiones de la probeta en mm.

VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE MALLA.

Para la validación del modelo se realiza la simulación a diferentes valores de la dimensión del mallado. Con los resultados obtenidos referentes al esfuerzo y número de elementos contenidos en cada uno de los modelos, se realizó una gráfica de resultados correspondientes al número de elementos contra el esfuerzo máximo en el cuello de la muestra. La finalidad de esta tabla es corroborar la convergencia del valor del esfuerzo en la medida que se disminuye la talla de malla, Tabla 1.

Tabla 1. Datos correspondientes a los mallados de los modelos.

Talla (mm)	No. De Elementos	Desplazamiento (μm)	Esfuerzo max. (MPa)
1	9952	9	6.1256
0.7	25327	9	5.9909
0.6	36452	9	6.0551
0.5	45872	9	6.0078
0.4	73050	9	6.0119
0.3	171902	9	6.0145
0.25	258000	9	6.0266
0.2	544200	9	6.0221

Con los resultados de la Tabla 1, se genera la siguiente representación gráfica que muestra el punto de convergencia de la malla: aproximadamente con un número de elementos de 45872 figura 8.

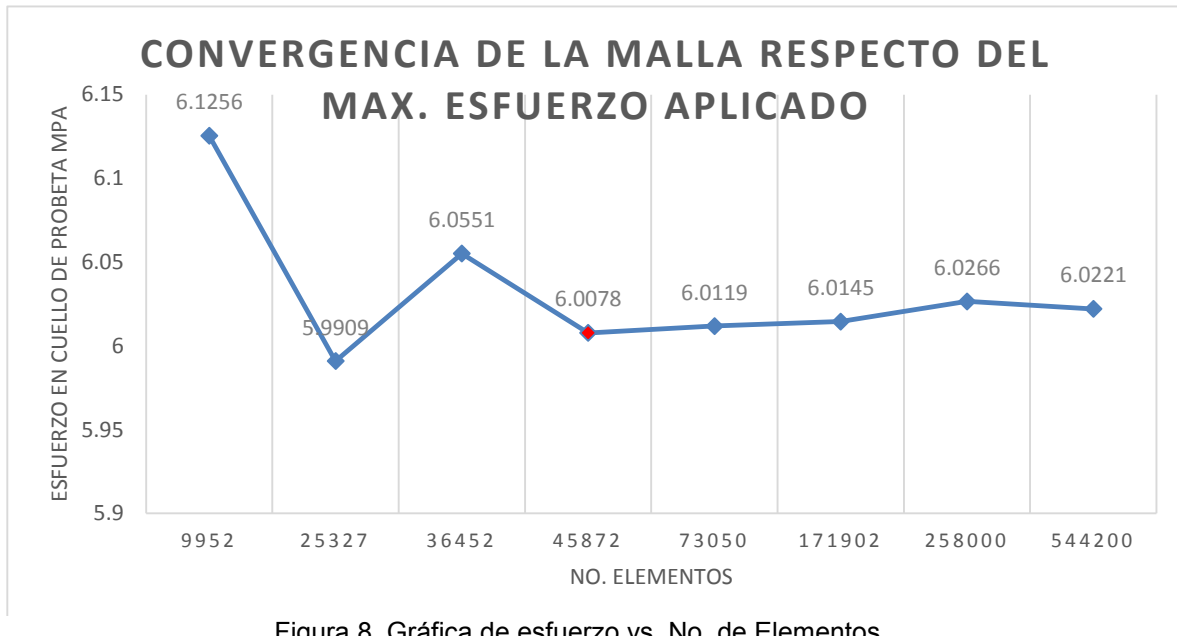


Figura 8. Gráfica de esfuerzo vs. No. de Elementos.

CRITERIOS DE CALIDAD DE MALLA

El software ANSYS muestra valores específicos de cada mallado para proceso de simulación. Para corroborar que el proceso de mallado empleado o las dimensiones del proyecto sean adecuadas, se puede utilizar los criterios de mallado que proporciona ANSYS.

Puede comprobar la calidad de la malla utilizando los siguientes valores métricos de malla.

1. Calidad del elemento: Esta métrica se basa en la relación entre el volumen y la longitud del borde para un elemento dado

1 perfecto	0 malo
------------	--------
2. Relación de aspecto: alargamiento del elemento

1 perfecto	5-10 aceptable	20 malo
------------	----------------	---------
3. Relación jacobiana:

1 perfecto	10 aceptable	30 malo
------------	--------------	---------
4. Relación de deformación:

Cuadrado: 0 perfecto	0.1 aceptable	1 malo
Cubo: 0 perfecto	0.2 aceptable	0.4 malo
5. Desviación paralela:

0 perfecto	170 malo
------------	----------
6. Desviación máxima de la esquina:

Triangulo: 60 perfecto	165 malo
Cuadrado: 90 perfecto	180 malo
7. Oblicuidad:

0 perfecto	0.75 aceptable	1 malo
------------	----------------	--------
8. Calidad Ortogonal:

1 perfecto	0 malo
------------	--------

El mallado tiene datos característicos, los cuales, describen a la malla respecto de los parámetros que la conforman, los que se obtienen dentro del mismo programa como resultado de la simulación del modelo de probetas.

En la siguiente tabla 2, se muestran los resultados característicos del mallado correspondiente al punto de convergencia de los parámetros.

Tabla 2. Datos característicos y resultados.

CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA				CRITERIOS DE LA CALIDAD DE LA MALLA				
Mesh Metric	Min	Max	Average	standard Deviation	Excelente	Aceptable	Malo	Métrica de malla
Aspect Ratio	1.0518	10.344	2.12543906	0.84907098	1	5 a 10	20	Relacion de aspecto
Skewness	0.25	0.68521789	0.45869039	0.18717491	0	0.75	1	Oblicuidad
Jaccbian Ratio	1.0069	4.3796	1.26719616	0.30400154	1	10	30	Relacion Jacobiana
Orthogonal Quality	0.72215372	0.99957572	0.95731118	5.37275216	1	0.5	0	Calidad Ortogonal
Parallel Deviation	0.21175	42.993	7.47610786	5.92241519	0	85	170	Desviación paralela
Element Quality	9.359080 E-2	0.99998525	0.73885544	0.19278663	1	0.5	0	Calidad del elemento
Warping Ratio	0	6.6883E-07	1.20E-07	2.10E-07				Relación de deformación
Cuadrado					0	0.1	1	
Cubo					0	0.2	0.4	
Maximum Corner Angle	135.29°	91.559°	104.5°	10.485°				Desviacion max. De la esquina
Triangulo					60°		165°	
Cuadrado					90°	135°	180°	

EQUIPO PARA DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

Para el desarrollo de la simulación se utiliza el equipo de cómputo con las siguientes características, las cuales se muestran en la siguiente figura 9. Es importante mencionar las características del equipo de cómputo utilizado, ya que los resultados pueden variar de un equipo a otro debido al procesador y demás componentes de hardware interno del equipo de cómputo.



HP Pavilion 15 Notebook PC

Nombre de PC Pavilion

Cambiar nombre de PC

Id. del producto 00179-68642-16474-AAOEM
 Procesador AMD A10-4655M APU with Radeon(tm) HD Graphics 2.00 GHz
 RAM instalado 12.0 GB (11.2 GB utilizable)
 Tipo de sistema Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
 Lápiz y entrada táctil La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

Windows

Edición Windows 8.1 Single Language

Figura 9. Características de la PC utilizada para la simulación.

CONCLUSIONES

La simulación en software ansys como herramienta previa al diseño nos ha permitido observar el comportamiento del material poli- metil-metacrilato (PMMA) seleccionado como material a investigar. Se realizó un análisis modal, necesario para obtener su frecuencia natural de oscilación en dirección longitudinal, que se utiliza en los ensayos por fatiga ultrasónica.

La búsqueda bibliografía acerca de las propiedades físicas del material son de suma importancia para nuestro análisis de simulación, ya que permite obtener la frecuencia natural de oscilación, introduciendo los parámetros físicos del material a analizar. Esta simulación conduce a determinar las dimensiones de la probeta que cumpla las condiciones de resonancia, necesarias en la puesta en marcha de ensayos de fatiga ultrasónica a 20 KHz.

Los resultados obtenidos a través del software de simulación, permite tener una mejor precisión al momento de elaborar las probetas de ensayos, las cuales, se requieren para los ensayos reales como paso seguido a la simulación.

BIBLIOGRAFIA

1. Huei-Huang Lee, "Finite Element Simulations" Release 13. ISBN: 978-1-63057-173-3, 2018.
2. Kent L. Lawrence, "ANSYS Workbench Tutorial", Release 14. ISBN: 878-1-58503-734-4, 2012
3. E. Correa Ultrasonic Fatigue Endurance Investigation on Plastic Material Nylon 6. Materials Sciences and Applications, 2011,2,1293-1297. DOI:10.4236/msa.2011.29174 Published Online September 2011 (<http://www.SciRP.org/journal/msa>). ISSN Print: 2153-117X. ISSN Online: 2153-1188.
4. G.M Domínguez," Ultrasonic Fatigue Tests on Plastic Material: Nylomaq". Fifth International Conference on Very High Cycle Fatigue (VHCF). Berlín, Alemania. ISBN 978-3-9814516-0-3. Grg
5. G.M Domínguez, "Fatigue Analisis Undergoing Rotating Bending Tests of Aluminum Alloy AISI 6061-t6", Subjected to Welding Process GMAW (Gas Metal Arc Welding). XXI International Materials Research Congress. Cancún, Qroo. México. pp.12 - 17, 2012.
6. V. Manet, "The use of ansys to calculate the behaviour of sandwich structures". École des Mines de Saint-Etienne, Material and Mechanical Department, 158, cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne Cedex 2, France. 9 January 1998
7. D. Del Valle,"Una familia de elementos finitos clase c.1 aplicación a flexión de placas de Kirchhoff". Universidad de Cantabria Santander de España. Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería. Volumen 2, No 3 (1986).

SHADOWGRAPH PARA MONITOREO DE INTERACCIÓN DE ONDAS MECÁNICAS Y FLUJO DE CALOR

J. Sarabia-Torres^{1,2}, J.R. Molina-Contreras¹, C. Frausto-Reyes²

¹ Instituto Tecnológico de Aguascalientes, jrmolinacon@gmail.com.

² Centro de Investigaciones en Óptica A.C., Unidad Aguascalientes, jsarabia@cio.mx, cfraus@cio.mx.

RESUMEN

En éste trabajo se reportan los cambios de fase de la luz, debido a la interacción de una onda sonora con un flujo de aire calentado, utilizando la técnica de ShadowGraph. En el experimento se mantuvieron constantes la temperatura y la potencia de la onda sonora, pero se hizo un barrido de frecuencia de la señal acústica. Nuestros resultados sugieren que el flujo de calor varía en términos de la frecuencia de la perturbación sonora. Resultados que pueden encontrar una aplicación directa en la medición de vibraciones mecánicas de máquinas eléctricas sumergidas en ambientes adversos para el ser humano. Además de esto, se utiliza un método óptico no invasivo y de bajo costo para el monitoreo de las interacciones que se citan.

INTRODUCCIÓN

La visualización de las ondas sonoras ha sido de interés en múltiples áreas ya sea analizando campos de ultrasonido, ondas de choque en el aire, etc. ya que el poder visualizarlas permite obtener información del comportamiento de fluidos como el aire, debido a una perturbación que modifica la densidad del gas y por ende modifica el índice de refracción. Dicha información ayuda al análisis de fluidos mediante la observación de la distribución de la densidad. Es aquí donde el uso de métodos ópticos juega un papel importante, el método de Shadowgraph, ayuda a observar las variaciones de fase de la luz que pasa a través de un objeto en variaciones de intensidad. Shadowgraph, es uno de los métodos ópticos más simples y de fácil implementación, en principio, el sistema no requiere de ningún componente óptico a excepción de una fuente de luz y un plano donde proyectar la sombra de las variaciones de densidad, el ejemplo más simple es una flama, una pantalla y la luz del sol como fuente de iluminación, lo cual permite la visualización de las sombras producidas por la deflexión de los haces de luz al pasar por un medio que ha cambiado de índice de refracción, generando así regiones brillantes y oscuras.

El aporte del trabajo consiste en utilizar componentes ópticos simples para registrar la interacción de un flujo de calor constante con una onda sonora a diferentes frecuencias.

TEORÍA

Cuando la Luz se propaga dentro de un medio transparente con distribución no homogénea de la luz, la fase de la luz que se transmite a través del objeto de fase es modulada de acuerdo a la velocidad de la luz en el medio.

Es aquí donde las imágenes de ShadowGraph son de gran ayuda para observar dichas variaciones, ya que se pueden interpretar como un conjunto de múltiples puntos, rayos, que permiten visualizar los cambios de intensidad en cambios de fase, en donde los cambios en la fase de la imagen de Shadowgraph se relacionan con los cambios en la densidad del aire, por lo tanto cambios en el índice de refracción con respecto a la posición de una perturbación.

ARREGLO EXPERIMENTAL

SISTEMA ÓPTICO

El sistema óptico mostrado en la figura 1, es una variación de la configuración original de Toepler consta de una fuente puntual de luz led blanca la cual genera ondas esféricas. Para tener menor divergencia de la luz se usa un espejo convexo de 14 cm de diámetro con una distancia focal de 1.2 m, mismo que se encarga de formar la imagen de la fuente a $2f$. Así mismo, tiene una pantalla en donde se proyecta la sombra de la interacción del objeto de fase y la luz blanca. También, consta de un elemento perturbador emisor de calor (P_1x) y un elemento perturbador sonoro (P_2x) en el que se usaron señales senoidales de diferente frecuencia.

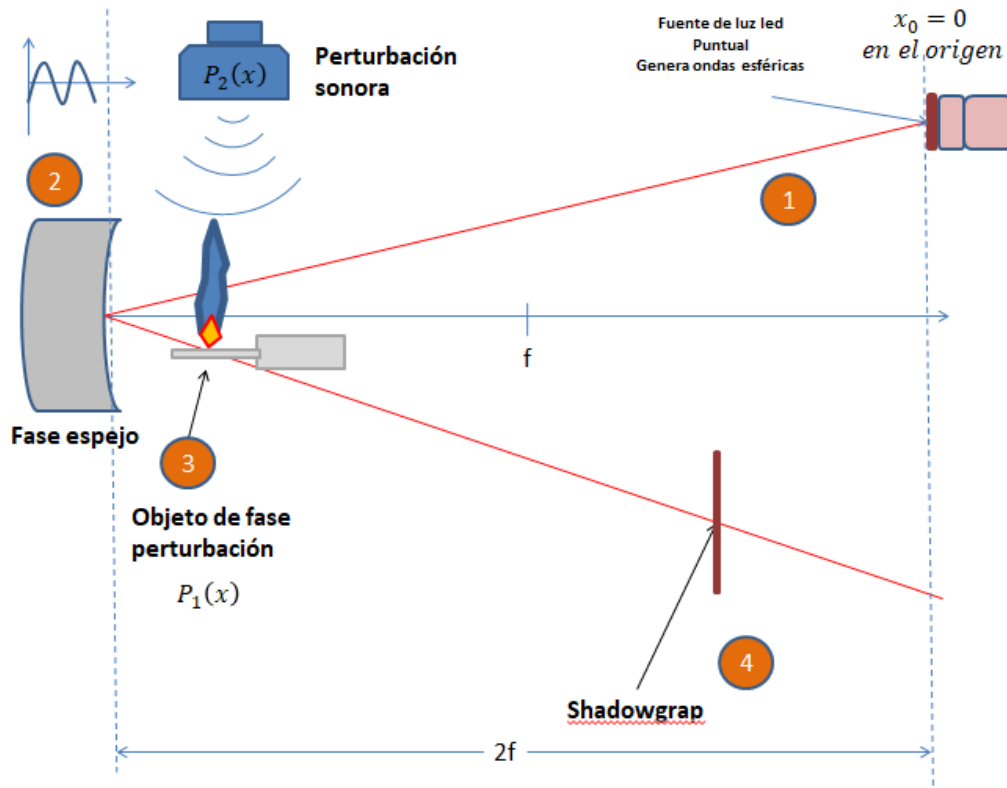


Figura 1. Sistema óptico para Shadowgraph.

PRINCIPIOS DEL ARREGLO EXPERIMENTAL.

El arreglo experimental es una variación de la configuración original de Toepler [4, 10, 11, 12], cabe mencionar que existen múltiples variantes las cuales tienen diferentes ventajas y desventajas, en particular el arreglo mostrado en la Figura 1, fue elegido ya que su implementación es relativamente sencilla, esto debido a que es más fácil fabricar espejos de mayor diámetro que lentes como las utilizadas en el arreglo de Toepler. Para este arreglo en particular se elige una fuente de luz led con un pinhole el cual permite obtener luz en ondas esféricas de baja intensidad de iluminación, esto con el fin de evitar que la imagen de la sombra proyectada se sature, con ello se tiene mejor definición en la sombra del fluido reflejada sobre la pantalla de visualización, otra ventaja del arreglo aquí mencionado es que su alineación es de fácil implementación.

CONDICIONES DEL FLUJO DE CALOR

Para la captura de imágenes del arreglo de la Figura 1, se tomaron las siguientes condiciones iniciales: la temperatura del aire sin perturbación de calor se toma a 20°C , humedad 42 %, el tiempo de estabilización para el calentamiento del elemento perturbador (P_1x) es de 10 minutos, alcanzando una temperatura nominal de aproximadamente 250°C en la base y de 32°C a 6 cm de la base, ver Figura 2.

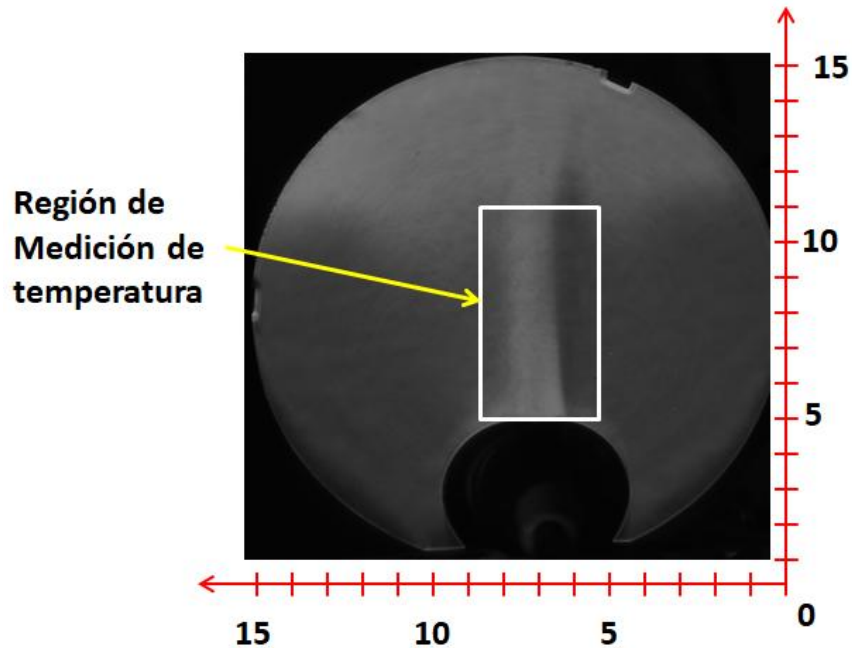


Figura 2. Medición de temperatura en las vecindades del elemento emisor de calor (P_1x).

DEFINICION DE LOS RANGOS DE FRECUENCIA

En el arreglo óptico, para el elemento perturbador sonoro (P_2x) se consideró una señal sinusoidal con dos rangos de frecuencia uno grave (1 Hz a 400Hz) y otro agudo (500Hz a 20KHz).

VISUALIZACIÓN DE LA INTERACCIÓN DEL OBJETO DE FASE

En la figura 1, se observa que el objeto de fase se localiza entre el foco y el espejo, además la región de visualización del grafico de sombras (Shadowgraph), se localiza entre el foco del espejo y $2f$, aplicando lo anterior a la ecuación de descartes, se puede relacionar la posición de la imagen reflejada con el tamaño de la misma. Se eligió un espejo convexo ya que independientemente de donde se coloque el objeto la imagen siempre será virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto [15], pero con una mejor definición, que en conjunto con la fuente de luz puntual ayudaran a la formación de una imagen sin saturación por luz, lo que facilita un mejor análisis del grafico de sombras proyectado en la pantalla de visualización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rangos de frecuencia 1 y 2, tienen como objeto facilitar el análisis del objeto de fase $P(x)$, es decir cómo se ve el fluido del aire afectado por las perturbaciones producidas por una fuente de calor $P_1(x)_{calor}$ y sometido una señal de perturbación acústica $P_2(x)_{sonido}$, lo cual ayudó a encontrar una correlación de la cinemática del fluido $P(x)$, aire, afectado por el producto de ambas perturbaciones, es decir:

$$P(x) = [P_2(x)_{sonido}] * [P_1(x)_{calor}]. \quad (1)$$

El estudio cuantitativo de la dinámica de fluidos exige el uso de matemática avanzada. Sin embargo, se puede aprender mucho con la visualización del flujo ya que se puede ver fácilmente, que tipo de fluido es, laminar, turbulento o la mezcla de ambos. Así mismo se puede ver el origen del fluido y como se ve afectado por los diferentes objetos que pudiese encontrar en su camino.

En el caso de las perturbaciones del aire por calor, en la Figura 3 se observa claramente la separación de las regiones de fluido debido a los cambios en la densidad del aire, en las que no existe prácticamente cambio para las frecuencias de la perturbación $P_2(x)_{sonido}$ de baja frecuencia, menores a 400 Hz, y esto se debe principalmente a la longitud de onda correspondiente a ese rango

de frecuencias, ya que se debe recordar que la fuente sonora se considera como del tipo esférica, lo cual sitúa el frente de la onda varios metros fuera de la región de visualización.



Figura 3. Flujo de calor perturbado considerando una onda sonora, $P_2(x)_{sonido}$, senoidal de 1 a 400 Hz.

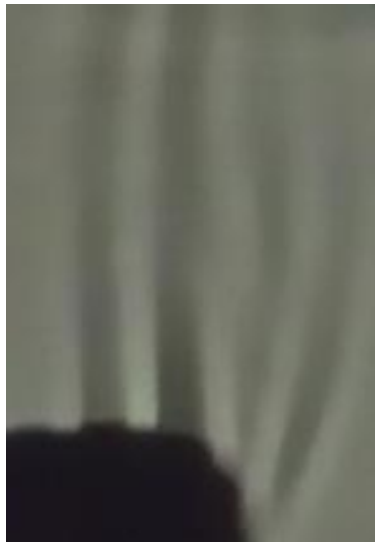


Figura 4. Flujo de calor perturbado considerando una onda sonora, $P_2(x)_{sonido}$, senoidal de 500Hz a 20KHz.

Al visualizar las imágenes para perturbaciones $P_2(x)_{sonido}$ arriba de los 500 Hz, Figura 4, se puede observar que el frente de onda de la señal acústica se va acercando a la región de visualización del arreglo experimental debido al decremento de su longitud de onda, permitiendo ver que la presión sonora ejercida sobre el flujo de la columna de calor modifica su trayectoria, ya que el sonido puede considerarse como una sucesión de ondas de compresión seguida por ondas de descompresión que se propagan por el aire dependiendo de la temperatura. Además de observar que para ondas esféricas, la presión sonora varía con el inverso de la distancia a la fuente.

Por otro lado, se observa que las ondas sonoras pueden reflejarse y refractarse, por lo que se verifica que en la propagación de la onda, los rayos sonoros se curvan siempre hacia el medio en que es

menor la velocidad de propagación del sonido, esto es, zonas frías con mayor densidad de moléculas de aire[13], además que si la longitud de onda de la perturbación sonora es pequeña, algunos cm, los rayos de luz se ven atenuados considerablemente debido a que no pueden penetrar la columna de calor, formando así regiones de sombra y luz.

CONCLUSIONES

Mediante la técnica óptica de Shadowgraph se logró visualizar la interacción de una onda mecánica $P_2(x)_{\text{sonido}}$ con un flujo de calor $P_1(x)_{\text{calor}}$. Ya que se observa como las líneas del flujo de calor son perturbadas de forma diferente según la frecuencia de la onda sonora, lo que permite afirmar que la densidad del aire en un flujo de calor se puede relacionar tanto con la frecuencia de una onda mecánica, siendo éste el punto de partida para el desarrollo de futuros trabajos.

BIBLIOGRAFIA

1. Nobuki Kudo, "Opical Methods for Visualization of Ultrasound Fields", Proceedings of Symposium on Ultrasonics Electronics, Vol. 35(3-5 December, 2014) pp. 397-398.
2. Michael Jhon Hargather, Gary S. Settles, Mathew J. Madalis. "Schlieren imaging of loud sounds and weak shock waves in air near the limit of visibility", DOI 10.1007/s00193-009-0226-6, Springer-Verlag 2009.
3. J.M. Desse, R. Deron, "Shadow, Schlieren and color Interferometry", Journal Aerospace lab, Issue 1, December 2009, optical diagnostics Flows.
4. Settles G.S. "Schlieren and Shadowgraph techniques, Visualizing Phenomena in transparent Media", Berlin Heidelberg New York, Ed. Springer First edition 2001, ISBN 978-3-642-56640-0.
5. Martínez-González A., Guerrero-Viramontes J.A., Moreno-Hernández D. "Temperature and velocity measurement fields of fluids using a Schlieren system", Applied Optics, 51 (2012) 3519-3525.
6. F. Sougen, F. Leopold, D. Klatt, "Reconstruction of the density field using the Colored Background Oriented Schlieren Technique (CBOS)", Optics and Lasers in Engineering 50 (2012) 29-38.
7. Wolfgang Merzkirch, "Flow Visualization", 2nd. Edition, Academic Press, ISBN: 9780080506586.
8. P.K. Panigrahi and K. Muralidhar, Schlieren and Shadowgraph methods in heat and mass transfer, SpringerBriefs in thermal engineering and applied science, DOI: 10.1007/978-1-4614-4535
9. Lecture 26: Introduction to Schlieren and Shadowgraph. http://nptel.ac.in/courses/112104039/pdf_version/lecture26.pdf, 28/11/2017.
10. Tesis doctoral, M.C. Adrian Martínez González., "Estudio Y Caracterización De Un Sistema De Velocimetría Óptica Para Hacer Mediciones De Temperatura Y Velocidad", Enero de 2004, Centro de Investigaciones en Óptica A.C.
11. TA Bryan Schmidt, "Schlieren Visualization", AC 104b, lab T5, Guggenheim 407, Winter 2015.
12. Álvarez-Herrera, D. Moreno-Hernández, B. Barrientos-García, J. A. –Guerrero –Viramontes. "Temperature Measurement Of Air Convection Using A Schlieren System", C. Optics & Laser Technology 41 (2009) p233-p240.
13. Federico Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR Editora, ISBN: 950-673-196-9.
14. Yunus A. Gengel, Jhon M. Cimbala, Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones, primera edición, editorial McGraw-Hill interamericana, ISBN: 9701056124.
15. Hect, Eugene, Óptica, Addison Wesley, Iberoamericana, Madrid, 2000, ISBN: 84-7829-025-7.

DISEÑO Y CALIBRACIÓN DE PROBETAS DE LA ALEACIÓN DE ALUMINIO 7075-T6 PARA PRUEBAS DE FATIGA ULTRASÓNICA

Ishvari F. Zuñiga Tello, Gonzalo M. Domínguez Almaraz, Manuel Guzmán Tapia, Julio Adrián Ruíz Vilchez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Santiago Tapia 403, Col. Centro, 58000, Morelia, México. isfernanda@hotmail.com

RESUMEN

Algunas industrias modernas como la aeronáutica reportan entre una de las fallas más frecuentes aquellas que involucran los fenómenos de fatiga y corrosión, disminuyendo la vida útil de los materiales. El fenómeno de fatiga mecánica es uno de los más complejos en ingeniería, aparece sin previo aviso y se asocia con la presencia de patrones de carga dinámicas periódicas, con la naturaleza del material, la presencia de imperfecciones tales como inclusiones no metálicas y microporosidades, la geometría del material de pruebas y con eventuales esfuerzos residuales.

El primer paso para realizar pruebas de fatiga ultrasónica es el diseño de una probeta que cumpla con la condición de resonancia (20kHz) de la máquina de fatiga ultrasónica; en este trabajo se abordará la metodología utilizada para obtener el perfil y dimensiones necesarias para realizar pruebas de fatiga ultrasónica en uno de los materiales más utilizados en la industria aeronáutica, la aleación de aluminio 7075-T6 es una aleación que contiene zinc y magnesio, presentando entre sus propiedades una alta dureza en comparación con otras aleaciones de aluminio y alta resistencia a la corrosión.

KEY WORDS: Numerical Simulation, Aluminum alloy 7075-T6, Stress Concentration Factor, Artificial Pitting

INTRODUCCIÓN

Las pruebas ultrasónicas se utilizaron por primera vez por Hopkinson a principios del siglo pasado, y en 1911 funcionaban a una frecuencia de 33 Hz. Los sistemas eran completamente mecánicos. Después de esto, el mismo Hopkinson desarrolló un sistema electromagnético utilizando la resonancia que trabajaba a 116 Hz. Catorce años después de Hopkinson, llegó Jenkin probando algunos materiales a una frecuencia de 2.5 kHz utilizando la técnica ultrasónica. Para 1930, Jenkin y Lehmanh desarrollaron un sistema neumático que alcanzaba los 10kHz. Fue hasta 1950 que Manson desarrolló un sistema piezoeléctrico que alcanzaba los 20kHz.[1]

En 1965 Kikukawa propuso una máquina que alcanzaba la frecuencia de 199 kHz, sin embargo, si se tiene en cuenta para la puesta en marcha de ensayos en fatiga ultrasónica, la frecuencia de natural de oscilación de la probeta se incrementa con la disminución de la masa, esta propuesta de Kikukawa es muy poco utilizada debido a la talla muy pequeña de las probetas resultantes. [2]. A mediados de los años 80 los investigadores japoneses establecieron que la mayoría de las aleaciones metálicas podrían fallar más allá de 10^7 ciclos.

Recientemente, el fenómeno de fallas por fatiga en el rango giga-cíclico de varias aleaciones metálicas han sido establecidas por Bathias y colaboradores[3–5]. La técnica de ensayos de fatiga ultrasónica se utiliza en ensayos de tracción-compresión, torsión, altas y bajas temperaturas, fricción-desgaste, entre otras [3].

En la industria aeronáutica sobre todo los materiales están sujetos a una combinación de carga mecánica y corrosión, requiriendo materiales que soporten una vía de más de 10^7 ciclos [6] una amplia cantidad de trabajos relacionados con los materiales más susceptibles a la corrosión por picaduras como las aleaciones de aluminio, Sankaran y colaboradores en un trabajo en el marco de la compañía Boeing investigaron los efectos de la corrosión por picaduras en la vida en fatiga de la aleación de aluminio 7075-T6. La corrosión por picaduras disminuyó la vida de fatiga por un factor de aproximadamente 6 a 8[7]. Las vidas en fatiga también se calcularon asumiendo un defecto inicial equivalente, correspondiente a picaduras de dimensiones porcentuales. Las vidas en fatiga medidas por lo general coincidieron con las predicciones previas, donde se usaba el rango promedio del tamaño de picadura, más representativo que el máximo para el tamaño inicial que tenía la grieta. Este resultado podría explicarse por las distribuciones de tamaño de picadura ofreciendo una población significativamente mayor de picaduras cerca el tamaño medio [7].

El estudio por simulación numérica representa una herramienta para predecir el comportamiento de los materiales sometidos a cargas y evaluar con una alta precisión el comportamiento del material bajo cargas como se afirma en una gran cantidad de trabajos donde se ha validado el método de elemento finito a problemas estáticos [8–10], y es una herramienta muy útil en el diseño de las probetas utilizadas en pruebas de fatiga ultrasónica, que ha sido evaluada por varios autores como una las formas más rápidas y precisas de diseño de probetas. [5], [11], [12].

En este trabajo se abordará la primera etapa de las pruebas de fatiga ultrasónica, que consiste en el diseño del perfil óptimo de la probeta y calibración de la máquina. En cuanto al diseño de la probeta existen una serie de consideraciones que serán enmarcadas en este estudio para que el perfil cumpla con la condición de resonancia y se puedan llevar a cabo los ensayos.

MATERIAL

El material utilizado para estas pruebas es una aleación de aluminio con alto contenido de zinc, es debido a su bajo peso específico y alta relación de peso y resistencia, así como a su alta conductividad y conductancia, esta aleación es ampliamente utilizada en la industria en particularmente en la estructura de aeronaves.

Las propiedades del material utilizado fueron previamente seleccionadas de la bibliografía (Aluminio 7075-T6); su composición química en peso, así como sus principales propiedades mecánicas se muestran en las Tablas 1 y 2, respectivamente.

Tabla 19. Composición química en peso de la aleación de Aluminio 7075-T6

Zn	Mg	Cu	Cr	Fe	Al
6.9	2.7	1.87	0.2	0.4	Balance
Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	

Tabla 20. Principales propiedades mecánicas para el Aluminio 7075-T6
PRINCIPALES PROPIEDADES MECÁNICA

Densidad	Dureza	σ_y	σ_u	Poisson	Módulo de Elasticidad
[Kg/m ³] 2800	[Brinell] 87	[MPa] 505	[MPa] 570	ratio 0.33	[GPa] 72

METODOLOGÍA

Sistemas para ensayos de fatiga ultrasónica

Las máquinas de fatiga están compuestas de tres partes principales (Fig. 1): Un generador eléctrico que convierte la tensión de red en voltaje de señal sinusoidal de alta frecuencia. Un transductor piezoeléctrico que transforma la señal eléctrica en una vibración mecánica de la misma frecuencia. Un amplificador mecánico que amplifica la vibración proveniente del transductor para obtener la amplitud de la tensión requerida en la probeta.

El generador se conecta a una computadora y ésta a su vez a una plaqueta de adquisición de datos A/D y D/A para controlar el generador y el piezoeléctrico. El movimiento de la máquina está inducido por el piezoeléctrico. El transductor genera una onda mecánica con una frecuencia natural de 20 kHz y por éste motivo la probeta debe ser diseñada con ésta frecuencia en su primer modo de oscilación para que alcance un desplazamiento máximo equivalente a una tensión nula en los extremos y una tensión máxima equivalente a un desplazamiento nulo, en la sección central [3],[13].

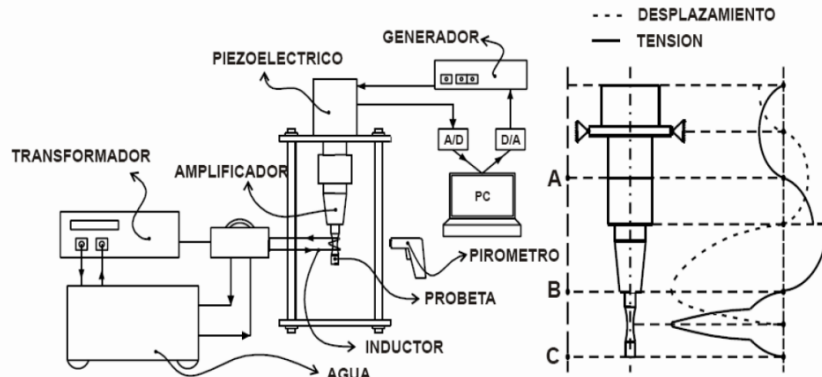


Fig. 1. Máquina de fatiga ultrasónica [13].

Simulación numérica

El perfil básico para los ensayos en fatiga ultrasónica es en forma de “reloj de arena” [5],[12], [14–17]. Dicho perfil se calcula por medio del programa de cómputo ANSYS® de elemento finito para cumplir con las condiciones de resonancia de esta modalidad de ensayo en fatiga esto se consigue calculando los perfiles de los especímenes objeto de estudio de modo que su frecuencia natural sea igual, o lo más cercana a la frecuencia de la fuente excitadora (20 KHz). Mediante el uso del software se obtienen soluciones para los distintos modos de vibración que tiene un perfil determinado. El modo de vibración de interés y el que resulta necesario de obtener cercano a la frecuencia de excitación (20KHz), es aquel en el que se establece una onda elástica estacionaria longitudinal, condicionando el máximo desplazamiento en los extremos de la probeta y mínimo en el centro de esta. En el caso de los esfuerzos inducidos, este mismo modo de vibración implica un máximo esfuerzo en el centro de la probeta y un mínimo en sus extremos.

Cuatro medidas se toman en cuenta para poder obtener el perfil óptimo con este material.

1. Propiedades mecánicas y físicas del material, que serán necesarias para el cálculo de las dimensiones por el método de elemento finito. (Tabla 1 y 2)
2. Nivel de carga a utilizar en el material. Se ha utilizado el nivel de carga mínimo del equipo
3. Propiedades geométricas de la probeta cumpliendo la condición de resonancia y con dimensiones lo más pequeñas posibles, con el objeto de disminuir el gradiente de temperatura en la parte estrecha de la probeta.
4. Que el perfil de la probeta sea de geometría simple para el proceso de maquinado.

Maquinado de las probetas

El maquinado de las probetas es una tarea que involucra un tiempo y trabajo considerable, debido a las dimensiones originales del material y al número de probetas que se maquinarán. El material fue obtenido en placa.

El maquinado se llevó a cabo en una primera probeta mediante una fresadora, donde se maquinan dos probetas primero, llamadas “probetas muestra”, que será con las que se verificará que el perfil diseñado sea el correcto y entre en resonancia con la máquina.

Cuando se prueba la primera probeta, se verifica manualmente que la probeta vibre, para después verificar mediante una cámara termográfica que indica que el esfuerzo se encuentre localizado en el centro de la misma, mediante un incremento de temperatura en esa zona, como muestra la Fig. 3, este comportamiento corrobora que el diseño de la probeta es correcto.

Es muy importante tener un maquinado que no genere esfuerzos residuales, o algún tipo de daño superficial, pudiendo ser factores importantes para la generación de grieta.

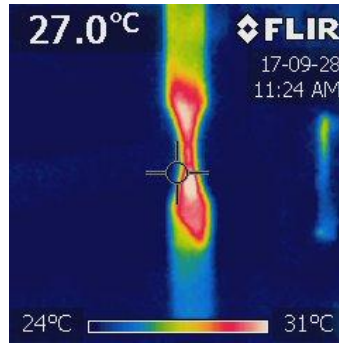


Fig.3. Contornos de temperatura de la probeta muestra en la máquina ultrasónica

CONCLUSIONES

Al obtener un perfil en las simulaciones, que cumple con la frecuencia de excitación de 20KHz, se dice que se ha encontrado el perfil óptimo para llevar a cabo el resto de los ensayos, la probeta simulada que entrará en resonancia, tiene un modo de vibración con una frecuencia de 20057 Hz (Fig. 4), considerando que se tiene un rango de error de ± 400 Hz, se toma la decisión de que este es el perfil adecuado para realizar los ensayos.

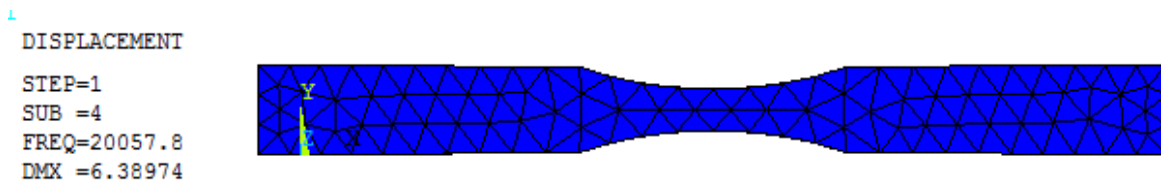


Fig.4. Modo de vibración adecuado, extraído de la simulación.

La probeta óptima para los ensayos de fatiga ultrasónica es aquella cuyas dimensiones se encuentran en las Fig. 5

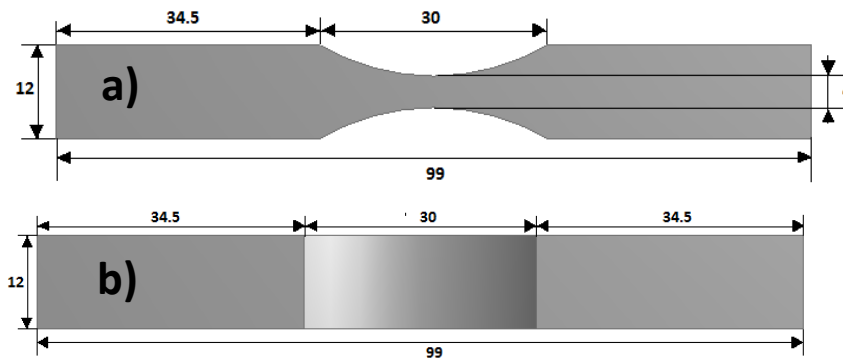


Fig. 5. a) Vista frontal y b) vista lateral de las dimensiones finales de la probeta
(Todas las dimensiones están en mm)

Una vez obtenidos por simulación numérica los resultados de los modos de vibración adecuados, se pasa a la etapa de maquinados de la probeta muestra, y posteriormente a probarla en la máquina. (Fig. 6 y 7)

La máquina de fatiga ultrasónica tiene la capacidad de provocar un desplazamiento en el extremo libre de la probeta de $1 \mu\text{m}$ por cada volt aplicado en el generador. Es necesario realizar una equivalencia entre los volts aplicados y el desplazamiento que se genera en la probeta en la zona estrecha, el desplazamiento de $10 \mu\text{m}$ genera un esfuerzo máximo en la parte estrecha de la probeta de aproximadamente 75 MPa por cada diez volts aplicados, correspondiente a un 7.5 % del límite elástico de esta aleación. Teniendo una relación lineal entre el voltaje, el desplazamiento inducido

en los extremos de la probeta y el máximo esfuerzo generado en la parte estrecha de la misma, se construyó una tabla de correspondencia entre el voltaje aplicado en el generador, el desplazamiento inducido en los extremos de la probeta, el máximo esfuerzo generado en el cuello de la misma y relación entre el esfuerzo máximo aplicado y el esfuerzo del límite elástico del material. Estos resultados se muestran en la tabla 3.

Conociendo los esfuerzos que se generan en la parte estrecha de la probeta con los voltajes aplicados en el generador, se llevan a cabo los ensayos en fatiga ultrasónica.

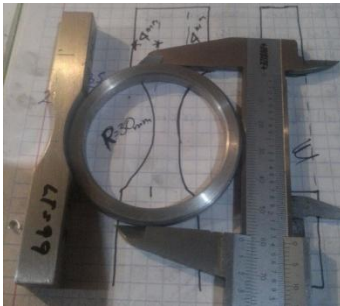


Fig.6. Probeta muestra

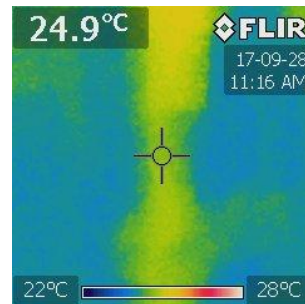


Fig.7. Termografía prueba de calibración

Tabla 3. Relación entre el voltaje inducido, el desplazamiento, esfuerzo y porcentaje de carga aplicado

Voltaje	Desplazamiento (μm)	Esfuerzo inducido (MPa)	σ/σ_n %
10	10	37.5	7
20	20	75	15
30	30	112.5	22
40	40	150	30
50	50	187.5	37
60	60	225	45
70	70	262	52
80	80	300	60
90	90	335.5	66

AGRADECIMIENTOS

El equipo de trabajo quiere agradecer a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por permitir llevar a cabo la investigación, al CONACYT por el apoyo económico para realizar este trabajo, que es parte de una tesis doctoral, un agradecimiento especial al Instituto Tecnológico Nacional campus Morelia, por permitir el uso de equipo y laboratorios.

REFERENCIAS

1. M. Freitas, L. Reis, V. Anes, D. Montalvão, A. M. Ribeiro, and M. Fonte, "Design and assembly of an ultrasonic fatigue testing machine," *An. Mecánica la Fract.*, vol. 1, no. 2011, pp. 335–340, 1965.
2. Y. Liu, Q. Ouyang, R. Tian, and Q. Wang, "Fatigue Properties of Ti-6Al-4V Subjected to Simulated Body Fluid," *SL Struct. Longev.*, vol. 2, no. 3, pp. 169–175, 2009.
3. C. Bathias, "Piezoelectric fatigue testing machines and devices," *Int. J. Fatigue*, vol. 28, no. 11, pp. 1438–1445, Nov. 2006.
4. I. Marines, X. Bin, and C. Bathias, "An understanding of very high cycle fatigue of metals," *Int. J. Fatigue*, vol. 25, no. 9–11, pp. 1101–1107, 2003.

5. M. Ouarabi, R. P. Mora, and C. Bathias, "Very high cycle fatigue strength and crack growth of thin steel sheets," vol. 36, pp. 112–118, 2016.
6. A. Heinz, A. Haszler, C. Keidel, S. Moldenhauer, R. Benedictus, and W. S. Miller, "Recent development in aluminium alloys for aerospace applications," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 280, no. 1, pp. 102–107, 2000.
7. K. K. Sankaran, R. Perez, and K. V. Jata, "Effects of pitting corrosion on the fatigue behavior of aluminum alloy 7075-T6: modeling and experimental studies," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 297, no. 1–2, pp. 223–229, 2001.
8. Y. J. Liu, J. D. Li, R. D. K. Misra, Z. D. Wang, and G. D. Wang, "A numerical analysis of slab heating characteristics in a rolling type reheating furnace with pulse combustion," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 107, pp. 1304–1312, 2016.
9. L. A. Godoy, A. D. Boccardo, F. J. Rodríguez, and P. M. Dardati, "Stress concentration around perforations produced by corrosion in steel storage tanks," *Lat. Am. J. Solids Struct.*, vol. 11, no. 10, pp. 1830–1845, 2014.
10. M. Cerit, "Numerical investigation on torsional stress concentration factor at the semi elliptical corrosion pit," *Corros. Sci.*, vol. 67, pp. 225–232, 2013.
11. J. L. A. Ambriz, G. M. D. Almaraz, C. Julio, V. Juarez, E. C. Gomez, and I. F. Zuñiga, "DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TORSION FATIGUE MACHINE: TORSION FATIGUE TESTS ON TWO INDUSTRIAL ALUMINUM ALLOYS," *ISSN 1454-2358*, vol. 79, 2017.
12. G. M. . Zuñiga T., Ishvari F.; Dominguez Almaraz, M. Guzman Tapia, and J. L. Avila Ambriz, "Controlled Pre-Corrosion Attack and Ultrasonic Fatigue Endurance of Titanium Alloy Ti – 6Al – 4V," *Lat. Am. J. Solids Struct.*, vol. 14, no. 3, pp. 512–527, 2017.
13. F. Cavalieri, C. Luengo, and A. Cardona, "Análisis de fatiga en muy alto número de ciclos," *Fatigue Anal. high cycles numbers*, vol. 15, no. 1, pp. 3–12, 2011.
14. S. I. Rokhlin, N. E. Program, and E. Joining, "in-Situ Ultrasonic Characterization of Fatigue Crack Initiation and Evolution From Surface Damage: Crack Closure Effect," *ICF10, Honolulu, Hawaii - 2001*, pp. 2–7, 2001.
15. H. Mayer, "Ultrasonic torsion and tension–compression fatigue testing: Measuring principles and investigations on 2024-T351 aluminium alloy," *Int. J. Fatigue*, vol. 28, no. 11, pp. 1446–1455, Nov. 2006.
16. M. Meischel, S. E. Stanzl-Tschegg, A. Arcari, N. Iyyer, N. Apetre, and N. Phan, "Constant and variable-amplitude loading of aluminum alloy 7075 in the VHCF regime," *Procedia Eng.*, vol. 101, no. C, pp. 501–508, 2015.
17. S. E. Stanzl-Tschegg and H. Mayer, "Fatigue and fatigue crack growth of aluminium alloys at very high numbers of cycles," *Int. J. Fatigue*, vol. 23, pp. 231–237, 2001.

DISEÑO Y APLICACIÓN DE MANUFACTURA CELULAR EN UNA PYME TEXTIL DEL SUR DE GUANAJUATO.

Eva María Niño Gaona, Roberto Baeza Serrato

Universidad de Guanajuato. Departamento de Estudios Multidisciplinarios

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es diseñar una célula de manufactura en el sistema productivo del departamento de confección de una PyME textil del Sur de Guanajuato para una determinada familia de productos, con el objetivo de optimizar dicho proceso a través de la reducción de desplazamientos innecesarios, inventario y espacios ocupados por máquinas.

Para el desarrollo de la investigación inicialmente se realizó un análisis de la problemática y del área productiva de la empresa textil para conocimiento de la ubicación de las distintas maquinarias empleadas, se efectuó una revisión de la literatura para conocimiento previo de la herramienta a implementar, se agruparon los productos por familias y se realizó un estudio de los procesos llevados a cabo en el mismo, por último se determinó el modelo de manufactura celular óptimo para ser aplicado en el departamento de confección de la organización.

Los resultados del análisis indicaron que los despilfarros en cuanto al modo de producción actual empleado por la organización son representativos, debido principalmente a la distancia existente entre las maquinarias y el desplazamiento que los obreros textiles deben realizar al terminar su proceso y moverlo al siguiente.

La fabricación celular representa para cualquier organización manufacturera una forma de producción que ayuda a la optimización de los procesos llevados a cabo en la empresa, permitiendo a la misma la disminución de distancias entre maquinarias, así como incrementar el flujo de material productivo, al mismo tiempo logrando una productividad amena para los empleados.

Esta investigación proporciona a la empresa textil analizada una herramienta que permite mejorar su proceso de confección de manera representativa con la instalación y organización de células de manufactura.

INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas (PyMES) representan para la mayoría de los países del mundo el segmento de la economía que aporta el mayor número de unidades económicas y personal ocupado. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [1].

Sin embargo, a pesar de la importancia que estas empresas generan en la economía, enfrentan una serie de problemas estructurales que dificultan su desarrollo y crecimiento propiciando una alta tasa de mortandad durante los primeros años de operación [2].

De acuerdo con estudios realizados, entre las principales problemáticas internas que enfrentan se identifica la falta de planeación, pues según estadísticas publicadas por el Observatorio PyMES, en México el 65% del total de estas empresas son de carácter familiar [3], por lo cual puede deducirse que la mayoría de los empresarios son empíricos y consideran innecesario gastar en planeación, puesto que estiman que su experiencia es suficiente.

Las dificultades administrativas que las PyMES enfrentan para competir con éxito en los mercados, se deben principalmente a una estructura organizacional deficiente, falta de políticas procedimientos y controles, así como de comunicación, evolución y seguimiento de las actividades de la empresa, desconocimiento de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la organización y carencia de establecimiento de objetivos [4].

En atención a las problemáticas endógenas citadas con anterioridad, existen variadas herramientas de manufactura esbelta que tienen como principal objetivo el mejoramiento del desempeño de los procesos de fabricación mediante la identificación y eliminación del desperdicio, es decir, todas aquellas acciones que no aportan valor al producto [5].

La herramienta de Manufactura Celular es una de estas, basada en un sistema productivo en el que los equipos y las estaciones de trabajo se instalan y organizan en una secuencia que apoya un flujo regular de materiales y componentes con un mínimo de transportes y retrasos [6].

La presente investigación propone un metodología para la determinación de una célula de manufactura en el sistema productivo del departamento de confección de la PyME textil del Sur de

Guanajuato, denominada “Oly For Kids”, dedicada a la fabricación y comercialización de prendas de vestir dirigidas exclusivamente a niños desde los 2 a los 10 años de edad, con el objetivo de brindar a la organización una herramienta que permita optimizar el proceso de fabricación global de las prendas a través de la reducción de desplazamientos innecesarios, inventario y espacios ocupados por máquinas.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

A través de una búsqueda exhaustiva de investigaciones, se identificó que la herramienta de Manufactura Celular ha sido tema de estudio de diversas instituciones en diferentes países durante los últimos años, considerando como resultados más representativos los siguientes:

(Ortiz, Avarado, & Torres, 2007) Exponen la formación de grupos de máquinas mediante el cálculo de un coeficiente de similitud entre pares de máquinas, así como la construcción de un algoritmo para encontrar las diversas células de manufactura que se puedan formar al analizar la matriz de incidencia parte-máquina y como encontrar el mejor diseño, basado en el cálculo del costo por movimientos intracelulares e intercelulares. (Córdova, 2007) Presenta una investigación sobre células de manufactura, aplicada en los procesos de producción de piezas mecánicas de transmisión de potencia, incluyendo cada una de las etapas que deben seguirse para la implantación del sistema en la empresa, así como un análisis del impacto que se genera en la organización con la aplicación de la misma. (Medina, Cruz, & Pinzon, 2010) Presentan una metodología para el ordenamiento de la matriz pieza- máquina que permite determinar una agrupación natural de piezas y partes en celdas, a través de la formación de grupos naturales por medio de una matriz en la que se determinan las máquinas necesarias para la fabricación de cada una de las piezas, cada uno siendo generador de una celda de manufactura. (Salazar, Vargas, Añasco, & Orejuela, 2010) Proponen un enfoque para resolver el problema de conformación celular, así como la distribución de planta en una pyme del sector metal mecánico comparando mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) la perspectiva del grupo decisorio en la empresa respecto del tratamiento del flujo intercelular y de las distancias. (Contreras, 2011) Realizo la construcción de un algoritmo genético que soluciona el problema de formación de celdas de manufactura, a través de un esquema de asignación de piezas a las celdas de máquinas que cuantifica la cantidad posible de eficiencia aportada por cada pieza. Dicho algoritmo presenta los mejores rasgos tomados de otras metodologías. (García, 2016) Detalla una aplicación de la técnica de manufactura celular a través de una célula autónoma de fabricación de piezas de control numérico, con el objetivo de encontrar una solución que minimice los despilfarros y reduzca el tiempo de producción. (López & Díaz, 2016) Generan a través de metodologías estudiadas un proceso como guía general para obtener un modelo físico de una célula de manufactura conducente a la implementación de diversos escenarios para un caso de estudio aplicado en la etapa de soldadura del proceso de producción de chasis de luminarias.

(Pantoja, Orejuela, & Bravo, 2017) Exponen una metodología para la distribución de plantas en sistemas de manufactura flexible, basada en métodos cuantitativos para agrupación de familias, formación de células de manufactura y el uso de técnicas multi criterio, dicha aplicación fue ejecutada a través de un caso real en una empresa colombiana del sector metalmecánico.

Las obras citadas con anterioridad presentan similitud con la investigación en curso debido a que la mayoría emplean para la agrupación de familias de estilos una matriz de flujo de la producción, que permite visualizar la secuencia de operaciones y la trayectoria de los productos a través de las estaciones de trabajo. Sin embargo no se localizó una investigación dirigida a empresas del sector textil.

TEORÍA

Existen diversas herramientas que permiten incrementar en empresas manufactureras su competitividad mediante la innovación y mejora continua sin embargo para el desarrollo de la presente investigación se empleó el modelo de Manufactura Celular, para lo cual resulta imprescindible conocer sobre algunos conceptos básicos que facilitaran la ejecución de dicha técnica.

Manufactura esbelta: Implica identificar y eliminar actividades que no agregan valor en el diseño, la producción, la gestión de la cadena de suministro y el trato con los clientes. Los productores Lean emplean equipos de trabajadores con múltiples habilidades en todos los niveles de la organización

y usan máquinas altamente flexibles y cada vez más automatizadas para producir volúmenes de productos en una variedad potencialmente enorme. Contiene un conjunto de principios y prácticas para reducir los costos a través de la eliminación implacable de los desechos y mediante la simplificación de todos los procesos de fabricación y soporte. (John H. Blackstone J.R., 2008)

Desperdicios: se entiende como desperdicios o despilfarros, cualquier cosa que no añade valor. Los productos almacenados, en proceso de inspección o que llegan con retraso, los productos esperando en las colas y los productos defectuosos no añaden valor. Cualquier actividad que no añade valor a un producto desde la perspectiva del cliente es un desperdicio. (Heizer & Render, 2008)

Manufactura Celular: también conocido como células de trabajo que reorganiza a personas y máquinas que normalmente estarían dispersas en diferentes departamentos en un grupo de forma que puedan centrarse en la producción de un único producto o grupo de productos relacionados. En un entorno manufacturero, la tecnología de grupos identifica los productos que tienen características similares y que, en consecuencia, se prestan a ser procesados en una célula de trabajo específica. (Heizer & Render, 2007)

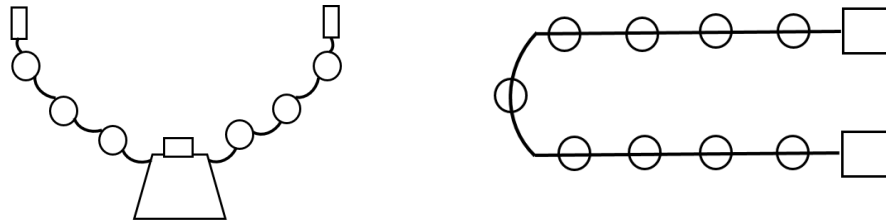


Ilustración 18. Células de trabajo.
Fuente: Heizer & Render, 2007

Requisitos de las células de trabajo

Los requisitos para la producción en células de trabajo incluyen:

1. Identificación de las familias de productos.
2. Alto nivel de formación y flexibilidad por parte de los empleados.
3. Personal de apoyo, o bien empleados flexibles e imaginativos, para montar inicialmente las células de trabajo.
4. Control en cada estación de la célula.

PARTE EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de la presente investigación fue implementada la metodología plasmada en la ilustración 2, a través de un trabajo de campo y entrevistas realizadas con los propietarios de la pyme textil. Dicha metodología se basa en cuatro etapas primordiales; inicialmente el análisis de la problemática, por medio del cual fue identificada a través de un estudio analítico del área productiva del departamento de confección textil, la situación actual en la que se encuentra dicha organización, debido principalmente a la falta de planeación en la misma y la distribución empírica de maquinaria en el departamento. Así mismo, se efectuó un análisis literario para conocimiento amplio en las aplicaciones de la herramienta de manufactura celular. Posteriormente fue determinada la agrupación de los productos fabricados en la organización por familias de estilo, a través del análisis de flujo de la producción; Además de diseñar de acuerdo a la similitud existente de operaciones de fabricación en las prendas, las células de manufactura aptas para el departamento y el establecimiento de secuencia de las mismas, tomando en cuenta el número de operarios y la ocupación de cada uno.

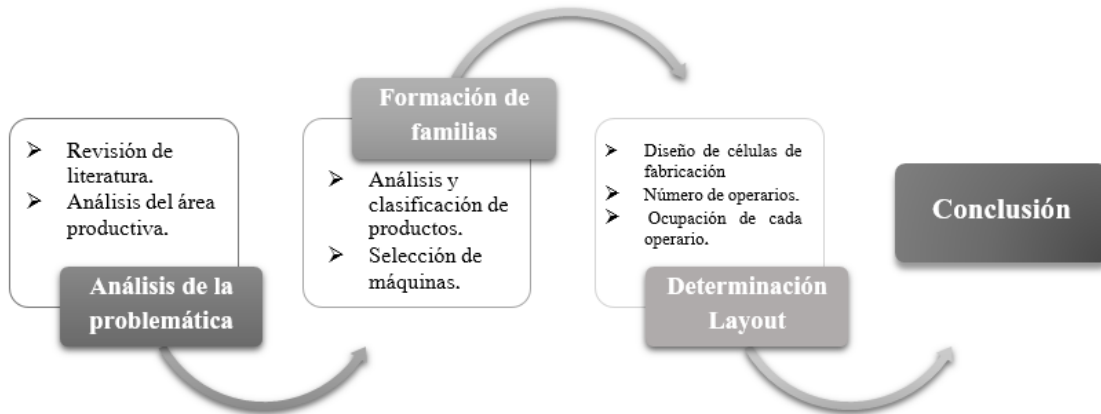


Ilustración 19. Metodología.
Fuente: elaboración propia

RESULTADOS

Una correcta implementación de la herramienta de manufactura celular en empresas manufactureras, permite a las mismas una producción de calidad que genera mayor competitividad a través de la disminución de costos, eliminación de despilfarros, disminución de retrasos, así como la reducción de espacios ocupados por máquinas y de movimientos innecesarios en cada proceso de fabricación.

Para realizar un diseño de manufactura celular es necesario conocer la infraestructura y las distintas maquinarias y equipos que permiten el proceso de fabricación en la organización, la figura 3 ilustra la situación actual de la empresa de análisis, localizando en la misma la ubicación actual de las distintas maquinarias empleadas, así como el número de movimientos que son llevados a cabo para la producción de las prendas que generalmente son confeccionadas, mismas que fueron empleadas como base para el análisis.

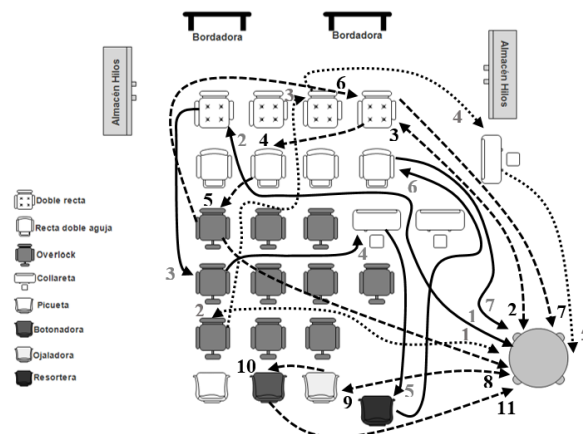


Ilustración 20. Sistema de Producción Actual.
Fuente: elaboración propia

Puede observarse que los desplazamientos llevados a cabo en el proceso de fabricación son de una cantidad considerable, por otro lado la distancia existente entre los distintos equipos de confección es representativa, lo cual genera en la organización una variedad de despilfarros. Como son tiempo, movimientos innecesarios y espacio ocupado por máquinas. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados

del análisis se detectó como oportunidad de mejora la implementación del sistema de manufactura celular en el departamento de confección de dicha empresa.

Posteriormente se requiere conocer sobre los productos que usualmente son fabricados en la empresa durante todo el año, la tabla 1 muestra la recolección de dichos datos. A través del análisis de flujo de la producción se realizó un estudio de la secuencia de operaciones y la trayectoria de las prendas a través de las estaciones de trabajo en el departamento de confección. La matriz empleada para dicho proceso se integra por las prendas fabricadas, representadas por las columnas, así como las máquinas existentes para la fabricación de las mismas, representadas por las filas. El modo de expresar que cada máquina realiza operaciones sobre una o varias prendas es colocar un 1 en la casilla correspondiente.

Máquinas	Prendas							
	Camisas	Blusas	Pants	Sudaderas	Malla	Short	Vestidos	Faldas
Overlock	1	1	1	1	1	1	1	1
Recta Doble Aguja	1	1	1	1			1	
Collareta	1	1	1	1	1	1	1	
Recta	1	1	1	1	1	1	1	1
Ojaladora	1						1	
Botonadora	1						1	
Resortera			1			1		
Picueta								

Tabla 21. Análisis de Flujo de Producción.

Fuente: elaboración propia

Una vez recolectada la información se procede a la agrupación de productos por familias de estilo, identificando a través de un análisis visual de la matriz de flujo de la producción las prendas que para su fabricación emplean las mismas máquinas de confección textil, la tabla 2 muestra la agrupación, determinada en cuatro grupos de familias.

Máquinas	Prendas							
	Familia A		Familia B		Familia C		Familia D	
	Camisas	Vestidos	Pants	Sudaderas	Blusas	Malla	Short	Faldas
Overlock	1	1	1	1	1	1	1	1
Recta Doble Aguja	1	1	1	1	1			
Collareta	1	1	1	1	1	1	1	
Recta	1	1	1	1	1	1	1	1
Ojaladora	1	1						
Botonadora	1	1						
Resortera			1				1	
Picueta								

Tabla 22. Agrupación de Familias de Estilo.

Fuente: elaboración propia

Por último se procede a la determinación y diseño de las células de trabajo en base a la clasificación de familias de estilo mostrada anteriormente, la ilustración 4 muestra la redistribución de maquinaria con respecto a los grupos establecidos. Dentro de cada célula las operaciones de fabricación son llevadas a cabo en cada proceso por un operario distinto de forma manual; inicialmente son asignadas las unidades de entrada en este caso representadas por los cortes textiles, una vez realizado el proceso de fabricación por el operario localizado en la primer máquina los trabajadores mueven las piezas dentro de la célula y las colocan en las distintas máquinas para su procesado.

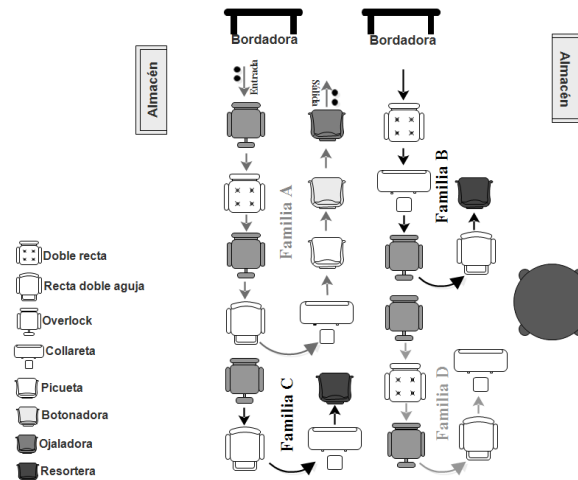


Ilustración 21. Diseño de Células de Manufactura Propuestas.
Fuente: elaboración propia

El diseño en forma de U para cada una de las células permite un flujo estable y continuo de la prenda a ser fabricada por las mismas, así como la constante interacción entre los operarios lo cual permite fomentar la confianza entre los mismos y supervisar el correcto funcionamiento del proceso.

Un punto importante de resaltar es que para la determinación de dichas células, se requiere de dos máquinas con las que la empresa textil no cuenta correspondientes a collareta y resortera, sin embargo de acuerdo a la redistribución de las mismas se cuenta con cinco máquinas que no se establecieron en alguna familia de estilos, cuatro overlock y una recta doble aguja. El adquirir las herramientas de fabricación faltantes podría considerarse un gasto inmediato para la organización, sin embargo si se toman en cuenta los beneficios que se obtendrán de dicha adquisición, en cuanto a reducción de tiempo de producción, espacios ocupados por máquinas y sobre todo de movimientos innecesarios para la producción de las prendas, el resultado que se obtendrá será favorable.

CONCLUSIONES

A través del análisis de la técnica de manufactura celular desarrollada en el departamento de confección de la PyME del sector textil, fue posible determinar las células de trabajo idóneas para las prendas que generalmente son confeccionadas en el transcurso del año por la empresa. De acuerdo con las células de trabajo propuestas los productos de la empresa se agrupan en cuatro familias que emplean las mismas herramientas para su procesado, en cada célula las máquinas que se localizan son manipuladas por un operario distinto y en cuanto al diseño de las mismas se determinó en forma de U para permitir un mejor flujo del proceso.

Esta investigación proporciona a la organización de análisis una herramienta como propuesta de mejora para cambiar las políticas de operación que actualmente son empleadas para la fabricación de los productos, ya que los sistemas de producción son desarrollados de manera empírica y se basan únicamente en lo tradicional y la intuición de los propietarios, por lo que de acuerdo al análisis de la problemática los despilfarros en cuanto a tiempo de producción, espacio ocupado por máquinas y desplazamientos para el proceso de fabricación de las prendas son realmente representativos para la empresa. Con la implementación de la herramienta de manufactura celular en la organización textil se pretende la reducción de todas estas actividades que no generan un valor para el cliente, así como lograr una producción de mayor confianza entre los empleados que permita el incremento en el rendimiento de los mismos y la motivación laboral.

BIBLIOGRAFÍA (EMPRESARIAL, 2010) (Heizer & Render, 2008)

1. Contreras, M. M. (2011). Estudio Sobre la Tecnología de Grupos y su Integración en la Manufactura Integrada por Computadora. *Instituto Politécnico Nacional* , 1-83.
2. Córdova, B. V. (2007). Estudio para la Implantación de una Celda de Manufactura en la Industria Metal Mecánica. *Instituto Politécnico Nacional*, 1-143.
3. EMPRESARIAL, C. R. (2010). Obtenido de Los 10 errores más comunes.: <http://www.canieti.net/assets/files/59/Conferencia%20Los%2010%20Errores....pdf>,
4. García, M. C. (2016). *Aplicación LEAN MANUFACTURING a una célula autónoma de fabricación de piezas de CN*. Sevilla: Universidad de Sevilla [6].
5. Heizer, J., & Render, B. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas*. Madrid : PEARSON EDUCATION, S.A .
6. Heizer, J., & Render, B. (2007). *DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE OPERACIONES DECISIONES ESTRATÉGICAS*. Madrid: PEARSON EDUCATION, S.A .
7. INEGI. (2014). *Total de establecimientos y personal ocupado*. México: Censos Económicos . [1].
8. John H. Blackstone J.R., P. C. (2008). *APICS DICTIONARY The standard for excellence in the operation management profession*. University of Georgia: The Association for Operation Management.
9. López, D. J., & Díaz, E. (2016). Modelo físico de una célula de manufactura, aplicado a un caso de estudio. *I + T + C Investigación, Tecnología y Ciencia*, 77-88.
10. Medina, P. D., Cruz, E. A., & Pinzon, M. (2010). GENERACIÓN DE CELDAS DE MANUFACTURA USANDO EL ALGORITMO DE ORDENAMIENTO BINARIO (AOB). *Scientia et Technica Año XVI, No 44*, 106-110.
11. Navarrete, M. E., & Sansores, G. E. (2011). EL FRACASO DE LAS MICRO, PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS EN QUINTANA ROO, MÉXICO: UN ANÁLISIS MULTIVARIANT. *REVISTA INTERNACIONAL ADMINISTRACION & FINANZAS*, 21-33 [2].
12. Ortiz, F. F., Avarado, A. M., & Torres, O. R. (2007). Formación de Grupos Tecnológicos Mediante el Algoritmo SLCA . *LACCEI*, 1-10.
13. Palomo, G. M. (2005). *Los procesos de gestión y la problemática de las pymes*. Ingenierías Vol VIII no. 28 [3].
14. Pantoja, C., Orejuela, J. P., & Bravo, J. J. (2017). Metodología de distribución de plantas en ambientes de agrupación celular. *Elsevier España*, 132-140.
15. Radajell, C. M., & Sánchez, G. J. (2010). *LEAN MANUFACTURING La evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos .
16. Salazar, A. F., Vargas, L. C., Añasco, C. E., & Orejuela, J. P. (2010). Propuesta de Distribución en Planta Bietapa en Ambientes de Manufactura Flexible Mediante el Proceso Analítico Jerárquico . *Revista EIA*, 161-175.

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE PUNTOS CUÁNTICOS DE CARBONO OBTENIDOS A PARTIR DE DIFERENTES FUENTES DE CARBONO.

Nikte Yoliztli Martínez Palma¹, Aristeo Garrido Hernández¹, Genaro Ivan Cerón Montes¹, Monica Araceli Camacho Gonzales¹, Erasto Vergara Hernández², Giovanni García Domínguez³ y Joan Reyes Miranda⁴

¹ Universidad Tecnológica de Tecámac, UTTEC, Carretera Federal México, Pachuca Km 37.5, CP 55740, Col. Sierra Hermosa, Tecámac, Estado de México, México, ² Unidad Profesional Interdisciplinaria De Ingeniería Campus Hidalgo, La Raza, Pachuca de Soto, Hgo., ³CIITEC IPN, Cerrada de Cecati S/N, CP 02250, Col. Santa Catarina Azcapotzalco Ciudad de México, México, ⁴ Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco Av San Pablo Xalpa 180, Reynosa Tamaulipas, 02200 Ciudad de México, CDMX

RESUMEN

Los puntos cuánticos de carbono fueron sintetizados por el método hidrotermal usando cuatro diferentes fuentes de carbono (aguacate, nopal, guayaba, pepino). Los puntos cuánticos provenientes del nopal presentaron mayor intensidad luminiscente. Resultados demostraron una intensidad luminiscente en función de la composición de grasas de las fuentes de carbono. Se realizó un estudio en la obtención de puntos cuánticos a partir del nopal a diferentes concentraciones y tiempos de reacción a temperatura de 200 °C. Se presenta una caracterización estructural y luminiscente de los puntos cuánticos de carbono mediante microscopía electrónica de transmisión, espectroscopia de luminiscencia. Los resultados de infrarrojo muestran las bandas características de los puntos cuánticos de carbono. La microscopía electrónica de transmisión revela a una distribución homogénea de tamaño de partícula mientras que los planos (213) y (203) sugieren que los puntos cuánticos cristalizan en la fase hexagonal. Las coordenadas cromáticas $X=0.157$ y $=0.158$ en el diagrama CIE muestran una emisión en la región azul.

INTRODUCCION

Los puntos de carbono (CD) o las nanopartículas de carbono con un tamaño inferior a 10 nanómetros atraen la atención desde su descubrimiento debido a sus interesantes propiedades físicas y químicas, como la funcionalidad fácil, sin parpadeos, fotoluminiscencia sintonizable, baja fotodecoloración. Los puntos de carbono fluorescente, un miembro inteligente joven de la familia del nanomaterial de carbono, se obtuvieron por primera vez durante la purificación de nanotubos de carbono de pared simple en 2004. Los puntos de carbono tienen una excelente biocompatibilidad, lo que permite que los CD posean un gran potencial en aplicaciones biológicas, con un rendimiento comparable o incluso mejor que los puntos cuánticos convencionales, pero sin presentar sus cargas tóxicas inherentes. Las propiedades de los puntos de carbono descritos anteriormente proporcionan una amplia gama de aplicaciones que incluyen sensores, dispositivos fotoeléctricos, fotocatalizadores, fototerapia, y bioimagen [.

La fotoluminiscencia es una de las propiedades más interesantes de los puntos de carbono y aunque el origen de los mecanismos de fotoluminiscencia no está del todo claro, se han desarrollado aplicaciones exitosas de CD como una sonda fluorescente para visualizar sistemas biológicos tanto in vitro como in vivo. También se ha investigado que los CD producidos electroquímicamente podrían generar especies reactivas de oxígeno, incluido el 1O_2 (oxígeno singlete) y OH después de la exposición a la luz azul y, por lo tanto, aplicable para matar las células cancerosas [2,5].

El uso de marcadores biológicos en la evaluación del riesgo de enfermedad ha aumentado notablemente en la última década. Son particularmente útiles en la evaluación de enfermedades progresivas que manifiestan sus síntomas mucho después de la exposición a factores iniciadores [7-9]

En comparación con los puntos cuánticos de semiconductores tradicionales y los tintes orgánicos, los puntos de carbono fotoluminiscentes son superiores en términos de solubilidad acuosa, funcionalizabilidad, resistencia al fotoblanqueo, toxicidad y biocompatibilidad [1-2]

Esta investigación trata de la síntesis y caracterización de puntos cuánticos de carbono preparados por aproximación hidrotermal. En este sentido, primero se sintetizaron puntos cuánticos de carbono

mediante el método hidrotermal, luego se caracterizaron los CD por microscopía electrónica de transmisión (TEM) y espectroscopia de fotoluminiscencia.

PARTE EXPERIMENTAL

Guayaba, nopal, pepino y aguacate fueron comprados en el centro comercial local y utilizado sin ninguna purificación.

Primero, se lavaron diferentes verduras y se secaron al sol en las mismas condiciones ambientales. Posteriormente, se cortaron 2 g de vegetales secos en trozos pequeños y se mezclaron con 30 ml de agua destilada, luego se trituró la mezcla homogéneamente usando un mezclador convencional. Esta mezcla se vertió en una autoclave de acero inoxidable revestido de Teflon® con una capacidad de 45 ml. A continuación, la autoclave se colocó en un horno y se calentó a 160 ° C durante 12 horas. Después del proceso hidrotermal, el color de la mezcla cambió de incoloro a amarillo oscuro, implica la reducción de fuentes vegetales en nanomateriales de carbono.

La solución de color amarillo oscuro se separó por centrifugación a 4000°C durante 30 minutos, el sobrenadante se filtró al vacío con un filtro de papel de 2,7 µm, y finalmente se obtuvo una suspensión acuosa de color amarillo.

Los CD de nopal tienen mejores espectros de emisión (Figura 1); se propuso un diseño experimental (Tabla 1) para determinar el efecto de la concentración de nopal, así como la temperatura y el tiempo de reacción sobre las propiedades luminiscentes

Tabla 23. Condiciones de síntesis para puntos cuánticos de nopal

muestra	Temperatura (°C)	Tiempo(h)	Concentracion (mg/mL)
1	200	2.5	25
2	200	2.5	100
3	200	5	25
4	200	12	25
5	180	12	25
6	160	12	25

RESULTADOS

Los espectros de emisión y excitación de CD preparados a partir de Guayaba, nopal, pepino y aguacate se muestran en las Figuras 1 a y b, respectivamente. La emisión y la excitación exhiben una intensidad luminiscente diferente, la composición de la fuente de carbono puede afectar las propiedades luminiscentes. La Figura 1a muestra que la longitud de onda de excitación máxima de los puntos de carbono se localiza a 375 nm, y corresponde a la muestra de nopal debido al mayor número de partículas que se excitan a esa longitud de onda. Los componentes excitónicos son observables entre longitudes de onda de excitación de 450 nm y 490 nm (2.53 - 2.8 eV). Se observó un pico de emisión de fotoluminiscencia fuerte localizado a 450 nm con una longitud de onda de excitación de 375 nm para cuatro muestras (Figura 1b), se observa que la muestra de CD de nopal tiene la mayor intensidad de fotoluminiscencia con una banda centrada a 450 nm, para esta misma longitud de onda la intensidad máxima de fotoluminiscencia también se observa para las muestras de pepino y guayaba.

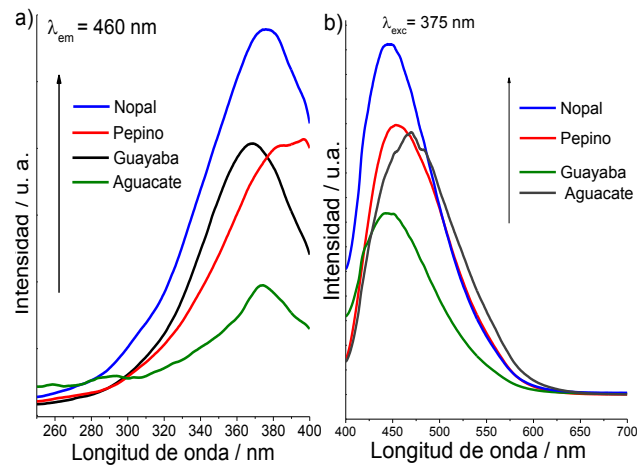


Figura 15. Espectro de a) excitación b) emisión de puntos cuánticos obtenidos de diferentes fuentes de carbono

Se observó un fuerte pico de emisión de PL localizado a 450 nm cuando se excitaron QD a 375 nm (Figura 1), debido al mayor número de partículas que se excitaron en esa longitud de onda.

De acuerdo con los hallazgos, la composición de las fuentes de carbono tales como; aguacate, nopal, guayaba de pepino puede cambiar como resultado de factores naturales. La Tabla 2 muestra la composición promedio de la fuente de carbono. El aguacate presenta alrededor de 23.5 grasas, que es relativamente alto en comparación con la otra fuente de carbono.

Tabla 2. Composición promedio de la fuente de carbono.

Fuente de carbono	Grasas	Proteínas	Carbohidratos	Humedad
Nopal	0.1	1.4	3.3	91
Pepino	0.5	1.8	2	95
Guayaba	0.5	0.8	5.8	78
Aguacate	23.5	1.8	0.4	75

La composición de las fuentes de carbono sugiere que la grasa es un parámetro importante a tener en cuenta durante la síntesis hidrotérmica debido a que el punto de ebullición puede ser menor durante la síntesis, la cantidad de vapor en el sistema cerrado afecta la presión y la temperatura disminuye del líquido además; la grasa necesita más energía para descomponerse en puntos de carbono.

El mecanismo del comportamiento PL de los puntos de carbono es muy complicado y aún no se ha informado claramente. La intensidad de la PL depende del número de partículas excitadas en una longitud de onda particular, las razones plausibles para el comportamiento PL son la presencia de diferentes tamaños de partículas y la distribución de la superficie diferente. Como los CD de Nopal presentaron una mejor emisión, se propusieron diferentes condiciones de síntesis (Tabla 1), para evaluar su intensidad de luminiscencia.

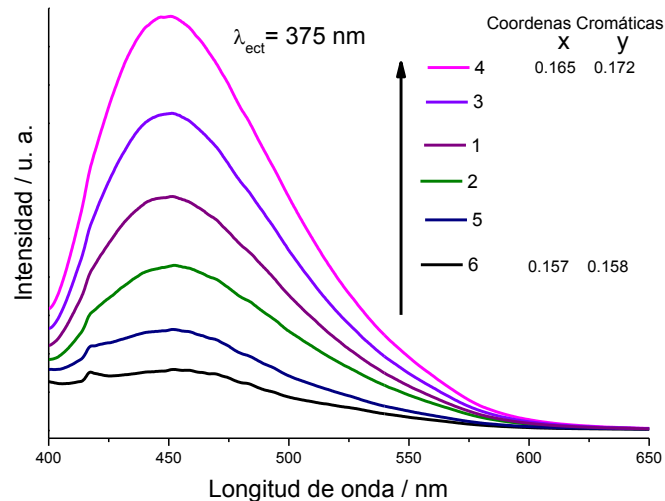


Figura 16. Espectro de a) excitación b) emisión de puntos cuánticos obtenidos de diferentes fuentes de carbono

Los puntos cuánticos de carbono obtenidos del nopal tienen mejores espectros de emisión (Figura 1), con el fin de determinar el efecto de la concentración de nopal en función de la temperatura y el tiempo de reacción sobre las propiedades luminiscentes, se propuso un diseño experimental. (Tabla 1). Como se muestra en la Figura 2, se utilizó una concentración diferente de nopal para este estudio. Está claro que la intensidad de la fotoluminiscencia depende de la concentración de CD de nopal, los resultados mostraron que la intensidad de fotoluminiscencia aumenta al aumentar la concentración de la solución, 25 mg / ml de concentración de nopal como concentración óptima. Se estudió la influencia de diferentes tiempos de reacción y temperaturas para la preparación de los puntos de carbono nopal, en la Figura 3 se observó que al aumentar la temperatura de reacción (a) y el tiempo de reacción (b), la intensidad de fotoluminiscencia aumentaba en función de los resultados obtenidos, 12 h y 200 ° C se seleccionaron como tiempo de reacción y temperatura de reacción, respectivamente.

La diferencia en la posición de los picos de emisión se atribuye a la variación en el tamaño, como informaron recientemente Peng et al. [Ref.]. Las propiedades ópticas de los CD varían con el tamaño, lo que también podría dar como resultado la variación en la densidad y la naturaleza de los sitios sp² disponibles en los CD.

Estaba claro que la intensidad de PL depende de la concentración de los puntos de carbono. La intensidad del espectro PL aumenta bruscamente al disminuir la concentración de puntos de carbono. Esto puede deberse a la disminución de las interacciones entre los diferentes grupos polares a bajas concentraciones. La alta presencia de una gran cantidad de funcionalidad polar ayuda a formar aglomeración a altas concentraciones.

Las coordenadas cromáticas de los puntos cuánticos de carbono se indican en el diagrama de CIE® (Figura 4); la emisión de la muestra 4 (CD2) y la muestra 6 (CD1) exhiben coordenadas cromáticas similares.

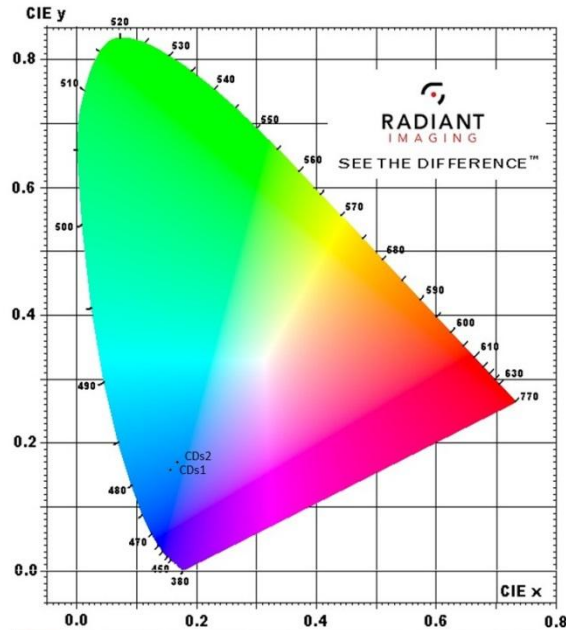


Figura 17. espectro de a) excitación b) emisión de puntos cuánticos obtenidos de diferentes fuentes de carbono

Según los resultados, la muestra 4 y la muestra 6 tienen la intensidad de emisión más alta y más baja, respectivamente. Estas muestras se caracterizaron por los análisis de HR-TEM para determinar el efecto de concentración sobre la estructura y la morfología.

La Figura 4 revela una imagen de TEM de baja ampliación de las muestras, los resultados muestran que el tamaño medio de la muestra 1 fue de aproximadamente 7 nm, lo que indica una estructura de un grupo, mientras que la muestra 5 presenta un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 5 nm. Está claro que la muestra 4 tiene una distribución de partículas homogénea, tal efecto depende de la temperatura y la concentración, ya que el tiempo de reacción fue el mismo en ambas muestras.

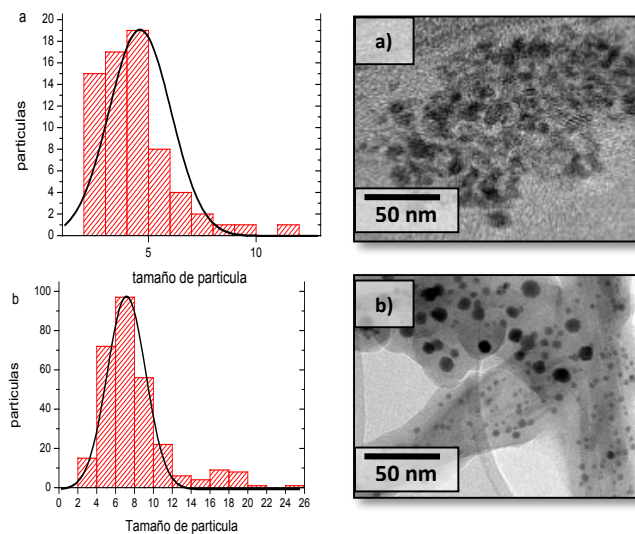


Figura 18. Distribución del tamaño de partícula de puntos cuánticos de carbono.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron puntos cuánticos de carbono de diferentes fuentes de carbono. La composición de la fuente de carbono juega un factor importante en la intensidad luminiscente. Las condiciones de síntesis concentración, temperatura y tiempo de reacción afectan directamente las características físicas de los puntos de carbono. La distribución de tamaño e partícula afecta las coordenadas cromáticas de los puntos cuánticos de carbono

BIBLIOGRAFIA

1. W. Wang, Y.M. Li, L. Cheng, Z.Q. Cao, W.G. Liu, *Water-soluble and phosphorus-containing carbon dots with strong green fluorescence for cell labeling*, 2014, *J. Mater. Chem. B* , Vol. 2(1), 46-48.
2. J. Zhou, Z. Sheng, H. Han, M. Zou, and C. Li, "Facile synthesis of fluorescent carbon dots using watermelon peel as a carbon source," *Mater. Lett.*, vol. 66, no. 1, pp. 222–224, 2012.
3. T. Kavitha, J.O. Kim, S. Jang, D.P. Kim, I.K. Kang, S.Y. Park., *Multifaceted thermoresponsive poly(N-vinylcaprolactam) coupled with carbon dots for biomedical applications*. 2016, *Mater. Sci. Eng. C*, 61, 492-498.
4. F. M. Winnik and D. Maysinger, "Quantum Dot Cytotoxicity and Ways to Reduce It," *Acc. Chem. Res.*, 46, 672-680, 2013.
5. Y. H. Luo, S. B. Wu, Y. H. Wei, Y. C. Chen, M. H. Tsai, C. C. Ho, S. Y. Lin, C. S. Yang and P. P. Lin, "Cadmium Based Quantum Dot Induced Autophagy Formation for Cell Survival via Oxidative Stress.," *Chem. Res. Toxicol*, 26, 662-673, 2013
6. C. Y. Wu, C. Wang, T. Han, X. J. Zhou, S. W. Guo and J. Y. Zhang, "Insight into the Cellular Internalization and Cytotoxicity of Graphene Quantum Dots," *Adv. Healthcare Mater.*, 2, 1613-1619, 2013.
7. L. Mohammadi-Behzad, M.B. Gholivand, M. Shamsipur, K. Gholivand, A. Barati, A.Gholami. *Highly sensitive voltammetric sensor based on immobilization of bisphosphoramidate-derivative and quantum dots onto multi-walled carbon nanotubes modified gold electrode for the electrocatalytic determination of olanzapine*. 2016, *Mater. Sci. Eng. C* , 60, 67-77.
8. M. Hasanzadeh, A. Karimzadeh, N. Shadjou, A.Mokhtarzadeh, L. Bageri, S. Sadeghi, S. Mahboob, *Graphene quantum dots decorated with magnetic nanoparticles: synthesis, electrodeposition, characterization and application as an electrochemical sensor towards determination of some amino acids at physiological pH*. 2016, *Mater. Sci. Eng. C*, V68, 814-830
9. C.X. Wang, Z.Z. Xu, H. Cheng, H.H. Lin, M.G. Humphrey, C. Zhang, *A hydrothermal route to water-stable luminescent carbon dots as nanosensors for pH and temperature*. 2015, *Carbon*, Vol. 82, 87-95.
10. H.J. Yu, Y.F. Zhao, C. Zhou, L. Shang, Y. Peng, Y.H. Cao, L.Z. Wu, C.H. Tung, T.R. Zhang. *Carbon quantum dots/TiO2 composites for efficient photocatalytic hydrogen evolution*. 2014, *J. Mater. Chem. A* , 2(10), 3344–3351.
11. S.Y. Zhao, C.X. Li, L.P.Wang, N.Y. Liu, S. Qiao, B.B. Liu, H. Huang, Y. Liu, Z.H. Kang. *Carbon quantum dots modified MoS2 with visible-light-induced high hydrogen evolution catalytic ability*. 2016, *Carbon*, 99, 599-606
12. Y. Z. Han, H. Huang, H. C. Zhang, Y. Liu, X. Han, R. H. Liu, H. T. Li and Z. H. Kang, *Carbon Quantum Dots with Photoenhanced Hydrogen-Bond Catalytic Activity in Aldol Condensations*. . 2014, *ACS Catal*, 4, 781-787.
13. H. Wang, J. Shen, Y. Y. Li, Z. Y. Wei, G. X. Cao, Z. Gai, K. L. Hong, P. Banerjee and S. Q. Zhou, "Magnetic Iron Oxide-Fluorescent Carbon Dots Integrated Nanoparticles for Dual-Modal Imaging, Near-Infrared Light- Responsive Drug Carrier and Photothermal Therapy.," *Biomater. Sci.* , vol. 2, pp. 915-923, 2014.
14. J. Liu, Y. Liu, N. Y. Liu, Y. Z. Han, X. Zhang, H. Huang, Y. Lifshitz, S. T. Lee, J. Zhong and Z. H. Kang, *Metal-Free Efficient Photocatalyst for Stable Visible Water Splitting via a Two-Electron Pathway*. 2015, *Science*, 347, 970–974.
15. G. J. Xu, S. J. Liu, H. Niu, W. P. Lv and R. A. Wu, *Functionalized Mesoporous Carbon Nanoparticles for Targeted Chemo-Photothermal Therapy of Cancer Cells Under Near-*

- Infrared Irradiation.*, *RSC Adv.* , vol. 4, 33986–33997, 2014. [16]. 2016, *Mater. Sci. Eng. C* , Vol. 67, pp. 468-467.
16. M. Thakur, A.Mewada, S. Pandey, M. Bhori, K. Singh, M. Sharon, M. Sharon, *Milk-derived multi-fluorescent graphene quantum dot-based cancer theranostic system*
 17. N.Wang, H. Fan, J. Sun, Z. Han, J. Dong, S. Ai., *"Fluorine-doped carbon nitride quantum dots: ethylene glycol-assisted synthesis, fluorescent properties, and their application for bacterial imaging*, *Carbon*, vol. 109, 141-148, 2016
 18. X.H. Hu, X.Q. An, L.L. Li, *Easy synthesis of highly fluorescent carbon dots from albumin and their photoluminescent mechanism and biological imaging applications*, *Mater. Sci. Eng. C* , vol. 58, pp. 730-736, 2016.
 19. J. Zhang, Y. Yuan, G. L. Liang and S. H. Yu, *Scale-Up Synthesis of Fragrant Nitrogen-Doped Carbon Dots from Bee Pollens for Bioimaging and Catalysis*, *Adv. Sci.* , vol. 2, p. 1500002, 2015
 20. Zhu, S. J.; Song, Y. B.; Zhao, X. H.; Shao, J. R.; Zhang, J. H.,Yang, B. *The Photoluminescence Mechanism in Carbon Dots (Graphene Quantum Dots, Carbon Nanodots, and Polymer Dots)*, *Current State and Future Perspective*. *Nano Res.* 2015, 8, 355–381
 21. Ristic, B. Z.; Milenkovic, M. M.; Dakic, I. R.; Todorovic-Markovic, B. M.; Milosavljevic, M. S.; Budimir, M. D.; Paunovic, V. G.; Dramicanin, M. D.; Markovic, Z. M.; Trajkovic, V. S. *Photodynamic Antibacterial Effect of Graphene Quantum Dots*. *Biomaterials* 2014, 35, 4428–4435
 22. Chen, X. X.; Jin, Q. Q.; Wu, L. Z.; Tung, C. H.; Tang, X. J. *Synthesis and Unique Photoluminescence Properties of Nitrogen-Rich Quantum Dots and Their Applications*. *Angew. Chem., Int. Ed.* 2014, 53, 12542–12547.
 23. S.J. Zhao, M.H. Lan, X.Y. Zhu, H.T. Xue, T.W. Ng, X.M. Meng, C.S. Lee, P.F. Wang, W.J. Zhang. *Green synthesis of bifunctional fluorescent carbon dots from garlic for cellular imaging and free radical scavenging*. 2015, *ACS Appl. Mater. Interfaces* , Vol. 7(31), pp. 17054–17060.

DETECCIÓN DE FUENTES EMISORAS ACÚSTICAS NOCIVAS UTILIZANDO MATRIX CREATOR ORIENTADO AL ECOSISTEMA MARINO.

Miriam Carolina Zapata Cabral¹, José Ismael De La Rosa Vargas¹, Efrén González Ramírez¹, Gerardo Miramontes de León², e Ileri Aydeé Sustaita Torres¹

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, ²Instituto Tecnológico Sanmiguelense de Estudios Superiores. carolinazc34@gmail.com; 31121918@uaz.edu.mx

RESUMEN

El siguiente trabajo está enfocado en detección de la fuente acústica deseada usando tecnología (Passive Acoustic Monitoring). El monitoreo acústico pasivo (PAM) es ampliamente utilizado en la comunidad científica para estudiar mamíferos marinos, especialmente cetáceos, muchos de los cuales son más fáciles de escuchar que de ver. El PAM también se utiliza para detectar actividades humanas con efectos potencialmente negativos en el ecosistema marino, como tráfico marítimo, sonar militar y civil, explotación petrolera, entre algunas de las aplicaciones. El presente trabajo de investigación representa un desafío debido a la ubicación geográfica en la que se lleva a cabo (Zacatecas, México), ya que va orientado al ecosistema marino; sin embargo, la propuesta que se presenta en este trabajo es pertinente debido a la importancia de disminuir masacres masivas en el océano por múltiples factores antropogénicos y además se inclina mayormente al diseño de un sistema electrónico. El sistema que se desarrolló involucra tareas de detección y posicionamiento de una fuente emisora acústica, mediante el uso de sensores (Matrix Creator) que cuenta con ocho micrófonos, en la placa de desarrollo Raspberry 3pi donde se programó en lenguaje C y Python para determinar la posición de una fuente acústica. La fuente emisora utilizada corresponde a una bocina alimentada con una señal generada en una computadora que corresponde a un impulso de sonar naval. El dispositivo detecta la señal y se almacena para ser posteriormente procesado mediante Octave. Hasta ahora se ha logrado conocer el posicionamiento de la fuente emisora por ángulo azimutal y se está trabajando para disminuir el error a +/- 5 cm en el posicionamiento. La finalidad del presente trabajo de investigación es proponer una red para monitoreo de señales nocivas para cetáceos.

INTRODUCCIÓN

Los efectos del ruido en los mamíferos marinos han sido un tema de sustancial preocupación para los investigadores, los legisladores y el público en general ya que diversos estudios biológicos, oceanográficos y bioacústicos han demostrado continuamente ecocidios marinos a causa de sonar activo en los últimos años. Esta preocupación proviene de varamientos de ballenas picudas a través de los años, los cuales fueron asociados con el sonar naval de gran amplitud (Frantzis, 1998; Balcomb y Claridge, 2001; Evans et al., 2001). El verdadero daño fisiológico inducido por el sonar, que tiene efectos de comportamiento en los animales varados, ha sido extensamente debatido (Jepson et al., 2003; Fernandez et al., 2005; Cox et al., 2006; Southall et al., 2006; Brownell et al., 2009). Además, la realidad es que el ruido del océano es diverso, incluido el envío y el tráfico de embarcaciones, la construcción de parques eólicos, cañones de aire relacionados con la exploración sísmica, y construcción y encuestas científicas.

Estos sonidos pueden agruparse ampliamente como ruido en tres categorías: (i) continuo (o casi continuo) como el envío de señales acústicas, (ii) sonidos de impulso como pistolas de aire sísmico o municiones militares, y (iii) ruido intermitente como construcción o sonar. Los cambios de comportamiento en respuesta a las condiciones de ruido elevado de estas diversas fuentes causaron alarma (ver, por ejemplo, Miller et al., 2000, Holt et al., 2009, Parks et al., 2009). En los mamíferos terrestres, una preocupación principal y bien establecida sobre la exposición al ruido es la pérdida de audición inducida (Ward et al., 1958; Kryter, 1994). La sobre-exposición al ruido puede inducir tanto la pérdida de audición temporal como permanente, también conocida como cambios de umbral temporales o permanentes. En el caso de los mamíferos marinos, se necesita una amplia gama de datos para predecir los posibles impactos del ruido. Los esfuerzos de investigación necesarios para abordar los impactos del ruido en mamíferos marinos han sido abordados en cuatro informes del Consejo Nacional de Investigación y un informe más reciente de Southall et al. establece una base científica en donde se concluye que la exposición al ruido es mortal (National Academy of Sciences,

1994, 2000, 2003, 2005; Southall et al., 2007). Las recomendaciones relacionadas con la audición incluyen establecer sensibilidades auditivas de referencia en un mayor número de especies e individuos, investigar los análisis de la escena auditiva con respecto a cómo los cetáceos procesan y evalúan múltiples señales acústicas simultáneamente, determinando los niveles y efectos del enmascaramiento auditivo, y los sonidos y condiciones que deben inducir cambios de umbral temporales y permanentes (es decir, pérdida de la audición temporal y permanente). Estos documentos previos brindan revisiones de este tema específico, abordando lo conductual, fisiológico e impactos del ruido; por lo tanto, sólo abordaremos brevemente la audición y las exposiciones al ruido para proporcionar una actualización de los datos desde estos informes y para colocar estos datos en el contexto de resultados y conclusiones anteriores. Existen ya proyectos de sonar pasivo que pueden detectar diferentes especies de cetáceos y, a su vez, la comunicación entre ellos para determinar su reacción al sonar y explotación petrolera ya que la constante contaminación acústica no les permite comunicarse, reproducirse, migrar, etc. Sin embargo, no se tiene conocimiento de un sonar pasivo que monitoree las señales nocivas que causan estos estragos en cetáceos. Se han detectado en el océano varias causas de impacto ambiental y alta tasa de mortalidad en la vida marina y subacuática debido a los efectos antropogénicos, como la contaminación, la explotación petrolera, la pesca masiva y el sonar activo, este último se caracteriza por tener consecuencias verdaderamente catastróficas. De acuerdo con la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) hubo más de 12 millones de muertes de ballenas, delfines, marsopas, leones marinos y focas en todo el Océano Pacífico Norte en 5 años (2011-2016) por parte de la Marina de los EE. UU., uno de los países con mayor uso de sonar, que desde su invención en 1919 ha perfeccionado su capacidad alcanzando los 249 dB en la actualidad, tomando como ejemplo a la bomba atómica que llegó a una potencia de 200 dB se puede dar una idea de las exorbitantes consecuencias de un sonar activo en el océano, ya que no sólo los mamíferos marinos se ven afectados; un pulso de sonar activo tiene la capacidad de llegar a 11004 metros de profundidad 8.(NOAA.2001) y expandir la onda acústica a 330 km a la redonda, lo que termina con innumerables bajas de especies animales, desde huevecillos y larvas hasta la zona abisal (4000 a 6000 metros de profundidad) donde la mayoría de las especies son aún desconocidas por el hombre.

En el presente proyecto se plantea el objetivo de diseñar un sonar pasivo que sea capaz de reconocer las coordenadas de la fuente de señales nocivas para cetáceos (sonar activo) el sistema puede ser capaz de prevenir nuevas catástrofes ecológicas, al menos en áreas protegidas si se aplica como una red de monitoreo. El diseño electrónico hasta el momento se ha hecho en aire y no en agua debido al ecosistema donde se encuentra el presente trabajo, sin embargo el principio de sonar es el mismo, se trabaja con tarjetas de desarrollo experimental Matrix Creator y computadoras Raspberry 3 pi, al momento se ha logrado determinar la posición en grados azimut sin embargo lo que se busca es tener las coordenadas X, Y, Z por lo que se está implementando una segunda tarjeta de desarrollo que también cuenta con un arreglo de ocho micrófonos circular, se lleva a cabo para los siguientes meses y se considera que resultará exitoso debido al éxito ya obtenido trabajando con sólo una tarjeta de desarrollo.

En las siguientes secciones encontraremos los fundamentos teóricos como son el DOA (Direction Of Arrival), además se presenta cómo se calcula el ángulo azimutal y por último la localización y seguimiento usando PAM (Passive Acoustic Monitoring). Estos temas son de suma relevancia en el trabajo de investigación, ya que lo que haremos es un monitoreo pasivo utilizando técnicas de direccionamiento de señal para poder calcular las coordenadas de la fuente acústica. Posteriormente en la sección experimental cómo fue montado y realizado el experimento para obtener la detección acústica, obteniendo una comparación del algoritmo utilizado con las mediciones físicas realizadas durante el experimento. Por último, en conclusiones hablamos de la obtención hasta el momento y trabajo futuro para este proyecto.

TEORÍA

DOA: La dirección de arribo (DOA) indica la dirección desde la cual generalmente llega una onda de propagación a un punto, donde normalmente se encuentra un conjunto de sensores. (Abeida, Habti; Zhang, Qilin; Li, Jian; Merabtine, Nadjim .2013) Este conjunto de sensores forma lo que se llama una matriz de sensores. A menudo existe la técnica asociada de formación del haz que es la estimación

de la señal desde una dirección dada (*Zhang, Qilin; Abeida, Habti; Xue, Ming; Rowe, William; Li, Jian .2012*).

Las operaciones que se pueden realizar con un arreglo de micrófonos, en general con un arreglo de sensores separados espacialmente, son: realce, localización de fuente, separación de fuentes, entre otras. En el caso de una sola fuente, las operaciones de cambio de fase y suma de las señales de todos los micrófonos dan como resultado una mejora en la relación señal a ruido (SNR). En los casos de cancelación de fuentes de interferencia, la mejora depende del número de micrófonos en el arreglo. Con esta misma idea se puede usar el arreglo en aplicaciones de localización de fuente, en donde se usa la diferencia de tiempo en la llegada de la señal a cada micrófono, para estimar el ángulo de llegada en el caso de un plano.

La dirección de una fuente de sonido se puede obtener estimando el retardo de tiempo de arribo (TDOA) entre dos micrófonos. Un enfoque para estimar el retardo de tiempo es calcular la correlación cruzada entre las señales recibidas en los dos micrófonos. El índice del punto máximo en la correlación representa el retardo estimado. (Brandstein *et al.* 1997) La correlación cruzada se puede modelar por:

$$R(k) = \sum S_i(n) S_j(n-k)$$

donde

$$\tau = \operatorname{argmax}(R(k))$$

Entonces la dirección de la fuente se encuentra por

$$\Theta = \cos^{-1}((c \tau / F_s) / d)$$

Donde d es la distancia entre micrófonos, F_s es la frecuencia de muestreo y c es la velocidad del sonido.

Angulo azimutal: Para calcular el ángulo Azimutal es necesario contemplar tres características:

- Referencia: Punto desde dónde se mide.
- Amplitud: La magnitud medida del ángulo.
- Sentido: A partir de la línea de referencia.

El azimut es el ángulo medido en sentido de rotación de las agujas de un reloj alrededor del en un espacio u horizonte según la posición observador.

Por ejemplo, un objeto que se halla al Norte tiene un azimut de 0° , uno al Este 90° , uno al Sur 180° y al Oeste 270° .

Localización y seguimiento: La capacidad de localizar y rastrear animales en el espacio es una función importante de PAM, ya que permite el análisis de comportamiento también por medios acústicos. Las técnicas bien conocidas para la estimación del rango pasivo son multi-hidrofónicos, triangulación, multi-trayectoria y formación de haces. Por último, el seguimiento desempeña un papel importante si uno no sólo trata de localizar cetáceos acústicamente activos, sino que también intenta controlar su comportamiento. Para esto, es necesario determinar continuamente la ubicación de cada animal, es decir, rastrear a los individuos. La localización de fuentes de sonido requiere múltiples mediciones independientes. Estas mediciones pueden provenir de múltiples sensores que cubren grandes áreas y por lo tanto son adecuados para rangos de múltiples hidrófonos, o se basan en medidas cualitativamente diferentes, por ejemplo: la demora de tiempo de múltiples trayectorias y la estimación de ángulo de llegada, tal como se utiliza en la triangulación y el rango de trayectoria múltiple. En general, se puede decir que, para cualquier parámetro desconocido, por ejemplo: Rango, profundidad, rodamiento, se necesita al menos una medición independiente. Las mediciones múltiples, sin embargo, pueden o no ser independientes; Dependiendo de la geometría de los hidrófonos en relación con el objeto acústicamente activo, los hidrófonos estrechamente espaciados tienden a proporcionar mediciones altamente dependientes y correlacionadas.

En principio, existen dos métodos complementarios para la localización, uno basado en la estimación de retrasos temporales, y el otro basado en la formación de haces. La localización basada en el retardo de tiempo utiliza retrasos en el tiempo de viaje que ocurren cuando se encuentran diferentes hidrófonos a diferentes distancias de la fuente de sonido y se usa comúnmente con hidrófonos ampliamente espaciados. Los retardos de tiempo pueden ser utilizados directamente o primero convertidos en ángulos para estimar la dirección de llegada del sonido. La formación de haces, por otra parte, es común con hidrófonos estrechamente espaciados, donde se correlacionan múltiples hidrófonos para obtener la dirección de llegada del sonido. Es importante tener siempre en mente

que la localización confiable requiere que la ubicación estimada del objeto esté cerca de hidrófonos reales o virtuales. Debe evitarse la extrapolación a gran escala, aunque matemáticamente posible, porque los errores de localización pueden aumentar significativamente.

La Implementación de cualquier sistema PAM depende en gran medida de los detalles de su funcionamiento. Hasta ahora, el monitoreo de la vida silvestre se ha hecho en gran medida por medio de la observación visual; En consecuencia, aún queda trabajo por hacer para desarrollar una teoría o metodología apropiada que sea específica para la acústica pasiva. La mayoría de las actividades de PAM tratan de adaptar sus resultados a las técnicas de análisis estándar que han demostrado ser exitosas en el monitoreo visual. Puede ser que esto es todo lo que se requiere, por otro lado, sólo unas pocas actividades acústicas pasivas han sido analizadas con éxito con tales herramientas estándar. Por lo tanto, intento abordar algunos métodos estándar sugeridos para aplicaciones PAM y las dificultades que uno puede encontrar durante el análisis de datos. (Walter M.X. Zimmer. Cambridge. 2011).

PARTE EXPERIMENTAL

El experimento se realizó utilizando los siguientes materiales.

- Raspberry 3 Pi: Con software Rasbian en Linux
- Tarjeta de desarrollo MATRIX CREATOR: Capacitada con un arreglo de 8 micrófonos MP34DB02 con una frecuencia de muestreo: 8 a 48 kHz Profundidad de bit: 16 bit
- Altavoz.
- Soporte.
- Flexómetro.
- 40 conectores Dupont macho/hembra.

Se montó en una superficie plana, con ayuda de un soporte en posición vertical la tarjeta de desarrollo matrix creator conectada por medio de cables dupont a la raspberry 3 pi.

El software utilizado para generar un programa ejecutable para activar el arreglo de 8 micrófonos fue proporcionado por Github de manera gratuita en la dirección web <https://github.com/matrix-io/matrix-creator-hal> en lenguaje de programación en C.

Al tener los sensores listos para su ejecución, se midió con ayuda de un flexómetro de 3 metros los parámetros para obtener las coordenadas Azimuth del arreglo de 8 micrófonos a la fuente emisora de señal (Bocina). La señal seleccionada para este experimento fue "Nuclear Submarine Sonar Ping Sound.flv wav".

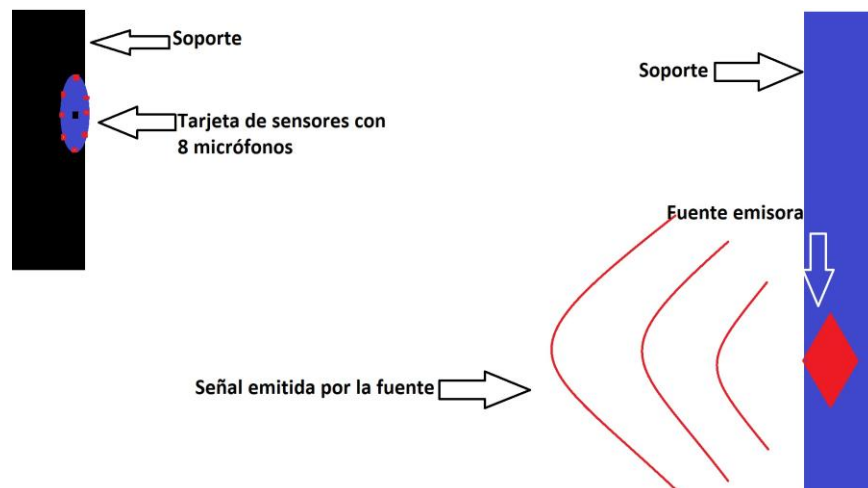


Fig1. Posición en la que se realizó el primer experimento, la fuente receptora (tarjeta de sensores Matrix Creator) tenía posición fija, mientras que la fuente emisora cambió de posicionamiento.

Previamente las dimensiones fueron medidas para ser capaces de calcular el ángulo Azimut donde se contemplaron tres características distintas:

Se tomó en cuenta de la siguiente manera la medición de coordenadas Azimut donde el micrófono 2 es el Norte, el micrófono 6 es el Sur, micrófono 4 Oeste, micrófono 8 el Este, micrófono 3 Noroeste, micrófono 7 Sureste, micrófono 5 Suroeste y micrófono 1 Noreste.

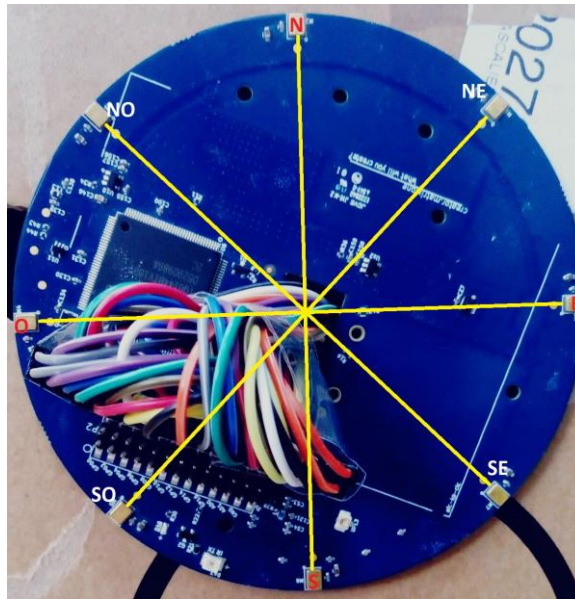


Fig2. Se emitió la señal y los 8 micrófonos fueron capaces de detectar y almacenar la señal simultáneamente en las diferentes posiciones en las que se posicionó la fuente emisora.

Posteriormente a la toma de muestras fueron procesadas en Octave con el siguiente código para poder determinar el ángulo Azimut y poder analizar la señal de la siguiente manera.

- Se toman dos señales muestra (ejemplo: Micrófono 2 + Micrófono 6)

El código ejecutará las siguientes muestras para poder observar el atraso de cada señal, se contempla también utilizando FFT (Faster Fourier Transform) para observar la señal en dominio de la frecuencia, a su vez que en dominio del tiempo, en ésta última es donde se calcula el DOA y por último el ángulo azimutal de cada una de las muestras usando el TDOA de referencia como el retardo en tiempo.

- A continuación, el código utilizado para dicho análisis:

```
FT1=fft(Pulso1);
FT2=fft(Pulso2);
N1=length(FT1);
N2=length(FT2);
escfreq1=(0:N1-1)*Fs/N1;
escfreq2=(0:N2-1)*Fs/N2;
figure
L1=N1/2;
L2=N2/2;
Amplitud1=1/L1*abs(FT1(1:L1));
Amplitud2=1/L2*abs(FT2(1:L2));
plot(escfreq1(1:L1),Amplitud1,'linewidth',2)
figure
plot(escfreq2(1:L2),Amplitud2,'linewidth',2)
set(gca, 'FontName','Times-Roman',...
'FontSize',18);
title('Espectro de Fourier')
xlabel('frecuencia [Hz]')
figure
```

```

subplot(2,1,1);
plot(t(1:length(Pulso1)),Pulso1(1:length(Pulso1)), 'b')
subplot(2,1,2);
plot(t(1:length(Pulso2)),Pulso2(1:length(Pulso2)), 'r', 'linewidth', 2)
set(gca, 'FontName', 'Times-Roman', ...
    'FontSize', 18);
xlabel('tiempo [s]')
grid
figure;
plot(t(1:length(Pulso1)),Pulso1(1:length(Pulso1)), 'b', t(1:length(Pulso2)),Pulso2(1:length(Pulso2)), 'r', 'linewidth', 2)
[R,lag]=xcorr(Pulso1,Pulso2);
[ValorPico,PosPico]=max(R);
pico=length(Pulso1)-PosPico;
retardo=pico/Fs; % retardo en segs
DOArr=asin(retardo*c/d); %*180/pi % direccion de llegada (angulo grados)
figure
polar(DOArr,0.9,'o');
set(gca, 'FontName', 'Times-Roman', ...
    'FontSize', 18);
title('Angulo de Arriba')
title('Direccion de Arriba en azimuth')
hold on

```

RESULTADOS

El resultado final que arroja el programa muestra el ángulo azimut, el TDOA y muestran concordancia con el modelo físico que fue previamente medido durante el experimento. Las figuras mostradas a continuación son resultados del programa antes expuesto.

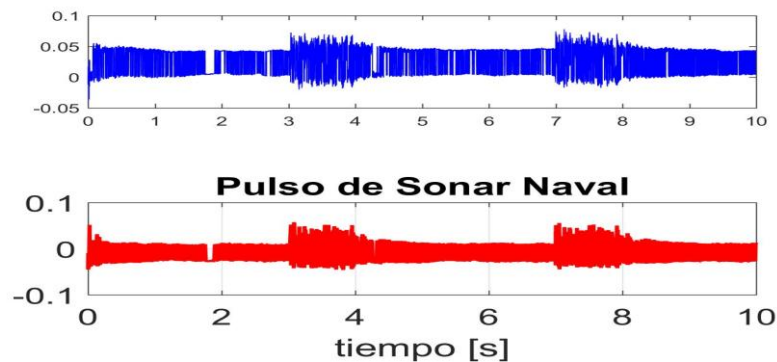


Fig3. En esta figura se muestran ambas señales analizadas que fueron posteriormente comparadas para medir el retardo.

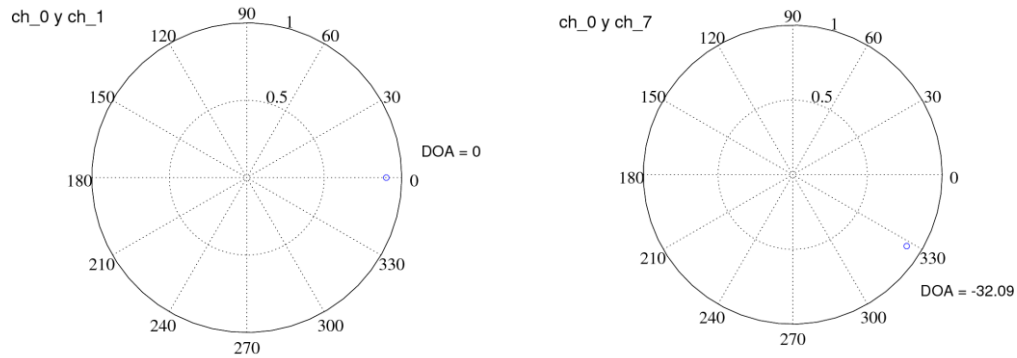


Fig4. En esta figura se muestra la dirección de arriba la señal en coordenadas azimut dada como resultado del DOA.

El retardo de tiempo de arribo de la señal entre los micrófonos está dado por:

$$\text{Eq.1 } \tau = \frac{\rho^1 - \rho^0}{c} = 32.09 \text{ milisegundos}$$

En donde se ha empleado el valor de $C = 340$ m/s que es la velocidad del sonido en el aire a una temperatura de 22°C .

El valor de τ es el retardo de arribo de la señal.

$$\text{Eq 2. } R(k) = \sum S_i(n) S_j(n-k)$$

donde

$$\tau = \text{argmax}(R(k))$$

Entonces la dirección de la fuente se encuentra por

$$\Theta = \cos^{-1}((c \tau / F_s) / d)$$

d es la distancia, en metros, entre micrófonos, que en este caso en particular es de 0.04m.

A continuación, se muestra en la tabla, una comparación entre los resultados físicos del experimento y los resultados usando el algoritmo:

ÁNGULO DE ARRIBO AZIMUTAL MEDICIÓN FÍSICA	ÁNGULO DE ARRIBO AZIMUTAL RESULTADOS EN EL PROGRAMA
Experimento 1. 30°	Resultado 1. 33°
Experimento 2. 0°	Resultado 2. 0°
Experimento 3. 45°	Resultado 3. 49°

Tabla1.comparación de resultados físicos y usando el algoritmo.

CONCLUSIONES

Se logró determinar el ángulo azimutal usando el arreglo de micrófonos circulares. Se está trabajando en la sincronización del tiempo de toma de datos de las dos tarjetas de desarrollo Matrix Creator y así trabajar en dos planos diferentes para lograr minimizar el error de dirección de arribo de la señal.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abeida, Habti; Zhang, Qilin; Li, Jian; Merabtine, Nadjim. "Enfoques basados en la variación mínima asintótica dispersa iterativa para el procesamiento de matrices". 2013.

2. Balcomb, K.C.I., & Claridge, D.E. A mass stranding of cetacean by naval sonar in the Bahamas. *Bahamas journal of science*, 2001. vol.2 , pp 2-12.
3. Evans, D.L., & England, G.R. Join interim report Bahamas Marine Mammal Strandings Events in 15-16 March 2001. 2011.
4. Fernández, A. (2004). Pathological findings in stranded beaked whales during the naval military manoeuvres near the Canary Islands. In P. Evans & L Miller, 2004. pp. 37-40.
5. Franztzis, A.. Does acoustic testing strans in whales? *Nature*, 1998.vol. 392, p. 29.
6. Jepson, P.D., Arbelo, M., Deaville, R., Patterson I.A.P., Castro, P., Baker, J.R et al (2003). Gas-bubble lesions in stranded cetaceans: Was sonar responsible for a spate of whale deaths after Atlantic military exercise? *Nature*, 2003. vol 425, pp. 575-576.
7. Michael S. Brandstein and Harvey F. Silverman "A practical methodology for speech source localization with microphone arrays", 1997. vol 11, pp.91-126.
8. National Research Council (NRC). *Marine Mammal Populations and Ocean Noise: Determining When Noise Causes Biologically Significant Effects*. 2005.
9. Southall, B. L. *Shipping Noise and Marine Mammals: A Forum for Science, Management, and Technology*. Final Report of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) NOAA Fisheries Acoustics Program. 2005.
10. Southall, B. L., A. E. Bowles, W. T. Ellison, J. J. Finneran, R. L. Gentry, C. R. Greene Jr., D. Kastak, D. R. Ketten, J. H. Miller, P. E. Nachtigall, W. J. Richardson, J. A. Thomas, and P. L. Tyack. *Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations*. *Aquatic Mammals*. 2007.
11. Southall, B., Berkson J., Bowen D., Brake R., Eckman J., Field J., Gisiner R., Gregerson S., Lang W., Lewandoski J., Wilson J., and Winokur R. (2009). *Addressing the Effects of Human-Generated Sound on Marine Life*: National Geophysical Data Center. 2001.
12. Walter A. Zimmer. *Passive Acoustic Monitoring*. 2011. Pp.227-231.
13. Zhang, Qilin; Abeida, Habti; Xue, Ming; Rowe, William; Li, Jian. "Implementación rápida de estimaciones basadas en covarianzas iterativas dispersas para la localización de fuentes". 2012. p.131.

ESTACIÓN PÚBLICA DE CARGA PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A CARGAS NO-LINEALES

José M. Lozano García, B. Paola Guzmán Escoto, S. Cassandra De la Fuente Capetillo, Jesús Martínez Patiño, Osvaldo Rodríguez Villalón y Miguel A. Gómez Martínez.

División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato

RESUMEN

En este trabajo se presenta la implementación de un prototipo experimental de una *Estación Pública de carga* (PCS) basada en paneles fotovoltaicos, capaz de suministrar energía eléctrica de gran calidad a cargas no-lineales de baja potencia. La naturaleza de las cargas contempladas, además de la utilización de dispositivos conmutadores de potencia empleados en los convertidores de energía CD-CA, provocan que los voltajes de salida de este tipo de equipos presenten distorsiones en su forma de onda y variaciones en su magnitud. Tales condiciones operativas adversas pueden ocasionar malfuncionamientos en los dispositivos sensibles que estén recibiendo la energía de la PCS, además de que no permitirían el máximo aprovechamiento de la energía generada por el panel fotovoltaico. La PCS consta de un panel fotovoltaico como fuente de suministro, una batería como dispositivo de almacenamiento y una Fuente Inversora de Voltaje (VSI), la cual se encarga de acondicionar el voltaje en CD generado por el Panel. Para la conmutación de los interruptores de estado sólido se utiliza la estrategia SPWM, la cual, en conjunto con un controlador PI, se encargan de sintetizar las señales de salida de la PCS, mitigando la distorsión provocada por las cargas no-lineales. Tanto la técnica de control como la estrategia de modulación se implementan en la tarjeta de control DS1104R&D de dSPACE®. Como parte del proceso de diseño de la PCS, el controlador se simula en Matlab®; mientras que, para verificar el desempeño del prototipo experimental, se realizaron una serie de pruebas bajo diferentes condiciones de operativas en la carga.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el área de las fuentes renovables de energía recibe una gran atención por parte de ingenieros e investigadores en todo el mundo, quienes enfocan sus esfuerzos en desarrollar tecnologías eficientes que permitan maximizar la utilización de dichas fuentes. Aun cuando una gran cantidad de trabajos se enfocan en las tecnologías de generación de energía a partir del viento, el movimiento de las olas en el mar y los biocombustibles, los sistemas fotovoltaicos que utilizan la energía solar son los que tienen una mayor proyección de desarrollo a nivel mundial. Lo anterior se debe a su facilidad de implementación, instalación y confiabilidad en general, además de que los costos de inversión y mantenimiento, así como los beneficios ambientales que ofrecen los posicionan como una solución atractiva dentro del mercado de la generación de energía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos (PVS) pueden operar conectados a la red eléctrica principal o como sistemas aislados, siendo esta última característica una de sus mayores ventajas operativas, ya que pueden ser utilizados en áreas remotas donde no es factible instalar una extensión de la red eléctrica principal, o en cualquier área donde se requiera de un punto de suministro de energía [1].

Por otro lado, los avances tecnológicos actuales en áreas como la electrónica, los sistemas computacionales y de comunicación, han modificado el estilo de vida de la sociedad moderna. La utilización de dispositivos como teléfonos celulares, computadoras personales, etc., se ha vuelto esencial en la vida diaria de cualquier persona. Bajo este escenario, la energía eléctrica constante que requieren este tipo de dispositivos para su operación es una problemática actual a la que se enfrentan los desarrolladores de tecnología, y para la cual se han presentado soluciones enfocadas principalmente al desarrollo de dispositivos de almacenamiento de energía más eficientes y de mayor capacidad. No obstante, la necesidad de contar con una toma de suministro eléctrico prácticamente en cualquier lugar sigue siendo una demanda social que no ha sido atendida por completo.

En este sentido, empresas como Strawberry Energy en Europa [2], o NRG Street Charge® en Estados Unidos de América [3], han desarrollado varios productos bajo el concepto de Estaciones Públicas de Carga (PCS's por sus siglas en inglés), basadas en PVS aislados, y han logrado comercializarlos en varios países. En México, la utilización de este tipo de tecnologías aún no se ha dado de forma masiva a pesar de las excelentes condiciones climatológicas con las que se cuenta. Por tal motivo, y tratando de contribuir con el desarrollo tecnológico nacional, en el presente trabajo

se propone el diseño y la implementación de un prototipo experimental de una PCS controlable. La PCS que se propone se basa en el concepto de un PVS aislado, donde, además de los dispositivos principales que lo conforman (panel fotovoltaico, batería, inversor de potencia y transformador de enlace), se incluye un sistema de control, el cual tiene la finalidad de mantener un nivel elevado en la calidad de la energía que genera [4]. El control de los voltajes generados por la Fuente Inversora de Voltaje (VSI), se realiza a través de la técnica de Modulación Sinusoidal por Ancho de Pulso (SPWM), en conjunto con una estrategia de control Proporcional Integral (PI) que permite la regulación del nivel del voltaje generado y la eliminación de las componentes armónicas de alto orden presentes en las señales.

TEORÍA

A. Sistemas fotovoltaicos aislados

Los PVS aislados [5], Figura 1, operan desconectados del sistema eléctrico principal y pueden ser utilizados para suministrar energía eléctrica en la forma de CD y CA.

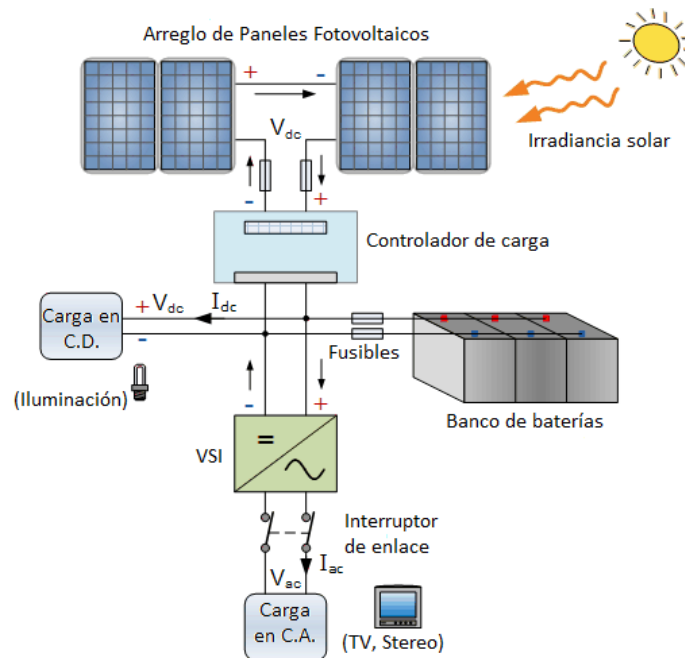


Figura 1. Sistema Fotovoltaico aislado [6].

Los principales elementos de un PVS aislado son:

- i) **Panel Fotovoltaico:** Es el elemento responsable de la transformación de energía solar a eléctrica, cuyo principio de operación se basa en el fenómeno fotovoltaico definido como la conversión directa de luz en electricidad en forma de corriente directa (CD). En un panel fotovoltaico, la cantidad de energía generada dependerá del material de construcción de las celdas fotovoltaicas que lo conformen (silicio monocristalino, silicio policristalino, silicio amorfo, etc.) del arreglo de estas celdas y de su tamaño.
- ii) **Batería:** Almacena la energía eléctrica generada por el panel a través de reacciones químicas entre los componentes que la constituyen. Las baterías más utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas son las de Ion-Litio, Plomo-Ácido, Níquel-Hidruro de metal y Níquel-Cadmio.
- iii) **Fuente Inversora de Voltaje:** Las VSI's son dispositivos de electrónica de potencia implementados mediante arreglos de interruptores de estado sólido, tales como MOSFET's de potencia e IGBT's. Se utilizan generalmente para realizar la conversión de energía eléctrica de CD, proveniente del panel o la batería, a energía en CA regulada. Para tal propósito se utilizan diferentes técnicas de modulación [7], a fin de establecer la lógica de conmutación que deben seguir los interruptores para lograr obtener la salida deseada. La estrategia de modulación

SPWM una de las más utilizadas debido a su facilidad de implementación y la calidad de las señales obtenidas, ya que permite controlar la magnitud, frecuencia y fase, de los voltajes que genera la VSI.

- iv) **Sistema de Control:** Este sistema realiza las acciones de control requeridas para regular en todo momento la forma de onda de los voltajes de salida de la VSI. El sistema compara las señales de referencia establecidas para los voltajes de carga, con las señales medidas en las terminales de salida de la VSI. A partir de esta comparación se genera una señal de error, la cual es utilizada como señal de entrada para el controlador lineal PI, quien a su vez genera una señal de compensación para modificar la señal moduladora de la estrategia SPWM [8]-[9].

B. Modulación Sinusoidal por Ancho de Pulso (SPWM)

Como se ha mencionado en secciones anteriores, la VSI es la parte central del PVS ya que es la encargada de realizar el acondicionamiento de la energía eléctrica generada. La estructura más simple que se puede utilizar para implementar una VSI es la topología monofásica mostrada en la Figura 2d y denominada puente H, la cual consiste en un arreglo de cuatro interruptores de estado sólido que operan de forma complementaria, esto es, cuando el interruptor superior de una rama (G1/G2) se encuentran cerrados, los interruptores inferiores (G3/G4) deben permanecer abiertos, para evitar cortocircuitar la fuente de suministro. En el caso del puente H de la Figura 2d, los interruptores G1 y G2 también operan de forma complementaria.

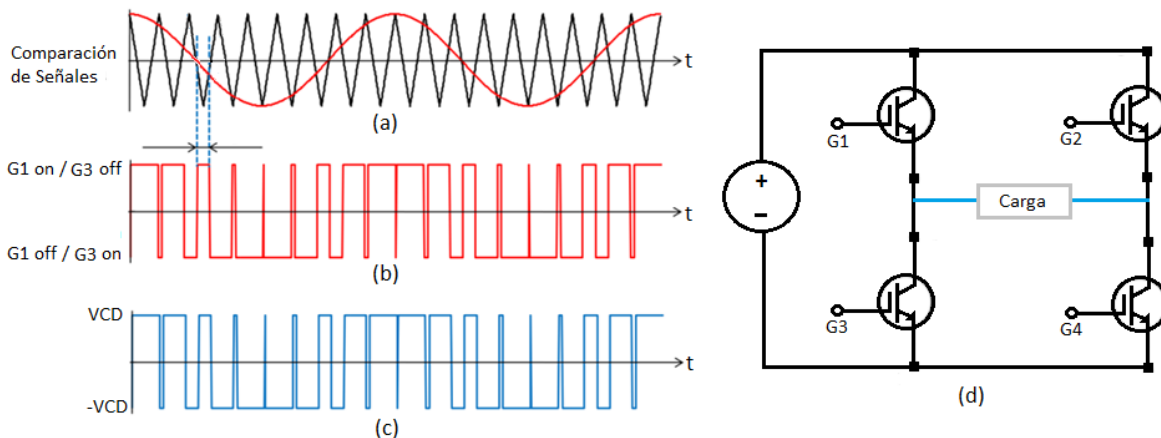


Figura 2. a) Implementación de estrategia SPWM. b) Señal de conmutación generada. c) Voltaje de salida de la VSI. d) Puente.

Para determinar la lógica de conmutación, y con ello reducir el contenido armónico en los voltajes generados por la VSI, se utiliza la técnica de modulación SPWM [10]. Básicamente, esta técnica involucra la comparación de dos señales: una señal triangular de alta frecuencia denominada portadora, y una señal sinusoidal de baja frecuencia denominada moduladora, Figura 2a. El criterio de operación de este esquema es tal que cuando la señal moduladora es mayor que la señal portadora, el interruptor superior de la rama correspondiente permanece cerrado, mientras que de otra forma se abre, Figura 2b. El voltaje que se obtiene a la salida de la VSI tiene la misma forma que las señales de conmutación, pero se encuentra amplificadas por un factor igual al valor de la fuente de CD, Figura 2c [11]. Por tal motivo, la señal portadora determina la frecuencia de conmutación de los interruptores, mientras que la señal moduladora establece la frecuencia y forma de onda de los voltajes generados por la VSI.

En este sentido, si se utiliza como moduladora la señal descrita por la ecuación (1),

$$Mod = V_m * \sin(\omega t + \theta) \quad (1)$$

el voltaje de salida de la VSI quedará definido por la ecuación (2),

$$V_{ca} = V_{CD} * M * \sin(\omega t + \theta) \quad (2)$$

donde, V_{CD} es el voltaje de CD en la entrada de la VSI, ω es la frecuencia angular de la señal, θ es el ángulo de fase y M es el índice de modulación, definido como la relación de amplitudes entre las

señales moduladora y portadora. De esta manera, la señal moduladora se convierte en la señal de control para la VSI.

Las ventajas operativas que se obtienen al utilizar la técnica SPWM son: *i)* facilidad de implementación, *ii)* generación de voltajes de gran calidad, y *iii)* empleo de un número reducido de interruptores de estado sólido.

PARTE EXPERIMENTAL

En la Figura 3 se presenta un esquema general de la Estación Pública de Carga (PCS) propuesta. En la Tabla 1 se presentan algunos de los parámetros utilizados, así como la descripción de los módulos de la marca LabVolt® utilizados para la implementación.

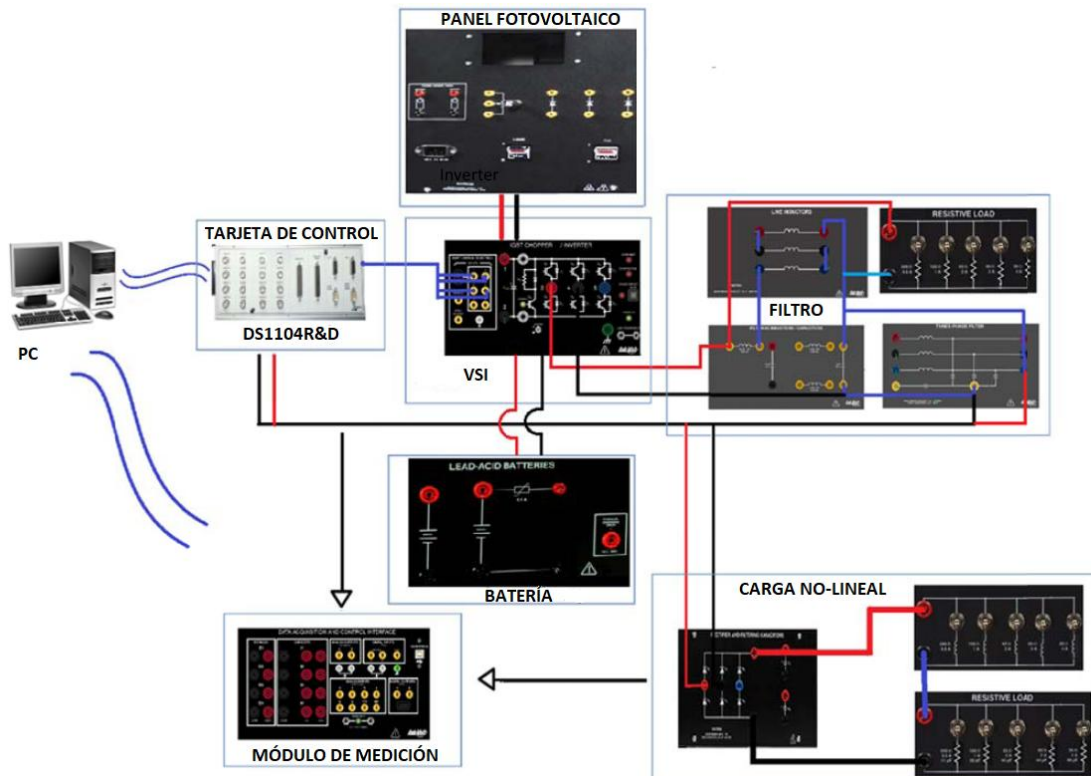


Figura 3. Diagrama esquemático de la implementación experimental de la PCS

Dado que la mayoría de los módulos utilizados han sido diseñados para implementar un PVS aislado, no es necesario realizar ninguna configuración adicional. Por lo tanto, la parte central de la implementación de la PCS reside en la programación de la tarjeta de control. La configuración y programación de las estrategias de control (PI) y modulación (SPWM), en la tarjeta de control DS1104R&D, se realizó a través de la herramienta Simulink de Matlab®. Como se señala en la Tabla 1, la estrategia SPWM se implementa a partir de una señal portadora de 6 kHz y una señal moduladora sinusoidal de 60 Hz. Para evitar posibles fallas en la VSI por cortocircuito, a las señales de conmutación complementarias generadas con la tarjeta de control, se les adiciona un 'tiempo muerto' de $3\mu\text{s}$ para evitar que los interruptores estén activos al mismo tiempo. En la Figura 4 se observan las señales de conmutación obtenidas, donde se aprecia de forma clara el tiempo muerto agregado.

Tabla 1. Módulos experimentales utilizados para la implementación de la PCS

Parámetro	Valor	Elemento
Frecuencia de conmutación	6 kHz	Tarjeta DS1104R&D de dSPACE®
Frecuencia de salida	60 Hz	Tarjeta DS1104R&D de dSPACE®
Inductor del Filtro	125 mH	Módulo LabVolt® 8325-A
Capacitor del Filtro	20 μ F	Módulo LabVolt® 8325-A
Resistencia del Filtro	240 Ω	Módulo LabVolt® 8509-02
Carga No-Lineal	Variable	Módulos LabVolt® 8842-A2, 8510-02, 8509-02
Inversor		Módulo LabVolt® 8837-B2
Panel Fotovoltaico		Módulo LabVolt® 8805
Baterías Ácido-Plomo		Módulo LabVolt® 8801

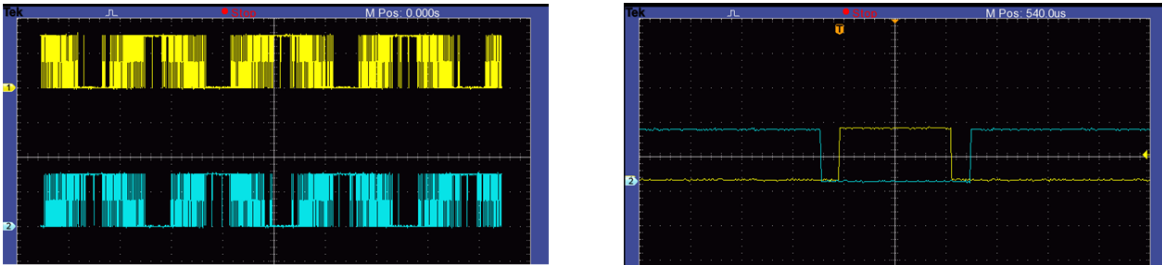


Figura 4. (Izquierda) Señales de conmutación complementarias. (Derecha) Tiempo muerto agregado a las señales de conmutación

En relación con el controlador PI implementado, el voltaje a la salida del filtro es medido y comparado con una señal sinusoidal pura, utilizada como referencia. La diferencia entre estas formas de onda constituye la señal de error, la cual se alimenta al bloque del controlador PI para generar una señal de compensación. Finalmente, la salida del controlador se adiciona a una señal moduladora de referencia para obtener la señal final que se utilizara como moduladora en la estrategia de modulación SPWM. En la Figura 5 se muestra la implementación de este proceso en Simulink de Matlab®, a partir del cual se programa la tarjeta DS1104R&D.

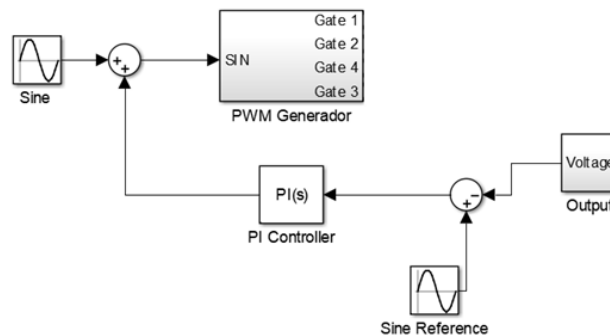


Figura 5. Implementación del Controlador PI en Simulink de Matlab®

Mediante esta estrategia de control es posible mantener invariante el voltaje de salida de la PCS aun cuando se presenten variaciones de carga, o distorsión armónica producida por las conmutaciones de la VSI y la demanda de corriente de la carga no-lineal, ya que cualquier distorsión presente en el voltaje de la carga se reflejará en la señal de error, y esta será compensada por la estrategia SPWM.

RESULTADOS

Con el propósito de verificar el desempeño de la PCS propuesta, como primer paso se simula el controlador en Matlab®. Para esta prueba se utiliza una señal sinusoidal como voltaje de referencia en la carga, mientras que a la señal de salida del sistema se le adicionan los siguientes componentes armónicos: 5° armónico con magnitud de 67.4%, 7° armónico con magnitud de 51.1%, 11° armónico con magnitud de 28.1° y 13° armónico con magnitud de 26.8%, todos con respecto a la magnitud de

la componente fundamental. En la Figura 7 se observan estas señales, así como el voltaje en la carga que se obtiene una vez que opera el controlador. A partir de esta figura se corrobora que la operación del controlador PI resulta efectiva para eliminar la distorsión armónica en el voltaje de carga.

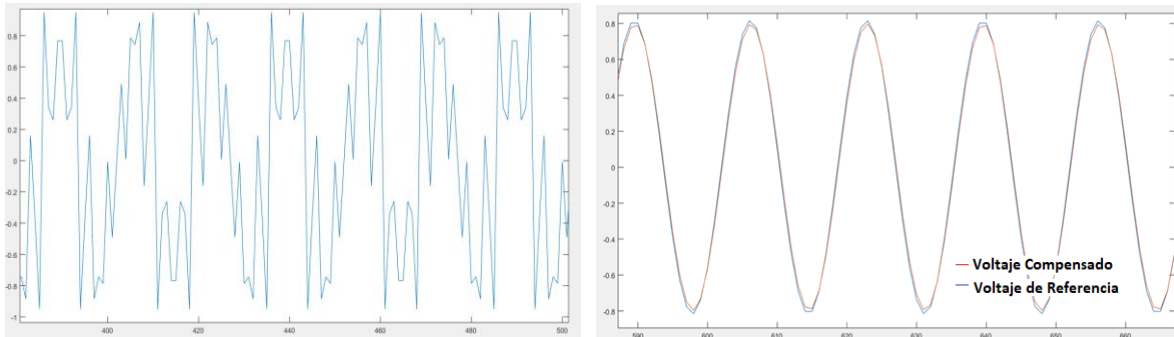


Figura 7. (Izquierda) Voltaje distorsionado en la carga. (Derecha) Voltaje de referencia y voltaje compensado en la carga.

Una vez verificada la operación del controlador PI en la aplicación propuesta, se procede a la evaluación del prototipo experimental de la PCS. Es importante señalar que las pruebas se hacen en bajo voltaje dado que el objetivo principal es validar el desempeño del sistema de control, por esta razón no se incluye un transformador a la salida de la VSI en el diagrama de la Figura 3. El caso de estudio con el que se evalúa la PCS consiste en conectar de forma súbita una carga R-L de 21.818Ω y 16mH , respectivamente, a las terminales del rectificador monofásico. La carga permanece conectada durante 6 ciclos aproximadamente. En la Figura 8 se presentan las señales de voltaje y corriente en la carga, cuando el sistema de control se encuentra desactivado y cuando está en operación. Asimismo, en la Figura 9 se muestran las señales del voltaje de salida de la PCS cuando se presenta una conexión súbita de carga.

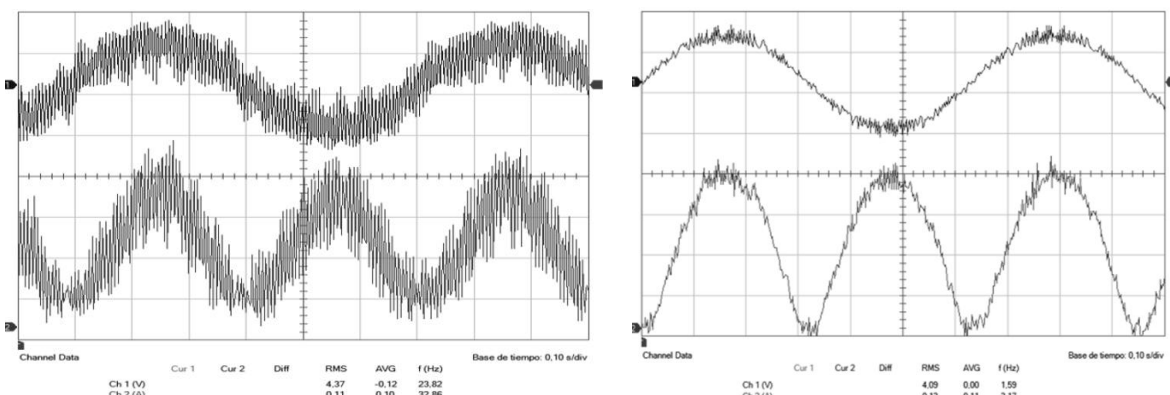


Figura 8. Voltaje y corriente en la carga. (Izquierda) Controlador desactivado. (Derecha) Controlador activado.

Es claro que cuando el controlador se encuentra desactivado, la distorsión armónica en las señales de voltaje de la PCS es notable. El THD del voltaje de carga pasa de 1317.6% a 12.6% cuando el controlador se activa, lo que permite validar el buen desempeño del sistema para la compensación de componentes armónicos. Por otro lado, en la Figura 9 se observa que cuando se aplica la carga al sistema y el controlador no se encuentra en operación, se presenta un decremento de aproximadamente el 20% del voltaje nominal. No obstante, cuando el controlador se encuentra activo la disminución de voltaje permanece alrededor del 3% , lo que evidencia la efectividad operativa del controlador.

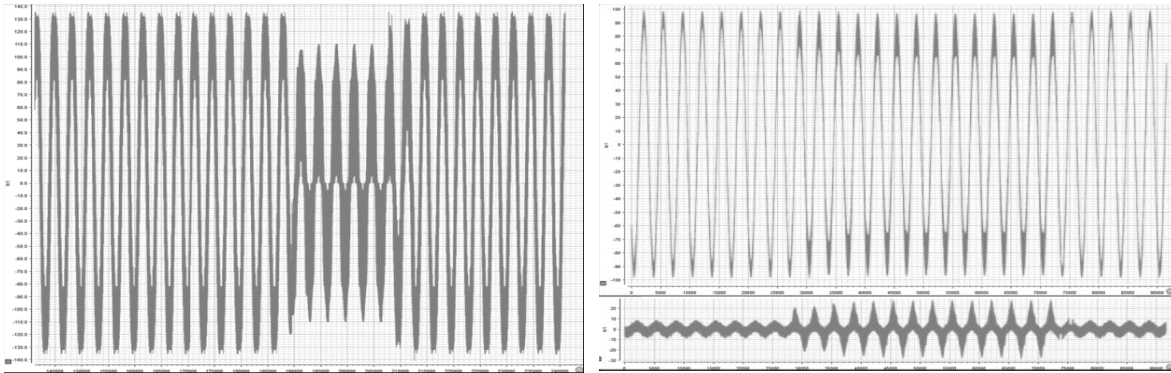


Figura 9. Voltaje durante conexión súbita de carga. (Izquierda) Controlador desactivado. (Derecha) Controlador activado.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presenta el diseño y la implementación de una Estación Pública de Carga (PCS) basada en un Sistema Fotovoltaico aislado. La PCS propuesta cuenta con la capacidad de generar voltajes con formas de onda de gran calidad, al utilizar un controlador PI en conjunto con el esquema de modulación SPWM, para el control de los interruptores que componen la VSI. Para lograr la compensación de los voltajes generados, el controlador adiciona a la señal moduladora las condiciones adversas presentes en los voltajes de carga. La implementación del sistema de control se realizó con la tarjeta DS1104R&D de dSPACE®, en la cual se programaron las estrategias de control y modulación mediante la herramienta Simulink de Matlab®. Finalmente, se verificó el buen funcionamiento de la PCS mediante las pruebas experimentales realizadas con un prototipo implementado con módulos de LabVolt®, concluyendo que el sistema propuesto representa una buena opción desde el punto de vista operativo para aplicaciones de suministro eléctrico a equipos sensibles, ya que el controlador desarrollado es capaz de compensar las condiciones operativas adversas que regularmente podrían presentarse en este tipo de sistemas

BIBLIOGRAFÍA

1. R. Messenger and A. Abtani, "Photovoltaic Systems Engineering", *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 4th Edition, 2017.
2. Strawberry Energy, <http://www.senergy.rs>, [Consultado: 29 de abril de 2018].
3. NRG Street Charge: Request Information, <http://www.nrgstreetcharge.com>, [Consultado: 29 de abril de 2018].
4. M. Zeman, "Photovoltaic Systems", *Delft University of Technology*, 2012.
5. A.E. Badoud and M. Khemliche, "Modeling, Design and Simulation of Stand-Alone Photovoltaic Power Systems with Battery Storage", *Leonardo Journal of Sciences*, no. 22, pp. 123-142, Jan-Jun 2013.
6. Alternative Energy Tutorials, <http://www.alternative-energy-tutorials.com>, [Consultado: 29 de abril de 2018].
7. N. Mohan, T.M. Undeland and W.P. Robbins, "Power Electronics: Converters, Applications and Design", *John Wiley and Sons*, 2nd Edition, 1995.
8. B.Y. Husodo and S.M. Ayob, "Design of Proportional Integral Derivative (PID) controller for impedance-source inverter," on *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics*, pp. 121-125, 2011.
9. X. Sun, et al. "Analogue implementation of a neural network controller for UPS inverter applications," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 17, no. 3, pp. 305-313, 2002.
10. G. Holmes and T. A. Lipo, "Pulse Width Modulation for Power Converters: Principles and Practice", *IEEE Press*, 2003.
11. R. Kennel, "Power Electronics – Exercise: Pulse Width Modulation Methods", *Technische Universität München*, 2013.

SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN RESIDENCIAL BASADO EN EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Raúl Castillo Meraz, Nestor Antonio Rivera, Yoshio Josafat Del Ángel Rubio

Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

RESUMEN

En este proyecto se propone la utilización de energías renovables dirigidas a la automatización residencial (Domótica) en cuatro aspectos básicos: Sistema de iluminación interior y exterior, Sistema de riego de jardín, Sistema de seguridad residencial y Sistema de control de temperatura interior. Estos sistemas dependerán de alimentación basada en energías alternativas de tipo solar fotovoltaica y eólica. Asimismo se pretende hacer un análisis costo-beneficio del sistema completo para analizar su viabilidad económica y proyectarlo hacia un mercado en específico.

INTRODUCCIÓN

Podemos definir la Automatización Residencial (Domótica) como el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema [1].

Los orígenes de la Domótica son relativamente recientes: uno de sus antecedentes principales refiere a la década de los 70's, donde un grupo de investigadores británicos realizó trabajos sobre un protocolo de comunicación entre diversos dispositivos al que llamaron X10. Esto nace como una consecuencia natural de lo que en ese entonces se estaba gestando en otro ámbito de la vida moderna: la Automatización Industrial. Es precisamente ahí donde nace la Domótica: el hecho de necesitar que las tareas habituales de una vivienda sean realizadas de manera automática, sin intervención humana.

La Domótica es la evolución de la clásica automatización industrial adecuándola a las necesidades de viviendas, negocios u oficinas. Los sistemas domóticos recogen información gracias a diferentes sensores y tras su procesamiento son capaces de enviar órdenes de control a diferentes dispositivos situados en la instalación llamados actuadores. Estos actuadores pueden ser persianas, enchufes, iluminación, calefacción, válvulas y un sin fin de posibilidades [2].

Esta tecnología responde a las nuevas necesidades que se gestan en este nuevo siglo como lo es el uso eficiente del tiempo. Al vivir en un mundo de rápidos cambios, pareciera como si el tiempo transcurriera más de prisa y cada vez las ocupaciones cotidianas absorben un mayor porcentaje de nuestro día, a tal grado que la cantidad de tiempo que se dedica a las tareas habituales del hogar es cada vez menor. Asimismo, además del uso eficiente del tiempo, la Domótica nos facilita nuestra forma de vida, reduce nuestros consumos y hace más humanos y adaptables espacios de convivencia y trabajo. La palabra que mejor define esta tecnología es flexibilidad.

Actualmente, la Domótica no ha tenido el impacto social que se hubiera pensado teniendo en cuenta los beneficios que conlleva. Este hecho se debe a varios factores:

1. *Desconocimiento.* Los potenciales usuarios de esta tecnología, tienen una falta de conocimiento sobre la misma dada su poca difusión actual. Este hecho hace que exista una muy escasa demanda en el mercado e incluso hace pensar que las tecnologías domóticas solo están al alcance de unos pocos; asimismo se asocia esta tecnología con sistemas caros, elitistas, con una compleja puesta a punto sin por ello reportar grandes beneficios que justifiquen esta inversión.
2. *Falta de interés por parte de grandes empresas.* Al no existir prácticamente empresas de gran envergadura que se dediquen a este ramo tecnológico, se puede decir que no hay motores que impulsen la difusión y desarrollo de este campo. Sin embargo existen empresas de pequeña y mediana escala que apuestan por estas tecnologías pero la escasez de recursos tanto de personal como económicos hacen que compañías con este perfil no puedan considerarse como re-presentantes o motores de una industria como ésta.

3. *Indiferencia.* Esto se refiere a que las empresas del ramo constructor e inmobiliario no se ven interesados en este tipo de tecnologías dado que representa una mayor inversión y sus ganancias económicas se verían reducidas; esto último sin tomar en cuenta el grandísimo valor agregado que podrían aportar las tecnologías domóticas a la vivienda

En contraparte, a continuación se mencionan algunos de los beneficios de las tecnologías domóticas son:

- I. *Fomenta la accesibilidad:* el manejo de elementos dentro de una vivienda se ve facilitado y esta característica junto con las opciones de teleasistencia convierten a la domótica en un buen aliado de las personas con problemas de accesibilidad.
- II. *Eleva el confort de los usuarios que la emplean.* La Domótica permite interactuar de forma cómoda con persianas, toldos, interruptores, electrodomésticos, bombas de riego etcétera.
- III. *Fomenta el ahorro energético:* gestión de la iluminación, climatización, agua caliente sanitaria, el riego, los electrodomésticos, etc. La nueva reforma energética ha-ce que seleccionar las mejores tarifas horarias repercute en un gran ahorro y gracias a la domótica, el proceso de reducir la factura energética se realiza de forma casi automática. Una parte importante de la gestión energética de la domótica es la monitorización de consumos que obtiene suficientes datos como para modificar prácticas en busca de una mayor eficiencia.

TEORÍA

Sistema Domótico

La Domótica es el conjunto de sistemas y dispositivos que proporcionan algún nivel de automatización dentro de la casa, pudiendo ser desde un simple temporizador para encender y apagar una luz o aparato a una hora determinada, hasta los más complejos sistemas capaces de interactuar con cualquier elemento eléctrico del hogar.

En el presente proyecto se contempla la automatización de una vivienda básica (a escala) de las siguientes características:

- 2 recámaras
- 1 sala-comedor
- 1 cocina
- 1 patio trasero
- 1 patio delantero con cochera para un automóvil

Los sistemas que se automatizarán son los siguientes:

1. Sistema de iluminación exterior
2. Sistema de regulación automática de temperatura al interior de la vivienda.
3. Sistema de control de riego para el jardín.
4. Sistema de detección de intrusos

Un sistema domótico de semejantes características consta de tres partes básicas (Fig. 1):

- *Sistema de sensores.* Con el objetivo detectar las variables de interés para los sistemas que se desean automatizar se debe contar con un conjunto de sensores con su correspondiente acondicionamiento electrónico.
- *Unidad central de proceso y control.* Las señales del sistema de sensores serán dirigidas a la unidad central de proceso y control la cual será la encargada de monitorear las variables de control, procesar dichas señales y enviar órdenes de control al sistema de actuadores.
- *Sistema de actuadores.* Es el conjunto de elementos eletromecánicos que activarán los dispositivos encargados de regular las variables de interés: temperatura, humedad, luminosidad y seguridad.

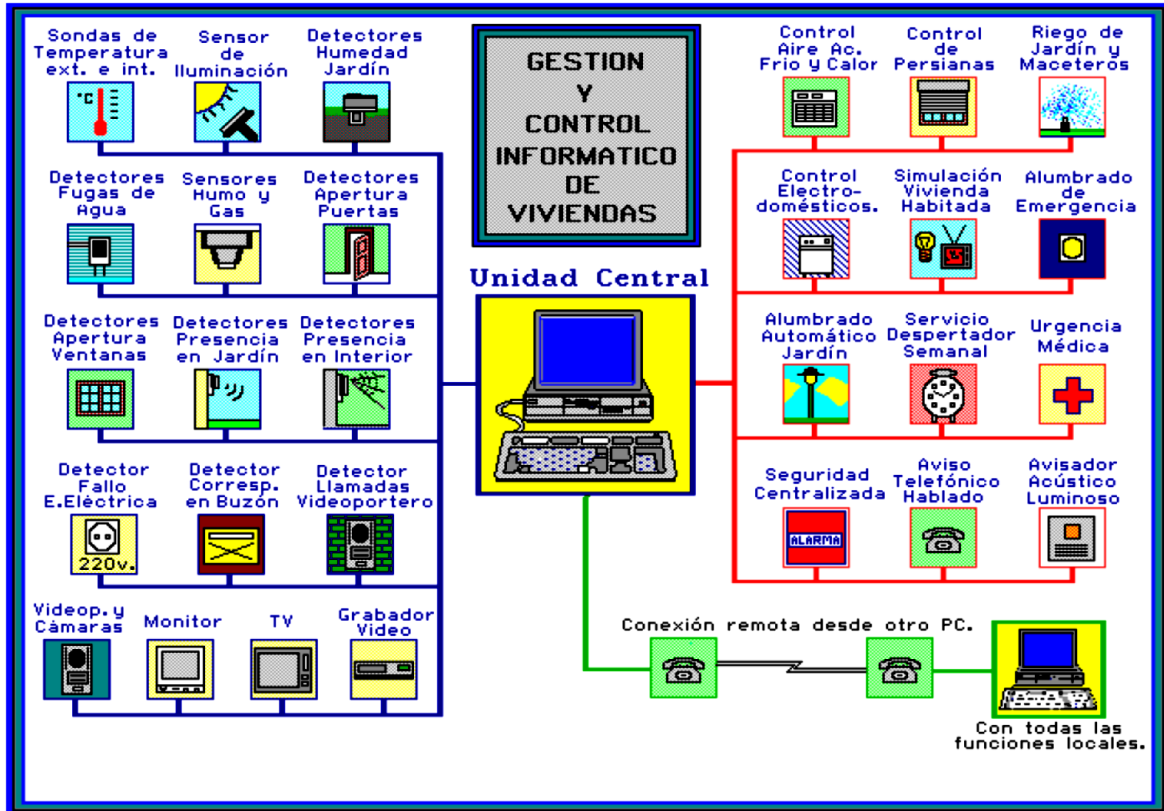


Figura 1. Esquema básico donde se muestran las partes básicas para automatización residencial.

Sistema De Alimentación

Para la parte de la generación de energía eléctrica que alimentará el sistema se pretende el uso de dos tipos de fuentes renovables: solar fotovoltaica y eólica.

Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar Fotovoltaica (FV) funciona bajo el principio físico del efecto fotoeléctrico el cual, al hacer incidir luz visible en un material semiconductor, se genera una absorción de fotones y desplazamiento de electrones en dicho material. Esto da lugar a la generación de un potencial eléctrico en los extremos de dicho material (Fig. 2).

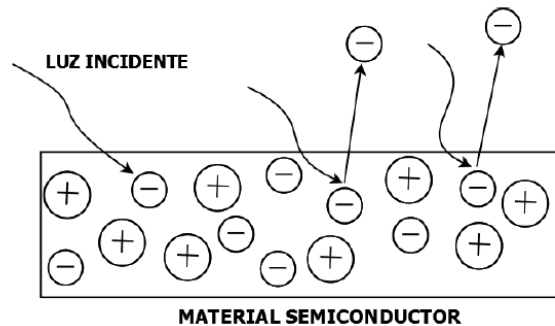


Figura 2. Imagen ilustrativa del efecto fotoeléctrico.

Las celdas solares funcionan bajo dicho efecto físico y transforman la LUZ SOLAR en ELECTRICIDAD de tipo CD (CORRIENTE DIRECTA) como se muestra en la Figura 3.

Cada panel solar está construido a partir de pequeñas celdas (oblas de silicio) que generan un potencial eléctrico individual aproximado de entre 0.6 y 0.7 Volts. Esto puede apreciarse en la figura 4. Al colocar las celdas solares en arreglos serie y paralelo, se pueden obtener mayores voltajes y corrientes. El voltaje y la corriente producidos por un panel solar son directamente proporcionales al área de captación y a la irradiancia incidente.

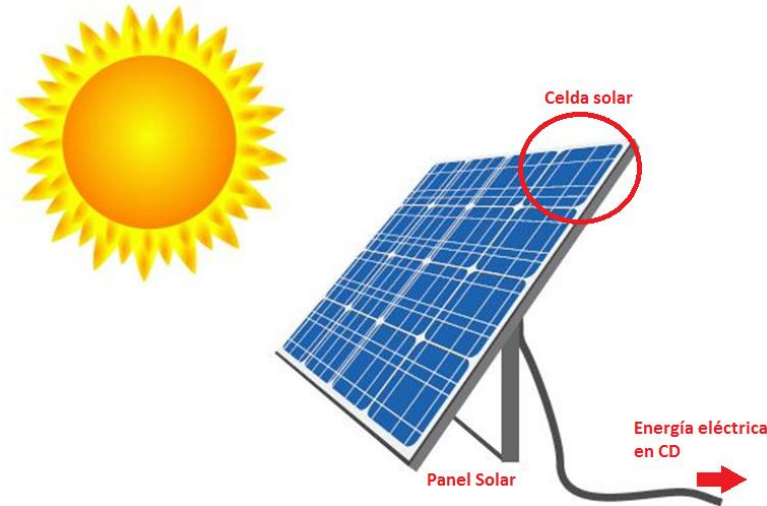


Figura 3. Celda solar y panel solar

Básicamente, un panel solar se comporta como una fuente de corriente dependiente de la irradiancia solar. El modelo básico de estudio sin pérdidas para una celda solar se muestra en la figura 4.

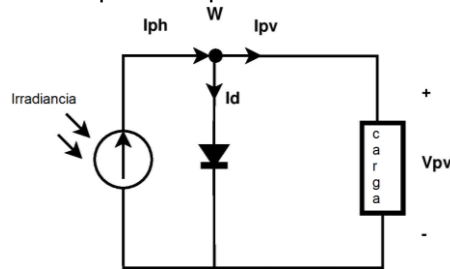


Figura 4. Modelo eléctrico básico de una celda solar

La ecuación característica para este modelo puede obtenerse a partir de la aplicación de la Ley de Corrientes de Kirchhoff en el nodo W del circuito de la figura 4.

$$I_{pv} = I_{cell} = I_{PH} - I_D \quad (1)$$

Dónde:

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{qV_{pv}}{AKT_{cell}}} - 1 \right) \quad (2)$$

I_D = Corriente en el diodo (A)

I_S = Corriente de saturación inversa en el diodo (A)

$V_{PV} = V_{CELL}$ = Voltaje fotovoltaico (V)

q = Carga del electrón (1.602×10^{-19} Coulomb)

A = Factor de idealización del diodo (silicio ≈ 1.2)

K = Constante de Boltzmann ($1.381 \times 10^{-23} \text{J/}^\circ\text{K}$)

T_{cell} = Temperatura del panel ($^\circ\text{K}$)

$$I_{ph} = I_{SC} \frac{G}{G_{ref}} \left(1 + a_{SC} (T_{CELL} - T_{REF}) \right) \quad (1)$$

I_{ph} = Corriente eléctrica-fotónica(A)

I_{SC} = Corriente en corto-circuito (A)

G = Irradiancia incidente en el panel (W/m^2)

G_{ref} = Irradiancia de referencia (1000W/m^2)

a_{SC} = Coeficiente térmico de corriente ($^\circ\text{K}^{-1}$)

T_{cell} = Temperatura del panel ($^\circ\text{K}$)

T_{ref} = Temperatura de referencia ($25^\circ\text{C} = 298 \text{ }^\circ\text{K}$)

Energía Eólica

La energía eólica funciona bajo el principio físico de la ecuación de flujo de Bernoulli que trata de la conservación de la masa de un fluido (aire) a través de dos secciones transversales de área A_1 y A_2 respectivamente (Fig. 4).

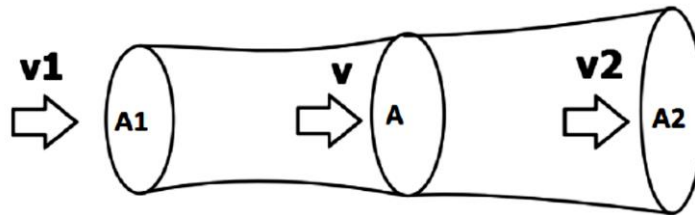


Figura 4. Modelo de estudio para un flujo de aire a través de una área de barrido "A"

Es posible demostrar que la potencia disponible en un flujo de aire que viaja a velocidad "v" viene dada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (4)$$

Dónde:

- P = Potencia mecánica [W]
- ρ = densidad del aire [Kg/m^3]
- A = Área transversal [m^2]
- v = velocidad del viento [m/s]

En este contexto, una turbina eólica es un sistema electromecánico que transforma la potencia mecánica disponible en el viento (ecuación 4) en energía eléctrica la cual puede ser de tipo CD o CA (figura 5).



Figura 5. Turbina eólica comercial de baja potencia

PARTE EXPERIMENTAL

Sistema Domótico

Para la implementación del sistema de control se tomaron en cuenta cuatro variables físicas de interés: temperatura, humedad, luminosidad y detección de movimiento.

En este contexto, los sensores utilizados fueron los siguientes:

- Termistor NTC de 10 Kiloohms para medición de temperatura.
- Sensor de humedad DHT11
- Fotorresistencia de 2 Megaohms para medición de luminosidad.
- Sensor PIR y ultrasónico para detección de movimiento.

Cada sensor fue acondicionado electrónicamente para que la señal proveniente de ellos se ajustara a los parámetros técnicos señalados por el fabricante de la tarjeta Arduino Mega.

Los sistemas actuadores fueron los siguientes:

- Ventilador de CD para el control de temperatura
- Leds ultrabrillantes para el sistema de iluminación
- Relevador para la activación del sistema de riego
- Buzzer para la emisión de sonido de alarma

De igual manera, para la activación de los sistemas actuadores se implementaron interfaces electrónicas necesarias para su operación. El esquemático del sistema domótico puede apreciarse en la figura 6.

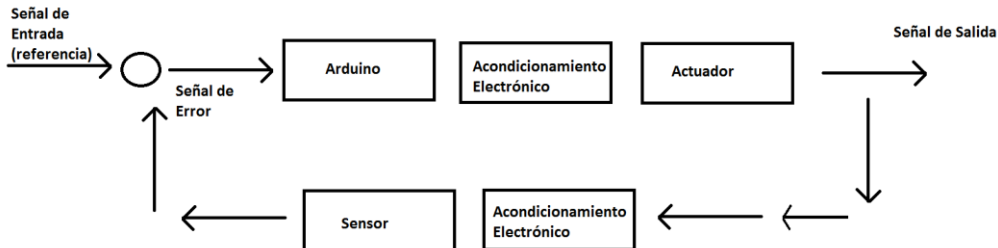


Figura 6. Diagrama del sistema domótico implementado

Sistema De Alimentación

Para la parte de la generación de energía eléctrica que alimentará el sistema se implementó mediante los siguientes elementos:

- Paneles solares de silicio policristalino SUNSOLTEC de 10 W c/u.
- Turbina eólica AIR 40 de 200 W

El diagrama esquemático del sistema de alimentación puede apreciarse en la figura 7.

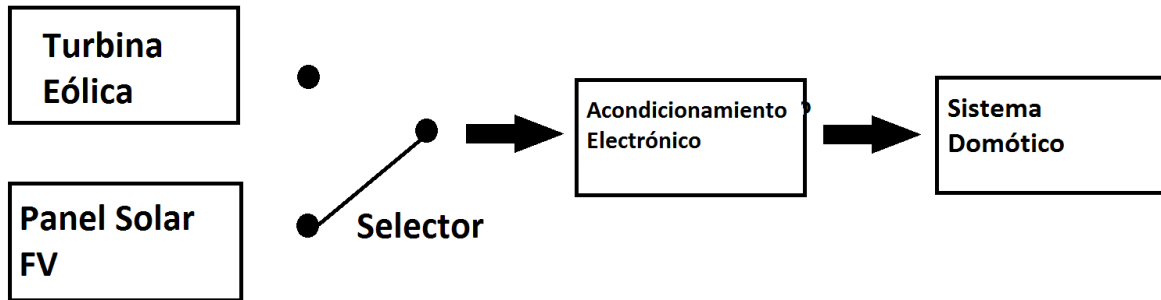


Figura 7. Diagrama del sistema de alimentación.

RESULTADOS

En la figura 8, se muestra el prototipo de vivienda implementado.

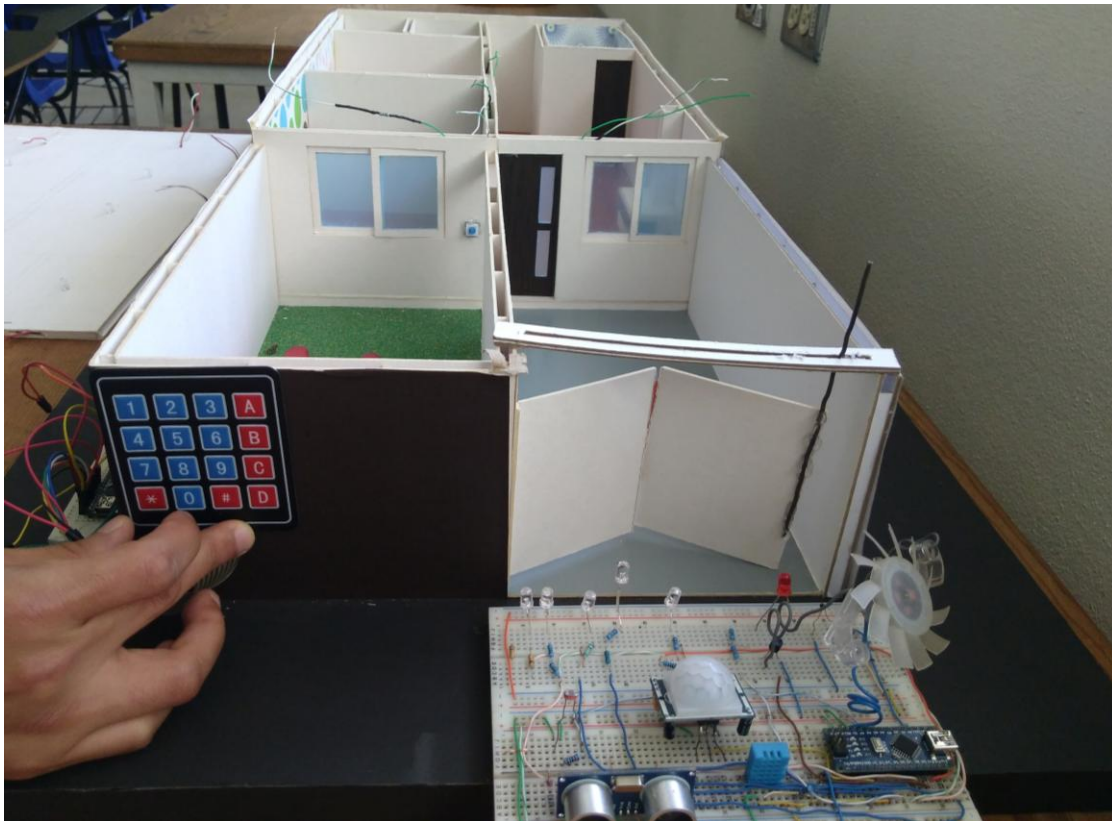


Figura 8. Prototipo de vivienda implementado

En la figura 9, se muestra el sistema de adquisición y control del sistema domótico.

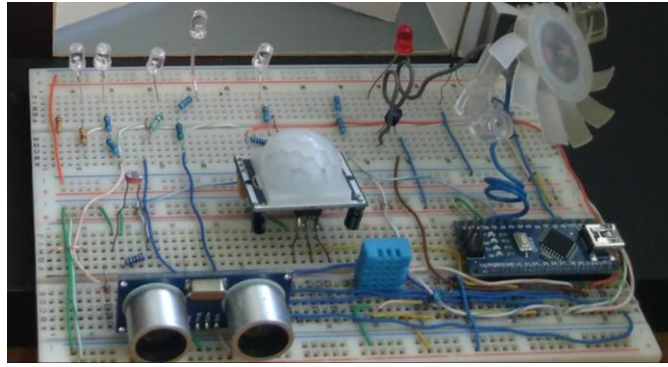


Figura 9. Sistema de adquisición y control de la vivienda

Por último, en la figura 10 se da una muestra de las fuentes renovables que alimentaron el sistema domótico.



Figura 10. Sistema de alimentación basado en fuentes renovables

CONCLUSIONES

En el presente proyecto, se logró implementar un sistema domótico básico para monitorear y controlar cuatro variables físicas de interés: temperatura, humedad, luminosidad y detección de movimiento.

En el prototipo a escala, se logró implementar un sistema de alimentación basado en energías renovables que energizaban al sistema domótico.

Cabe mencionar que el prototipo de vivienda está diseñado en base a una vivienda real de tipo interés social. En un trabajo a futuro se pretende implementar dichos sistemas en una vivienda real y hacer un análisis costo-beneficio para proyectar este sistema a un mercado dirigido a desarrolladoras inmobiliarias o particulares interesados.

La naturaleza del sistema implica Múltiples entradas (4 sensores) y Múltiples salidas (4 actuadores) y el esquema de control fue básicamente de tipo ON-OFF (Todo-nada). En un futuro se abordarán otras estrategias de control como el PID, control difuso, PWM entre otros.

Actualmente se está trabajando en la etapa de análisis para conocer el ahorro energético que implicaría el implementar estas fuentes renovables en una vivienda real.

BIBLIOGRAFÍA

1. Romero-Morales Cristobal, *“Domótica e Inmiótica. Viviendas y edificios inteligentes”*, 3ª edición, Ra-Ma Editorial, 2010.

2. Harke Werner, *"Domótica para viviendas y edificios"*, 1° edición, Editorial Marcombo, 2010.
3. Ackermann, Thomas., *"Wind power in power systems"*, ed. John Wiley, 2005.
4. Djamila Rekoua, *"Optimization of photovoltaic power systems"*, 1° edition, Springer, 2012.
5. Messenger, Roger A., *"Photovoltaic systems engineering"*, 1° edition, CRC press, 2010.
6. G. Bhuvaneswari, *"Development Of A Solar Cell Model In Matlab For PV Based Generation System"*, 2010 IEEE International Energy Conference.
7. Carcangiu, S., Montisci, A. *"A building-integrated eolic system for the exploitation of wind energy in urban areas"*, 2012, Energy Conference and Exhibition (ENERGYCON) IEEE.

AGENTES INTELIGENTES INTERACTUANDO EN EL BUSCADOR DE PRODUCTOS COMERCIALES (IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL)

María Yaritzai Flores Martínez, Jesús Herrera Cabañas, Víctor Salazar Cruz
Silva Vásquez Pedro Omar

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

RESUMEN

El siguiente artículo muestra el análisis e implementación de un servicio Web, enfocado a la búsqueda de artículos o productos comerciales de interés para el cliente que utilice plataformas de comercio on line, utilizando la implementación de inteligencia artificial (agente inteligente) con la finalidad de mejorar la búsqueda por categorías y/o perfiles.

Las herramientas digitales innovan la vida cotidiana, por ello, el comercio directo tuvo que adaptarse y evolucionar como “comercio virtual”, esto llevó al desarrollo de sistemas capaces de brindar un servicio de compra-venta en línea que estuviera al alcance de cualquier persona, sin embargo, la evolución tecnológica demanda una constante actualización debido a la globalización, por lo que es necesario la aplicación de nuevas herramientas que agilicen el servicio.

En este trabajo se propone un modelo búsqueda integral por concepto, que permita visualizar los diferentes ofertantes disponibles y vigentes en la web, para dar solución a un problema de diversificación de búsquedas, por lo cual se requiere de un sistema informático capaz de explorar un amplio espacio de datos. Este modelo de búsqueda facilitará la obtención de productos mediante filtros asociados a información recabada de los diferentes sitios que tengan mayor demanda, según las preferencias de usuario, para concluir con una presentación o directorio de productos satisfactorios, en corto tiempo y con opciones de diferentes servicios.

INTRODUCCIÓN

La innovación y el avance tecnológico han tenido un gran impacto en la sociedad con la llegada o implementación de nuevas herramientas que mejoran los servicios, es por ello que se tuvieron que implementar nuevas estrategias en el mercado, con el fin de mejorar los servicios y tener una mejor atención hacia el cliente, por ello el comercio en general se está adaptando a las necesidades del cliente y al cambio evolutivo, de la misma forma tuvieron que hacer cambios en la implementación de nuevas herramientas innovadoras y tecnológicas en el comercio para mejorar dicho servicio el cual pasaría a ser conocido como e-commerce o comercio electrónico tal como hoy en día lo conocemos, el gran crecimiento de la tecnología día con día requiere mayor cambio en este servicio por ello se ha optado por la implementación de la inteligencia artificial como nueva tecnología innovadora que traerá grandes beneficios y que requiriera menos la intervención humana en las tareas que se realicen y será más sustentable a sí mismo en cuanto a la toma de alguna decisión que se necesite en ese momento.

TEORÍA

Un agente inteligente puede ser definido como un sistema (hardware o software) situado en un determinado entorno, capaz de actuar de forma autónoma y razonada para llevar a cabo unos objetivos predeterminados, son capaces de efectuar una tarea o actividad sin la manipulación directa de un humano eliminando la necesaria interacción hombre-máquina. El diseño de la estructura de un agente debe ser conforme a tres principios básicos: (Castrillón,2009)

Modularidad:

La real academia de la lengua española define la Modularidad como “Modificar los factores que intervienen en un proceso para obtener distintos resultados”, en informática se puede decir que modularidad es la separación de entidades para simplificar múltiples procesos. Es la manifestación más común de la división de problemas. El software se divide en componentes con nombres distintos y abordables por separado, en ocasiones llamados módulos, que se integran para satisfacer los requerimientos del problema. Se ha dicho que “modularidad es el único atributo del software que permite que un programa sea manejable en lo intelectual”. (Roger S,2010)

Generalización:

La definición básica de la generalización podría tomarse como abstraer lo que es común y esencial

a muchas cosas, para formar un concepto general que las comprenda todas. En informática se expresa como el nivel de conocimientos necesarios y las transferencias de datos a realizar para desarrollar una aproximación que relacione similitudes con otros conceptos que permitan la construcción de información adecuados para un SI (Sistema de Información). (Roger S,2010)

Escalabilidad:

Escalabilidad es la capacidad del software de adaptarse a variaciones significativas del volumen sin perder calidad, o bien manejar el crecimiento continuo de manera fluida. (Roger S,2010)

Buscadores y meta-buscadores

La licenciada en Información Científico-Técnica y Bibliotecología Ania Torres Pombert en el artículo "El uso de los buscadores en Internet" considera a los buscadores como índices que funcionan mediante la incorporación constante de nuevas páginas a su base de datos, por otro lado aclara que los meta-buscadores son limitados a los resultados de buscadores externos, "Los meta-buscadores se limitan a redirigir la pregunta que reciben a varios buscadores a la vez, y según el estado de opinión prevaleciente". (Torres, 2003)

Web semántica

El autor Lluís Codina define la web semántica como: "Conjunto de iniciativas, tecnológicas en su mayor parte, destinadas a crear una futura World Wide Web en la cual los ordenadores puedan procesar la información, esto es, representarla, encontrarla, gestionarla, como si los ordenadores poseyeran inteligencia". (Codina, 2003). Tim Berners-Lee (Creador del protocolo HTTP y del lenguaje de marcado de hipertexto, HTML) veía un problema en la manera de intercambiar información, ya que las computadoras no pueden tomar decisiones basándose en la información contenida en los documentos (o más concretamente en su formato) y por lo tanto no pueden hacer computación inteligente a través de Internet debido, especialmente, a que las computadoras desconocen el significado de las palabras usadas y las relaciones entre ellas con otras entidades reales, esto según describió la revista SEMANA, en el año 2014.

Web Scraping

Web Scraping es una herramienta que facilita la búsqueda en Internet evitando realizar un metabuscador, "Es una técnica de Ingeniería computacional para la extracción de información de páginas web. Usualmente, este tipo de programas simulan la exploración humana de la World Wide Web". (Jiménez y Soriano, 2013)

Agentes de búsqueda inteligentes para la web

"Tienen la capacidad de hacer transparente la complejidad de la información almacenada en la Red, filtrando la información disponible sobre la materia requerida. Las consultas pueden ser textuales (productos en concreto, información sobre viajes, etc.) o por las distintas partes (título, cuerpo...) en que el world wide web se representa hoy día."

PARTE EXPERIMENTAL

Hipótesis: "La implementación de un WebSite que tenga una ligadura con múltiples e-commerce mejorará los procesos de búsqueda de los usuarios, acortando los tiempos que invierte en buscar artículos de su interés en múltiples plataformas".

Se llevó a cabo la planeación y por lo tanto el desarrollo e implementación de una aplicación web, con el fin de mejorar la forma de buscar un producto en internet, ofrece a sus usuarios la comodidad de ser utilizado desde cualquier dispositivo que cuente con un navegador web. ARTI-SEARCH, como fue nombrado, realiza la búsqueda de productos en diferentes sitios web de diversas sucursales mediante el uso de Web Scraping, ofreciendo al cliente variedad de productos y precios, cuando el usuario elige el producto deseado, a un precio conveniente, puede consultar el sitio web de la sucursal donde se está vendiendo dicho producto, una vez que se llega a esta etapa ARTI-SEARCH ha cumplido su objetivo, ya que, si el usuario decide, podrá realizar su compra al proveedor, o realizar una nueva búsqueda.

Durante la planeación de Arti- Search se llevó a cabo un benchmarking con el fin de analizar qué sitios son los más visitados en cuestión a ventas online, así mismo se identificó las categorías en tendencia de consumidores de productos en línea.

Un análisis realizado, con base, en el "Top 5: Tiendas online más visitadas en México" publicado por el periódico "El Universal" la organización ComScore dio a conocer el top de 5 tiendas en línea con

mayor número de visitas durante el año 2016, nos dio como resultado la unificación de categorías como se describen a continuación.

RESULTADOS

De los resultados adquiridos del benchmarking se pudo obtener la siguiente información:

Simplificación de categorías: Al analizar las 5 páginas ganadoras del top realizado por el periódico “El Universal” pudimos identificar cierta semejanza en las categorías que utilizan, esto nos ayudó a simplificar todas las categorías existentes a solo 9 favoritas a implementar.

- Belleza y Bienestar
- Casa y Jardín
- Consolas y Videojuegos
- Deportes
- Informática y tabletas digitales
- Juguetes
- Ropa, Zapatos y Complementos
- Móviles, telefonía y accesorios
- Relojes y Joyas

Medición de tiempos al buscar artículos en la WEB: Se implementó una actividad que ayudó a corroborar la eficiencia de la herramienta Arti-Search; la cual constaba en la búsqueda de artículos y realización de diversos filtros arrojando los siguientes resultados:

- **Tiempos de búsqueda de artículos:** Se pidió realizar la búsqueda de un artículo en específico en 3 sitios web; se midió el tiempo que tardaron en realizar una búsqueda exitosa y posteriormente se pidió hacer lo mismo con la herramienta Arti-Search, con lo cual se obtuvieron los siguientes datos.
 - Tiempo promedio de búsqueda en diversos sitios web
 - 9 minutos
 - Tiempo promedio de búsqueda en Arti-Search
 - 3 minutos

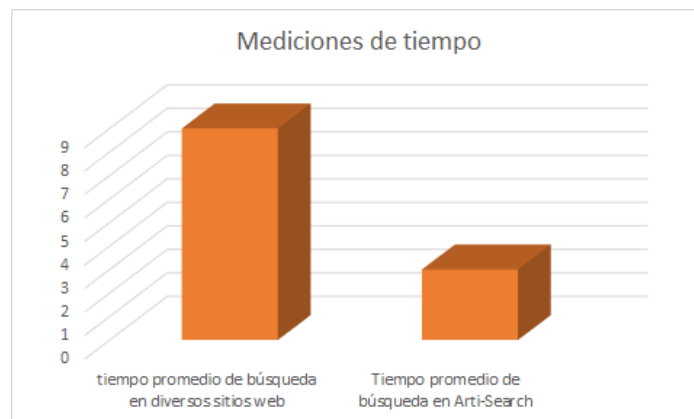


Ilustración 22 grafica representativa de medición de tiempos

CONCLUSIONES

Al momento de evaluar el sistema WEB Artic-Search se pudo verificar la funcionalidad de la misma, dando como resultado una eficiencia de un 66.66% sobre el tiempo promedio que un usuario normal invierte en la búsqueda de un artículo.

Los resultados obtenidos nos confirmaron el buen funcionamiento de Arti- Search, que gracias a la herramienta de Scraping permitió la consulta a múltiples sitios web, los usuarios quedaron conformes y sorprendidos una vez que se les explicó el funcionamiento de la aplicación, por otro lado, algunos de ellos que utilizan herramientas similares como “TRIVAGO” mostraron mayor interés en los sitios de donde se obtiene la información de los productos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amador, L, (1996), Inteligencia artificial y sistemas expertos. Córdoba, España: Servicios de publicaciones de la universidad de córdoba.
2. Castrillón, Omar Danilo; Giraldo, Jaime Alberto; Sarache, William Ariel. (2009). Ciencia y Tecnología. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT.
3. Hípola, Pedro and Vargas-Quesada, Benjamín Agentes inteligentes: definición y tipología: los geantes de la información. El profesional de la información, 1999, vol. 8, n. 4, pp. 13-21. [Journal article (Paginated)]
4. Roger S. Pressman, Ph.D.. (2010). Ingeniería del software UN ENFOQUE PRÁCTICO. México, D. F.: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
5. Torres. Torres Ania (2003); "El uso de los buscadores en Internet": Ciudad de La Habana

CAPACITACIONES DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL

Edith Gómez Padilla ¹ Alma A. Camacho P²

¹ Universidad de la Salle Bajío, ² Centro de Investigaciones en Óptica A.C.,

RESUMEN

La característica más relevante de la Realidad Virtual (RV) es su capacidad para llevar al usuario a un mundo alternativo, permitiéndole interactuar dentro de su entorno de una manera diferente a la cotidiana. La RV permite optimizar y reducir el tiempo invertido en cuestión de aprendizaje. En el caso de las industrias, esto se traduce en enormes ventajas, al reducir el tiempo invertido en cada uno de sus trabajadores en capacitación y concientización de la importancia del mantenimiento a la maquinaria, de lo cual resulta una repercusión positiva, económica y productiva. Por lo que el objetivo general de este trabajo es desarrollar capacitaciones, utilizando la Realidad Virtual como herramienta para enseñar al usuario la manera adecuada de operar la maquinaria, realizar el mantenimiento correspondiente y mostrarle el uso correcto del equipo de seguridad. Para realizar este experimento se desarrolló un prototipo en RV, el cual nos ayudó a conocer la manera correcta de armar un avión fabricado en MDF. La prueba fue aplicada a un total de 50 personas, donde a las primeras 25 se les explicó verbalmente como armar el avión, mientras que el segundo grupo utilizó el prototipo de RV. Al término de estas actividades se les pidió a todos que armaran físicamente el avión de MDF. Fácilmente se logró distinguir a las personas de cada subgrupo, ya que los que habían utilizado el prototipo de RV lograron realizar la actividad al primer intento; en especial, destacaron los más jóvenes (6-20 años) quienes lo lograron de una manera casi inmediata. Esta herramienta reduce el tiempo de la capacitación hasta en un 50% en comparación con el tiempo que se invierte con el método tradicional. Además de que mejora la eficiencia del operador en un 115%.

Capacitación, Industria, Procesos Industriales, Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Tecnología, Automatización, 24/7, Disponibilidad, Velocidad, Aprendizaje.

INTRODUCCIÓN

La característica más relevante de la Realidad Virtual es su capacidad para llevar al usuario a un mundo alternativo, permitiéndole interactuar dentro de su entorno de una manera diferente a la cotidiana. Hoy en día se le puede considerar una herramienta de gran valor debido a los grandes beneficios que ha sido capaz de aportar a los conceptos innovadores de la industria 4.0.

Tomando en cuenta al tiempo como un recurso irrecuperable, los seres humanos se mantienen activos siempre en la búsqueda de la eficiencia y de un aprendizaje rápido y efectivo. La RV permite optimizar y reducir el tiempo invertido en cuestión de aprendizaje.

En el caso de las industrias, esto se traduce en enormes ventajas, al reducir el tiempo invertido en cada uno de sus trabajadores en capacitación y concientización de la importancia del mantenimiento a la maquinaria, de lo cual resulta una repercusión positiva, económica y productiva

Debido a la globalización y al crecimiento acelerado de las empresas, es importante contemplar estos aspectos para mantener la competitividad en niveles altos, e incluso para crear un valor agregado que sea atractivo tanto para el cliente como para los propios trabajadores.

TEORÍA

Hace más de una década ya se hablaba de los beneficios de la realidad virtual (RV), principalmente en segmentos de la medicina, videojuegos o para fines de entrenamiento; hoy se vislumbra que tendrá un fuerte impacto en los negocios y, dicho por los expertos, cambiará las reglas de juego en las empresas.

La RV es un mundo virtual generado mediante tecnología informática en que el usuario tiene la sensación de estar inmerso en él, y donde puede interactuar con dicho entorno; esto es posible utilizando unas gafas o casco de realidad virtual. Este concepto está en el objetivo de grandes proveedores de tecnología como Facebook® y Google® y, por supuesto, de organizaciones que pretenden su adopción para diferenciarse de sus competidores.

Pero, ¿de qué manera las empresas podrán sacar provecho de la realidad virtual? Enlistamos algunos ejemplos:

1.-Entrenamiento. Se sabe que el ejército de Estados Unidos ha implementado programas de realidad virtual como parte de sus entrenamientos, pero también gerentes financieros podrían usar un entorno de oficina de realidad virtual, de modo que puedan practicar habilidades de buena comunicación y liderazgo.

2.-Trabajo remoto. La RV podría servir para mejorar las relaciones entre los empleados que trabajan remotamente y sus gerentes o grupos de trabajo.

3.-Proyectos arquitectónicos. Se ha utilizado la realidad virtual para establecer modelos de proyectos arquitectónicos y edificios antes de que comience su construcción.

4.-Ahorros en viajes de negocios. Una reunión de realidad virtual podría hacer parecer que el gerente realmente está frente a frente en una reunión, cuando en realidad está solo en la oficina; esto representaría para las compañías una reducción en los costos de viajes.

5.-Ventas. Si alguien está interesado en comprar un auto, por ejemplo, a través de la realidad virtual podría adquirir diferentes modelos antes de decidirse por alguno.

6.-Pedidos. El objetivo es ofrecer mejores experiencias al cliente. En el caso de un restaurante podrías tener un encuentro cara a cara con alguna mesera, quien te enseñará el menú y te ayudará a hacer tu pedido. Luego, a medida que la tecnología avance, podrás oler la comida.

Son tan sólo algunos de los muchos usos que la realidad tendrá en las empresas. Analistas de Moor Insights & Strategy han afirmado que las compañías tendrán que estudiar si van a poder soportar el elevado gasto que supone tener que desplegar una infraestructura que permita realizar este tipo de experiencias. Las compañías que opten por la RV habrán de invertir en tecnología de RV, así como en software, disponer de elevadas capacidades computacionales y de infraestructura expandida de data center.

Por lo que el objetivo general de este trabajo es desarrollar capacitaciones, utilizando la Realidad Virtual como herramienta para enseñar al usuario la manera adecuada de operar la maquinaria, realizar el mantenimiento correspondiente y mostrarle el uso correcto del equipo de seguridad.

PARTE EXPERIMENTAL

1. Conocer los planos de la maquinaria a operar y la manera de brindarle mantenimiento.
2. Desarrollar un prototipo del programa en RV donde se dé a conocer la forma adecuada de operación y mantenimiento correspondientes a la maquinaria.
3. Realizar pruebas con el prototipo para saber si se hay alguna necesidad de cambios.
4. Implementar el programa de capacitación en operación y mantenimiento de la maquinaria, tomando en cuenta mejoras y pruebas futuras.
5. Analizar los resultados obtenidos y graficarlos.

RESULTADOS

Para realizar este experimento se desarrolló un prototipo en RV, el cual nos ayudó a conocer la manera correcta de armar un avión fabricado en MDF (Figura 1). La prueba fue aplicada a un total de 50 personas, donde a las primeras 25 se les explicó verbalmente como armar el avión, mientras que el segundo grupo utilizó el prototipo de RV. Al término de estas actividades se les pidió a todos que armaran físicamente el avión de MDF. Fácilmente se logró distinguir a las personas de cada subgrupo, ya que los que habían utilizado el prototipo de RV lograron realizar la actividad al primer intento; en especial, destacaron los más jóvenes (6-20 años) quienes lo lograron de una manera casi inmediata. Por los resultados obtenidos, podemos darnos cuenta de las ventajas y beneficios que nos brinda el utilizar la RV para obtener un dinámico y rápido aprendizaje.



Figura 1 Prototipo utilizado para el experimento

Para ello en las Tablas 1 y 2 se desglosan los costos para poder realizar un prototipo y una capacitación mediante RV respectivamente.

Tabla 1: Costos para realizar un prototipo en RV

Costos del Prototipado.			
Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Renta del Equipo de RV	1 Día	\$1,000.00	\$1,000.00
Creación de Modelo 3D	5 Horas	\$100.00	\$500.00
Utilización del motor	11 Horas	\$50.00	\$550.00
Programación de interacciones	6 Horas	\$180.00	\$1,080.00
Renderizado	3 Horas	\$180.00	\$540.00
Integración del proyecto	2 Horas	\$250.00	\$500.00
Total			\$4,170.00

Tabla 2: Costo para realizar una capacitación

Costos de la Capacitación Completa			
Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Equipo de RV	1 Pieza	\$19,000.00	\$19,000.00
Creación de Modelo 3D	20 Horas	\$100.00	\$2,000.00
Utilización del motor	32 Horas	\$50.00	\$1,600.00
Programación de interacciones	17 Horas	\$180.00	\$3,060.00
Renderizado	10 Horas	\$180.00	\$1,800.00
Integración del proyecto	5 Horas	\$250.00	\$1,250.00
Total			\$28,710.00

Las ventajas que representa la impartición de las capacitaciones mediante la RV para la industria son:

- El ilimitado número de operarios que se puede capacitar.
- La reducción considerable del tiempo que las industrias invierten en capacitar al usuario.
- La disponibilidad 24/7 del programa, o sea que se podrá acudir a él en cualquier momento.
- La rapidez en la dinámica del aprendizaje.
- El ahorro considerable respecto a los instructores y los materiales durante las capacitaciones.
- Se evita el riesgo de que ocurra algún accidente con la maquinaria o por algún error humano, ya que son objetos virtuales.
- No hay límites en las formas, materiales, etc.

CONCLUSIONES

Hoy en día las empresas buscan que el personal que se va a contratar desarrolle un aprendizaje acelerado, por este motivo se deben de aprovechar los beneficios que la RV aporta a la industria. Esta herramienta reduce el tiempo de la capacitación hasta en un 50% en comparación con el tiempo que se invierte con el método tradicional. Además de que mejora la eficiencia del operador en un 115%.

Es de suma importancia realizar un prototipo de los proyectos, para de esta manera detallar que se necesita del programa, y al desarrollar la capacitación completa, se cuente con todas las características necesarias y se le brinde adecuadamente a la industria los beneficios que requiere. La RV forma parte de las herramientas utilizadas para la industria 4.0 y nos ayuda a obtener una industria conectada también permite prevenir riesgos en la planta y optimizar el funcionamiento de la maquinaria

BIBLIOGRAFÍA

1. <https://capacitacionintegral.mx/tag/realidad-virtual/>
2. FINK, J (2017) VIRTUAL WORLDS, REAL REWARDS. District Administration, 53(6), 28 31.
3. ANDONE, D. d., & FRYDENBERG, M. M (2017) EXPERIENCES IN ONLINE COLLABORATIVE LEARNING WITH AUGMENTED REALITY. Elearning & Software
4. Gavish, N., Gutiérrez, T., Webel, S., Rodriguez, J., Peveri, M., Bockholt, U., & Tecchia, F. (2015). Evaluating Virtual Reality and Augmented Reality 778- 798.
5. Weinstein, M (2017) WINNING TRENDS IN GAMES & SIMULATIONS. Training 54(5), 36 39.
6. Lee, M., W., Nikolic, S. Vial, P.,J., Ritz, C, Li , W & Goldfinch T (2016) Enhancing Project Learning through student and industry Engagement doi: 10.1109/TE 2016 25462546230

EFFECTO DEL DOPAJE CON Ca^{2+} SOBRE LA ESTRUCTURA CRISTALINA Y LAS PROPIEDADES MULTIFERROICAS DEL BiFeO_3

F. Pedro-García¹, F. Sánchez-De Jesús¹, A.M. Bolarín-Miró¹, C.A. Cortes-Escobedo², Z. Valdez-Nava³.

¹Área Académica de Ciencia de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ²Centro de Investigación e Innovación Tecnológica, Instituto Politécnico Nacional.

³LAPLACE, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France.

RESUMEN

El acoplamiento magnetoeléctrico multiferroico es un fenómeno de gran interés debido a las numerosas aplicaciones tecnológicas, como capacitores multicapa, resonadores, filtros y osciladores. Es complicado encontrar materiales que presenten este comportamiento a temperatura ambiente, siendo la ferrita de bismuto, BiFeO_3 (BFO), uno de los casos excepcionales. La BFO es un material multiferroico con estructura cristalina romboedra y grupo espacial $R3c$ que exhibe simultáneamente antiferromagnetismo y ferroelectricidad. Cabe señalar que la síntesis de la BFO representa un gran reto, debido a que es difícil evitar la aparición de fases secundarias, que resultan en el detrimento de sus propiedades dieléctricas. El dopaje con cationes alcalinotérreos, en nuestro caso particular Ca^{2+} , genera cambios en su estructura cristalina y es capaz de estabilizar la estructura romboedra de la BiFeO_3 (evitar la formación de fases secundarias), tales efectos mejoran sus propiedades dieléctricas. En este trabajo se sintetizó polvo de ferrita de bismuto dopada con calcio, por medio de molienda mecánica durante 5h y tratamiento térmico hasta 650°C , posteriormente se obtuvieron probetas cilíndricas mediante la compactación hasta 900 MPa y sinterización hasta 800°C durante 2h. Sobre las probetas se realizaron diversos análisis, para evaluar su estructura cristalina así como su comportamiento magnético y dieléctrico. Por medio de difracción de rayos X (DRX) se pudo comprobar que al incrementar la concentración de calcio las fases secundarias se vieron disminuidas. Por otro lado, mediante magnetometría de muestra vibrante (MMV), se pudo observar un comportamiento antiferromagnético para todas las muestras. Finalmente de la caracterización dieléctrica se observó un incremento en la constante y disipación dieléctrica al incrementar el contenido de calcio.

INTRODUCCIÓN

La ferrita de bismuto (BiFeO_3) posee una estructura cristalina tipo perovskita distorsionada en romboedra con grupo espacial $R3c$; es un material multiferroico que presenta antiferromagnetismo (AFM) y ferroelectricidad (FE), posee dos temperaturas de transición; la primera es ferromagnética o temperatura de Néel (T_N) a 370°C y la segunda es ferroeléctrica o temperatura de Curie (T_C) a 825°C [1,2]. En la estructura, los cationes de Fe^{3+} y Bi^{3+} están desplazados de sus posiciones centrosimétricas, dando como resultado la polarización espontánea a lo largo de la dirección [1 1 1]. El comportamiento antiferromagnético está gobernado por la interacción Dzaloshinski-Moriya (D-M). [3] Uno de los grandes retos es acoplar el orden ferroeléctrico con el ferromagnético, promoviendo el comportamiento magnetoeléctrico en la BiFeO_3 , debido a que su comportamiento magnético puede ser modulado con la reducción del tamaño de cristal, la incorporación de cationes magnéticos en posiciones del hierro e incluso la incorporación de cationes alcalinotérreos en posiciones del bismuto, además de ello los cationes alcalinotérreos proporcionan otras ventajas como la estabilización de la fase romboedra y la inhibición de fases secundarias que afectan el comportamiento ferroeléctrico induciendo altas corrientes de fuga [4-6]. Es por ello que en este trabajo se sintetiza ferrita de bismuto dopada con Ca^{2+} ($\text{Bi}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeO}_3$, $0 \leq x \leq 0.05$) en un rango de 0 a 0.05 en % molar con el fin de evaluar el efecto del Ca^{2+} sobre la estructura cristalina, propiedades magnéticas y dieléctricas.

PARTE EXPERIMENTAL

Para obtener ferrita de bismuto dopada con calcio se partió de mezclas estequiométricas de óxidos (Bi_2O_3 , Fe_2O_3 y CaO) las cuales fueron molidas mediante un molino de alta energía durante 5 horas. Los polvos obtenidos se prensaron a 900 MPa y se sinterizaron a 800°C durante dos horas. Los compactos obtenidos se sometieron a difracción de rayos X (DRX) en un difractor Equinox 2000

con fuente de cobalto, posteriormente se realizó el análisis Rietveld mediante software MAUD. Se realizó el análisis del comportamiento magnético con magnetometría de muestra vibrante con un magnetómetro Microsense V7 a temperatura ambiente. El comportamiento dieléctrico se midió por espectroscopia dieléctrica de banda ancha con un equipo Alpha-Novocontrol a temperatura ambiente en un rango de frecuencias de 10^{-1} a 10^6 Hz.

RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los difractogramas de los compactos de ferita de bismuto dopada con calcio ($\text{Bi}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeO}_3$, $0 \leq x \leq 0.05$). En el difractograma correspondiente a la muestra sin dopar ($x=0$), se observa la presencia de dos fases, la primera y en mayor proporción, corresponde a la ferrita de bismuto (BiFeO_3 , ICSD #75324, *R3c*) y la segunda y en menor proporción, a la mulita ($\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ ICSD #26808, *Pbam*) como fase secundaria, la cual es atribuida al método de síntesis. Las intensidades relativas de los dos picos principales de difracción de la BiFeO_3 ubicados en $\sim 32^\circ$ de 2θ corresponden a los planos cristalográficos (1 0 4) y (1 1 0). A manera de reducir la aparición de la mulita, se agregaron pequeñas proporciones de Ca^{2+} a la estructura cristalina de la BFO. Como se puede observar, a la muestra con 3 % molar de Ca^{2+} ($x=0.03$), las difracciones pertenecientes a la fase secundaria se ven disminuidas. Así mismo, los picos principales de difracción de la ferrita de bismuto se ven ligeramente desplazados debido a la descarga y carga de la densidad planar que provoca la sustitución de calcio por bismuto. Cuando el nivel de dopaje es mayor ($x=0.05$), se observa una fase pura de ferrita de bismuto, con ligeros desplazamientos en sus picos de difracciones, debido a las distorsiones estructurales provocadas por el dopaje.

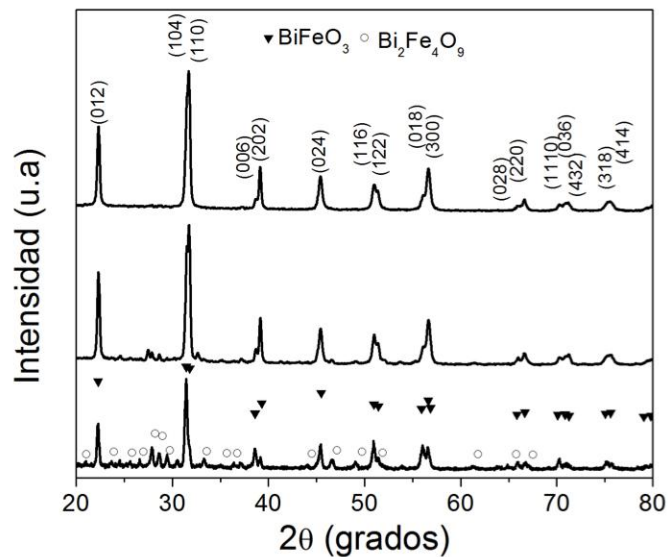


Figura. 1. Difractogramas de compactos de ferrita de bismuto dopados con calcio ($\text{Bi}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeO}_3$, $0 \leq x \leq 0.05$)

La Tabla I presenta los resultados del refinamiento Rietveld en el cual se puede observar que los tamaños de cristal para todas las muestras se encuentran entre los 127 a 135 nm, indicando que el calcio no influye en los cambios de tamaño. Por su parte, el porcentaje en peso de la mulita disminuye, y las micro deformaciones incrementan al aumentar la concentración de calcio. Otro fenómeno interesante es el observado en los parámetros de red, en los cuales se puede observar un ligero incremento en los parámetros *a* y *b*, y una ligera disminución en *c* con el aumento de concentración de calcio. Lo anteriormente expuesto se relaciona directamente con la presencia de calcio en la estructura, que provoca ligeras distorsiones. Los valores de la bondad de refinamiento son adecuados para este análisis.

Tabla1. Datos del refinamiento Rietveld de compactos de ferrita de bismuto dopada con calcio ($\text{Bi}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeO}_3$, $0 \leq x \leq 0.05$)

Ca^{2+}	Tamaño Cristal (nm)	% en peso	Micro-strain ($\times 10^{-4}$)	BiFeO_3 , $R3c$						$\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, $I23$		R_{wp}	χ^2
				Parámetros de red						Tamaño cristal (nm)	% en peso		
				a	b	c	α	β	γ				
0	127.79 ± 1.05	95.34 ± 2.86	16.21 \pm 0.64	5.58 \pm 0.007	5.58 \pm 0.007	13.81 \pm 0.0021	90	90	120	128.45 \pm 2.42	5.34 \pm 0.42	10.29	1.25
0.03	131.21 ± 1.09	98.34 ± 1.53	19.88 \pm 0.703	5.61 \pm 0.005	5.61 \pm 0.005	13.76 \pm 0.0018	90	90	120	125.13 \pm 3.24	1.64 \pm 0.51	19.45	1.52
0.05	134.49 ± 2.33	100 \pm 0	20.76 \pm 0.669	5.63 \pm 0.003	5.61 \pm 0.003	13.71 \pm 0.0014	90	90	120	*	*	16.83	1.29

En la Figura 2 se muestran los ciclos de histéresis magnéticos de los compactos de ferrita de bismuto dopada con calcio. Para todas las muestras se observa un comportamiento antiferromagnético (AFM), salvo a la correspondiente a $x=0.05$, que presenta una ligera coercitividad lo que se atribuye a microdeformaciones inducidas por la presencia de calcio en la estructura de la BiFeO_3 , siendo éste, un comportamiento ferrimagnético muy débil. Su valores de magnetización de saturación se encuentra alrededor de 0.1456 emu/g y su coercitividad de 100 Oe. Dicha coercitividad se atribuye a las pequeñas deformaciones inducidas por el calcio en la estructura de la BiFeO_3 , las cuales son también observadas como incremento de micro deformaciones en el análisis mediante refinamiento Rietveld.

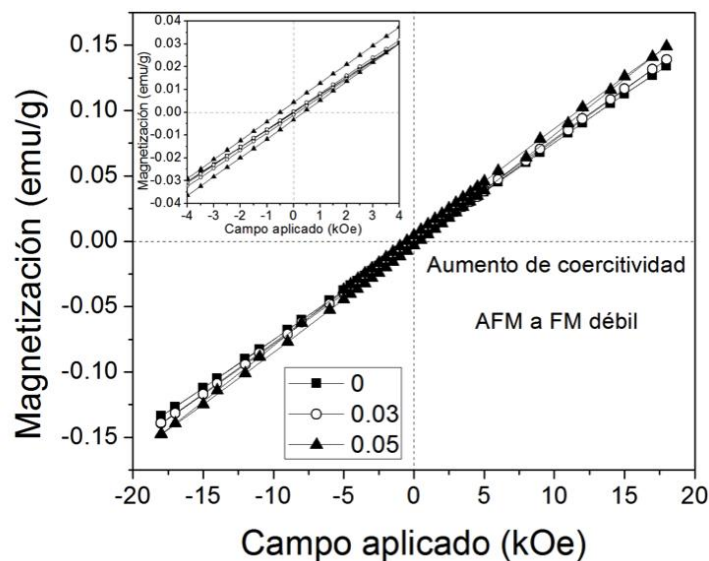


Figura. 2. Ciclos de histéresis magnéticos de ferrita de bismuto dopada con calcio ($\text{Bi}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeO}_3$, $0 \leq x \leq 0.05$)

En la Figura 3 se muestra la dependencia de la frecuencia sobre la permitividad relativa en compacto de ferrita de bismuto dopada con calcio. Se observa que al incrementar el nivel de dopaje, incrementa la constante dieléctrica, lo cual se asocia a la inhibición de las fases secundarias. Sin embargo, se aprecia que la contribución de la conductividad es mayor por la pendiente observada a bajas frecuencias ($< 10^2$) por la coexistencia de valencias mixtas de Fe^{2+} y Fe^{3+} , y Ca^{2+} sustituyendo al Bi^{3+} . Los valores de constante dieléctrica son superiores a 10^3 para todas las muestras, lo cual confirma que el comportamiento de la BiFeO_3 se puede comparar con el de los llamados Materiales con

Constante Dieléctrica Gigante o Giant Dielectric Constant, por su nombre en inglés, haciéndolo mas interesante por sus implicaciones en el diseño de dispositivos.

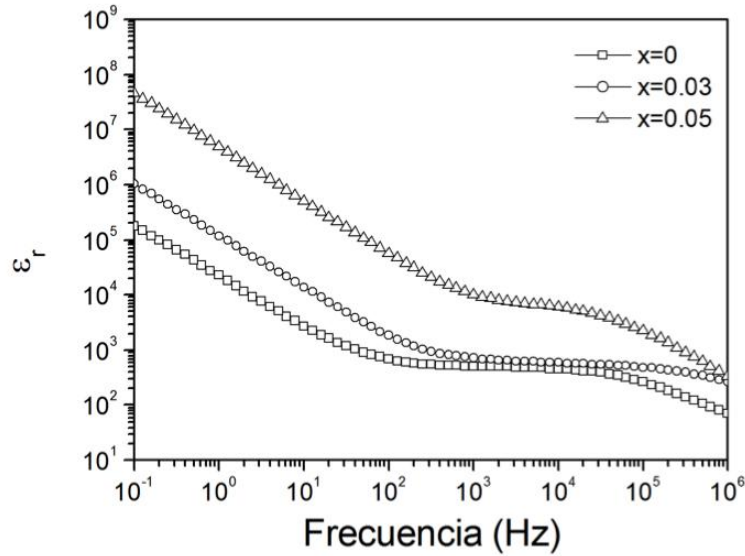


Figura 3. Permitividad dieléctrica dependiente de la frecuencia de compactos de ferrita de bismuto dopada con calcio

En la Figura 4 se muestra el factor de disipación dieléctrica o pérdidas dieléctricas dependientes de la frecuencia, correspondientes al compacto de ferrita de bismuto dopada con calcio. Se puede observar la contribución de dos fenómenos de relajación, el ubicado a bajas frecuencias llamada MTDR (Middle Temperature Dielectric Relaxation) y el segundo llamado LTDR (Low Temperature Dielectric Relaxation) siguiendo la nomenclatura de Hunpratub. La MTDR se desvanece al incrementar la concentración de calcio, además a bajas frecuencias se observa una pendiente pronunciada, lo cual se atribuye a la conducción provocada por las valencias mixtas de Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} y Bi^{3+} .

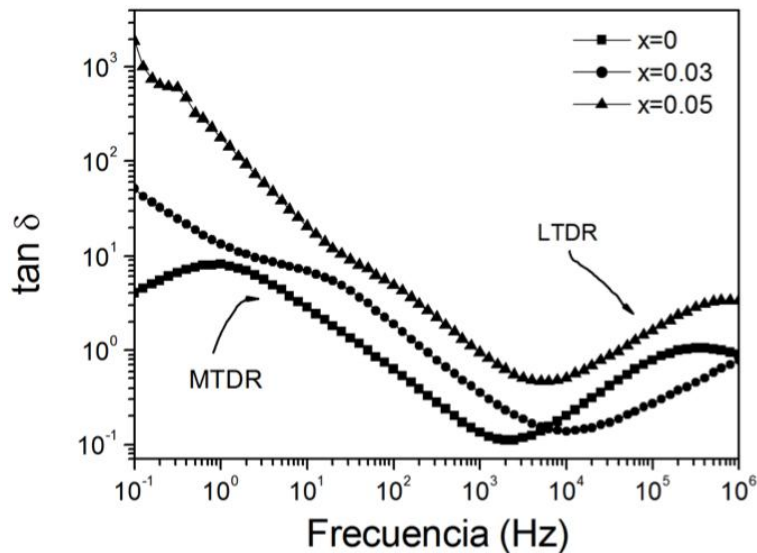


Figura 4. Factor de disipación dependiente de la frecuencia de compactos de ferrita de bismuto dopada con calcio

CONCLUSIONES

Se sintetizaron compactos de ferrita de bismuto dopada con calcio, $\text{Bi}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeO}_3$ ($x=0, 0.03$ y 0.05), mediante molienda mecánica de mezclas estequiométricas de óxidos de hierro, bismuto y calcio (Fe_2O_3 , Bi_2O_3 y CaO , respectivamente) durante 5 horas, seguido de compactación a 900 MPa y sinterización a 800°C durante 2h. Mediante difracción de rayos X (DRX) se pudo determinar que al incrementar la concentración de calcio se inhibe la aparición de mulita ($\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$) como fase secundaria. Así mismo, se observa un traslape en los principales picos de difracción, lo cual se asocia a la introducción del catión Ca^{2+} en las posiciones de Bi^{3+} , con radios iónicos de 1.14 y 1.03 Å, respectivamente. Mediante magnetometría de muestra vibrante (MMV) se observó un comportamiento antiferromagnético para las muestras con concentraciones $x=0$ y 0.03 con susceptibilidades magnéticas de 1.21×10^{-6} y 1.32×10^{-6} a 18 kOe. Para la muestra con un dopaje de $x=0.05$, se observa un ligero valor en la coercitividad, atribuido a la distorsión estructural que produce el calcio en la estructura de la BiFeO_3 que afecta el comportamiento antiferromagnético, característico del material en bulto. Mediante espectroscopia dieléctrica de banda ancha se determinó que a mayor cantidad de calcio, aumenta la constante dieléctrica, debido a la inhibición de las fases secundarias, teniendo valores desde el rango de 10^3 para la muestra sin dopar y de 10^4 para la concentración de $x=0.05$. En las curvas de disipación dieléctrica, se observan 2 relajaciones correspondientes a relajación dieléctrica a temperatura media y a baja temperatura, MTDR y LTDR por sus siglas en inglés. La MTDR se ve desfavorecida al incrementar el dopaje.

BIBLIOGRAFÍA

1. M.S. Bernardo, "Synthesis, microstructure and properties of BiFeO_3 -based multiferroic materials: a review", Bol. Soc. Española Cerámica Vidrio. Vol. 53-1, 2014, pp. 1-14,
2. R. Safi, H. Shokrollahi, "Physics, chemistry and synthesis methods of nanostructured bismuth ferrite (BiFeO_3) as a ferroelectro-magnetic material", Prog. Solid State Chem. Vol. 40, 2012, pp. 6-15,
3. I. Dzyaloshinskii, "On the magneto-electrical effect in antiferromagnets", J. Exptl. Theor. Phys. Vol. 10, 1960, pp. 628-629,
4. B. Andrzejewski, A. Molak, B. Hilczer, A. Budziak, R. Bujakiewicz-Koronska, "Field induced changes in cycloidal spin ordering and coincidence between magnetic and electric anomalies in BiFeO_3 multiferroic", J. Magn. Magn. Mat. Vol. 342, 2013, pp. 17-26.
5. F. Pedro-García, A.M. Bolarín-Miró, F. Sánchez-De Jesús, C.A. Cortés-Escobedo, Z. Valdez-Nava. G. Torres-Villaseñor. "Stabilization of α - BiFeO_3 structure by Sr^{2+} and its effect on multiferroic properties". Ceramics International Vol. 44, 2018, pp. 8087-8093.
6. L.G. Betancourt-Cantera, A.M. Bolarín-Miró, C.A. Cortés-Escobedo, L.E. Hernández-Cruz, F. Sánchez-De Jesús. "Structural transitions and multiferroic properties of high Ni-doped BiFeO_3 ". Journal of Magnetism and Magnetic Materials Vol. 456, 2018, pp. 381-389.

TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS CON UNA VELOCIDAD DE 115.2 KBD MEDIANTE MODULACIÓN PWM IMPLEMENTANDO UN LÁSER DE HELIO-NEON Y UN MICROCONTROLADOR

Jaime Vidal Hernández Hernández, Iveth Solís Machorro

Escuela Superior de Física y Matemáticas-Instituto Politecnico Nacional.

RESUMEN

Se diseñó un prototipo capaz de convertir datos, caracteres pertenecientes al código ASCII provenientes de un Smartphone, en señales luminosas moduladas por ancho de pulso y transmitir a una velocidad de 115.2 kBd. Para llevar a cabo la modulación, se utilizó un microcontrolador PIC16F1827. Por otra parte, para la emisión de luz se empleó un láser de Helio-Neón con una potencia de 4.1 mW y una longitud de onda de 633 nm. La señal proveniente del circuito transmisor fue detectada mediante un fototransistor colocado a 5 m de distancia de la fuente de luz modulada; dicha señal es convertida en pulsos eléctricos, estos pulsos son reinterpretados por otro microcontrolador a través de su módulo EUSART. Finalmente, la información detectada se envió a un segundo Smartphone para su visualización; de esta manera se establece una comunicación unidireccional. Entre las principales ventajas del prototipo frente a dispositivos de uso comercial podemos encontrar: codificación y decodificación mediante software, así como un bajo costo. El prototipo se puede emplear para: establecer comunicación entre dos puntos sin necesidad de infraestructura preexistente, obtener datos experimentales en un ambiente controlado y modificado. Hemos adaptado el dispositivo para obtener un comportamiento similar a los sistemas Li-Fi ya que, a diferencia del Wi-Fi, la información no atraviesa las paredes. Por lo tanto, los datos transmitidos permanecen seguros dentro del área establecida para llevar a cabo la comunicación y son encriptados vía software y hardware; esto ofrece una alternativa de comunicación local a bajo costo.

INTRODUCCIÓN

En años recientes, el avance en las tecnologías de comunicación inalámbrica ha implicado un aumento en el uso del espectro electromagnético, en particular de la región del espectro correspondiente a ondas de radio y microondas. La introducción de la tecnología GSM, de radiocomunicaciones, de transmisiones televisivas, de Bluetooth, etcétera, ha causado una saturación del espacio de ondas electromagnéticas. Esta saturación ha requerido una administración eficiente de los rangos de frecuencia de operación para evitar interferencias, asegurar la funcionalidad de los dispositivos y la disponibilidad de frecuencias para usos particulares, por ejemplo: para uso exclusivo de usuarios militares, aéreos, comerciales, o para dispositivos específicos [1].

Para tratar de aliviar el problema de sobresaturación, reguladores como la FCC o la ITU han abierto más rangos del espectro de transmisión permisible. Sin embargo, el espectro de ondas de radio es finito y conforme la sociedad avanza también lo hace la telecomunicación, en poco tiempo el rango del espectro electromagnético destinado a la comunicación por ondas electromagnéticas quedará totalmente distribuido, limitando la expansión de la tecnología inalámbrica. Propuestas de dispositivos dinámicos capaces de detectar congestión en el tráfico de las ondas y de cambiar sus transmisiones a rangos menos congestionados podrían ayudar a aliviar esta problemática. Sin embargo, esta tecnología aún sigue en desarrollo y no resolvería por completo el problema [2]. Debido a estas crecientes dificultades, se propone una alternativa de comunicación inalámbrica que extiende el uso del espectro electromagnético; es decir, del rango de ondas de radio al de luz visible. Con lo anterior se logran dos avances: el primero es la expansión del espectro útil de comunicaciones y lo segundo es la implementación de un avance a la tecnología inalámbrica. Investigadores han propuesto que un estándar Li-Fi podría ser una actualización a la comunicación Wi-fi, la tecnología Li-fi tiene el potencial de proveer velocidades de transmisión de datos mucho mayores que el Wi-fi, aunque con menor distancia de alcance y de línea directa [3].

En este trabajo se presenta un prototipo capaz de convertir datos, caracteres pertenecientes al código ASCII provenientes de un Smartphone, en señales luminosas moduladas por ancho de pulso y transmitir a una velocidad de 115.2 kBd.

TEORÍA

La primera parte del proyecto fue el diseño del circuito electrónico; este consta de un emisor y un receptor, cuyas componentes electrónicas fueron simuladas en Proteus (Software de simulación para circuitos eléctricos). Después de la simulación, los componentes, se montaron en un Protoboard. En la Fig. (1) se muestra el diagrama esquemático del emisor (a la izquierda) y del receptor (a la derecha). En la segunda parte se instaló un LED infrarrojo en el circuito emisor y un fototransistor en el receptor para poder verificar el funcionamiento de la señal que se transmite y se recibe. Finalmente, se reemplazó el LED infrarrojo por un LED láser y el fototransistor por una celda solar, esto con el propósito de ampliar la distancia a la que se puede transmitir la señal [5].

En la Fig. (2) se muestra el diagrama de conexión del amplificador de audio utilizado (LM386) en el circuito receptor y emisor [6].

CIRCUITO TRANSMISOR

El diagrama esquemático del emisor se muestra en la Fig. (3), en este diagrama “Vin” es la entrada de la señal de audio, la cual es previamente modulada mediante ancho de pulso (PWM) por un PIC16F1827. Dicha señal pasa por un capacitor el cual se encarga de filtrar el audio y posteriormente a través de un potenciómetro se varía su intensidad. Luego, la señal ingresa al LM386 por el pin 3; es amplificada y después convertida en pulsos eléctricos los cuales activan un láser. El LM386 es un amplificador de audio, debido a esto la variación del voltaje de la señal de audio produce un cambio en la amplitud de la luz emitida por el láser. Mediante el pin 6 se alimentó el amplificador de audio LM386 con una fuente de 9V. Entre el pin 1 y 8 se conectó un capacitor y un potenciómetro los cuales se encargan de variar la ganancia del amplificador en un intervalo de 20 y 200. Los pines 4 y 7 se conectaron directamente a tierra y en el 5 se armó un divisor de tensión con las resistencias R3, R4 y R5 para evitar una corriente eléctrica excesiva que pueda dañar el láser [7].

CIRCUITO RECEPTOR

La señal luminosa proveniente del emisor es recibida por una celda solar la cual es sensible en rango del espectro electromagnético correspondiente a la luz visible y tiene una respuesta muy rápida (razón por la que es más eficiente que un fototransistor y una foto-celda). La celda solar transforma los cambios de amplitud de la luz recibida en pulsos eléctricos los cuales son enviados al LM386 para ser filtrados, demodulados y amplificados por éste. Luego, la señal es enviada a una bocina la cual convierte los impulsos eléctricos en sonido. En la Fig. (4) se muestra el diagrama esquemático del circuito receptor.

De manera similar al emisor, el amplificador de audio del receptor se alimenta por el pin 6 con una batería de 9V y su terminal negativa se encuentra en el pin 4. Las entradas del comparador del LM386 se encuentran en los pines 2 y 3 (entrada negativa y entrada positiva, respectivamente) en las cuales se conectó el ánodo y el cátodo de la celda solar. Entre el pin 3 y el cátodo se coloca un potenciómetro y un capacitor para regular y filtrar, respectivamente, la señal proveniente de la celda solar [7].

Entre el pin 1 y 8 del circuito integrado se conecta un capacitor electrolítico de 10 microfaradios, el cual se encarga de fijar la ganancia (relación entre la amplitud de una señal de salida respecto a la señal de entrada) de amplificación [8]. En el pin 7 se conecta un capacitor de bypass al negativo de la batería, esto es un capacitor que se encarga de filtrar la señal de DC, elimina el ruido y proporciona una señal AC [9]. Finalmente en el pin 5, se colocó un capacitor y una resistencia en serie para filtrar la señal de salida del LM386 en un intervalo de 20 Hz – 2000 Hz. Y un capacitor en configuración de acoplamiento con la bocina para evitar daño en el LM386 por la corriente inducida y mejorar la calidad del sonido producido por la bocina.

Aunque inicialmente el circuito sólo se diseñó para transmitir audio de manera analógica, se modificó para transmitir datos de manera digital en forma de texto.

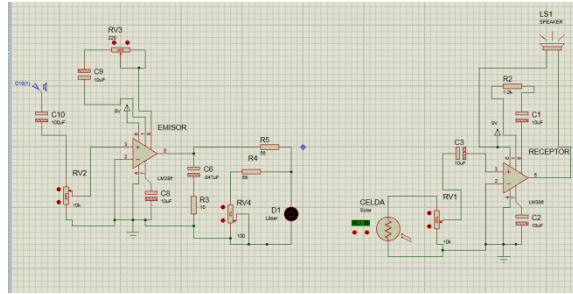


Fig. 1 Diagrama esquemático del circuito emisor y receptor. El emisor transforma ondas de sonido en pulsos eléctricos que activan un láser. El receptor interpreta y demodula pulsos de luz enviados por el transmisor; luego, filtra y amplifica la señal convirtiéndola en ondas de audio nuevamente.

**Small Outline,
Molded Mini Small Outline,
and Dual-In-Line Packages**

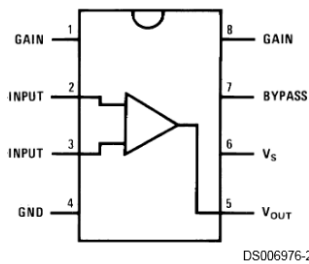


Fig. 2 Diagrama de conexión (pines) de un LM386.

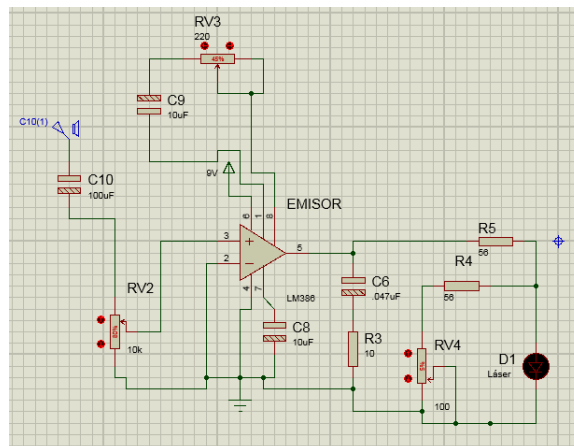


Fig. 3. Diagrama esquemático del convertidor de señal de audio a pulsos de luz emitidos por un láser mediante el uso de un LM386.

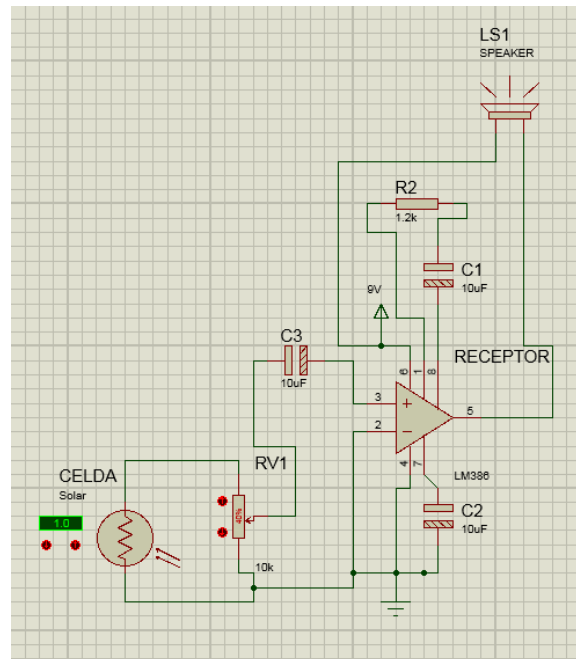


Fig. 4 Diagrama esquemático del convertidor de la señal luminosa proveniente de láser a ondas de sonido mediante el uso de un LM386.

RESULTADOS

Se logró armar y verificar el funcionamiento del prototipo propuesto. Aunque las simulaciones de la parte electrónica fueron correctas, en la práctica se tuvieron que hacer pequeñas modificaciones debido a ruidos e interferencias eléctricas, por ejemplo: variación de resistencias y capacitancias. Estos cambios se ven reflejados en los esquemas anteriores.

En el armado del prototipo se hicieron pruebas iniciales con un led infrarrojo para realizar el proceso de transmisión, y fototransistor para detectar la señal emitida, con este primer diseño se logró una comunicación con un alcance de 7 cm. Estas pruebas permitieron realizar una calibración del arreglo electrónico para reducir el nivel de ruido y optimizar el desempeño de receptor y emisor. Finalizadas las pruebas, se instaló el láser en el circuito emisor y la celda solar en el receptor; con esto se logró extender la distancia de transmisión hasta 5m y con velocidad de transferencia de 9600 baudios por segundo.

El prototipo implementado es una muestra de las posibilidades de la tecnología Li-fi, aunque el dispositivo fue diseñado sólo para transmitir información de voz, el prototipo tiene la flexibilidad para ser adaptado y transmitir otro tipo de información más compleja, por ejemplo: transmisión de datos digitales como video o internet, inclusive para la comunicación serial de algunos dispositivos electrónicos con protocolos como I2C entre otros.

CONCLUSIONES

Se logró armar y verificar el funcionamiento del prototipo propuesto. Aunque las simulaciones de la parte electrónica fueron correctas, en la práctica se tuvieron que hacer pequeñas modificaciones debido a ruidos e interferencias eléctricas, por ejemplo: variación de resistencias y capacitancias. Estos cambios se ven reflejados en los esquemas anteriores.

En el armado del prototipo se hicieron pruebas iniciales con un led infrarrojo para realizar el proceso de transmisión, y fototransistor para detectar la señal emitida, con este primer diseño se logró una comunicación con un alcance de 7 cm. Estas pruebas permitieron realizar una calibración del arreglo electrónico para reducir el nivel de ruido y optimizar el desempeño de receptor y emisor. Finalizadas las pruebas, se instaló el láser en el circuito emisor y la celda solar en el receptor; con esto se logró extender la distancia de transmisión hasta 5m.

El prototipo implementado es una muestra de las posibilidades de la tecnología Li-fi, aunque el dispositivo fue diseñado sólo para transmitir información de voz, el prototipo tiene la flexibilidad para ser adaptado y transmitir otro tipo de información más compleja, por ejemplo: transmisión de datos digitales como video o internet, inclusive para la comunicación serial de algunos dispositivos electrónicos con protocolos como I2C entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. Swain, Frank. "Will we ever... face a wireless 'spectrum crunch'?" BBC News. Oct. 13, 2013. Web. (Sep. 6, 2015).
<<http://www.bbc.com/future/story/20131014-are-we-headed-for-wireless-chaos>>.
2. Stample, G., and Werbach, K. "The end of spectrum scarcity (spectrum allocation and utilization)".
DOI: 10.1109/MSPEC.2004.127548
3. Savage, Neil. "Li-fi gets ready to compete with Wi-fi". IEEE Spectrum.. Nov. 20, 2015. Web. (Sep. 6, 2015).
<<http://spectrum.ieee.org/telecom/internet/lifi-gets-ready-to-compete-with-wifi>>.
4. https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica
5. <http://www.circuitsgallery.com/2012/06/laser-communication-project-circuit.html>
6. <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8887/NSC/LM386.html>
7. Boylestad, Robert L. Análisis Introductorio de Circuitos. Ed. 3. Trillas. México, 1995
8. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ganancia_\(electr%C3%B3nica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Ganancia_(electr%C3%B3nica))
9. http://www.microsofttranslator.com/bv.aspx?ref=SERP&br=ro&mkt=es-MX&dl=es&lp=EN_ES&a=http%3a%2f%2fwww.electro-labs.com%2fbypass-capacitors-why-and-how-to-use-them%2f

CONFIGURACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DE UN MIPYME DEL MUNICIPIO DE YURIRIA

Candelaria Nataly Sixtos Ramírez, Roberto Baeza Serrato

Universidad de Guanajuato. Departamento de Estudios Multidisciplinarios.

RESUMEN

El propósito de la investigación es configurar la cadena de valor de una MIPYME del municipio de Yuriria para que ésta le permita conocer todas las actividades que realiza dentro de la empresa de manera constante, que no están estructuradas y poder identificar cuáles le proporcionan valor a sus clientes y cuáles sirven para tareas primarias. Inicialmente se revisó el marco teórico y el estado del arte que permitió tener el conocimiento necesario para desarrollar la herramienta; se elaboró una lista de los proveedores del negocio, se dividieron los procesos primarios (logística de ingreso, operaciones, logística de distribución, ventas y mercadotecnia, y servicios) y de soporte (infraestructura de la compañía, administración de recursos humanos, desarrollo tecnológico, y compras y abastecimiento) que se ven involucrados en la cadena de valor, posteriormente se elaboró el diagnóstico de la situación de la empresa. Se desarrolló una herramienta de diagnóstico que agrupa las actividades que realiza la empresa dentro de las cuales se encontró una coincidencia en la logística de ingreso, y compras y abastecimiento. Se detectó que no existe una correcta administración de RRHH puesto que no cuentan con un protocolo de contratación del personal. El negocio no cuenta con ningún tipo de tecnología (computadora) que le ayude a llevar una buena gestión de la contabilidad e inventarios, generando desperdicios. La investigación se vio limitada ya que la obtención de los datos fue en un período de tiempo corto. El valor de la investigación se muestra a través de la elaboración la cadena de valor de una MIPYME en el sector de servicios del municipio de Yuriria, que permite conocer los procesos primarios y de soporte que realiza la empresa. Le proporcionará a su propietaria una herramienta con valor científico que plasme los procesos que realiza de manera empírica y permite al personal conocerlo.

INTRODUCCIÓN

En México las MIPyMES son consideradas como la columna vertebral de la economía (Cano, Orue, Martínez, Mayett, & López, 2015), en el sector comercial éstas representan el 99.9% de las empresas del país, ocupando el 84.2% del personal disponible. En el estado de Guanajuato se encuentran 108,616 unidades económicas comerciales, de las cuales el 99.8% son MIPyMES y representan el 88.02% del personal ocupado en este sector. (Censos Económicos, 2014)

Actualmente las PyMES tienen la capacidad de ofrecer a sus clientes productos personalizados y esto les permite evolucionar con rapidez y competir en un mercado más exigente (Anzola, 2001) La importancia de la planeación estratégica incide en la capacidad que ésta puede generar para que una empresa pueda realizar análisis del entorno y tomar mejores decisiones en un mundo globalizado. Las PyMES afrontan un gran reto al formular estrategias asertivas que le permitan ingresar a un mercado global y altamente competitivo, pues las condiciones actuales son desalentadoras. (Valencia Maldonado & Erazo, 2016) Para poder elaborar estrategias es necesario realizar diagnósticos que permitan tener la información necesaria y de esta manera tomar decisiones. Sin importar el tamaño de una empresa (pequeña o grande), la administración de los proveedores es una tarea importante que se supone debería estar alineada con los objetivos estratégicos de cualquier compañía (Kess, Law, Kanchana, & Phusavat, 2009). Las relaciones con proveedores se han convertido en una parte estratégica para la empresa ya que impactan en los objetivos de la compañía, creando cierta dependencia de la empresa hacia ellos. Una herramienta que permite descubrir actividades estratégicas que realiza el negocio y cómo es la relación tanto con clientes como con proveedores es la cadena de valor.

En el presente trabajo se configura la cadena de valor de una microempresa en el sur del estado de Guanajuato, específicamente en el municipio de Yuriria, denominada "Pequeñas Delicias Boutique". Esta microempresa se dedica a la comercialización de artículos femeninos como prendas de vestir, trajes de baño, lociones, cremas corporales, artículos de belleza, y calzado por catálogo.

La cadena de valor consiste en cinco actividades primarias: logística de ingreso, operaciones, logística de distribución, marketing y ventas, y servicio; y cuatro actividades de soporte:

infraestructura, administración de recursos humanos, desarrollo tecnológico, y compras y abastecimiento. (Porter, 1985)

El objetivo del trabajo de investigación es brindar una herramienta de carácter científica que le permita a la MIPyME tomar decisiones acertadas. A través de la investigación se muestra la metodología que se siguió para la realización de esta, se describen las actividades primarias que realiza el negocio, así como las actividades de soporte. Posteriormente se plasma la configuración de la cadena de valor, finalmente se concluye la investigación.

Dentro de este marco se han realizado diversas investigaciones, (Huybretchs, Derden, Van den Abeele, Vander Aa, & Smets, 2018) realizaron una investigación donde se revisó una serie de documentos como referencia de las Mejores Técnicas Disponibles, utilizando un enfoque de caso de estudio, en el que se incluyen 4 casos, los cuales abordan aspectos particulares de la cadena de valor. Se pretende investigar si se han considerado las actividades de – en la determinación de Mejores Técnicas Disponibles en el proceso de Sevilla en el contexto de la Directiva Europea de Emisión Industrial. (Thorpe, 2018) analiza cómo las cadenas de valor agrícolas pueden funcionar para los pequeños agricultores a través de asociaciones público privadas, revisando casos de estudios de Ghana, Indonesia, Ruanda y Uganda, pretende comprender un hallazgo empírico observado en el que los agricultores que obtienen mejores resultados en términos de productividad e ingresos pueden permanecer insatisfechos. (Vilvert, Lana, Zander, & Sieber, 2018) identifica los modelos agrícolas que pueden proporcionar un mejor entendimiento de la Cadena de Valor de la Harina de girasol en Tanzania, donde se diseñó un esquema que considera los pasos principales para la producción de girasol, el modelo de la Cadena de Valor de la Harina de Girasol se organizó en 5 pasos, recursos naturales, producción de cultivos, procesamiento de aceite, comercio y consumo. (Masamha, Thebe, & Uzokwe, 2018) llevaron a cabo un estudio transversal en Kigoma, Mwanza, la región costera y la isla de Zanzíbar en Tanzania, donde se realizaron 228 entrevistas estructuradas, combinadas con entrevistas con informantes clave, observaciones directas, visitas repetidas en el hogar y revisión de la literatura, con la información recabada se descubrió que existen vínculos débiles dentro de la cadena de valor de la yuca, que tiene un alto grado de género, los nodos de producción y procesamiento están dominados por mujeres y niños, sin embargo, las mujeres no están bien integradas dentro de los nodos de alto valor en el mercadeo. (Nielsen, Max; Ankamah-Yeboah, Isaac; Staahl, Lisa; Nielsen, Rasmus, 2018) analizan la transmisión de precios en la cadena de valor del camarón transatlántico utilizando un modelo Vector Autorregresivo en forma de corrección de errores, se observan fuertes vínculos entre las exportaciones de Groenlandia y Canadá, a través de Dinamarca; la transmisión de precios entre la oferta y la demanda existe, pero de forma imperfecta. (Yu & Luo, 2018) investigan cuáles son los logros de China al participar en las cadenas de valor mundiales en términos de PIB en las exportaciones y los factores que afectan los avances de China, se desglosan las exportaciones brutas con el objetivo de obtener los componentes que integral el PIB total en las exportaciones de valor exterior, posteriormente se miden los componentes para obtener la escala del PIB a nivel país y sector. (Orr, Donovan, & Stoian, 2018) muestran un marco conceptual ampliado para entender el desempeño de la cadena de valor basado en la teoría de sistemas adaptativos complejos, combinando siete propiedades comunes de los sistemas complejos como el tiempo, la incertidumbre, la sensibilidad a las condiciones iniciales, los choques endógenos, los cambios repentinos, los agentes que interactúan y la adaptación. (Jarvis & Samsatli, 2018) examinan y discuten las tecnologías (tecnologías de conversión de CO₂, de transporte y almacenamiento de recursos clave) que sustentan las futuras cadenas de valor de CO₂, debido a que en la actualidad los procesos requieren grandes cantidades de energía; el trabajo en general sienta las bases para un análisis, modelado y optimización de la cadena de valor de todo el sistema. (Miliotis, McKinnon, Christensen, Rasch, & Hallstrom, 2018) investigan los factores que inhiben la demanda de plásticos reciclados e identifican las barreras críticas para el reciclaje de plástico en la cadena de valor de los plásticos regionales, a través de la revisión de la literatura mapearon las interacciones entre los principales actores y puntos de acceso que actúan como barreras para el flujo de materiales plásticos; se identifican como principales barreras la falta de oferta y demanda de plástico reciclado, los principales puntos de acceso son la baja demanda debido a los precios, rastreabilidad insuficiente y transparencia en las transacciones de la cadena de valor, y las deficiencias en el reciclado. (Barry, Ferreira, & Fernandes, 2018) proponen un modelo novedoso basado en agentes de aprendizaje para simular diversas cadenas de valor de la industria petrolera,

ayudando a definir el impacto de las inversiones en infraestructura y recursos; el modelo es descrito bajo el paradigma de simulación y modelado basado en agentes interactivos y adaptativos capaces de representar componentes que aparecen en los sistemas de interés y permite tener en cuenta los efectos mutuos de los escalones de la cadena de suministro y los modos de transporte. Las investigaciones revisadas muestran que a nivel mundial la preocupación por realizar estudios a microempresas va en ascenso, en este estudio se analizó la cadena de valor a manera de diagnóstico para conocer qué actividades realiza el negocio y brindar sugerencias a la propietaria.

TEORÍA

El término de la cadena de valor refiere a una cadena de actividades que transforman insumos (inputs) en productos que valoran los clientes dentro de una compañía. El proceso de transformación implica una serie de actividades primarias y de soporte que le agregan valor al producto. (Hill & Jones, 2009)

La Cadena de Valor se divide en actividades “Primarias” y de “Apoyo”. Las actividades primarias son las implicadas en la creación física de un producto, su venta, transferencia al comprador y asistencia posterior a la venta, por otro lado, las actividades de apoyo sustentan a las primarias y se apoyan entre sí proporcionando insumos comprados, tecnología, recursos humanos, etc. (Porter, 1985)

En la siguiente figura se muestra el diagrama básico propuesto por Porter de la Cadena de Valor.

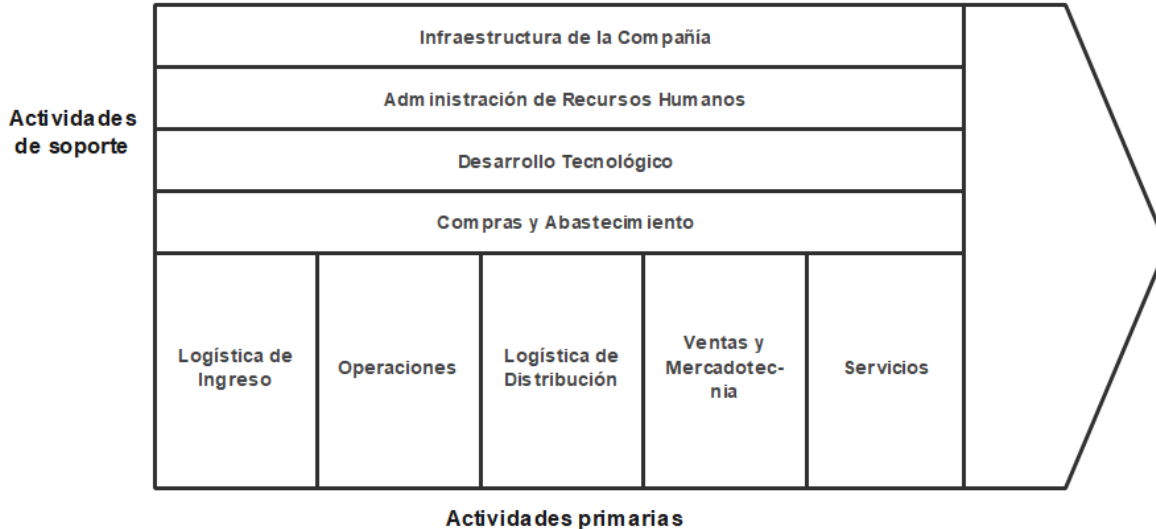


Ilustración 23 Estructura básica de la Cadena de Valor

Fuente: Autor

Las actividades primarias se dividen en cinco categorías.

1. Logística interna: Actividades relacionadas con recibo, almacenamiento y distribución de insumos de producto.
2. Operaciones: actividades relacionadas con la transformación de insumos en la forma final del producto. La producción es la elaboración de un producto o servicio.
3. Logística externa: actividades relacionadas con la recopilación, almacenamiento y distribución física del producto a sus compradores.
4. Mercadotecnia y ventas: actividades relacionadas con proporcionar un medio para el cual compradores pueden comprar el producto e inducirlos a hacerlo.
5. Servicio: consiste en actividades relacionadas con la presentación de servicios para realzar o mantener el valor del producto, como ofrecer atención y servicio después de la venta.

Las actividades de apoyo se dividen en 4 categorías:

1. Compras y abastecimiento: compra de insumos usados en la cadena de valor de la empresa.
2. Desarrollo de tecnología: son actividades que pueden ser agrupadas de manera general en esfuerzos para mejorar el producto y el proceso como los sistemas electrónicos.

3. Administración de recursos humanos: asegura que el negocio tenga el personal con las habilidades necesarias para llevar a cabo de manera eficaz sus actividades de creación de valor.
4. Infraestructura de la empresa: está conformada por actividades como administración general, planeación, finanzas, contabilidad, asuntos legales gubernamentales y administración de la calidad.

PARTE EXPERIMENTAL

Para la elaboración de la presente investigación se diseñó una metodología que permitió el desarrollo de esta. Se arrancó con la integración de los proveedores de manera tabular; posteriormente se dividieron y analizaron las actividades primarias y de soporte con ayuda de la propietaria del negocio, las actividades fueron tabuladas para facilitar su comprensión y finalmente se realizó el análisis correspondiente a la cadena de valor en general, resaltando sus fortalezas y áreas de oportunidad.

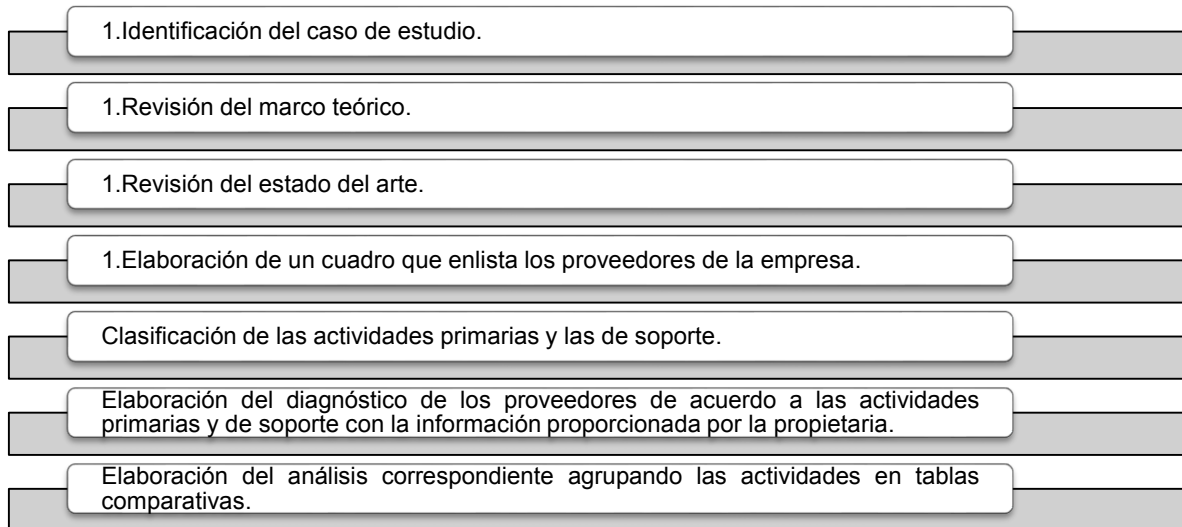


Ilustración 24 Metodología

Fuente: Autor

RESULTADOS

Actividades Primarias:

Dentro de la logística de ingreso del negocio en cuestión, se tomaron en cuenta las distancias del punto de envío al punto de entrega, en algunos casos la mercancía es enviada por paquetería, por lo que fue necesario medir la distancia del punto de envío al punto de entrega en la sucursal de la paquetería, y la distancia recorrida en autobús para recoger el pedido y llevarlo directamente a la tienda; se agrega también el tiempo promedio que dura el transporte de los productos, el embalaje y las actividades que se realizan una vez llegada la mercancía a la tienda. En la tabla 1 se muestra la logística de ingreso de la microempresa analizada.

<i>Proveedores</i>	Logística de ingreso					
	Paquetería	Autobús	Embalaje	Tiempo	Clasificación disponible/no disponible	Colocar precios
<i>Importación Vero</i>	326 km DHL o FedEx	29.8 km	Caja de cartón	1-2 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Importación Elena</i>	1654 km FedEx	29.8 km	Caja de cartón	1-2 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Importación Dulce</i>	1093 km DHL o FedEx	29.8 km	Caja de cartón	1-2 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Importación Susana</i>	1,212.6 km Estafeta	29.8 km	Caja de cartón	1-2 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Calzado Laberinto</i>	193 km Estafeta	29.8 km	Caja de cartón	2-3 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Berry Shoes</i>	300 km Castores		Caja de cartón	2-3 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Ropa Mony</i>		18.4 km	Bolsa de plástico	20 min	Inventario/exhibición	x
<i>Ropa Carlos</i>		18.4 km	Bolsa de plástico	20 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Omblico de Luna</i>				15 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Trajes de Baño</i>	1034 km FedEx	29.8 km	Caja de cartón	1-2 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Chapa de Oro</i>	366 km Estafeta	29.8 km	Caja de cartón	1-2 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Cosméticos NRC</i>		133.6 km	Bolsa de plástico	1 hr 20 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Cosméticos B</i>		133.6 km	Bolsa de plástico	1 hr 20 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Bisutería PE</i>		133.6 km	Bolsa de plástico	1 hr 20 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Bisutería Sh</i>		133.6 km	Bolsa de plástico	1 hr 20 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Bisutería TM</i>		133.6 km	Bolsa de plástico	1 hr 20 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Bisutería NC1</i>		133.6 km	Bolsa de plástico	1 hr 20 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Bisutería NC2</i>		133.6 km	Bolsa de plástico	1 hr 20 min	Inventario/ exhibición	x
<i>Cosméticos Beky</i>	617 km Estafeta	29.8 km	Caja de cartón	1-2 días hábiles	Inventario/apartados/exhibición	x
<i>Bolsas Tortuga</i>		29.8 km	Bolsa de plástico	20 min		

Tabla 24 Logística de ingreso

Fuente: Autor

En las operaciones se analizaron las actividades directas que realiza el negocio para comercializar los productos, ya que el giro de la empresa es comercial. Una vez que el cliente llega a la tienda se le brinda un saludo en el que se le pregunta qué es lo que necesita, posteriormente se le brinda el servicio que está buscando, como abonar a su cuenta, comprar un producto, apartar un producto, entre otras.

Dentro la logística de distribución se evaluaron tres procesos distintos:

1. El cliente llega directamente a la tienda y elige los productos por lo que no es necesario trasladar el producto por cuenta del negocio, una vez elegido el producto se empaca en bolsas, se cobra monto de compra y se le proporciona al cliente.
2. El producto es pedido vía internet que puede ser por Facebook y WhatsApp regularmente, se pacta la paquetería por la que será enviado, y una vez liquidado el monto de compra se envía por paquetería.
3. El cliente realiza su producto por internet, posteriormente se pacta un punto de común acuerdo con la propietaria (Uriangato y Moroleón) y se traslada el producto hasta la ubicación acordada.

Las ventas se realizan de forma virtual o físicas, mientras que en el área de mercadotecnia no cuenta con publicidad en papel, pero se realizan anuncios publicitarios pagados en Facebook, además de contar con una página oficial en esta red, además de Instagram y un usuario de WhatsApp exclusivo del negocio.

Dentro del servicio se tomó en cuenta la atención extra brindada al cliente además del servicio de venta. Éste incluye el resolver dudas respecto al uso de los productos, dar tips y brindar la mejor atención al cliente.

En la siguiente tabla se muestra el desglose de las actividades de operaciones, logística de distribución, ventas y mercadotecnia, y servicios.

<i>Pequeñas delicias</i>	
<i>Operaciones</i>	<p>Se atiende a las clientas con amabilidad intentando ayudar a encontrar lo que se desea.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Saludo a las clientas. 2. Preguntar: ¿qué puedo hacer por usted? 3. Mencionar la oportunidad de apartar un producto, plazo y monto mínimo para apartar. 4. Si apartan la mercancía: preguntar nombre y apellido, apuntarlo en la libreta de apartados, guardar la mercancía en una bolsa con el nombre de la clienta y cobrar el monto para apartar. 5. Si compra la mercancía: colocar los productos en bolsa y cobrar el monto total de la compra. 6. Agradecer la compra.
<i>Logística de distribución</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las clientas asisten directamente a la tienda y piden los productos que desean, se empaqueta la mercancía en bolsas, se recibe el dinero y se entrega el producto. 2. Los productos son pedidos por vía internet en WhatsApp o Facebook, se elige la paquetería de elección de la clienta, después de realizado el depósito de la compra se envía el producto, después se hace un seguimiento de compra. 3. El producto es pedido por vía internet WhatsApp o Facebook, después son entregados personalmente en Uriangato o Moroleón los jueves.
<i>Ventas y Mercadotecnia</i>	<p>Las mercancías son publicadas en Facebook, Instagram y WhatsApp, actualizando los catálogos de venta cuando las mercancías ya no están en la tienda o se han vendido. Se paga publicidad en Facebook por determinadas publicaciones, de ahí en fuera no se cuenta con más publicidad.</p> <p>Las ventas son virtuales o personales dentro de la tienda. Los precios se fijan dependiendo de los productos que se compran.</p>
<i>Servicios</i>	<p>Se escuchan las opiniones de las clientas buenas y malas, cuando llegan a la tienda se les brinda un saludo, después se muestran las mercancías de mejor agrado con la posibilidad de probarse la ropa y se muestran los zapatos para probarse. Después de elegido el producto se empaqueta, se hace la cuenta total, se le hace conocer a la clienta cuál es el monto de su compra, se recibe el dinero y se da el cambio si ese es el caso. Por último, se agradece por la compra.</p>

Tabla 25 Operaciones, logística de distribución, ventas y mercadotecnia, y servicios.

Fuente: Autor

Actividades de soporte:

La infraestructura de la compañía incluye el mobiliario básico que permite brindar el servicio como un mostrador, exhibidores, una vitrina, entre otros.

Se detectó que el área de administración de recursos humanos carece de un protocolo de reclutamiento y selección de personal, la propietaria realiza estas labores, al igual que una capacitación relacionada con el cómo brindar el servicio.

En el desarrollo tecnológico no se detectó algún sistema informático fijo dentro del negocio, como una computadora, las ventas, contabilidad e inventarios se realiza de manera manual. Cabe mencionar que la comunicación (en una parte) entre el negocio y las clientas es virtual.

Por otro lado, en compras y abastecimiento se detectaron dos tipos de compras, las físicas y las virtuales, muchas de las actividades realizadas se comparten para todos los proveedores.

1. Compras físicas: La propietaria acude directamente al punto de venta físico de su proveedor y realiza la selección y compra de la mercancía,
2. Compras virtuales: El proveedor envía un catálogo virtual con la mercancía de la temporada o disponible, este es compartido en las redes sociales y se levanta una orden de compra, puede añadirse algunos artículos que no fueron pedidos previamente. Posteriormente se realiza el pago del monto de compra y es enviado por paquetería, una vez llegado el paquete se recoge y se traslada a la tienda.

Se muestra un desglose de las actividades de soporte: infraestructura de la compañía, administración de recursos humanos y desarrollo tecnológico en la tabla 3 y posteriormente en la tabla 4 se detalla el proceso de compras.

	<i>Infraestructura de la compañía</i>	<i>Administración de Recursos Humanos</i>	<i>de Desarrollo Tecnológico</i>
<i>Pequeñas Delicias</i>	<p><i>La empresa cuenta con:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • una vitrina de 3m*0.5m*3.2m, • un mostrador de 1.8m*0.75m*1.5m, • una vitrina de 0.4m*0.95m*0.6m, • un baúl de 1.2m*0.5m*0.6 m • un estante de 0.5m*0.5m*1.6m • dos bancos para sentarse, • ocho brazos rectos para colgar ropa, • quince carriles para colgar ropa y • 4 ganchos 	El negocio no tiene criterios de selección de su personal, la dueña lo hace por afinidad o conocimiento previo de las personas, amigas o conocidas.	La empresa no cuenta con tecnología física como computadoras, pero su medio de comunicación es vía internet.

Tabla 26 Infraestructura de la compañía, administración de recursos humanos y desarrollo tecnológico
Fuente: Autor

<i>Compras y abastecimiento</i>									
	Proveedores físicos	catálogo digital	Publicar catálogo	Toma de órdenes de ..	Selección de pedido	Depósito anticipo)	Liquidar la compra	Recibo de paquete	Paquete en la tienda
<i>Importación Vero</i>		x	x	x	x		x	Moroleón	x
<i>Importación Elena</i>		x	x	x	x		x	Moroleón	x
<i>Importación Dulce</i>		x	x	x	x		x	Moroleón	x
<i>Importación Susana</i>		x	x	x	x		x	Moroleón	x
<i>Calzado Laberinto</i>		x	x	x	x	x	x	Moroleón	x
<i>Berry Shoes</i>		x	x	x	x	x	x	Tienda	
<i>Ropa Mory</i>	x				x		x		x
<i>Ropa Carlos</i>	x				x		x		x
<i>Ombigo de Luna</i>							N/A	Tienda	
<i>Trajes de Baño</i>		x	x	x	x		x	Moroleón	x
<i>Chapa de Oro</i>		x	x	x	x		x	Moroleón	x
<i>Cosméticos NRC</i>	x				x		x		x
<i>Cosméticos B</i>	x				x		x		x
<i>Bisutería PE</i>	x				x		x		x
<i>Bisutería Sh</i>	x				x		x		x
<i>Bisutería TM</i>	x				x		x		x
<i>Bisutería NC1</i>	x				x		x		x
<i>Bisutería NC2</i>	x				x		x		x
<i>Bolsas</i>		x	x	x	x		x	Moroleón	x
<i>Cosméticos Beky</i>		x	x	x	x		x	Moroleón	x
<i>Bolsas Tortuga</i>	x				x		x		x

Tabla 27 Compras y abastecimiento

Fuente: Autor

Análisis general

Se desarrolló una herramienta de diagnóstico que agrupa las actividades que realiza la empresa dentro de las cuales se encontró una coincidencia en la logística de ingreso, y compras y abastecimiento. Se detectó que no existe una correcta administración de RRHH puesto que no cuentan con un protocolo de contratación del personal y tampoco de capacitación. El negocio no cuenta con ningún tipo de tecnología (computadora) que le ayude a llevar una buena gestión de la contabilidad e inventarios, generando desperdicios. El proceso de compras y abastecimiento se realiza algunas veces dependiendo de los gustos de la dueña, provocando que una parte de la mercancía no sea vendida. Se localizó como fortaleza la implementación de estrategias para la venta de los productos, facilitando las cantidades de pago a plazos (tandas).

Infraestructura de la empresa La empresa cuenta con: un mostrador de 1.8m*0.75m*1.5m; una vitrina de 0.4m*0.95m*0.6m; un baúl de 1.2m*0.5m*0.6 m; un estante de 2m*1m*0.5 m; dos bancos para sentarse; ocho brazos rectos para colgar ropa; quince carriles para colgar ropa; y 4 ganchos.				
Administración de Recursos Humanos El negocio no cuenta con algún tipo de sistema de reclutamiento de personal. La propietaria capacita a las empleadas, mostrando las actividades a desarrollar.				
Desarrollo de Tecnología El negocio no cuenta con software o computadoras que permitan un mejor control del mismo. Sin embargo, la mayor comunicación con las clientas es vía internet.				
Compras y Abastecimiento 1. La dueña recibe un catálogo virtual que publica en redes sociales (FB y WhatsApp), toma las órdenes de las clientas, realiza el pedido a los proveedores, hace un depósito de compra, recibe el paquete en paquetería y lo lleva a la tienda. 2. La dueña acude al punto de venta físico del proveedor, realiza la compra, liquida el monto a pagar y lo lleva a la tienda.				
Logística de Ingreso Los suministros son enviados por paquetería, que son recogidos en la sucursal de Morléon o son comprados directamente por la dueña; como embalaje se utilizan cajas de cartón/bolsas de plástico; duración de transporte de 2 días	Operaciones Saludo inicial Preguntar ¿qué puedo hacer por usted? Mencionar que puede apartar el producto Si apartan mercancía seguir el procedimiento Si compran el producto, proceso de empaquetado Agradecer la compra	Logística de Distribución Las clientas asisten directamente a la tienda Los productos son pedidos vía internet. El producto es pedido por redes sociales y son entregados personalmente o la clienta lo recoge en la tienda.	Ventas y mercadotecnia Las ventas son personales o virtuales. La mercadotecnia se basa en anuncios pagados por FB o publicidad de redes sociales, además de tarjetas de presentación.	Servicio 1. Se toma en cuenta las sugerencias de las clientas. 2. Si la compra es física, se le brinda el mejor servicio. 3. Si la venta es virtual, se le da seguimiento a la compra.

Ilustración 25 Estructura general de la Cadena de Valor de Pequeñas Delicias

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

En esta investigación se configuró la cadena de valor dentro de una MIPyME del sur de Guanajuato a manera de diagnóstico, con la intención de registrar información, ya que como es común las microempresas no llevan a cabo registros de ningún tipo. La información fue recabada en dos meses de trabajo donde el investigador recabó la información mediante la observación dentro del negocio y la colaboración total de la propietaria en reuniones programadas, lo que permitió obtener información fehaciente dentro de la empresa respecto a las actividades señaladas por la cadena de valor. Esta herramienta trae grandes beneficios para la propietaria del negocio, porque, aunque realiza actividades que generan valor, no reconoce totalmente la importancia de éstas, y por medio del diagnóstico generado podrá analizar las fortalezas y áreas de oportunidad, así como eliminar aquellas acciones que no generan valor para los clientes e incorporar acciones que sí lo generen. Es importante señalar, que se utilizan todos los recursos que están al alcance del negocio, como lo son las redes sociales para ofertar y comercializar los productos de una manera más económica y eficaz, donde se ha logrado fidelizar a las clientas. Se observó que las clientas tienen muy buenas opiniones respecto al servicio y atención que el personal en general les brinda, así como por la diversidad de productos y marcas. Para obtener mejores resultados, se recomienda la implementación de un equipo de cómputo que le permita llevar un sistema de control de compras, ventas, inventarios, entre otros; por otra parte, brindar capacitaciones profesionales a las trabajadoras para mejorar la atención al cliente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barry, D., Ferreira, V., & Fernandes, E. (2018). Oil industry value chain simulation with learning agents. *Computers and Chemical Engineering*, 199-209.

2. Cano, P., Orue, F., Martínez, J., Mayett, Y., & López, G. (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Revista Contaduría y Administración*, 181-203.
3. Censos Económicos. (2014). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
4. Hill, C. W., & Jones, G. R. (2009). *Administración Estratégica*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
5. Huybretchs, D., Derden, A., Van den Abeele, L., Vander Aa, S., & Smets, T. (2018). Best available techniques and the value chain perspective. *Journal of Cleaner Production*, 847-856.
6. Jarvis, S. M., & Samsatli, S. (2018). Technologies and infrastructures underpinning future CO2 value chains: A comprehensive review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 46-68.
7. Kess, P., Law, K. M., Kanchana, R., & Phusavat, K. (2009). Critical factors for an effective business value chain. *Emerald*, 63-77.
8. Masamha, B., Thebe, V., & Uzokwe, V. (2018). Mapping cassava food value chains in Tanzania's smallholder farming sector: The implications of intra-household gender dynamics. *Journal of Rural Studies*, 82-92.
9. Milios, L. H., McKinnon, D., Christensen, C., Rasch, M., & Hallstrom, M. (2018). Plastic recycling in the Nordics: A value chain market analysis. *Waste Management*.
10. Nielsen, Max; Ankamah-Yeboah, Isaac; Staahl, Lisa; Nielsen, Rasmus. (2018). Price transmission in the trans-atlantic northern shrimp value chain. *Marine Policy*, 71-79.
11. Orr, A., Donovan, J., & Stoian, D. (2018). Smallholder value chains as complex adaptive systems: a conceptual framework. *Journal of Agrobusiness in Developing and Emerging Economies*, 14-33.
12. Porter, M. E. (1985). *Ventaja competitiva: Creacion y sostenibilidad de un rendimiento superior*. New York: Free Press.
13. Thorpe, J. (2018). Procedural Justice in Value Chains Through Public- private Partnerships. *World Development*, 162-175.
14. Valencia Maldonado, G., & Erazo, M. A. (2016). El reto de la planificación estratégica en las Pymes. *Revista Publicando*, 335-344.
15. Vilvert, E., Lana, M., Zander, P., & Sieber, S. (2018). Multi-model approach for assessing the sunflower food value chain in Tanzania. *Agricultural Systems*, 103-110.
16. Yu, C., & Luo, Z. (2018). What are China's real gains within global value chains? Measuring domestic value added in China's exports of manufactures. *China Economic Review*, 263-273.

APLICACIÓN DE MODELOS ESTADÍSTICOS EN LA COSECHA DE MORINGA OLEÍFERA EN INVERNADERO

Perla Mayara Alcalá González¹, Rubí Alcalá González¹, Guadalupe Esmeralda Alcalá González¹, Hilda Cristina Martínez Tovar¹, Elisabet Díaz Ramírez², Edgar Mauricio Guajardo Martínez² y Álvaro Castellanos Tovar²

¹Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera, ²Alumno del ITESRC.

RESUMEN

La presente investigación se realizó para comprobar con cual tipo de corte se obtendrá mayor materia prima de Moringa oleífera en invernadero. Actualmente en el municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila existe un invernadero con capacidad de producción de 2 hectáreas el cual cosecha nopal-verdura, espárragos y está empezando con la producción de moringa, son productos orgánicos, el objetivo de la investigación es maximizar la producción de hojas de moringa, su justificación requiere determinar un método de cultivo que satisfaga la demanda de moringa. La metodología se centra en dos Etapas. La etapa I, Determinar si hay diferencia entre los métodos de poda para que la planta de mayor rendimiento en gramos. Se tomaron datos durante aproximadamente 2 meses y pudimos concluir con un nivel de confianza del 95 % que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto, hay diferencia de medias entre los métodos 1 y 2 de poda para que la planta de mayor rendimiento en gramos. Posteriormente se continuo con la segunda etapa que consiste en la aplicación del diseño de experimentos del Dr. Genichi Taguchi aplicando un arreglo ortogonal, eligiendo L_42^3 y se inició planteando el diseño considerando 3 factores que son frecuencia de corte, tipo de corte y diámetro de tallo, con dos niveles cada uno, las corridas se observaron durante 3 meses y se tomaron los datos necesarios. Con lo anterior podemos concluir con un 95 % de confianza que las condiciones óptimas son: Frecuencia de tiempo: 15 días-tipo de corte hoja por hoja-Tallo grande, esta corrida optima de método de poda para la cosecha la utiliza el agricultor actualmente en el invernadero.

El proyecto es una investigación de campo, los recursos son el software minitab, báscula, flexómetro y vernier para la medición de las variables

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos mediante la agricultura es el sector primario para la subsistencia humana ya que sin alimentos no podemos sobrevivir, por esto es importante hacer más productivos los cultivos. La Moringa oleífera es una planta asiática comestible con muchas propiedades (Olson Mark E., 2011) actualmente esta planta se está sembrando en un invernadero en el ejido Santa María, municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila Sabiendo que la moringa prospera preferentemente en zonas tropicales con temperaturas mínimas por encima de los 15 °C, con una precipitación menor a los 1,000 mm y altitudes de hasta 600 msnm; en el estado de Coahuila las condiciones no son tan propias para el cultivo de esta planta por lo tanto en el invernadero se trata de adecuar el ambiente ideal para el cultivo y crecimiento de la misma.

Actualmente la producción de Moringa oleífera del invernadero se comercializa de tres formas las hojas de moringa en capsulas, té y semillas, desafortunadamente no se conoce con precisión cual método de poda es el adecuado para obtener una mayor producción, esta incógnita es lo que motiva a realizar la presente investigación, en la Región Carbonífera existen cultivos de moringa a cielo abierto, pero no hay invernaderos que se centren a la producción de esta, por lo tanto, la finalidad del proyecto es de tener un modelo de poda para la cosecha de Moringa oleífera, maximizando la producción de hojas de moringa en el invernadero de Agroindustrias SPR de RL en el ejido Santa María, municipio San Juan de Sabinas, Coahuila, determinando el método de poda (corte de la planta para su cosecha), el periodo de tiempo más adecuado y analizando los resultados obtenidos

TEORÍA

Originario de la India, el «árbol milagro» Moringa oleífera lleva ya varios siglos como parte de la horticultura tradicional del trópico seco mexicano, donde se cultiva principalmente para fines ornamentales. Con el reconocimiento reciente de sus propiedades nutritivas, farmacocinéticas e industriales, existe un creciente interés en fomentar su cultivo en México. (Cárdenas, 2016)

Los resultados indican que *M. oleífera* prospera preferentemente en zonas tropicales con temperaturas mínimas por encima de los 15 °C, con una precipitación menor a los 1,000 mm y altitudes de hasta 600 msnm.

Moringa oleífera es la especie más conocida de trece especies del género *Moringácea*. La *Moringa* tuvo un valor muy alto en el mundo antiguo. Los romanos, los griegos y los egipcios extrajeron aceite comestible de las semillas y lo usaron para perfume y loción. En el siglo 19, plantaciones de *Moringa* en el Caribe exportaron el aceite de la planta hacia Europa para perfumes y lubricantes para maquinaria. La gente del sub-continente de India ha ocupado las vainas de *Moringa* como comida. Las hojas comestibles se consumen en muchos países de África occidental y partes de Asia.

Especie: *Moringa oleífera*

Familia: *Moringácea*

Rango: Indígena al subcontinente de India y naturalizada en áreas tropicales y subtropicales en todas partes del mundo.

Características: Árbol o arbusto caduco, crecimiento rápido, resistente a la sequía, altura promedio de 12 metros en su madurez.

Variedades: Hay doce especies adicionales de *Moringa* que también son conocidas: *Moringa arbórea*, *Moringa Borziana*, *Moringa concanensis*, *Moringa drouhardii*, *Moringa hildebrandtii*, *Moringa longituba*, *Moringa ovalifolia*, *Moringa peregrina*, *Moringa pygmaea*, *Moringa rivae*, *Moringa ruspoliana*, *Moringa stenopetala*.

Todas las partes de la planta son útiles, cada parte del árbol *Moringa* tiene sus propiedades benéficas para la humanidad. La gente en diferentes sociedades en todas partes del mundo ha utilizado estas propiedades. Aunque el enfoque de este libro es sobre las hojas, las otras partes del árbol también merecen estudios adicionales. (Puentes, 2014)

La *moringa* es conocida como “el árbol de la vida” o “el árbol milagroso”. Actualmente existen solamente trece especies dentro del género *moringa*, la más popular de éstas es la *moringa* “oleífera”, originaria de la región del Himalaya, en India; sin embargo, se ha vuelto nativa en muchos países de África, Asia, la zona del Pacífico, las Islas del Caribe y América del Sur.

Este árbol es de crecimiento muy rápido, en el primer año se puede desarrollar y crecer hasta 4 metros. Crece en áreas semiáridas o propensas a la sequía puesto que prefiere suelos bien drenados, beneficiándose de algún riego esporádico, tolera suelos arcillosos, pero no encharcamientos prolongados.

La *moringa oleífera* se está revelando como un recurso muy valioso para prevenir la desnutrición y múltiples patologías, como la ceguera infantil asociada a carencias de vitaminas, regula el azúcar, normaliza la presión arterial, combate tumores y cáncer; tiene propiedades antivirales, antiinflamatorias y de antienvjecimiento, previene un sinfín de enfermedades ocasionadas por la ausencia de elementos esenciales en la dieta.

Todas las partes de la planta son comestibles, el contenido de proteínas, vitaminas y minerales es sobresaliente. La *moringa* se ha utilizado en programas gubernamentales en África y Asia (India, Mauritania, Senegal) para apoyar regiones con alto nivel de desnutrición. (Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 2017)

Moringa oleífera: Conocido como *moringa* o *malungay*, es un árbol originario de norte de India. Crece en casi cualquier tipo de tierra, incluso en condiciones de sequía, por eso los científicos recomiendan a las poblaciones que lo cultiven para alimentarse. El sabor de la *moringa* es agradable y sus partes se pueden comer crudas, especialmente las hojas y flores (que son de color crema y aparecen principalmente en épocas de sequía, cuando el árbol suele perder las hojas) o cocidas de varias formas (por ejemplo, en guisos). Las flores son ricas en carbohidratos y tienen un buen sabor, se pueden mezclar con huevos batidos y hacer una tortilla. Las hojas pueden usarse para ensaladas, tienen un gusto suavemente picante (una mezcla entre berro y rabanito). Además, da fruto en forma de vainas que estando verdes se pueden cocer y tienen gusto parecido a las *chau-chas*, cuando están maduras se hierven con un poco de sal, se abren y se extraen las semillas ya listas para consumir, de sabor parecido al garbanzo y también se pueden tostar. Las raíces son comestibles, parecen zanahorias, pero de gusto picante. (Wikipedia, 2017)

Cuando las plantas alcanzan una altura de 60 cm en el campo principalmente, pellizcar (CORTAR) la rama principal a 10cm de punta de la parte superior. Esto se puede hacer usando los dedos ya que el crecimiento terminal es tierno, desprovista de fibra de la corteza y frágil, y por lo tanto fácil de

romper. Una cizalla o de hoja de cuchilla también se pueden utilizar. Ramas secundarias comenzarán a aparecer en el tallo principal por debajo del corte alrededor de una semana más tarde. Cuando alcanzan una longitud de 20 cm, cortar estas de vuelta a 10cm. Utilice una hoja afilada y hacer un corte oblicuo. Aparecerán las ramas terciarias, y estos también deben ser pellizcados de la misma manera. Este pellizco, hecho en cuatro ocasiones antes de que aparezcan las flores (cuando el árbol es de unos tres meses de edad), fomentará el árbol para convertirse en forma de copa y así produce muchas vainas de fácil acceso. Podas ayuda al árbol de desarrollar un marco fuerte de producción para maximizar el rendimiento. Si el aplastamiento no se hace, el árbol tiene una tendencia a tirar para arriba verticalmente y crecer en altura, con flores dispersas y algunas frutas que se encuentran sólo en la parte superior.

Siembra directa de moringa en macetero o jardín

Árboles de Moringa se pueden plantar en jardines, sistema de la raíz del árbol no compite con otros cultivos por los nutrientes de la superficie y la sombra la luz proporcionada por el árbol será beneficioso para los vegetales que son menos tolerantes a la luz solar directa. Para aquellas personas que desean tener solo algunos árboles para consumo personal se recomienda sembrar la moringa en su jardín, y si no tuviese jardín se puede hacerlo en una maceta, preferiblemente ubicada en una azotea o patio, donde tenga bastante luz solar directa. Si se dispone de agua para riego (es decir, en un jardín del patio trasero), árboles de moringa se pueden sembrar directamente y se cultivaron en cualquier momento durante el año. Prepare un hoyo de plantación en primer lugar, el agua, y luego rellenar el hoyo con tierra vegetal mezclada con composta o estiércol antes de plantar las semillas. En un campo grande, árboles pueden sembrarse directamente en el comienzo de la estación húmeda.

Recuerde podar la parte superior del árbol de moringa, para que broten ramas por los lados, si no se hace esto, la moringa tiende a crecer hacia arriba en una forma larguncha. (summ, s.f.)

La Moringa tolera un amplio rango de condiciones climáticas y de suelo. Crece en lugares con precipitación que varía desde 250 hasta 3,000 mm de lluvia. La planta es propia de las tierras bajas y cálidas, pero se le puede encontrar en terrenos soleados a alturas de hasta 200 msnm.

Se ha adaptado a condiciones de suelo del trópico húmedo, seco y árido e incluso crece en suelos pesados hasta 1,300 msnm pero a esta altitud no se desarrolla como en las zonas bajas más cálidas. La planta se adapta a suelos duros o pesados, suelos con poca capacidad de retención de humedad y hasta en aquellos que presentan poca actividad biológica. En términos generales, el terreno donde se planta debe poseer un buen drenaje ya que esta planta no soporta el encharcamiento. Cuando la planta encuentra condiciones óptimas de humedad y nutrientes puede crecer hasta más de tres metros en nueve meses.

Cultivo y propagación

Es una planta de rápido crecimiento y fácil de propagar, tanto por semilla como por material vegetativo. Las semillas se seleccionan tomando en cuenta tres variables importantes, según la experiencia de los agricultores en el campo. Estas fueron tomadas en cuenta durante la experimentación y son las siguientes:

- Vainas de mayor tamaño
- Semilla proveniente de la parte central de la vaina que son generalmente las semillas grandes.
- Brillo de la semilla.

Durante el mes de agosto se puede empezar a identificar los mejores árboles productores de semilla, según el desarrollo y abundancia de flores. La época de producción de la semilla es a partir de octubre cuando empieza a madurar, prologándose hasta el mes de abril del siguiente año. La siembra directa –en campo definitivo–, se recomienda siempre y cuando existan condiciones para el control de insectos y la disponibilidad de la semilla sea abundante (50% más de la que se necesite), esto para compensar las pérdidas que puedan existir. En caso contrario, es mejor optar por la preparación de viveros. Al tener los cuidados necesarios las plantas, éstas pueden alcanzar alturas superiores a los cuatro metros en siete meses.

Moringa oleifera en el campo de la medicina.

Danay Castro Iglesias, especialista en Medicina Interna, explicó que los estudios comenzaron en septiembre del 2011 en 200 pacientes de la entidad con padecimientos de diabetes mellitus e hipertensión, principalmente.

La experta explicó que el consumo diario de 20 gramos de moringa verde ayudó al control de la presión y el peso corporal en las personas atendidas en la investigación.

Reiteró, además, la importancia de la realización sistemática de ejercicios físicos y el consumo adecuado de minerales y vegetales en la alimentación para un mejor tratamiento de estas enfermedades.

Pedro Llerena Fernández, director general de la prestigiosa institución, señaló que aún falta mucho por investigar y descubrir de este “árbol milagroso”, como muchos comienzan a llamarlo en el mundo. (Iglesias, 2012)

PARTE EXPERIMENTAL

El tipo de investigación fue experimental los datos obtenidos son en base al peso en gramos, es cuantitativa porque las variables que se están estudiando se representan en cantidades tales como peso y diámetro. Transversal la recopilación de datos se dio en diferentes tiempos. El Tipo de muestreo es Intencional u Opinático se escogieron plantas de Moringa oleífera las cuales deberían ser mayor a un metro para poder hacer el estudio, en buenas condiciones, que no estuvieran secas o sin hojas. Tomando en cuenta las opiniones del encargado del invernadero para poder hacer el estudio.

Selección de instrumentos de investigación

Las técnicas de investigación para obtener la información de los elementos de investigación fueron observación al momento de cortarlas plantas de moringas de moringa y ver su crecimiento.

Selección de variables en estudio

Las variables en estudios son: Tipo de corte, tiempo de corte, y diámetro del tallo.

Las variables de acuerdo con el manejo agronómico como lo son el agua, nutrientes, control de plagas y enfermedades no son tomadas en cuenta ya que son características que se utilizan en los dos métodos

Plan de recolección de información

En la primera etapa se selecciona 8 plantas la recopilación fue durante un periodo de 2 meses, utilizando dos métodos de corte, el primero consiste en cortar el árbol a 1 metro de altura ya cortado el árbol se prosigue a deshojar los resultados del análisis de varianza se muestran en la tabla 1. El segundo método consiste en corta hoja en hoja, hasta dejarla sin hojas esto fue durante 5 visitas al invernadero y se documenta el peso de las hojas después de comprobar que si existía diferencia se prosigue a una segunda etapa utilizando un arreglo ortogonal L_42^3 , 3 factores frecuencia de corte, tipo de corte y diámetro del tallo con 2 niveles cada factor como se muestra en la Tabla 2

	Método 1 (gr)	Método 2 (gr)
1	180	280
2	160	240
3	190	300
4	225	259
5	146	216

Tabla 1 Resultados del análisis de varianza

Frecuencia de Corte	Tipo de Corte	Diámetro de tallo	Resultado 1	Resultado 2
15 días	método1	chico	3	25
15 días	método2	grande	71	82
30 días	método1	grande	0	92
30 días	método2	chico	62	0

Tabla 2 Resultados de corridas etapa 2

Análisis de datos

En la primera etapa se utilizó una ANOVA de un solo factor como se muestra en la tabla 3, Con lo anterior podemos concluir, con un nivel de confianza del 95% que hay diferencias de medias entre los métodos 1 y 2 de poda, para que la planta de mayor rendimiento en gramos

ANOVA unidireccional: Método 1 (gr), Método 2 (gr)					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	1	15524	15524	15.50	0.004
Error	8	8013	1002		
Total	9	23536			

S = 31.65 R-cuad. = 65.96% R-cuad. (ajustado) = 61.70%
ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95%
Método 1 (gr)	5	180.20	30.33	(-----*-----)
Método 2 (gr)	5	259.00	32.91	(-----*-----)

160 200 240 280

Tabla 3 Análisis de varianza etapa 1

En la segunda etapa se realizó un diseño de experimento con un arreglo ortogonal L_{42^3} del método Taguchi los resultados se presentan en la tabla 4 y 5 Con lo anterior podemos concluir con un 95% de confianza que las condiciones óptimas son: Frecuencia de tiempo 15 días, tipo de corte hoja por hoja, Tallo grande.

Tabla de respuesta para medias

Diámetro	Frecuencia		Tipo de
	de Corte	Corte de tallo	
Nivel			
1	45.25	30.00	22.50
2	38.50	53.75	61.25
Delta	6.75	23.75	38.75
Clasificar	3	2	1

Tabla 4 Tabla de respuestas para medias

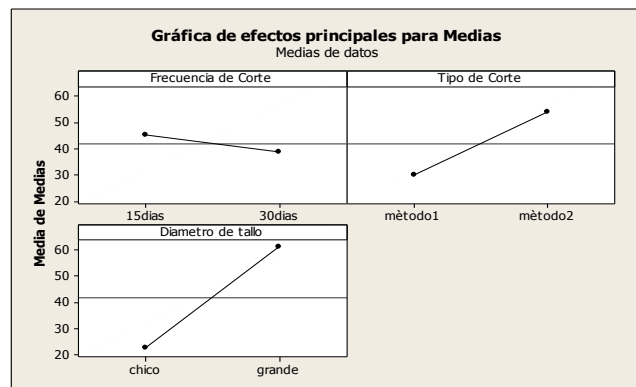


Tabla 5 Gráfica de efectos principales etapa 2

RESULTADOS

Se obtuvo una corrida óptima para el método de corte de la cosecha de Moringa oleífera, basado en el modelo de predicción resultado del diseño de experimentos, la cual es frecuencia de corte cada 15 días, tipo de corte método 2 y Diámetro de tallo grande con una media de producción de 76.5 gramos, método actual que se utiliza en el invernadero en el ejido Santa María, Municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila

CONCLUSIONES

El trabajo de investigación presentado anteriormente tuvo como objetivo Maximizar la producción de hojas de moringa prediciendo un método óptimo de poda en el invernadero de Agroindustrias SPR de RL en el ejido Santa María, municipio San Juan de Sabinas, Coahuila, el utilizar herramientas estadísticas nos da la certeza de elegir y descartar variables dentro de la investigación, las cuales nos ayudan a definir la corrida óptima conocer si existe variación significativa entre las variables. Se recomienda seguir analizando otras variables dentro de este proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cárdenas, M. E. (16 de Mayo de 2016). *www.sciencedirect.com*. Obtenido de <http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/viewFile/1367/1328>
2. Iglesias, D. D. (29 de 11 de 2012). Obtenido de <http://www.cubadebate.cu/noticias/2012/11/29/explican-cientificos-cubanos-propiedades-medicas-de-la-moringa/#.WbgG9JccFMs>
3. Montesinos, S. (2 de 2010). <http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2010/REVISTA%2002/22%20MORINGA.pdf>.
4. Puentes, J. p. (23 de 06 de 2014). <http://revistamito.com/la-moringa-un-nuevo-recursos-vegetal-para-la-alimentacion-la-salud-humana-y-la-generacion-de-energia-renovable/>.
5. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*. (12 de 09 de 2017). Obtenido de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=4122>
6. (2007). *Seis Sigma*. En E. J. Vázquez, *Seis sigma*. Limusa.
7. summ, d. (s.f.). http://www.monografias.com/trabajos_101/moringa-oleifera-tutorial-siembracuidados-y-usos/moringa-oleifera-tutorial-siembracuidados-y-usos.shtml.
8. *Wikipedia*. (2017).

MEJORA DEL COMPORTAMIENTO MULTIFERROICO DE YFeO₃ MEDIANTE DOPAJE CON Bi³⁺

O. Rosales-González^{1,*}, A. M. Bolarín-Miró¹, F. N. Tenorio-González², C.A. Cortés-Escobedo³, F. Sánchez-De Jesús¹

¹Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Mineral de la Reforma, 42184. Hidalgo, México. Tel. +527717172000 ext. 22800

²Universidad Politécnica de Tecámac, Departamento de Ingeniería Avanzada, 55740. Tecámac de Felipe Villanueva, México

³Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación e Innovación Tecnológica, 02250. Ciudad de México, México

RESUMEN

En este trabajo se analizó el efecto del dopaje con Bi³⁺ sobre el comportamiento ferroeléctrico y ferromagnético de la YFeO₃ (Y_{0.7}Bi_{0.3}FeO₃, YBiFO). La síntesis se llevó a cabo mediante molienda de alta energía durante 5 h. Los polvos molidos y compactados se sinterizaron en un rango de temperaturas desde 500 °C hasta 800 °C. Los resultados de difracción de rayos X (DRX) confirmaron la formación de la fase ortorrómbica, YBiFO a 700 °C, y la transformación parcial de la YBiFO hacia Y₃Fe₅O₁₂ (YIG) con una temperatura de 800 °C. Los ciclos de histéresis magnético muestran un cambio en el comportamiento magnético dependiendo de la temperatura de tratamiento térmico. Los resultados de la evaluación de las propiedades dieléctricas, indican que el material dopado presenta buenas características ferroeléctricas, con valores de constante dieléctrica aceptables como multiferroico (~43) a bajas frecuencias y bajas pérdidas dieléctricas ~5.

INTRODUCCIÓN

Los materiales multiferroicos son aquellos que presentan en su estructura dos de los llamados ordenes ferroicos (ferromagnetismo, ferroelectricidad o ferroelasticidad), siendo de especial interés aquellos que muestran un comportamiento ferro/antiferromagnético y ferroeléctrico, además de que estos dos órdenes se acoplen. El interés en los materiales multiferroicos, surge como consecuencia de la búsqueda de nuevos materiales para el desarrollo de dispositivos que permitan una mayor cantidad de almacenamiento de información y que sean más veloces que los existentes en la actualidad [1].

De entre los materiales multiferroicos conocidos a la fecha, la ferrita de bismuto (BiFeO₃) es la más interesante e investigada, ya que es un material monofásico que muestra propiedades multiferroicas (polarización eléctrica y antiferromagnetismo) a temperatura ambiente. A pesar de ello, aún presenta retos que superar para obtenerla pura, debido a que durante su síntesis se pueden producir con facilidad fases secundarias como silenita y mulita, las cuales perjudican las propiedades multiferroicas de la BiFeO₃ [2,3]. La ortoferrita de itrio (YFeO₃) pertenece a la segunda generación de materiales multiferroicos, y al igual que la BiFeO₃, es un material monofásico que presenta comportamiento multiferroico a temperatura ambiente. La YFeO₃ posee una estructura centrosimétrica tipo *Pnma* o *Pbnm*, debido a lo cual se espera que presente ferroelectricidad, sin embargo, múltiples estudios muestran que puede llegar a tener un comportamiento ferroeléctrico a temperatura ambiente asociado a distorsiones estructurales. Adicionalmente, trabajos de investigación muestran que el comportamiento magnético y dieléctrico de la YFeO₃ se puede modificar por medio del dopaje con distintos cationes [4-6].

PARTE EXPERIMENTAL

Se emplearon óxidos metálicos como precursores Fe₂O₃ (Sigma Aldrich, pureza 99%), Y₂O₃ (Sigma Aldrich, pureza 99%) y Bi₂O₃ (Sigma Aldrich, pureza 99%). Estos polvos fueron mezclados en cantidades estequiométricas para obtener Y_{0.7}Bi_{0.3}FeO₃.

Un total de 5 g de mezcla junto con bolas de 1.27 cm de diámetro fueron introducidos en un vial cilíndrico de acero (50 cm³) a temperatura ambiente y fueron molidos por 5 h usando un molino de alta energía (SPEX modelo 8000D). Los polvos fueron compactados en pastillas usando una matriz de 10 mm de diámetro empleando una carga de 1500 MPa con una prensa hidráulica. Después de ello las muestras fueron sinterizadas por 6 h a diferentes temperaturas en un rango de 500 a 800 °C

con incrementos de 100 °C. Para la medición de las propiedades dieléctricas los compactos fueron recubierto mediante sputtering usando un blanco de una aleación de Au-Pt en un equipo Quarom por 120 s.

La caracterización de la estructura cristalina de los materiales se llevó a cabo con un difractómetro de rayos-X marca Bruker D-8 con una radiación de Cu (λ :1.548 Å) en el rango de 20 a 80 °. La caracterización magnética fue llevada a cabo a temperatura ambiente por medio de magnetometría de muestra vibrante (VSM) en un magnetómetro Microsense EV7 en un rango de campo de ± 18 kOe. Las mediciones dieléctricas fueron tomadas usando un LCR HiTESTER marca HiOKI en un rango de 5×10^1 Hz a 5×10^6 Hz.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra los difractogramas obtenidos de las diversas muestras sintetizadas, se han incluido los difractogramas de la mezcla de precursores, así como el correspondiente a los polvos obtenidos directamente de molienda sin tratamiento térmico, con el fin de tener una medida de comparación. Tal como se observa, la mezcla de precursores muestra únicamente picos correspondientes a las fases cristalinas de los óxidos empleados Bi_2O_3 (ICSD #15072, *P1 21/c1*), Fe_2O_3 (ICSD #3364, *R3cH*) y Y_2O_3 (ICSD #27772, *1a-3*) sin ningún tipo de impurezas. Después de 5 h de molienda mecánica de alta energía, los difractogramas obtenidos muestran gran amorfización en su estructura, lo cual se observa por el ensanchamiento de los picos y el incremento en el ruido. En el polvo molido es posible detectar picos residuales correspondientes a los precursores empleados. La amorfización y los picos residuales disminuyen conforme se incrementa la temperatura de tratamiento, siendo a 700 °C temperatura a la cual se identifica que el material formado corresponde a la YFeO_3 (ICSD #80865, *Pbnm*), a pesar de lo cual se observa un pequeño pico a 35.66 ° correspondiente a hematita que no ha reaccionado completamente.

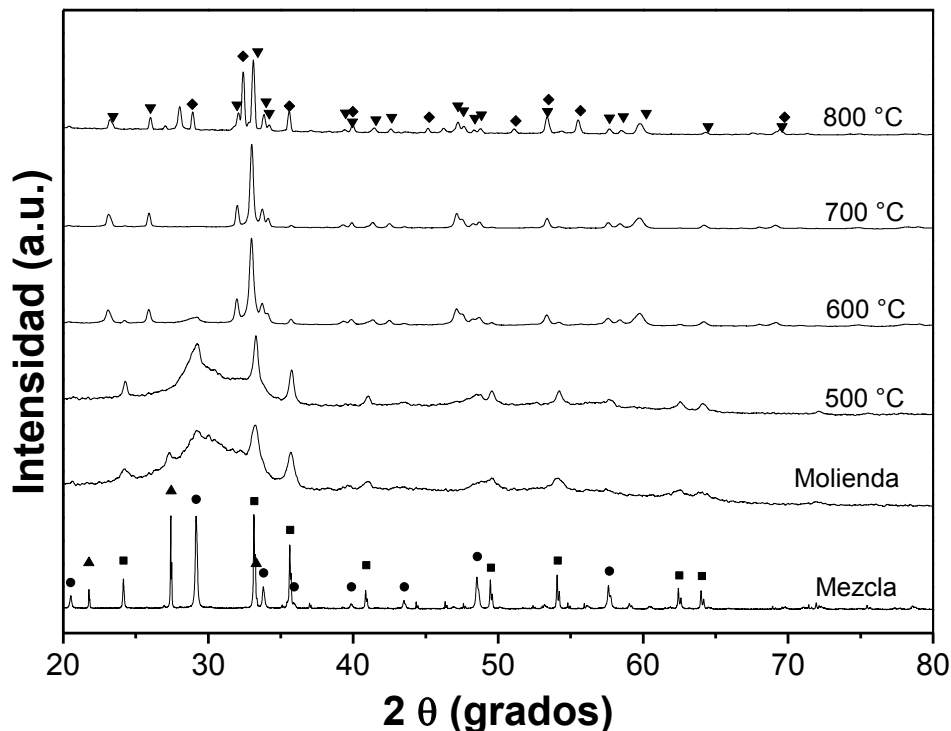


Figura 19 Patrones de difracción de los diversos polvos de $\text{Y}_{0.7}\text{Bi}_{0.3}\text{FeO}_3$ tratados térmicamente

Cuando se incrementa la temperatura hasta 800 °C, aparece ferrita de hierro-ytrio con estructura granate, YIG ($\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, ICSD #2012, *R-3c*), como fase secundaria, compuesto intermetálico de mucha aplicación tecnológica. Adicionalmente, en el difractograma de la muestra tratada a 800 °C, se detecta un pico correspondiente a Bi_2O_3 en 27.97 °. La presencia de estas dos fases se puede

asociar a que la estructura ortorrómbica de la $YFeO_3$ puede ser fácilmente desestabilizada a dicha temperatura por la presencia de Bi^{3+} , el cual es muy volátil y es esperable que salga de la estructura y forme Bi_2O_3 , esta misma desestabilización de la estructura genera la aparición de YIG, lo cual resulta congruente con el diagrama de fases para $Y_2O_3-Fe_2O_3$ [7], donde un ligero cambio en la estequiometría genera un desplazamiento hacia la zona de estabilidad bifásica de YIG y $YFeO_3$.

En la Figura 2 se presentan los ciclos de histéresis magnéticos obtenidos de los polvos tratados térmicamente. Tal como se observa, conforme se incrementa la temperatura de tratamiento térmico, se reduce considerablemente la magnetización específica, lo cual se atribuye a la síntesis y formación de la estructura ortorrómbica de la $YFeO_3$, la cual presenta un comportamiento antiferromagnético. Sin embargo, como se puede observar en el inserto de la figura 2, los ciclos de histéresis para las muestras a 600 y 700 °C, aún muestran un comportamiento ligeramente ferromagnético, a pesar de poseer una estructura ortorrómbica casi en su totalidad. El ligero comportamiento ferromagnético de la muestra tratada a 700 °C, se puede explicar de acuerdo a la interacción Dislayoshiki-Moriya, originada a partir de una interacción de superintercambio propiciada por el enlace existente entre Fe-O-Fe, localizado en el vértice compartido entre dos octaedros adyacentes, en el cual el Fe se encuentra en el centro rodeado por seis oxígenos en los vértices, uno de los cuales se comparte generando el enlace anteriormente mencionado [4]. La interacción Dislayishiki-Moriya produce una inclinación en la estructura cristalina, particularmente en los sitios ocupados por los cationes de hierro, que genera que los momentos magnéticos del Fe^{3+} no se cancelen completamente, produciendo el comportamiento magnético observado, ligeramente ferrimagnético [8]. El dopaje con iones Bi^{3+} , los cuales al poseer un radio atómico mayor (1.03 Å) que el Y^{3+} (0.90 Å) de igual manera induce una distorsión en la estructura, promoviendo la inclinación de ésta, propiciando que no se cancelen los momentos magnéticos. El ciclo de histéresis para la muestra tratada a 800 °C muestra un comportamiento característico de la fase YIG, encontrando grandes magnetizaciones específicas de saturación con campo coercitivos pequeños [9]. La Tabla 1 resume los valores de magnetización de saturación, magnetización remanente y campo coercitivo de los ciclos mostrados en la figura 2.

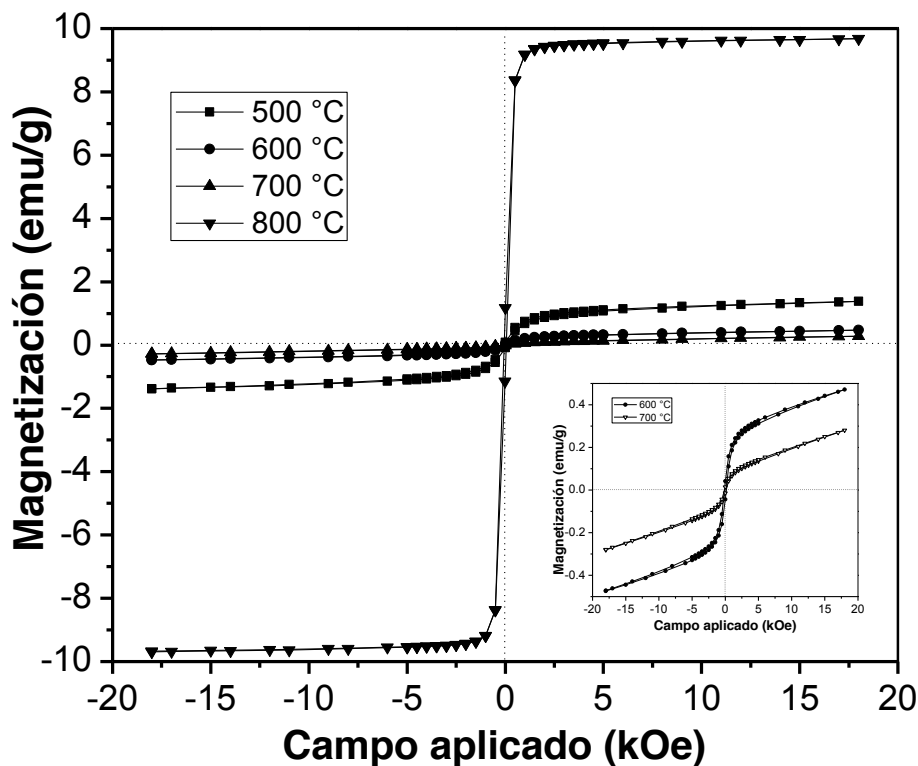


Figura 20 Ciclos de histéresis de los diversos polvos de $Y_{0.7}Bi_{0.3}FeO_3$ tratados térmicamente

Tabla 28 Magnetización de saturación (M_s), Magnetización remanente (M_r) y campo coercitivo (H_c) extraídos de los ciclos de histéresis magnético mostrados en la figura 2

Temperatura tratamiento (°C)	M_s (emu/g)	M_r (emu/g)	H_c (Oe)
500	1.37	0.056	180
600	0.47	0.043	290
700	0.28	0.015	250
800	9.68	1.35	130

La caracterización dieléctrica se realizó únicamente a la muestra correspondiente a los tratados térmicamente a 800 °C, esto debido a que es la que presenta una mayor magnetización específica de saturación, siendo de mayor interés. La constante dieléctrica (ϵ_r) y las pérdidas ($\tan \delta$) en función de la frecuencia se presentan en la Figura 3. Como se puede observar las pérdidas dieléctricas ($\tan \delta$) muestra una dependencia clara con la frecuencia, disminuyendo cuando se incrementa ésta, hasta adquirir valores menores a 0.1 por encima de los 7×10^3 Hz. De igual manera, la constante dieléctrica muestra una dependencia con la frecuencia, mostrando una disminución en el rango de 5×10^1 - 1×10^4 posterior a lo cual se incrementa de manera drástica. Este comportamiento puede ser atribuido a la presencia de fases secundarias, lo cual fue confirmado en los difractogramas mostrado en la figura 1.

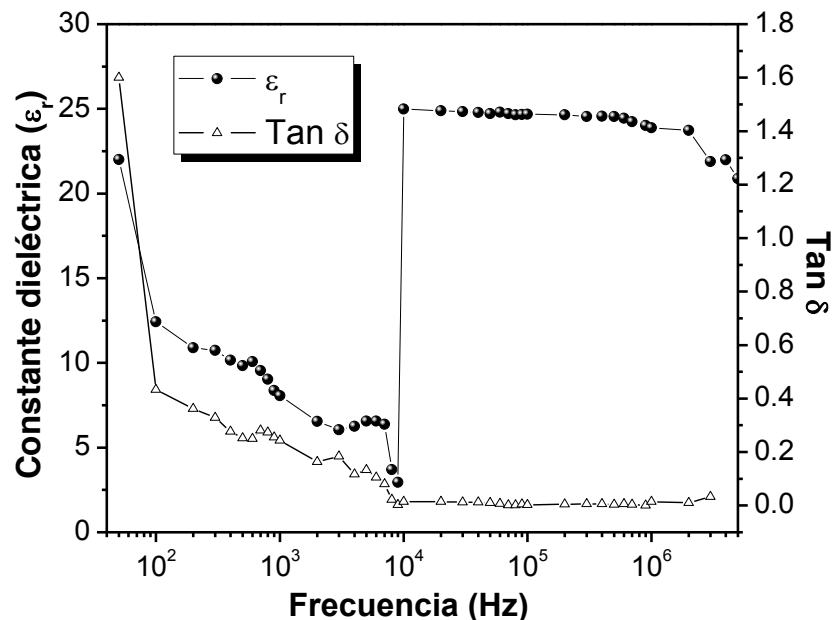


Figura 21 Mediciones dieléctricas de la muestra seleccionada $Y_{0.7}Bi_{0.3}FeO_3$ tratado térmicamente a 800 °C

CONCLUSIONES

Se sintetizó de manera satisfactoria $Y_{0.7}Bi_{0.3}FeO_3$ por medio de molienda mecánica de alta energía asistida con tratamiento térmico a diferentes temperaturas, desde 500 hasta 800 °C. La mezcla molida y tratada a 700 °C presenta la mayor cantidad de ortoferrita, tratamientos por encima de esta temperatura promueven una desestabilización de la estructura cristalina, produciendo la precipitación de YIG y Bi_2O_3 como fases secundarias. La magnetización se ve incrementada en gran medida cuando se tiene YIG como fase secundaria, alcanzando valores de magnetizaciones específicas muy elevadas para este tipo de material (~ 10 emu/g). Las mediciones dieléctricas realizadas a la muestra tratada a 800 °C revelan una disminución de las pérdidas con la frecuencia, las cuales se mantienen constantes e iguales a un valor de $\sim 19 \times 10^{-3}$ a frecuencias superiores a 7×10^3

Hz. Paralelamente, se observa una disminución de la constante dieléctrica con la frecuencia, hasta un mínimo de 2.5, observando un incremento repentino a frecuencias superiores a 7×10^3 Hz, alcanzando valores de constante dieléctrica constante e igual a 25. Se pudo corroborar el efecto de la adición de iones Bi^{3+} en el comportamiento magnético y dieléctrico de la YFeO_3 generando desestabilización en la estructura, pero de igual manera incrementando sus propiedades magnéticas y dieléctricas.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. Bibes, A. Barthélémy, "Multiferroics: Towards a magnetoelectric memory", *Nat. Mater.*, Vol. 7, 2008, pp. 425–426.
2. Pedro-García, F. Sánchez-De Jesús, C.A. Cortés-Escobedo, A. Barba-Pingarrón, A.M. Bolarín-Miró, "Mechanically assisted synthesis of multiferroic BiFeO_3 : Effect of synthesis parameters", *J. Alloys Compd.*, Vol. 711, 2017, pp. 77–84.
3. M.S. Bernardo, "Synthesis, microstructure and properties of BiFeO_3 -based multiferroic materials: A review", *Bol. La Soc. Esp. Ceram. Y Vidr.*, Vol. 53, 2014, pp. 1–14.
4. Deka, S. Ravi, A. Perumal, D. Pamu, "Effect of Mn doping on magnetic and dielectric properties of YFeO_3 ", *Ceram. Int.*, Vol. 43, 2017, pp. 1323–1334.
5. S. Madolappa, B. Ponraj, R. Bhimireddi, K.B.R. Varma, "Enhanced magnetic and dielectric properties of Ti-doped YFeO_3 ceramics", *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 100, 2017, pp. 2641–2650.
6. A.M. Bolarín-Miró, F. Sánchez-De Jesús, C.A. Cortés-Escobedo, R. Valenzuela, S. Ammar, "Structure and magnetic properties of $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{FeO}_3$ obtained by mechanochemical synthesis", *J. Alloys Compd.*, Vol. 586, 2014, pp. S90–S94.
7. V.I. Popkov, O. V. Almasheva, A.S.S.D.G. Kellerman, "Magnetic properties of YFeO_3 nanocrystals obtained by different soft-chemical methods", *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, Vol. 28, 2017, pp. 7163–7170.
8. M. Levin, C. R. Robbins, H. F. McMurdie, "Phase Diagrams for Ceramists", The American Ceramic Society, Columbus, Ohio, USA, 1964.
9. C.A. Cortés-Escobedo, A.M. Bolarín-Miró, F. Sánchez-De Jesús, R. Valenzuela, E.P. Juárez-Camacho, I.L. Samperio-Gómez, S. Ammar, " $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ Prepared by Mechanochemical Synthesis from Different Iron Sources", *Adv. Mater. Phys. Chem.*, Vol. 3, 2013, pp. 41–46.

MODELADO Y DISEÑO DEL ACCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA PARA APLICACIONES EN ROBOTS PLANARES.

Ana Paola Vázquez Venegas, Gerardo Vázquez Guzmán, José Miguel Sosa Zúñiga, Mario Alberto Juárez Balderas

Laboratorio de Eléctrica y Electrónica de Potencia (LEEP)
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.

RESUMEN

El presente trabajo reside en el estudio, diseño e implementación de un convertidor de potencia para el control de motores de corriente directa (CD) en robots planares. Primeramente, se realiza una investigación general sobre los antecedentes relacionados con el diseño de robots y el tipo de motores que se implementan en estos sistemas. Para hacer una selección adecuada del motor se analizan las principales características y el principio de funcionamiento, después se procede a hacer el análisis de los parámetros nominales como lo son el par y la velocidad, para posteriormente validar las variables eléctricas y mecánicas, así como la dinámica del sistema, mediante el uso de una herramienta de simulación como Matlab. Una vez que se ha planteado el modelo del motor de CD, se plantean los parámetros requeridos para el adecuado funcionamiento del motor. Se propone de igual forma el tipo y características del convertidor de potencia que accionará el motor de CD. Finalmente, una vez definidos los parámetros del sistema completo, se realizan las pruebas de la operación del mismo mediante simulaciones en el software Matlab.

INTRODUCCIÓN

En la vida cotidiana se presentan problemas que debilitan los músculos debido a situaciones como: una edad avanzada, accidentes o enfermedades. Esta debilidad o pérdida de movilidad, ocasiona rigidez en las articulaciones lo que ocasiona pérdida en el rango de movimiento.

Para recuperar la capacidad de movimiento, los músculos débiles podrían fortalecerse utilizando dispositivos de rehabilitación o tratamiento ortopédico. La creciente necesidad actual de aplicación de terapias de rehabilitación y la falta de clínicas y personal especializado aumenta la necesidad de implementar robots que realicen estas tareas que resultan repetitivas y cansadas para el fisioterapeuta, se puede decir que un robot es una máquina que se controla por una computadora y programada para hacer tareas repetitivas, complejas o peligrosas para el hombre. Los robots médicos asocian fundamentalmente información de acción física que permita el mejoramiento significativo de la habilidad humana para desempeñar tareas importantes, como en intervenciones quirúrgicas, terapias de rehabilitación o simplemente ayudar a personas con discapacidad en las tareas de la vida diaria y actualmente la electrónica permite desarrollar tecnología para beneficio de la sociedad, en las Figuras 1, 2 y 3 se muestran ejemplos de estos tipos de dispositivos [6].

Los motores de corriente continua son los más comunes y económicos, y se pueden encontrar en la mayoría de los juguetes con pilas, robots de todo tamaño y a su vez son ampliamente usados a nivel industrial. Los motores de corriente continua permiten un amplio rango de velocidad y pueden proporcionar un alto par-motor con control fácil y económico que cualquier motor de corriente alterna.

El objetivo principal de la biomecánica es estudiar la forma en que el organismo ejerce fuerza y genera movimiento. Esta disciplina se basa principalmente en la anatomía, las matemáticas y la física. Las disciplinas afines son la antropometría, la fisiología del trabajo y la cinemática. El robot de rehabilitación que se desea implementar es para hacer terapia en el codo. La articulación del codo está compuesta por relaciones de movimiento de los tres huesos que la conforman (Húmero, Radio y Cúbito). Es además una articulación con dos grados de libertad que resultan en, términos coloquiales entre estudiosos de la biomecánica del cuerpo humano, los siguientes movimientos que son: extensión, flexión y pronación.



Figura 1. Robot asistente para los pacientes con discapacidad motriz [1].



Enraf Nonius ibérica s.a.

Figura 2. Robot planar rehabilitador de codo [2].



Figura 3. Robot de intervención quirúrgica [3].

MODELO MATEMÁTICO DEL SERVOMOTOR

Los motores eléctricos son los actuadores más utilizados en robots. Los tipos de motores son de corriente continua (CC), motores de corriente alterna (CA) y los motores paso a paso, estos cambian la energía eléctrica en movimiento rotacional. En la Figura 4 se muestran los tipos de motores eléctricos [5].



Figura 4. Motores eléctricos.

Los servomotores son dispositivos de accionamiento para el control de precisión de velocidad, par y posición. Constituyen un mejor desempeño y precisión frente a accionamientos mediante convertidores de frecuencia, ya que éstos no nos proporcionan control de posición y resultan poco efectivos en bajas velocidades, este tipo de motores son los más utilizados en los robots. En la Figura 5 se muestra el esquema electromecánico de un motor de corriente continua y el servomotor es el mismo principio que sigue [7].

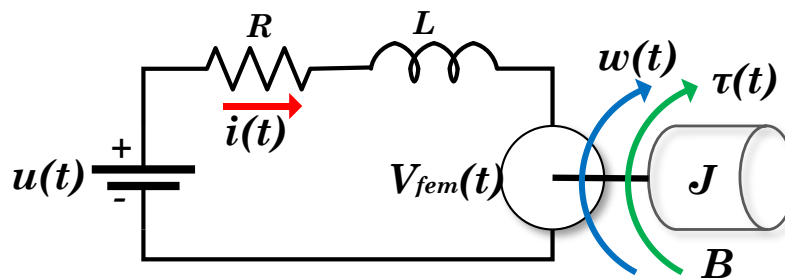


Figura 5. Esquema electromecánico de un motor de corriente directa.

En donde cada variable del sistema representa una parte de la operación del motor, la definición de dichas variables se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Variables de la estructura electromecánica de un motor de CD

Variable	Definición
R	Resistencia óhmica de los embobinados del rotor
L	Inductancia de los embobinados del rotor
J	Momento de inercia del rotor
B	Coefficiente de fricción viscosa entre el rotor y el estator.
u(t)	Fuente de excitación del sistema
$\omega(t)$	Velocidad angular del rotor
T(t)	Par del rotor
i(t)	Corriente del sistema
V_{fem}(t)	Tensión eléctrica inducida
KT	Constante mecánica, considerando un flujo magnético constante.
KE	Constante eléctrica.
T_i	Par de fricción, o par inicial

El esquema de la Figura 5, puede analizarse siguiendo técnicas básicas de análisis de circuitos. Por ejemplo, la suma de tensiones eléctricas en cada elemento que conforma a la malla, es igual a la tensión de la fuente de excitación (de acuerdo con la ley de voltaje de Kirchhoff), esto se ve en la ecuación (1). Además la suma de fuerzas que hacen girar al rotor respecto al eje simétrico, es igual a la suma de momentos que se oponen al movimiento del mismo, se expresa como en la ecuación (2). Finalmente las ecuaciones matemáticas que vinculan directamente la parte mecánica del sistema con la parte eléctrica del mismo son las ecuaciones (3) y (4) de la Tabla 2.

Tabla 2 Ecuaciones características del servomotor.

Ecuaciones	
$u(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + V_{fem}(t) \quad (1)$	Parte eléctrica del servomotor
$\tau(t) = B\omega(t) + J \frac{d\omega(t)}{dt} + Ti \quad (2)$	Parte mecánica del servomotor
$\tau(t) = K_T i(t) \quad (3)$	Variable mecánica a eléctrica
$V_{fem}(t) = K_E \omega(t) \quad (4)$	Variable eléctrica a mecánica

Las cuatro expresiones anteriores, representan el modelo matemático de un motor de corriente directa y su análisis permite realizar simulaciones que proporcionen información acerca del comportamiento de las variables eléctricas y mecánicas del mismo.

Simulación del servomotor

En la Figura 6 se puede observar el diagrama representativo de la simulación de un servomotor hecho en la herramienta de MATLAB Simulink, se ha hecho antes para observar el funcionamiento del servomotor y validar lo que se obtendrá posteriormente de manera experimental y se han puesto parámetros de la armadura y carga proporcionados de la hoja de datos del servomotor en la Figura 3 se muestra el esquema de la simulación [4].

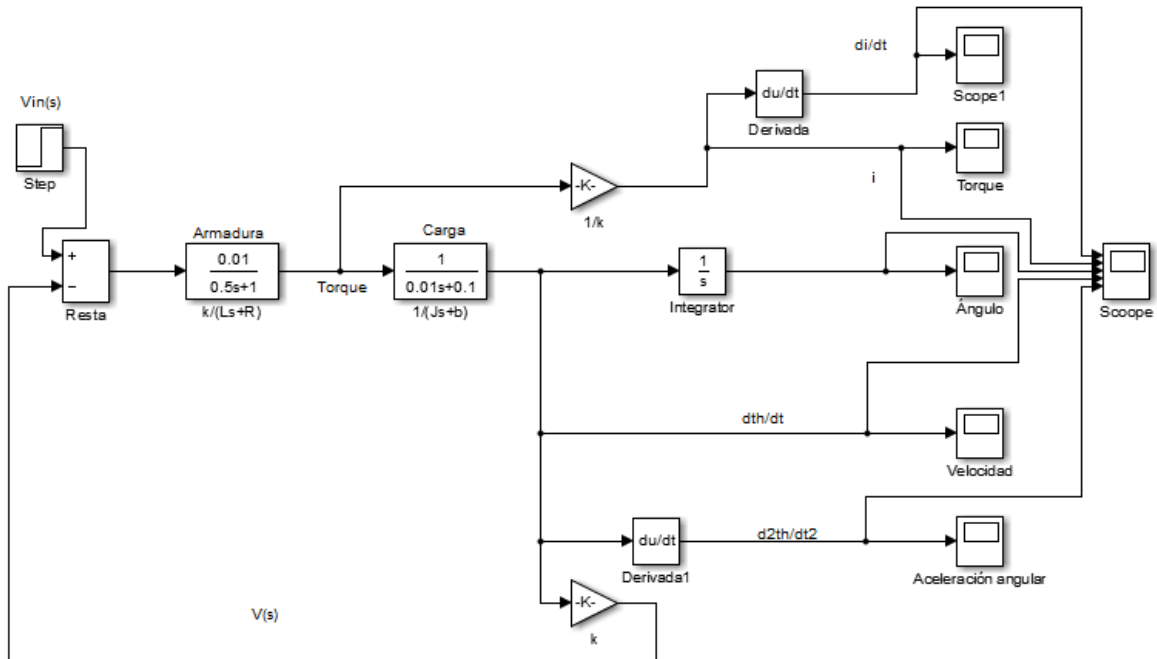


Figura 6 Simulación de un servomotor hecha en MATLAB Simulink [4].

En la Figura 7 se muestran las gráficas de los resultados obtenidos de los parámetros que son el torque que es un parámetro que se debe dejar constante, el ángulo va depender de cuántos grados se necesite hacer girar el motor para poder obtener una rutina de rehabilitación, la velocidad se debe regular de acuerdo a si se necesitan movimientos rápidos o movimientos largos y lentos, además de la aceleración angular, en la simulación se puede ver la respuesta que da para posteriormente poder plantear el convertidor de potencia que será el encargado de controlar la velocidad en el servomotor.

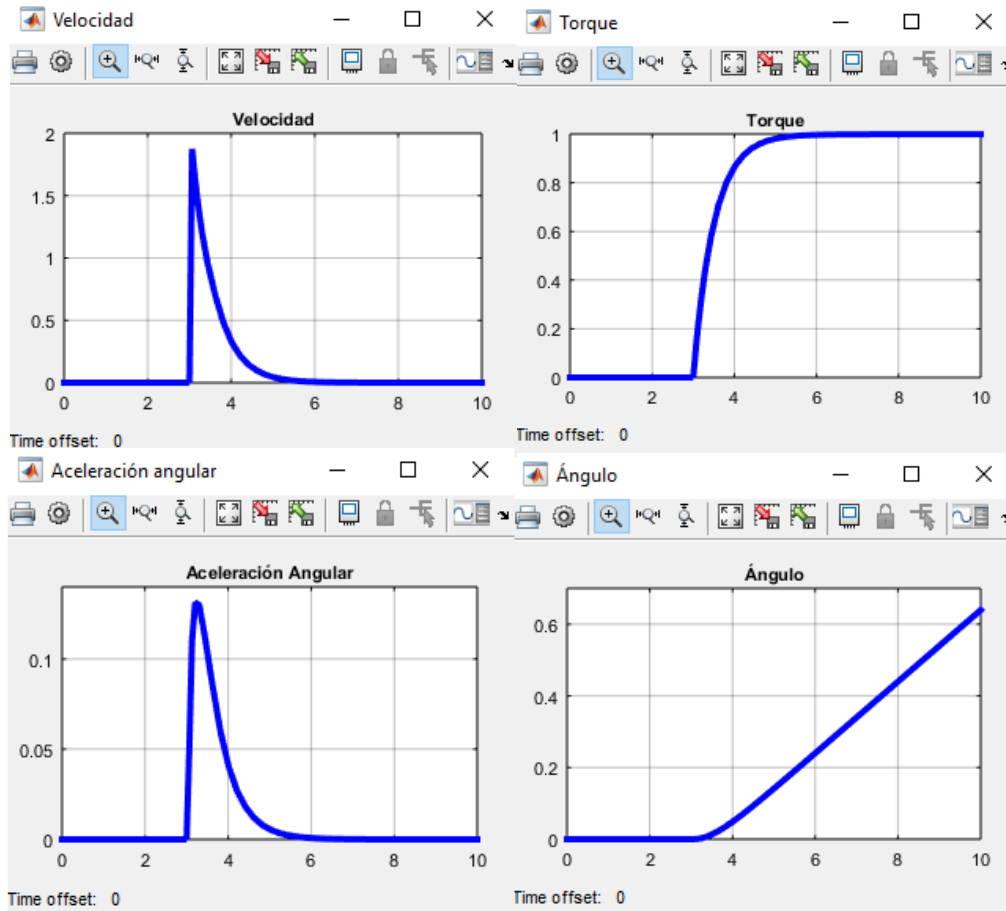


Figura 7 Simulación de un servomotor en MATLAB Simulink.

CONCLUSIONES

El modelo del motor permite establecer los parámetros a controlar y establecer el tipo de convertidor que se debe utilizar para controlar las variables objetivo. Las pruebas realizadas permiten definir el comportamiento de las variables tanto eléctricas como mecánicas de interés. Este estudio permitirá, proponer sistemas que permitan controlar las variables necesarias para la implementación en robots planares.

BIBLIOGRAFÍA

1. <https://internationalpress.jp/2015/02/25/oso-robot-ayuda-pacientes-con-movilidad-reducida-en-japon/>
2. <http://www.enraf.es/productos/maquina-de-codo-6080/>
3. <http://electromedicinaonline.com/las-14-preguntas-del-robot-da-vinci/>
4. Characterization, Simulation and Implementation of a New Dynamic Model for a DC Servomotor Claudio Urrea Onate; John Kern Molina *IEEE Latin America Transactions* Year: 2014, Volume: 12, Issue: 6 Pages: 997 - 1004
5. Chee-Mun Ong, "Dynamic Simulations of Electric Machinery: Using Matlab/Simulink", 2009, Prentice Hall PTR.
6. Reyes Cortés, Fernando. Robótica: control de robots manipuladores. Alfaomega Grupo Editor.
7. K. Ogata, Modern Control Engineering, 5a ed. United States: Pearson Education, Limited, 2010.

8. B. Kuo y F. Golnaraghi, *Automatic Control Systems* by Kunche Sridhar Paperback, 9a ed. New Delhi: Wiley India, 2012.
9. D. Alizadeh, J. Angeles, y S. Nokleby, "Optimum design of a spherical quasi-homokinetic linkage for motion transmission between orthogonal axes", *Mechanism and Machine Theory*, vol. 59, pp. 107–118, ene.2013.
10. M. Jouaneh, *Fundamentals of Mechatronics*, 1a ed. United States of America: Cengage Learning, 2012.
11. A. Karami-Mollaei, N. Pariz, y H. M. Shanechi, "Position Control of Servomotors Using Neural Dynamic Sliding Mode", *J. Dyn. Sys., Meas., Control*, vol. 133, no 6, pp. 061014–061014, nov. 2011.

SINCRONIZACIÓN DE SISTEMAS CAÓTICOS DE LORENZ EN FORMA HAMILTONIANA

Juan Luis Vázquez Gutiérrez, Didier López Mancilla

Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara.

RESUMEN

Este trabajo aporta al tema de la sincronización de sistemas caóticos. Inicialmente, se expresa el sistema caótico de Lorenz en forma hamiltoniana. El hacer esto nos permite observar características particulares de un sistema, ya que el sistema se divide en una parte conservativa y otra parte disipativa. Esto ayuda para poder diseñar una ley de control que permita sincronizar este tipo de sistemas. En particular, se utiliza la técnica de acoplamiento a modelos para el diseño de esta ley de control, pero se hace una optimización en el diseño con una ley de control solo basada en la parte conservativa del sistema caótico de Lorenz expresado en forma hamiltoniana. Hacer esto nos ofrece un nuevo punto de vista en el diseño del controlador, simplificando bastante los cálculos que se realizan para la obtención de una ley de control útil para nuestro propósito. El tener una ley de control más pequeña o con menos términos, permite un tiempo de cómputo menor y la posible implementación física. Se presentan algunas simulaciones numéricas.

INTRODUCCIÓN

La sincronización es un fenómeno observado en muchas disciplinas científicas, refiriéndose de forma general al fenómeno mediante el cual dos o más elementos suceden al mismo tiempo. En el libro de Steven Strogatz "Sync" se pueden encontrar varios ejemplos de este fenómeno (Strogatz, 2003). Desde la publicación del trabajo de Pecora y Carroll "Synchronization in Chaotic Systems" (M. Pecora y L. Carroll, 1990) se ha generado mucho interés sobre el tema de sincronización de sistemas caóticos, ya que se creía que los sistemas caóticos desafiaban la sincronización. La utilización de leyes de control ayuda a dar solución al problema de sincronización entre dos sistemas caóticos (López-Mancilla, 2005). Uno de los objetivos de este trabajo es simplificar las leyes de control que se usan para lograr la sincronización entre sistemas caóticos expresándolos en forma canónica hamiltoniana.

El sistema caótico de Lorenz se puede expresar en una forma hamiltoniana (Sira Ramirez y Cruz Hernandez, 2001), para dividir el sistema en una parte conservativa, una disipativa y una función desestabilizante. En este trabajo se aplica acoplamiento a modelos para obtener una ley de control, basada solo en la parte conservativa del sistema en forma hamiltoniana.

Para expresar un sistema en forma hamiltoniana se debe considerar una función de energía, de la cual se usa el gradiente de la función como vector de estado para expresar el sistema de Lorenz en matrices. Esta transformación del sistema de Lorenz a una forma hamiltoniana se puede encontrar en (Sira Ramirez y Cruz Hernandez, 2001) también hay otros artículos como (Lopez-Mancilla *et al*, 2005; C. Posadas Castillo *et al*, 2014) en el cual se usan formas hamiltonianas de sistemas caóticos dispuestos en una red para su sincronización.

El objetivo de este trabajo es lograr la sincronización de dos sistemas caóticos de Lorenz en forma hamiltoniana. Por la estructura que tiene esta transformación se toma solo la parte conservativa, considerando que la parte disipativa del sistema se anulara conforme pase el tiempo, y la función desestabilizante tendera a cero con el control diseñado. El hecho de solo usar una parte del sistema para el diseño de la ley de control simplifica las matemáticas para su obtención, minimiza el tiempo de cómputo y permite la posible implementación física. La sección 2 presenta la teoría utilizada para llevar acabo la sincronización de los dos sistemas de Lorenz en forma hamiltoniana. En las secciones 3 y 4 se presenta la parte experimental, la ley de control obtenida y los resultados de aplicar la ley de control obtenida por el método de acoplamiento a modelos. La sección 5 muestra las conclusiones del trabajo y en la sección 6 se puede ver la bibliografía sobre la cual se construye este trabajo.

TEORÍA

En el método de acoplamiento a modelos para la sincronización de dos sistemas, se propone un Sistema auxiliar el cual contiene a los dos sistemas que se pretenden sincronizar mediante una ley de control $\mathbf{u}(t)$. El problema de acoplamiento a modelos nos dice que dada una planta \mathbf{P} y un modelo \mathbf{M} , alrededor de sus respectivos puntos de equilibrio \mathbf{x}^o y \mathbf{x}_M^o y un punto \mathbf{x}_E^o , el problema de

acoplamiento a modelos consiste en encontrar una ley de control $\mathbf{u}(t)$, tal que $\mathbf{y}_E \rightarrow \mathbf{0}$ a medida que $t \rightarrow \infty$ (López-Mancilla, 2005).

Donde:

$$P: \begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) + \mathbf{g}(\mathbf{x})\mathbf{u} \\ \mathbf{y} = \mathbf{h}(\mathbf{x}) \end{cases} \quad (1)$$

$$M: \begin{cases} \dot{\mathbf{x}}_M = \mathbf{f}_M(\mathbf{x}_M) + \mathbf{g}_M(\mathbf{x}_M)\mathbf{u}_M \\ \mathbf{y}_M = \mathbf{h}_M(\mathbf{x}_M) \end{cases} \quad (2)$$

$\mathbf{x}(t) \in \mathbb{R}^n$ y $\mathbf{x}_M(t) \in \mathbb{R}^m$ son los vectores de estado de cada sistema, $\mathbf{u}(t)$ y $\mathbf{u}_M(t)$ son las entradas a cada sistema, $\dot{\mathbf{x}}$ y $\dot{\mathbf{x}}_M$ representan el cambio en el tiempo de los sistemas dinámicos $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ y $\mathbf{f}_M(\mathbf{x}_M)$ respectivamente, bajo la influencia de las entradas $\mathbf{g}(\mathbf{x})\mathbf{u}$ y $\mathbf{g}_M(\mathbf{x}_M)\mathbf{u}_M$ correspondientes a cada sistema. Las salidas de los sistemas P y M son \mathbf{y} y \mathbf{y}_M respectivamente. Se consideran las funciones $\mathbf{f}(\mathbf{x})$, $\mathbf{g}(\mathbf{x})$, $\mathbf{f}_M(\mathbf{x}_M)$, $\mathbf{g}_M(\mathbf{x}_M)$, $\mathbf{h}(\mathbf{x})$ y $\mathbf{h}_M(\mathbf{x}_M)$ como suaves y analíticas. El sistema auxiliar se construye en base a (1) y (2), nos queda un nuevo sistema E de la siguiente manera:

$$E: \begin{cases} \dot{\mathbf{x}}_E = \mathbf{f}_E(\mathbf{x}_E) + \hat{\mathbf{g}}(\mathbf{x}_E)\mathbf{u} + \hat{\mathbf{g}}_M(\mathbf{x}_E)\mathbf{u}_M \\ \mathbf{y}_E = \mathbf{h}_E(\mathbf{x}_E) \end{cases} \quad (3)$$

Donde

$$\mathbf{f}_E(\mathbf{x}_E) = \begin{pmatrix} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \\ \mathbf{f}_M(\mathbf{x}_M) \end{pmatrix}, \quad \hat{\mathbf{g}}(\mathbf{x}_E) = \begin{pmatrix} \mathbf{g}(\mathbf{x}) \\ \mathbf{0} \end{pmatrix}, \quad \hat{\mathbf{g}}_M(\mathbf{x}_E) = \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{g}_M(\mathbf{x}_M) \end{pmatrix}, \quad \mathbf{h}_E(\mathbf{x}_E) = \mathbf{h}(\mathbf{x}) - \mathbf{h}_M(\mathbf{x}_M)$$

La salida de (3) es la diferencia de las salidas de (1) y (2), esto significa que cuando la salida es 0 los sistemas (1) y (2) están sincronizados. Para lograr esto se requiere una ley de control $\mathbf{u}(t)$ que logre desacoplar la entrada $\mathbf{u}_M(t)$ y al mismo tiempo lleve a que $\mathbf{y}_E \rightarrow \mathbf{0}$. Para encontrar esta ley de control se usa la formula

$$\mathbf{u} = \frac{\mathbf{1}}{L_g L_f^{r-1} \mathbf{h}(\mathbf{x})} (\mathbf{v} - L_f^r \mathbf{h}(\mathbf{x}) + L_{f_M}^r \mathbf{h}_M(\mathbf{x}_M) + L_{g_M} L_{f_M}^{r-1} \mathbf{h}_M(\mathbf{x}_M) \mathbf{u}_M) \quad (4)$$

(4) es una formula general para encontrar una ley de control utilizada para la sincronización de sistema idénticos o no idénticos (López-Mancilla, 2005). La ley de control es obtenida calculando las derivadas de Lie ($L_g L_f^{r-1} \mathbf{h}(\mathbf{x})$, $L_f^r \mathbf{h}(\mathbf{x})$, $L_{f_M}^r \mathbf{h}_M(\mathbf{x}_M)$, $L_{g_M} L_{f_M}^{r-1} \mathbf{h}_M(\mathbf{x}_M)$), r es el grado relativo del sistema y $\mathbf{v} = -\mathbf{c}_0 \mathbf{h}_E(\mathbf{x}_E) - \mathbf{c}_1 L_E \mathbf{h}(\mathbf{x}_E) - \dots - \mathbf{c}_{n-1} L_E^{n-1} \mathbf{h}_E(\mathbf{x}_E)$, los \mathbf{c}_i de \mathbf{v} son constantes, se pueden obtener con el método de ubicación de polos.

Ahora consider un sistema autónomo n -dimensional

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) \quad \mathbf{x} \in \mathbb{R}^n \quad (5)$$

El cual representa un sistema de ecuaciones diferenciales, se puede escribir en una forma generalizada hamiltoniana canónica de la forma

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{J}(\mathbf{x}) \frac{\partial H}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{S}(\mathbf{x}) \frac{\partial H}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{F}(\mathbf{x}) \quad (6)$$

donde $H(\mathbf{x})$ denota una función de energía suave que es globalmente definida positivo en \mathbb{R}^n . La columna vector de gradiente de H , es denotado por $\frac{\partial H}{\partial \mathbf{x}}$, se asume que existe en todas partes. Se usan con frecuencia funciones de energía cuadráticas de la forma

$$H(\mathbf{x}) = \frac{1}{2} \mathbf{x}^T \mathbf{M} \mathbf{x} \quad (7)$$

con M siendo una matriz de constantes simétrica y definida positiva. En tal caso, $\frac{\partial H}{\partial x} = Mx$. Las matrices cuadradas, $J(x)$ y $S(x)$, dentro de la expresión (6) satisfacen, para todo $x \in \mathbb{R}^n$, las siguientes propiedades, que muestran la estructura de administración de energía del sistema,

$$J(x) + J^T(x) = 0, \quad S(x) = S^T(x) \quad (8)$$

El campo vectorial $J(x) \partial H / \partial x$ exhibe la parte conservativa del sistema y también se conoce como la parte sin trabajo, o las fuerzas sin trabajo del sistema. La matriz $S(x)$ es, en general, una matriz simétrica que representa la parte que presenta trabajo o no conservativa del sistema. Para ciertos sistemas, la matriz $S(x)$ es semidefinida negativa o definida negativa. En tales casos, el campo vectorial se conoce como la parte disipativa del sistema. Si $S(x)$ es definido positivo, o semidefinido positivo, representa la parte de desestabilización global, semiglobal y local del sistema. $F(x)$ representa un campo vectorial localmente desestabilizante (Sira Ramirez y Cruz Hernandez, 2001).

PARTE EXPERIMENTAL

Dado el sistema de Lorenz, por las ecuaciones

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \sigma(x_2 - x_1) \\ \dot{x}_2 &= rx_1 - x_2 - x_1x_3 \\ \dot{x}_3 &= x_1x_2 - bx_3 \end{aligned} \quad (9)$$

Tomando una función de energía $H(x) = \frac{1}{2}[\frac{1}{\sigma}x_1^2 + x_2^2 + x_3^2]$, el gradiente de la función queda como $\frac{\partial H}{\partial x} = [\frac{1}{\sigma}x_1 + x_2 + x_3]^T$, usando el gradiente de $H(x)$ se transforma (9) a una forma hamiltoniana (Sira Ramirez & Cruz Hernandez, 2001)

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & x_1 \\ 0 & -x_1 & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} + \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & x_1 \\ 0 & -x_1 & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} + \begin{bmatrix} 0 \\ rx_1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Se considera que la parte disipativa del sistema tiende a cero, cuando el tiempo tiende al infinito y la parte del sistema que contiene la función desestabilizante, es considerada linealmente dependiente de la parte conservativa del sistema. Teniendo esto en cuenta se puede tomar una parte del sistema de Lorenz como

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & x_1 \\ 0 & -x_1 & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} \quad (11)$$

Para la sincronización de dos sistemas idénticos de Lorenz se toma la planta

$$P \left\{ \begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & x_1 \\ 0 & -x_1 & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u \\ y &= x_1 \end{aligned} \right. \quad (12)$$

El modelo

$$M \left\{ \begin{array}{l} \begin{bmatrix} \dot{x}_{M1} \\ \dot{x}_{M2} \\ \dot{x}_{M3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & x_{M1} \\ 0 & -x_{M1} & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H_M}{\partial x_M} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u_M \\ y = x_{M1} \end{array} \right. \quad (13)$$

Para la construcción de del sistema auxiliar

$$E \left\{ \begin{array}{l} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_{M1} \\ \dot{x}_{M2} \\ \dot{x}_{M3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & -x_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{\sigma}{2} & 0 & -x_{M1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_{M1} & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H_E}{\partial x_E} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u_M \\ y_E = x_1 - x_{M1} \end{array} \right. \quad (14)$$

Donde $H = \frac{1}{2} [\frac{1}{\sigma} x_1^2 + x_2^2 + x_3^2]$, $H_M = \frac{1}{2} [\frac{1}{\sigma} x_{M1}^2 + x_{M2}^2 + x_{M3}^2]$ y $H_E = H + H_M$. El sistema es de grado relativo dos ($r = 2$), con los sistemas (12), (13) y (14) se pueden calcular las derivadas de Lie para encontrar una ley de control $u(t)$ que sincronice la planta con el modelo. Las derivadas de Lie son

$$L_f^{r-1} h(x) = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & -x_1 \\ 0 & x_1 & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\sigma}{2} x_2 \quad (15)$$

$$L_g L_f^{r-1} h(x) = [0 \quad \frac{\sigma}{2} \quad 0] \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\sigma}{2} \quad (16)$$

$$L_f^r h(x) = [0 \quad \frac{\sigma}{2} \quad 0] \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & -x_1 \\ 0 & x_1 & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\sigma}{2} \left(-\frac{1}{2} x_1 - x_1 x_3 \right) \quad (16)$$

$$L_{f_M}^{r-1} h_M(x_M) = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & -x_1 \\ 0 & x_1 & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H_M}{\partial x_M} = \frac{\sigma}{2} x_{M2} \quad (17)$$

$$L_{g_M} L_{f_M}^{r-1} h_M(x_M) = [0 \quad \frac{\sigma}{2} \quad 0] \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{\sigma}{2} \quad (18)$$

$$L_{f_M}^r h_M(x_M) = [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & -x_{M1} \\ 0 & x_{1M} & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H_M}{\partial x_M} = \frac{\sigma}{2} \left(-\frac{1}{2} x_{M1} - x_{M1} x_{M3} \right) \quad (19)$$

Tomando $v = -c_0 h_E(x_E) - c_1 L_E h(x_E) - \dots - c_{n-1} L_E^{r-1} h_E(x_E)$ las derivadas de Lie se obtienen usando el sistema auxiliar E , y ya que el grado relativo es dos, solo se calcula una derivada de Lie para el sistema auxiliar.

$$L_E^{r-1} h_E(x_E) = [1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\sigma}{2} & 0 & -x_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\sigma}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{\sigma}{2} & 0 & -x_{M1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_{M1} & 0 \end{bmatrix} \frac{\partial H_E}{\partial x_E} = \frac{\sigma}{2} x_2 - \frac{\sigma}{2} x_{M2} \quad (20)$$

v queda de la siguiente manera

$$v = -c_0(x_1 - x_1) - c_1 \left(\frac{\sigma}{2} x_2 - \frac{\sigma}{2} x_{M2} \right) \quad (21)$$

Sustituyendo los valores correspondientes, la ley de control para la sincronización de dos sistemas de Lorenz de grado relativo 2, es

$$u = \left(\frac{2}{\sigma} \right) \left\{ v - \left(\frac{\sigma}{2} \left(-\frac{1}{2} x_1 - x_1 x_3 \right) \right) + \left(\frac{\sigma}{2} \left(-\frac{1}{2} x_{M1} - x_{M1} x_{M3} \right) \right) + \frac{\sigma}{2} u_M \right\} \quad (22)$$

donde u_m es una entrada arbitraria.

RESULTADOS

Se usó matlab para realizar las simulaciones, con un algoritmo de Runge-Kutta de cuarto orden. Se usaron las condiciones iniciales para la planta $x_1(0) = 10, x_2(0) = 5, x_3(0) = 3$, para el modelo se usaron las condiciones iniciales $x_{M1}(0) = 1, x_{M2}(0) = 7, x_{M3}(0) = 4$. Para la entrada arbitraria u_M se eligió $u_M = 0.5 \sin(t)$. Usando ubicación de polos para calcular las constantes c_0 y c_1 , ubicando los polos en -7 , v nos queda como

$$v = -14(x_1 - x_1) - 49 \left(\frac{\sigma}{2} x_2 - \frac{\sigma}{2} x_{M2} \right) \quad (23)$$

La ley de control u nos queda como

$$u = \left(\frac{2}{\sigma} \right) \left\{ \left(-14(x_1 - x_1) - 49 \left(\frac{\sigma}{2} x_2 - \frac{\sigma}{2} x_{M2} \right) \right) - \left(\frac{\sigma}{2} \left(-\frac{1}{2} x_1 - x_1 x_3 \right) \right) + \left(\frac{\sigma}{2} \left(-\frac{1}{2} x_{M1} - x_{M1} x_{M3} \right) \right) + \frac{\sigma}{2} u_M \right\} \quad (24)$$

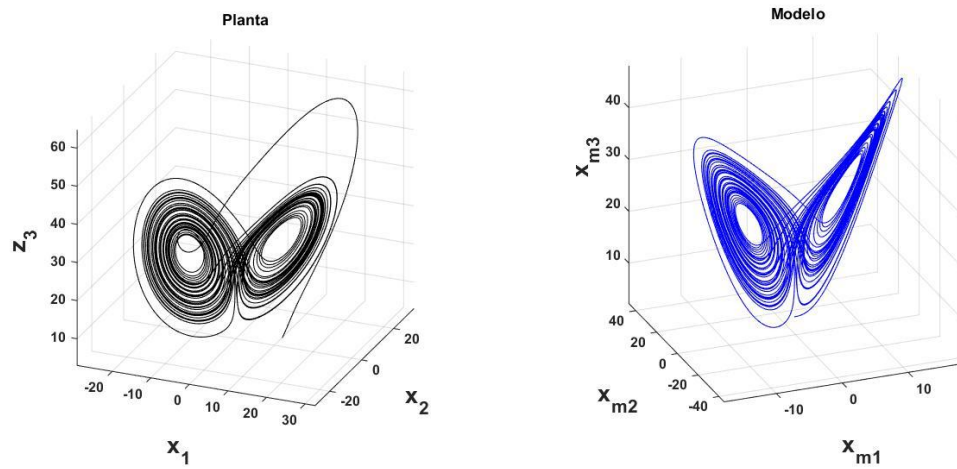


Figura 22. Sistemas de Lorenz (Planta y modelo).

En la Figura 1 se muestra el espacio de estados de la planta P bajo la influencia de la ley de control u obtenida mediante acoplamiento a modelos, el modelo M se muestra del lado derecho de la Figura 1, con u_M como entrada.

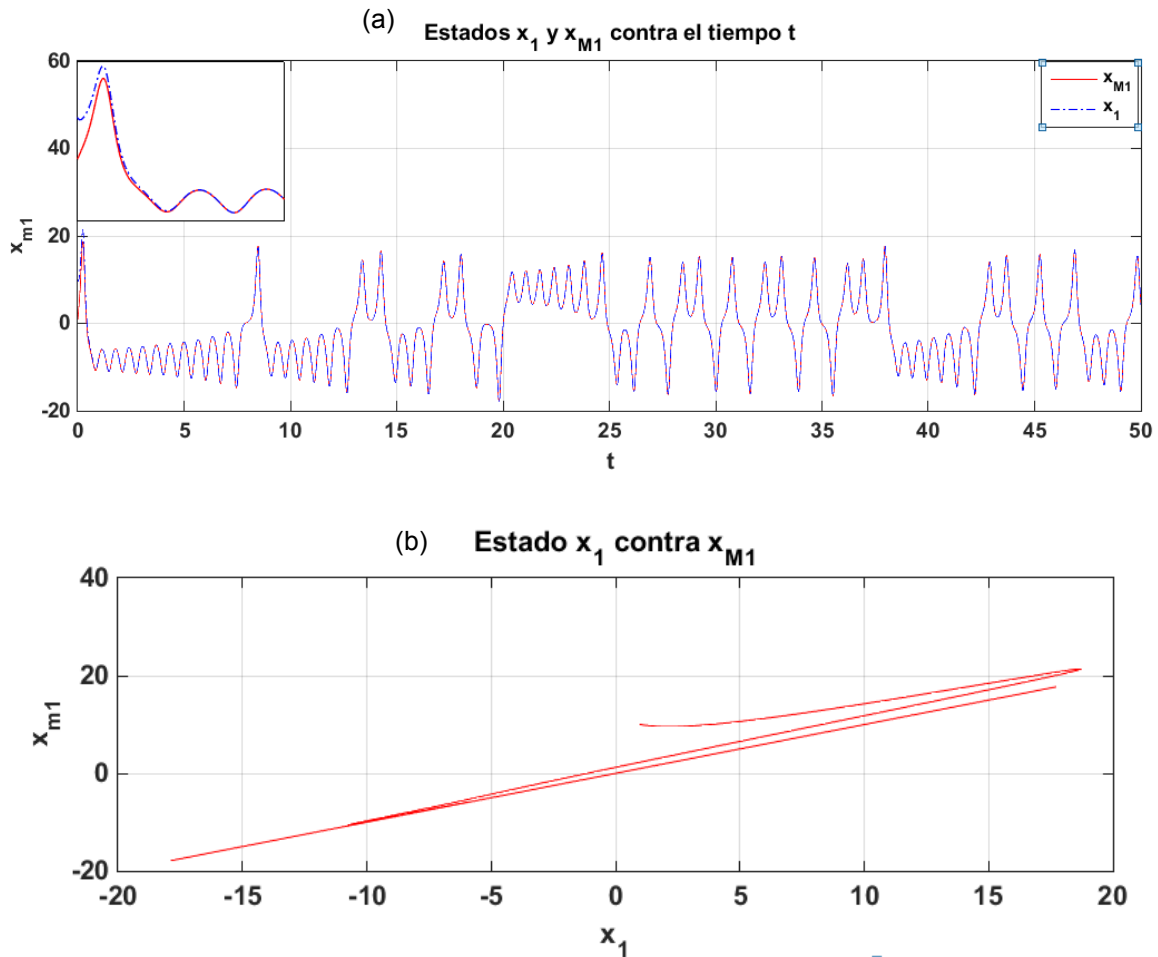


Figura 23. (a) Gráficas x_1 y x_{M1} contra el tiempo t (b) x_1 contra x_{M1} .

En la figura 2(a) se muestran los estados x_1 y x_{M1} contra el tiempo, en la figura 2(b) se muestra x_1 contra x_{M1} . En la figura 2(a) en la parte superior izquierda se muestra un acercamiento de la gráfica que muestra los estados x_1 y x_{M1} contra el tiempo, se puede apreciar más claramente como los estados convergen conforme pasa el tiempo.

CONCLUSIONES

Observando los resultados, se puede apreciar que los estados convergen, los estados de la planta se acercan a los estados del modelo conforme pasa el tiempo. Usar solo la parte conservativa del sistema en forma hamiltoniana nos puede ayudar a simplificar las leyes de control que se utilizan para la sincronización de sistemas mediante control por acoplamiento a modelos, ya que el sistema de ecuaciones se simplifica omitiendo la parte disipativa y el vector desestabilizante de la forma hamiltoniana del sistema de Lorenz.

BIBLIOGRAFÍA

1. Strogatz, S. (2003). *SYNC*. New York: Penguin .
2. M. Pecora, L., & L. Carroll, T. (1990). Synchronization in Chaotic Systems. *Physical Review Letters*, 64(8), 821-825.

3. López-Mancilla, D. (2005). *Sincronización de osciladores caóticos perturbados con aplicación a sistemas de comunicaciones*(Tesis Doctoral). Ensenada, Baja California, Mexico: Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada.
4. Sira Ramirez, H., & Cruz Hernandez, C. (2001). SYNCHRONIZATION OF CHAOTIC SYSTEMS: A GENERALIZED HAMILTONIAN SYSTEMS APPROACH. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol. 11, No. 5 1381-1395, 11(5), 1381-1395.
5. Lopez-Mancilla, D., Cruz-Hernandez, C., & Posadas-Castillo, C. (2005). A Modified Chaos-Based Communication Scheme Using Hamiltonian Forms and Observer. *Journal of Physics*, 267-275.
6. C. Posadas Castillo, E. G.-H. (2014). Synchronization of Irregular Complex Networks with Chaotic Oscillators: Hamiltonian Systems Approach. *Journal of Applied Research and Technology*, 12, 782-791.

CONSTRUCCIÓN DE UN REACTOR AEROBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS (PHAS)

Berenice Noriega Luna, Josué Alejandro Muñoz Reyes, Alma Hortensia Serafín Muñoz, Luis Enrique Mendoza Puga, Julio César Leal Vaca

Universidad de Guanajuato

RESUMEN

Los polihidroxicanoatos (PHAs) son biopolíesteres sintetizados por algunos microorganismos como reserva de carbono y energía. Actualmente estos biopolíesteres son estudiados porque presentan propiedades similares a los plásticos derivados del petróleo. La principal ventaja de los PHAs frente a los plásticos derivados del petróleo es que al ser producidos por microorganismos son biodegradables. No obstante, la principal limitación de la producción de bioplásticos a nivel industrial son los altos costos de producción y recuperación. En este sentido el objetivo del presente trabajo fue proponer una técnica sustentable para la producción de PHAs empleando el medio Jensen modificado en un reactor aerobio.

INTRODUCCIÓN

Los plásticos derivados del petróleo presentan ciertas características que permiten su uso en la manufactura de varios productos [1]. Desafortunadamente este tipo de plásticos no se degradan fácilmente por procesos naturales y por lo tanto se acumulan y permanecen en el ambiente por mucho tiempo, generando importantes problemas de contaminación ambiental [2,3,4]. Una alternativa para atender la problemática anteriormente planteada es la síntesis y uso de plásticos de origen microbiano a partir de fuentes renovables de carbono que tiene la ventaja de ser completamente biodegradables, es decir, mineralizados por la acción de microorganismos.

Los PHAs son polímeros de ácidos hidroxialcanoicos que algunas bacterias, arqueas y microalgas acumulan intracelularmente como material de reserva, para usarlo posteriormente como fuente de carbono y energía. Tienen características físicas similares a las de los plásticos derivados del petróleo, como el polipropileno y polietileno. Estas propiedades les confieren una gran importancia como sustitutos de los plásticos convencionales [5]. Respecto a las condiciones bajo las cuales ocurre la síntesis de PHAs, en la mayoría de los estudios se reporta que ocurre por una limitación de N, P, S, Mg u oxígeno [6], aunado a la presencia de un exceso de fuente de carbono en el medio de cultivo.

Los PHAs presentan pesos moleculares relativamente altos, características termoplásticas o elastoméricas y otras propiedades físicas y mecánicas que permiten su aplicación en la industria de empaques, medicina, farmacia, agricultura y alimentos, o como materias primas para la síntesis de químicos enantioméricamente puros y para la producción de pinturas [7]. Asimismo, es posible usarlos en la forma de látex acuoso para cubierta de materiales fibrosos como papel o cartón. Su alta resistencia al agua permite proteger al papel y al cartón contra el deterioro causado por la humedad. Otra aplicación de interés es su uso como material de empaque dado que estos PHA presentan una baja difusividad de oxígeno [7].

Actualmente los PHAs se producen comercialmente, por ejemplo, dentro de los de mayor producción se encuentran el copolímero de 3HB y 3HV, que tiene un porcentaje de 1 a 24 mol % de 3HV. Éste se produce con la bacteria *Ralstonia eutropha* y se comercializa con la marca Biopol manufacturado inicialmente por la empresa ICI (Zeneca), posteriormente vendida a Monsanto (1996) y finalmente obtenida por Metabolix (2001). Otra empresa productora de estos polímeros es la austriaca Chemie Linz, la cual produjo comercialmente P3HB durante la década de 1980 y principio de la de 1990, usando la bacteria *Alcaligenes latus*, que es una cepa de rápido crecimiento que puede sintetizar P3HB durante crecimiento sin limitación de nutrientes [8]. En Brasil existe otra empresa productora de P3HB llamada Biocycle. En esta industria se integra la producción de P3HB a la producción de etanol a partir de azúcar de caña. En este sentido el objetivo del presente trabajo fue proponer una técnica sustentable para la producción de PHAs empleando el medio Jensen modificado en un reactor aerobio.

TEORIA

El medio Jensen modificado es un ambiente adecuado para que las bacterias de un cultivo mixto sintetizen los gránulos de PHAs bajo condiciones limitantes de nitrógeno y usando como fuente de carbono la harina de papa.

PARTE EXPERIMENTAL

Diseño del reactor

El reactor está integrado por sistema de monitoreo de temperatura, un sistema de aireación continua, un sistema de agitación, un sistema para la liberación de presión y una válvula de muestreo (Imagen 1). La capacidad del reactor es de 10 litros. El reactor se construyó con PVC y CPVC y se selló con pegamento para PVC.

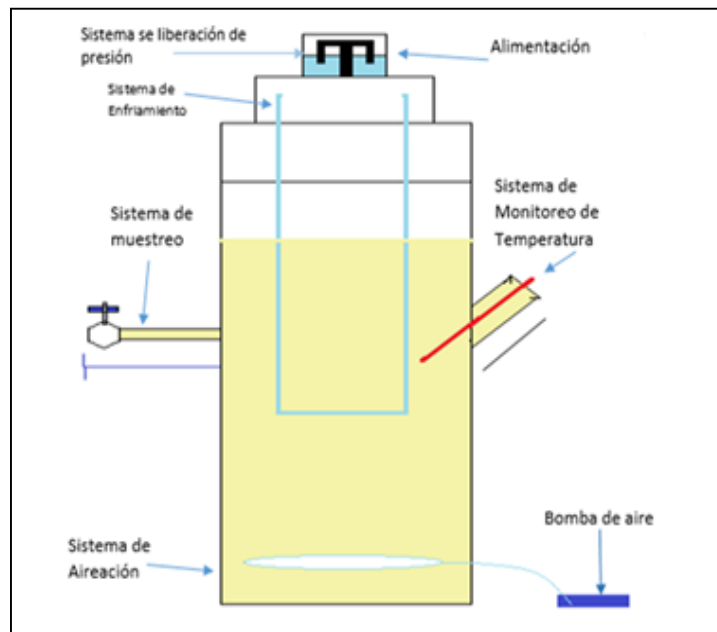


Figura 1. Reactor aerobio para la producción de PHAs

Condiciones de reacción

El cultivo mixto se obtuvo de las aguas del río Cata. Las muestras de agua se sembraron en caldo nutritivo a 37°C con agitación constante durante 24 horas. El proceso fermentativo en el reactor se llevó a cabo con medio Jensen modificado. Las condiciones de operación del reactor fueron con una temperatura constante de 25°C y un pH de 7. La producción de PHAs se evaluó a las 96 horas.

Obtención del producto

La biomasa fue centrifugada y posteriormente resuspendida en hipoclorito de sodio en donde se dejó en incubación durante 1 hora a 37°C. Posteriormente, los gránulos fueron centrifugados y lavados con agua, acetona y alcohol. Finalmente, el polímero fue extraído con cloroformo [9].

RESULTADOS

El porcentaje de rendimiento del proceso establecido fue del 12 %, empleando un cultivo mixto, sin embargo, la metodología y el diseño del reactor funcionaron para la producción de PHAs, no obstante, es un rendimiento bajo respecto a lo que se reporta en otros estudios. Respecto al análisis del cultivo mixto, se logró identificar a través de la tinción con el colorante lipofílico negro Sudán B, bacterianas con gránulos de PHA, como se muestra en la figura 2. Asimismo, el producto obtenido, figura 3, se expuso a calor para probar su flexibilidad y resistencia, obteniendo buenos resultados.

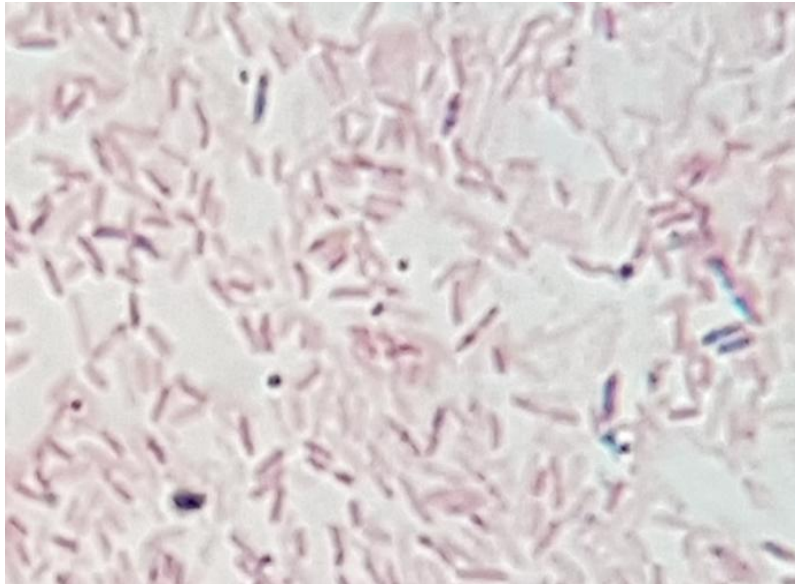


Figura 3. Gránulos de PHA en bacterias teñidas con Negro Sudán



Figura 3. Polímero obtenido con medio Jensen modificado

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un reactor fermentativo para la producción de PHAs a base de PVC. Se logró la producción de bioplástico con características de elasticidad y resistencia similares a las de los polímeros convencionales con las condiciones de crecimiento establecidas. Como perspectiva del proyecto se plantea optimizar las condiciones de trabajo del reactor para incrementar el rendimiento del proceso e identificar morfológica y bioquímicamente en el consorcio bacteriano las especies productoras de PHAs.

BIBLIOGRAFIA

1. Khanna, S. y Srivastava, A.K. (2005). A simple structured mathematical model for biopolymer (P3HB) production. *Biotechnol. Prog.* 21, 830-838.
2. Braunegg, G., Lefebvre, G., Genser, K. (1998) Polyhydroxyalkanoates, biopolyesters from renewable resource: Physiological and engineering aspects. *Journal of Biothenology.* 87, pp. 137–146.
3. Ramírez, M., Ocampo C., Vanegas D. (2008) Producción de Biopolímeros en reactores CSTR y AIRLIFT, empleando desechos industriales. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 1(1), 2008, pp. 35–37.
4. Reddy, C., Ghai, R., Rashmi, K.V. (2003) Polyhydroxyalkanoates: an overview. *Bioresour Technol.*, 87, pp. 137-146.
5. Anderson A.J. y Dawes E.A. (1990). Occurrence, metabolism, metabolic role, and industrial uses of bacterial polyhydroxyalkanoates. *Microbiol. Rev.* 54,450-472.
6. Reddy C. S. K., Ghai R., Rashmi y Kalia V. C. (2003). Polyhydroxyalkanoates: an overview. *Bioresour. Technol.* 87, 137-146.
7. Babel W. y Steinbüchel A. (2001) Biopolyesters. Special issue of advances in Biochem. Eng. *Biotechnology.* 1st. ed. Springer-Verlag. Berlin, Alemania, 342 pp
8. Braunegg G., Lefebvre G. y Genser K.F. (1998). Polyhydroxyalkanoates, Biopolyesters from renewable resources: Physiological and engineering aspects. *J. Biotechnol.* 65, 127-161.
9. John H., Law y Ralph A., Slepecky. (1961). Assay of poly-13-hydroxybutyric acid. [J. Bacteriol.](#) 82(1): 33–36.

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES ACIDAS Y ESTRUCTURALES DE CIRCONIAS MODIFICADAS

Ilse Larissa Acosta Mendiola¹, Karla Solís Calderón¹, Sergio Robles Andrade¹, Ricardo García Alamilla¹, María Isabel Arregoitia Quezada¹, Vicente Rodríguez Gonzalez², José Guillermo Sandoval Robles¹.

¹Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, ²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnología.

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar las propiedades acidas y estructurales de la circonia modificada, se sintetizó $Zr(OH)_4$ por el método sol-gel y se impregnó con 3% en peso de boro y 3% en peso de tungsteno por dispersión ultrasónica. Los precursores obtenidos se calcinaron a 600°C en atmósfera dinámica para obtener ZrO_2 , B/ ZrO_2 , W/ ZrO_2 . Los materiales fueron caracterizados por Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier, Difracción de Rayos X, y Titulación Potenciométrica con n-butilamina.

INTRODUCCIÓN

El óxido de circonio es un material usado como soporte o como catalizador, entre sus propiedades más importantes se encuentran su alta resistencia química, estabilidad a un amplio rango de temperaturas y la presencia de centros ácidos y básicos. La circonia se presenta en tres fases cristalinas; monoclinica, tetragonal y cubica, siendo la fase tetragonal mayormente empleada en catálisis debido a que está relacionada con una buena actividad catalítica. Con el fin de conferir mejores propiedades a las circonias, diversos trabajos han reportado el uso de oxoaniones como sulfatos y tungstatos, que promueven la formación de la fase cristalina tetragonal, incrementan la resistencia a la sinterización y el área específica resulta ser mayor comparada a la circonia pura [11]. A pesar de que la circonia modificada con tungsteno es menos activa que la circonia sulfatada, esta tiene como ventaja, una mayor estabilidad a altas temperaturas y en atmosferas reductivas debido a que las unidades WO_x son más estables que los grupos sulfatos [12], los cuales fácilmente se pierden al ser sometidos a tratamientos térmicos. Además de estabilidad térmica, la mejora de las propiedades ácidas a consecuencia de la incorporación de tungsteno está comprobado por diversos estudios en donde se observa un incremento en la fuerza ácida y la aparición de nuevos sitios ácidos [9,13]. Por otra parte, los estudios de materiales modificados con boro demuestran que el boro incorporado a la matriz de la circonia tiene la capacidad de promover la acidez, tal es el caso del óxido de silicio y la alúmina modificada con boro estudiados por Ravindra y Duarte respectivamente, en donde las señales interpretadas como sitios ácidos en los espectros de desorción de piridina, muestran mayor intensidad después de impregnar los materiales con ácido bórico. La modificación de circonias con boro produce materiales con propiedades ácidas adecuadas para ser aplicados en reacciones orgánicas como la reorganización de Beckmann en fase gaseosa de ciclohexanona oxima, la acetilación de alcohol con ácido acético, la metilación selectiva de fenol [3, 8, 7]. Las propiedades de los catalizadores dependen además de la composición química, del método en que estos son preparados de manera que permita una óptima área específica, morfología y dispersión del componente activo. Mediante la síntesis vía sol gel es posible obtener óxidos metálicos con alta pureza. El presente trabajo estudia el efecto que tiene la adición de boro y tungsteno a óxido de circonio sintetizado mediante el método sol-gel.

PARTE EXPERIMENTAL

La síntesis del ZrO_2 se realizó mediante el proceso Sol-Gel, la metodología se describe en la Fig. 1. Los reactivos empleados para la obtención de $Zr(OH)_4$ son propóxido de circonio IV y 1-propanol. Se llevó a cabo la impregnación usando ácido bórico y metatungstato de amonio (MTA) como fuente de boro y tungsteno. Al calcinar los materiales a 600°C se obtuvo las circonias modificadas con 3% en peso de boro y 3% en peso de tungsteno.

Para la determinación de las propiedades estructurales de los materiales estudiados se realizaron análisis FTIR en un espectrofotómetro Perkin Elmer Spectrum 100. Se prepararon pastillas de

bromuro de potasio y las muestras se analizaron en el infrarrojo medio tomando un espectro background antes del análisis utilizando una pastilla de KBr.

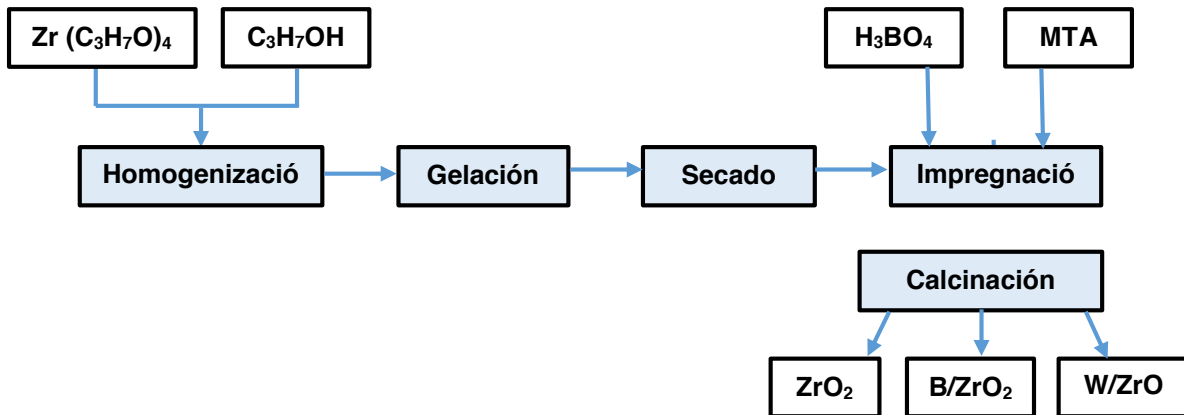


Figura 1. Síntesis de ZrO_2 puro y modificado por el método sol-gel.

Los análisis de Difracción de Rayos X definirán la fase cristalina presente en las circonias. La estabilización de la fase tetragonal de la circonia es importante ya que, la circonia monoclinica promovida por oxoaniones es menos activa para algunas reacciones, además un material catalítico completamente amorfo es inactivo en reacciones [11]. Los patrones de difracción de rayos x se obtuvieron realizando el análisis en un equipo Rigaku Smartlab (Radiación $Cu K\alpha$), en un rango de escaneo de $2\theta = 20^\circ - 80^\circ$. La determinación de acidez mediante la técnica de titulación con n-butilamina, está basada en que la diferencia de potencial provocado por el ambiente ácido alrededor de la membrana, es un indicador de las propiedades ácidas del material. El análisis se realizó usando 100 mg de muestra previamente seca, se adiciono 50 ml de acetonitrilo y la suspensión se sometió a agitación. Se adiciono una dosis de solución de n-butilamina 0.025 N y se mantuvo en agitación por 3 h. Al concluir el tiempo se tomó lectura del potencial eléctrico, el cual corresponde a la máxima fuerza ácida de los sitios ácidos y la fuerza de los sitios activos se clasifica en; sitios muy fuertes ($E > 100$ mV), sitios fuertes ($0 < E < 100$ mV), sitios débiles ($-100 < E < 0$ mV), sitios muy débiles ($E < -100$ mV). La titulación continuó hasta alcanzar la neutralización de la suspensión.

RESULTADOS

Los espectros de las circonias pura y boratada se presentan en la Fig. 2. El espectro de la circonia pura presenta una intensa banda en la región de $800-400\text{ cm}^{-1}$ con una señal centrada a 518 cm^{-1} atribuida a estiramientos de los enlaces Zr-O característicos del material. En la región de $3800-3000\text{ cm}^{-1}$ asignada a frecuencias de estiramiento de enlaces O-H, se presenta una banda poco pronunciada que indica la presencia de agua físicamente adsorbida en el material. También se observa una señal a 1619 cm^{-1} atribuida a vibraciones de flexión de los enlaces (H-O-H). En el espectro de la circonia impregnada con boro la señal correspondiente a estiramientos de los enlaces Zr-O se presenta con menor intensidad, esto se debe a que las unidades de boro se encuentran entrelazadas con la matriz de la circonia [2]. Por otro lado, la señal atribuida a estiramientos de enlaces O-H, se presenta con mayor intensidad, lo que indica que el agua físicamente adsorbida presenta mayor interacción con las especies de boro. En la región de $1500-900\text{ cm}^{-1}$ se observan señales atribuidas a enlaces B-O, corroborando así la presencia de boro, el cual, en el material estudiado se presenta tanto en estructura tetraédrica como trigonal. El espectro muestra señales a 1423 y a 1200 cm^{-1} atribuidas a especies de boro en estructura trigonal, esto coincide con los estudios realizados por Xu y col [3]. También se observa una minúscula señal a 894 cm^{-1} atribuida a especies de boro en estructura tetraédrica. De manera similar, Osiglio y col. [8] indican que las señales por debajo de 1100 cm^{-1} son características de especies BO_4 . El espectro de la circonia modificada con tungsteno muestra señales idénticas al material ZrO_2 .

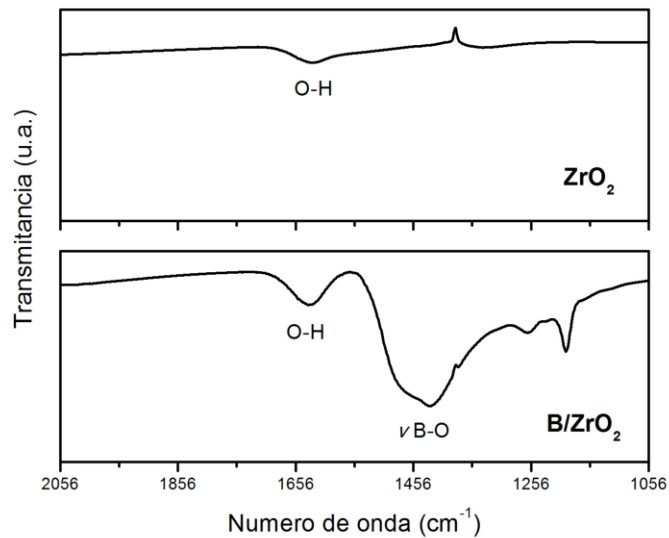


Figura 2. Espectros FT-IR de ZrO_2 y B/ZrO_2

Mediante difracción de rayos x se detectó la presencia de la fase cristalina tetragonal y la fase monoclinica de la circonia pura. La Fig. 3 muestra el patrón de difracción de rayos x de los materiales analizados. La circonia pura muestra una señal intensa característica de la fase tetragonal a $2\theta=30.22$, también se observa señales débiles características de la fase monoclinica a $2\theta=28.2$ y 31.41 , las cuales desaparecen cuando se adiciona boro al material, esto indica que la incorporación de boro logró estabilizar la estructura cristalina de la circonia en la fase tetragonal. El material modificado con tungsteno además de la señal a 30.22 de menor intensidad a diferencia del material puro, muestra señales de muy baja intensidad correspondientes a la fase monoclinica. La estabilización de la fase tetragonal del material W/ZrO_2 concuerda con estudios realizados por Kaucký y col. sobre circonias tungstadas, en donde la circonia pura calcinada a $700^\circ C$ cristalizó principalmente en fase monoclinica, mientras que la circonia tungstada calcinada a la misma temperatura resulto en la formación de una fracción predominante de fase tetragonal [5].

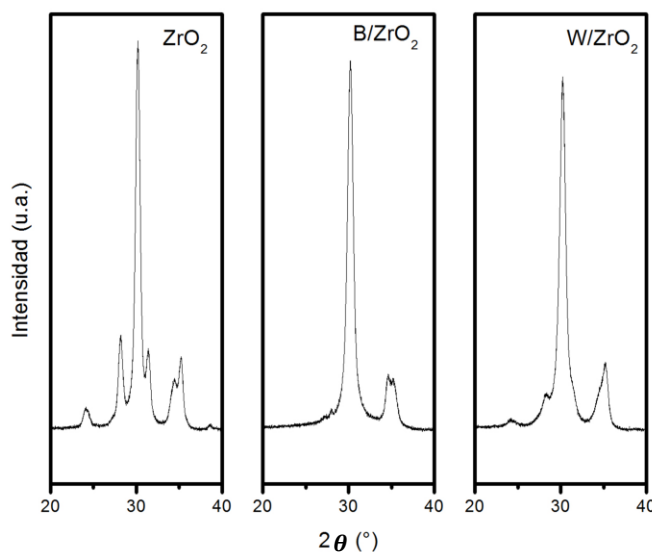


Figura 3. Patrones de difracción de rayos X de ZrO_2 , B/ZrO_2 y W/ZrO_2 .

El valor de la Máxima Fuerza Acida (M.F.A.) obtenida en la titulación potenciométrica de la circonia pura y las circonias modificadas se reporta en la tabla 1. Se observa que el material puro alcanzó un valor de M.F.A. que corresponde a un tipo de acidez fuerte, mientras que los materiales modificados presentan valores de M.F.A superiores. Estos valores indican que tanto la adición de boro como de tungsteno a las circonias tiene como resultado el aumento en la acidez superficial, obteniendo valores de M.F.A equivalentes a un tipo de acidez muy fuerte, siendo superior la acidez obtenida al modificar la circonia con boro. El óxido de circonio boratado al ser considerado un sólido superácido [6] es de esperar que sus propiedades acidas sean mejores en comparación de su contraparte puro. En este trabajo, su comportamiento coincide con el análisis realizado por Osiglio y col. [10], en donde se presenta una M.F.A. de 205 mV, la acidez del tipo muy fuerte del material se atribuyó a la buena dispersión del boro en la superficie de la circonia hidratada.

Tabla 1. Valores de Máxima Fuerza Acida de los materiales

<i>Material</i>	<i>M.F.A (mV)</i>
ZrO ₂	12.9
W/ZrO ₂	112.5
B/ZrO ₂	238.1

CONCLUSIONES

La modificación del óxido de circonio con boro da lugar a la formación de especies de boro con estructura trigonal y tetraédrica. La adición de tungsteno y boro a circonias estabilizó la estructura cristalina tetragonal. También se observó un efecto favorecedor en la acidez de los materiales modificados, siendo más notorio en el caso de la circonia boratada.

BIBLIOGRAFÍA

1. A.M. Duarte, A.M. Lavogade, F. Ziarelli, S. Caldarelli, M.A. Fraga, L.G. Appel, "Boria modified alumina probed by methanol dehydration and IR spectroscopy", *Applied Surface Science* 227, 2004, pp. 132-138.
2. A. Sinhamapatra, P. Pal, A. Tarafdar, H.C. Bajaj, A. Baran, "Mesoporous Borated Zirconia: A Solid Acid-Base Bifunctional Catalyst", *ChemPubSoc*, 2013, pp. 331-338.
3. B. Xu, S.B. Cheng, S. Jiang, Q. Zhu, "Gas phase Beckmann rearrangement of cyclohexanone oxime over zirconia-supported boria catalyst", *Applied Catalysis A: General*, 188, 1999, pp. 361-368.
4. D. B. Ravindra, Y.T. Nie, S. Jaenicke, G.K. Chuah, "Isomerization of alpha-pinene oxide over B₂O₃/SiO₂ and Al-MSU catalyst", *Catalysis Today*, Vol. 96, 2004, pp. 147-153.
5. D. Kaucký, B. Wichterlová, J. Dedecek, Z. Sobalik, I. Jakubec, "Effect of the particle size and surface area of tungstated zirconia on the WO_x nuclearity and n-heptane isomerization over Pt/WO₃-ZrO₂", *Applied Catalysis A: General*, Vol. 397, 2011, pp. 82-93.
6. K. Arata, "Preparation of superacids by metal oxides for reactions of butanes and pentanes", *Applied Catalysis A: General*, Vol. 146, 1996, pp. 3-32.
7. K.M. Malshe, P.T. Patil, S.B. Umbarkar, M.K. Dongare, "Selective C-methylation of phenol with methanol over borate zirconia solid catalyst", *Journal of Molecular Catalysis*, 212, 2004, pp. 337-344.
8. L. Osiglio, G. Romanelli, M. Blanco, Alcohol acetylation with acetic acid using borated zirconia as catalyst, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 316, pp. 52-58, 2010.
9. L. Osiglio, A.G. Sathicq, G. Romanelli, M. Blanco, Borated zirconia modified with ammonium metatungstate as catalyst in alcohol acetylation, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 359, pp. 97-103, 2012.
10. L. Osiglio, A.G. Sathicq, L. Pizzio, G. Romanelli, M. Blanco, "Preparation of acetates catalyzed by boric acid and/or tungstophosphoric acid-modified zirconia obtained employing polyethylene glycols as pore-forming agents", *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 426, 2017, pp. 88-99,

11. M. Busto, K. Shimizu, C.R. Vera, J.M. Grau, C.L. Pieck, M.A. D'Amato, M.T Causa, M. Tovar, "Influence of hydrothermal aging on the catalytic activity of sulphated zirconia", *Applied Catalysis A: General*, 348, 2008, pp. 173-182.
12. M. Scheithauer, T.K Cheung, R.E. Jentoft, R.K. Grasselli, B.C. Gates, H.Knözinger, "Characterization of WO_x/ZrO_2 by Vibrational Spectroscopy and n-Pentane Isomerization Catalysis", *Journal of Catalysis*, Vol. 180, 1998, pp. 1-13.
13. T.N. Vu, J. van Gestel, J.P. Gilson, C. Collet, J.P. Dath, J.C Duchet, "Platinum tungstated zirconia isomerization catalysis Part I. Characterization of acid and metal properties", *Journal of Catalysis*, Vol. 231, 2005, pp. 453-467.

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE UN ROBOT PUMA MEDIANTE SIMULINK Y ARDUINO

Isaura Jazmín Rodríguez Ávila, Gabriela Yakssiri Salgado Mendoza, José Gerardo Benítez Morales, Javier Hernández Pérez, Roel González Montes de Oca y Roberto Castillo Ojeda

Universidad Politécnica de Pachuca

RESUMEN

Uno de los robots de mayor interés es la configuración PUMA debido a que posee un amplio espacio de trabajo y una gran flexibilidad al utilizarlo en diferentes aplicaciones; ya que cuenta con seis grados de libertad para determinar su posición y orientación

En el presente trabajo se muestra la implementación de la cinemática directa, inversa y el regulador PID aplicado a un robot PUMA 500 mediante del software de Simulink y un microcontrolador Arduino.

El proyecto comienza con la apertura de la arquitectura del robot para su instrumentación. Cada una de las articulaciones consta de un motor de CD y un potenciómetro para medir la posición, el segundo y tercer eslabón cuentan con un freno mecánico. Se conectó un puente H en cada uno de los motores para manejar su sentido de giro y su velocidad a través de una señal de PWM y dos señales digitales provenientes del Arduino; mientras que las señales de salida de los potenciómetros son conectados a las entradas analógicas del microcontrolador. Por último, los frenos mecánicos son activados a través de un transistor que está conectado a una entrada digital del Arduino.

El microcontrolador es empleado como una tarjeta de adquisición de datos para comunicar las señales provenientes de la computadora con la etapa de potencia del robot. En simulink se realizó la programación de la cinemática directa e inversa para controlar la posición robot a través de un PD.

INTRODUCCIÓN

El robot PUMA (Programable Universal Machine for Assembly o Programable Universal Manipulation Arm) es un brazo robot industrial desarrollado por Victor Scheinman en la empresa pionera en robótica Unimation. Inicialmente desarrollado para General Motors, el brazo robot PUMA nació de los diseños iniciales inventados por Scheinman mientras se encontraba en el MIT y en la Stanford University.

El robot PUMA de la serie 500 es un brazo articulado con 6 articulaciones rotatorias que le proporcionan 6 grados de libertad y le permiten posicionar y orientar su herramienta final. De manera más específica, las 3 primeras articulaciones (sistema Hombro-Codo-Muñeca) posicionan en el espacio el grupo formado por las 3 últimas, que son las que orientan el efector [2]. La estructura del robot queda esbozada en la figura 1.



Figura 124.- Imagen de la estructura de Robot Puma 500

TEORÍA

La posición del robot PUMA es determinado a partir del modelo cinemático, el cual inicia a partir de determinar un marco de referencia en cada una de las articulaciones del robot como indica en [4]. A partir de los marcos de referencia se obtiene los parámetros de Denavit-Hartenberg que describen como están orientados los marcos de referencia, así como la distancia que hay entre ellos. La tabla 1 muestra los parámetros de Denavit-Hartenberg para cada una de las articulaciones.

Número de articulación	α_i	a_i	d_i	Θ_i
1	0	0	0	Θ_1
2	-90	0	0	Θ_2
3	0	a_2	d_3	Θ_3
4	-90	a_3	d_4	Θ_4
5	90	0	0	Θ_5
6	-90	0	0	Θ_6

Tabla 129.- Parámetros de Denavit-Hartenberg

donde a_i es la distancia a lo largo de eje x_i del marco de referencia desde el origen hasta la intersección del eje x_i con el eje z_{i-1} , d_i es la distancia de lo largo de z_{i-1} desde el origen hasta la intersección de x_i con z_{i-1} , α_i es el ángulo medido entre z_{i-1} y z_i medido alrededor de x_i , θ_i es el ángulo entre x_{i-1} y x_i medido alrededor de z_{i-1} [3]. Estos datos son empleados en las matrices de transformación homogéneas para realizar un mapeo desde la base del robot hasta el efector final, con la finalidad de obtener la posición y la orientación robot. El mapeo de las matrices de transformación queda como [4]:

$$T_6^0 = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & P_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & P_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

donde los elementos r_{ij} representan las ecuaciones de orientación y los elementos de P_i son las ecuaciones de la posición del efector final. Las ecuaciones de orientación final están dadas por:

$$\begin{aligned} r_{11} &= c_1[c_{23}(c_4c_5c_6 - s_4s_5) - s_{23}s_5c_5] + s_1(s_4c_5c_6 + c_4s_6) \\ r_{21} &= s_1[c_{23}(c_4c_5c_6 - s_4s_5) - s_{23}s_5c_5] - c_1(s_4c_5c_6 + c_4s_6) \\ r_{31} &= -s_{23}(c_4c_5c_6 - s_4s_5) - c_{23}s_5c_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{12} &= c_1[c_{23}(-c_4c_5s_6 - s_4c_6) + s_{23}s_5s_6] + s_1(c_4c_6 - s_4c_5s_6) \\ r_{22} &= s_1[c_{23}(-c_4c_5s_6 - s_4c_6) + s_{23}s_5s_6] - c_1(c_4c_6 - s_4c_5s_6) \\ r_{32} &= -s_{23}(-c_4c_5s_6 - s_4c_6) + c_{23}s_5s_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{13} &= -c_1(c_{23}c_4s_5 + s_{23}c_5) - s_1s_4s_5 \\ r_{23} &= -s_1(c_{23}c_4s_5 + s_{23}c_5) + c_1s_4s_5 \\ r_{33} &= s_{23}c_4s_5 - c_{23}c_5 \end{aligned}$$

donde c_i y s_i son el $\cos(\theta_i)$ y el $\sin(\theta_i)$ respectivamente. Este cambio de notación se realizó para reducir las expresiones matemáticas. Las posición final queda expresada matemáticamente por:

$$\begin{aligned} P_x &= c_1[a_2c_2 + a_3c_{23} - d_4s_{23}] - d_3s_1 \\ P_y &= s_1[a_2c_2 + a_3c_{23} - d_4s_{23}] + d_3c_1 \\ P_z &= -a_3s_{23} - a_2s_2 - d_4c_{23}. \end{aligned} \tag{1}$$

Por otro lado, la cinemática inversa por el método algebraico es una transformación de las coordenadas cartesianas a coordenadas angulares. Estas expresiones están dados por [4]:

$$\begin{aligned}
 \theta_1 &= \text{Atan2}(Py, Px) - \text{Atan2}\left(d_3, \pm\sqrt{Px^2 + Py^2 - d_3^2}\right) \\
 \theta_3 &= \text{Atan2}(a_3, d_4) - \text{Atan2}\left(K, \pm\sqrt{a_3^2 + d_4^2 - K^2}\right) \\
 \theta_{23} &= \text{Atan2}\left[\left((-a_3 - a_2C_3)Pz - (C_1Px + S_1Py)(-a_2S_3 + d_4)\right), (a_2S_3 - d_4)Pz - (a_3 + a_2C_3)(C_1Px + S_1Py)\right] \\
 \theta_2 &= \theta_{23} - \theta_3 \\
 \theta_4 &= \text{Atan2}(-r_{13}S_1 + r_{23}C_1, -r_{13}C_1C_2 - r_{23}S_1C_2 + r_{33}S_2) \\
 \theta_5 &= \text{Atan2}(S_5, C_5) \\
 \theta_6 &= \text{Atan2}(S_6, C_6)
 \end{aligned} \tag{2}$$

donde k está expresada por:

$$k = a_3C_3 - d_4S_3$$

PARTE EXPERIMENTAL

El programa del control para el robot PUMA se realizó en el software de Simulink 2015, en el cual se realiza una programación de forma gráfica mediante unos bloques. A continuación se describe el funcionamiento del programa para el manejo y medición de los motores y sensores, respectivamente.

El programa inicia en la conversión de la posición deseada de coordenadas rectangulares a coordenadas angulares a través de la cinemática inversa, tal como se muestra en la figura 2. Las posiciones deseadas en coordenadas rectangulares son dadas en el bloque de *constant* para definir un valor numérico finito, esta envía el dato al bloque de *slider gain* cuya característica es poder variar el valor de la posición deseada cuando el programa se está ejecutando. Una vez, definido el valor deseado para la posición en x_d , y_d , y z_d por parte del usuario, se introducen los datos al bloque de cinemática inversa, donde se encuentra previamente programado las ecuaciones (2).

El bloque de la cinemática inversa consta de tres salidas (θ_{1d} , θ_{2d} , y θ_{3d}), las cuales representan la posición angular deseada del eslabón 1, eslabón 2 y eslabón 3. Posteriormente cada señal pasa a través de un interruptor que permite la selección entre el ángulo deseado de la cinemática inversa o alguno deseado por parte del usuario; esto se realiza con la finalidad de realizar pruebas por parte del usuario.

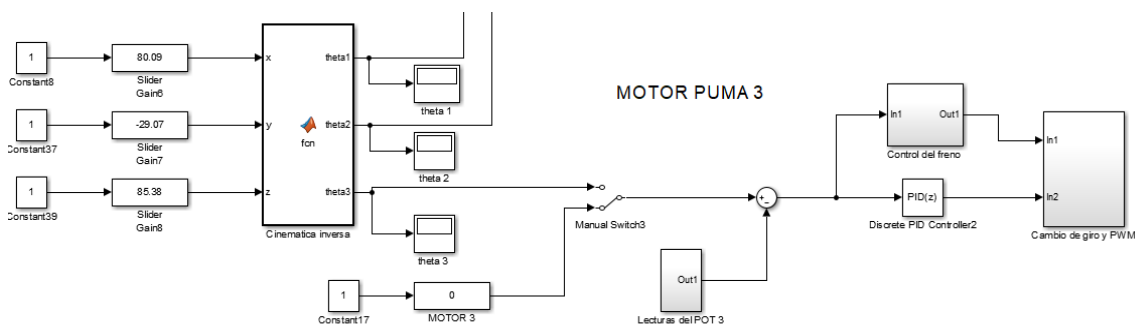


Figura 25.- Programa principal del robot PUMA

Enseguida se realiza el cálculo del error entre la posición deseada ya sea por la cinemática o introducida directamente y la posición que el potenciómetro entrega entra a los bloques de *PID* y *Control del freno*. Por último, ambas salidas son enviadas al bloque de *Cambio de giro y PWM* para activar a los respectivos actuadores del robot. A continuación se describen los bloques de *Lecturas del POT*, *Control de freno* y *Cambio de giro y PWM*

Bloque de lecturas del POT

La función del bloque de lecturas del POT consiste en obtener las lecturas analógicas del potenciómetro y se ajusta a una saturación, en ella se define un límite máximo y mínimo, dependiendo al espacio de trabajo con el que contara ese grado de libertad, también se toma en cuenta el valor que se obtiene cuando se está en posición inicial, este valor será el que se reste a las lecturas, lo que definirá una posición de 0° y se podrán manejar grados negativos y positivos (ver figura 3). Posteriormente, el resultado es enviado a una ganancia, cuyo propósito es definir el límite superior e inferior de la saturación mencionada (numerador) y el espacio de trabajo deseado en grados (denominador). El bloque de "int8" se usa para limitar los valores a solo cantidades enteras.

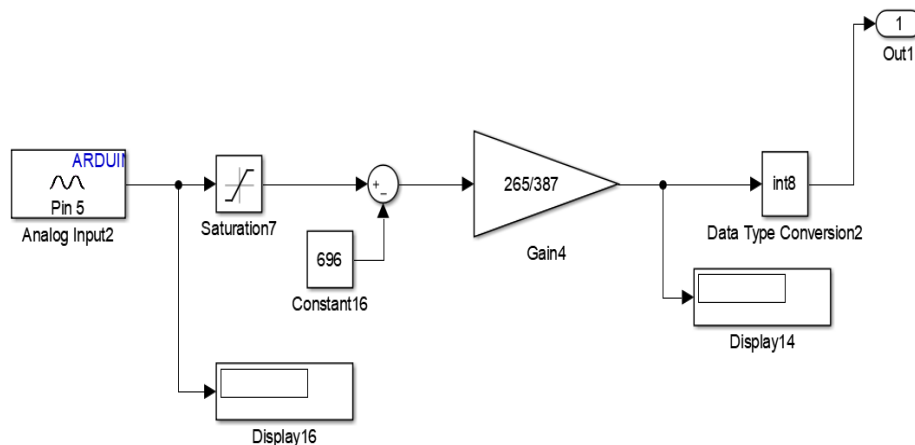


Figura 3.- Subprograma del bloque lecturas del POT

Bloque de control del freno.

Se extrae el valor absoluto del error que es la diferencia entre el valor deseado y el medido; enseguida, el valor absoluto es comparado con una constante, esto permitirá que, al estar cerca de la posición deseada, específicamente 2 grados como mínimo el freno se activara, de lo contrario estará apagado lo que provoca el libre movimiento del motor. La activación del freno mecánico es a través de una señal digital a través del pin especificado del arduino, esta señal es enviada a un relevador para amplificar la potencia de la señal y así activar al freno mecánico.

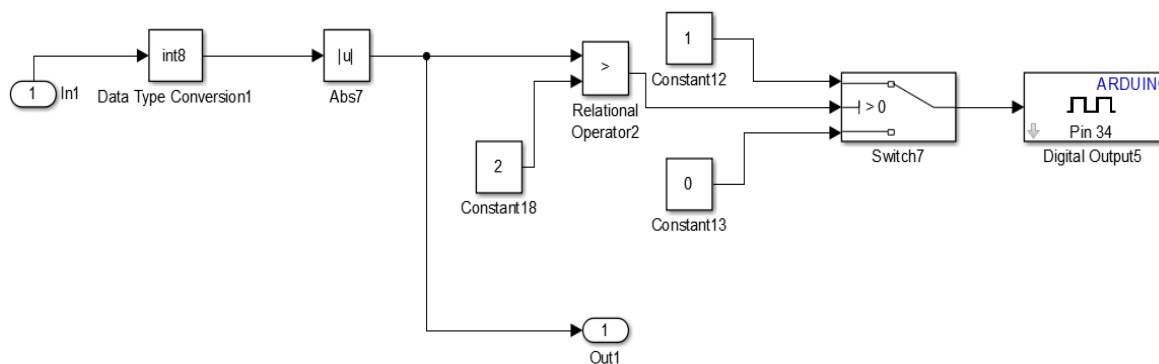


Figura 426.- Subprograma del control del freno

Bloque cambio de giro y PWM.

La entrada *In1* se refiere al valor absoluto resultante de la diferencia de las posiciones, esta se compara nuevamente con una constante, se condiciona el paso del PID (*In2*) obtenido para que al acercarse a la posición deseada deje de mandar señal y así evitar un mal funcionamiento del sistema

por el freno mecánico. El valor obtenido como absoluto se manda al PWM al pin especificado del arduino con el objetivo de manejar la velocidad del motor. Para el cambio de giro se aplican saturaciones entre 1 a -1 y 0 a 1, respectivamente, definiendo el pin al cual se le mandará la señal digital del arduino para controlar al puente H y este a su vez controlar el sentido en el que tendrá que girar el motor.

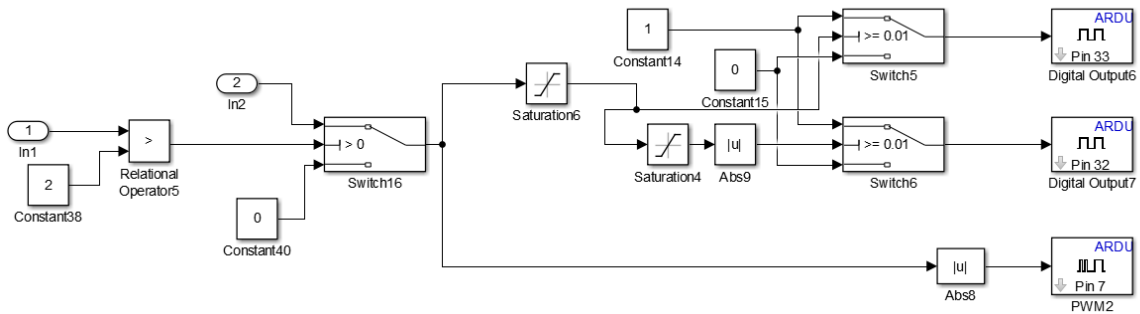


Figura 527.- Subprograma del bloque cambio de giro y PWM

Este principio se usó para todos los motores, variando valores de saturación y ganancias para cada uno, esto de acuerdo con el espacio de trabajo deseado. El control del freno se elimina para el motor 1, 4 y 5 ya que no cuentan con él. Para el motor 4 y 5 que no se incluyen en la cinemática se controlan punto a punto, o a partir de un polinomio de quinto orden, el cual ajusta la llegada punto a punto en cierto tiempo.

Este principio se usó para todos los motores, variando valores de saturación y ganancias para cada uno, esto de acuerdo con el espacio de trabajo deseado. El control del freno se elimina para el motor 1, 4 y 5 ya que no cuentan con él. Para el motor 4 y 5 que no se incluyen en la cinemática se controlan punto a punto, o a partir de un polinomio de quinto orden, el cual ajusta la llegada punto a punto en cierto tiempo.

RESULTADOS

La siguiente gráfica muestra el comportamiento del motor 2 ante el cambio de referencia de punto a punto. Se observa como el robot inicia en una posición de tres grados; posteriormente, se envía a un posición de 47 grados, luego a 68 grados y regresa a su posición inicial.

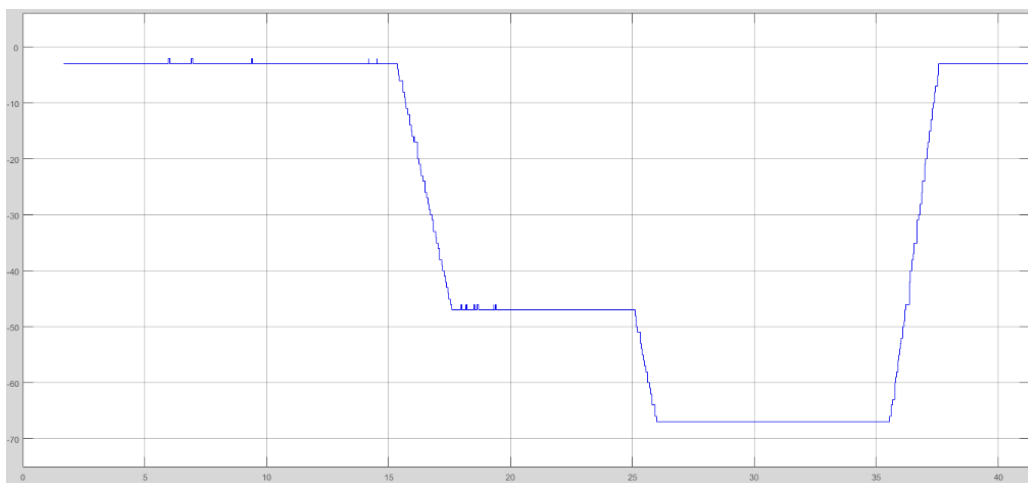


Figura 628.- Respuesta del motor número 2 con un control PID

La respuesta del motor 3 se observa que inicia en tres grados, posteriormente se envía a -70 grados, después a -48 grados y por último a cero grados.

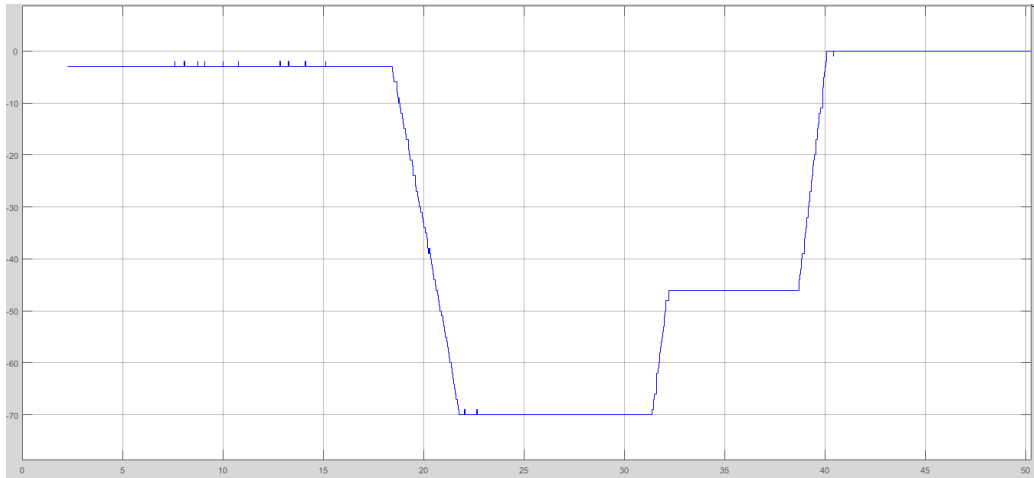


Figura 729.- Respuesta del motor número 3 con un control PID

Para los motores 4 y 5, se muestran las respuestas de los motores al aplicar una trayectoria definida por un polinomio de quinto orden, siendo la línea amarilla la trayectoria del polinomio y la verde la respuesta de cada motor.

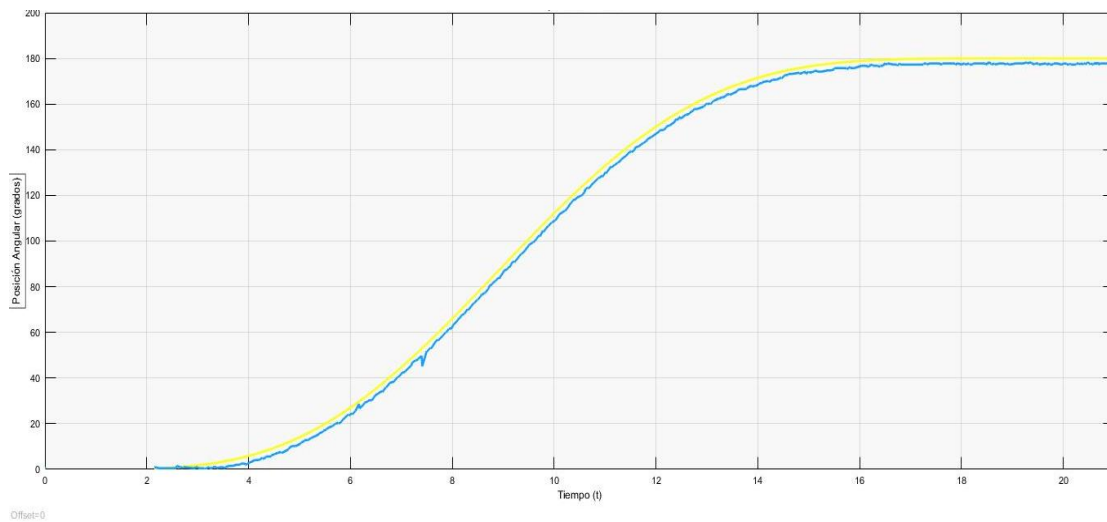


Figura 830.- Seguimiento de trayectoria del motor 4

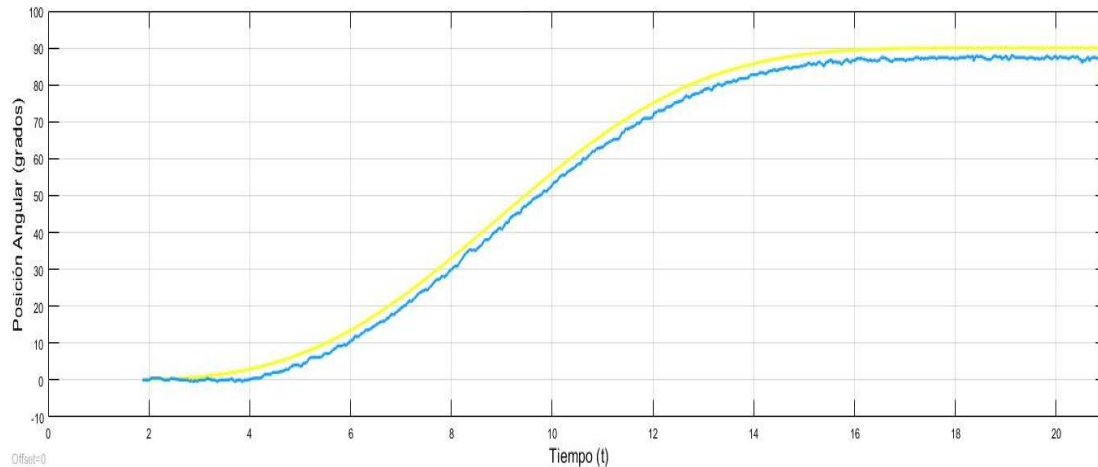


Figura 931.- Seguimiento de trayectoria del motor 5

CONCLUSIONES

Se logró el control del robot 500 empleando la cinemática inversa mediante un microcontrolador arduino y el software de simulink, donde el comportamiento de los grados de libertad 1, 4, 5 y 6 tuvieron un buen desempeño; sin embargo, las variables del segundo y tercer eslabón son afectados la gravedad. Por lo tanto, se sincronizo la estrategia de control con el freno mecánico para mejorar el desempeño y evitar vibraciones en estas articulaciones del robot.

BIBLIOGRAFÍA

1. Corke, Peter. Robotics, Vision and Control; Fundamental Algorithms in Matlab, Editorial Springer. 2013.
2. Cortés Parejo, José. Cinemática del Brazo articulado PUMA. 2008.
3. Spong M. W., Vidyasagar M, and Hutchinson S., Robot Modeling and Control, editorial Wiley, 2006.
4. John J. Craig, Robótica Tercera Edición. Editorial Pearson Prentice Hall. Tercera edición, 2006.
5. Reguera P., Alonso S., Domínguez M., Prada M. A., Morán A. Fuentes J. J. Using low-cost open source hardware to control PUMA560, Elsevier, 2017.
6. Robotics Toolbox for MATLAB Release 9. Puma 560.

DISEÑO DE UN SISTEMA HIPERMEDIA BASADO EN COMPETENCIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DEL APRENDIZAJE DE FÍSICA DE SECUNDARIA

Eugenia Erica Vera Cervantes¹, Olga Leticia Fuchs Gómez², Josefina Guerrero Garcia¹, Ana María Ocotero Muñoz¹

¹Facultad de Ciencias de la Computación BUAP, ²Facultad de físico Matemáticas BUAP

RESUMEN

En las instituciones de nivel básico se enfrenta graves problemas de reprobación, sobre todo en las materias de ciencias como son la física, química y matemáticas, sin embargo buscamos en la red apoyo y no encontramos acorde a un entendimiento de este nivel. El propósito de este trabajo es mostrar el diseño de un Sistema Hi-permedia Adaptativo (SHA) el cual considera las características del estudiante (perfil), para adaptar y presentar los contenidos basados en competencias para apoyar a desarrollar las habilidades en la física a nivel de secundaria. Método: El método utilizado es la investigación acción. Resultados: Se muestra el diseño del sistema y se describen las estrategias de apoyo.

INTRODUCCIÓN

La educación ha sido una de las áreas de aplicación más populares en el área de los Sistemas Hipermedia Adaptativos. Las investigaciones que se han realizado en este campo, se han dirigido sobre todo a técnicas y métodos de adaptación para apoyar las necesidades de aprendizaje del usuario, sus intereses, conocimientos previos y brindar un gran volumen de información. Según Brusilovsky un Sistema Hipermedia Adaptativo es un sistema basado en hipertexto e hipermedia que refleja algunas características del usuario en el modelo de usuario y aplica este modelo para adaptar varios aspectos visibles del sistema al usuario (Brusilovsky, 1996). Gaudioso define los SHA como aquellos sistemas de hipermedia capaces de ajustar su presentación y navegación a las diferencias de los usuarios, reduciendo así los problemas de desorientación y falta de comprensión, propios de los sistemas hipermedia no adaptativos (Brusilovsky y Millan, 2007). Un sistema se considera adaptativo cuando se adapta de forma automática y personalizada a las necesidades del usuario (Brusilovsky, 1996). Por lo que el SHA permite personalizar la información almacenada y la presenta a los usuarios según sus preferencias, conocimientos e intereses. El proceso de personalización permite mostrar la información que es apropiada para algún tipo de conocimiento y aprendizaje de cada usuario. El modelo de adaptación posee un conjunto de reglas que permiten adaptar los contenidos al perfil del usuario. En general, las reglas permiten al sistema seleccionar adaptativamente, considerando las características del usuario y el tipo de contenido que debe aprender para cumplir con los objetivos, donde se logran manifestar relaciones interesantes a partir de la información existente.

En este trabajo se muestra la importancia que tiene el crear este tipo de sistemas hipermedia adaptativos y la construcción, de software rico en elementos, materiales y herramientas que favorezcan y estimulen la construcción de conocimientos. Este software es posible gracias a una mayor disponibilidad de tecnología de software y hardware de mayor perfil y complejidad tecnológica, que permite una mayor flexibilidad. Este software presenta una mayor madurez en el tratamiento del contenido, la interactividad y su relación con el aprendizaje. El software responde a una demanda por software educativo que cumpla con requerimientos más activos y flexibles, donde el aprendiz pueda hacer cosas con el software y no que el software haga cosas con él.

En esta categoría surge software tipo historietas, historias, comics, juegos de aprendizajes y ambientes interactivos como los que aquí se proponen. En general, este tipo de software se caracteriza por reutilizar conceptos e ideas de los juegos computacionales, pero con el valor agregado de la puesta de contenidos de aprendizaje explícitos y con la intencionalidad de desarrollar o estimular el uso de algún proceso cognitivo y la transferencia del aprender. Con ello, el aprendiz aprende, juega, se entretiene, resuelve complejidades, controla variables, se enfrenta a situaciones inciertas, etc., involucrándose en un ambiente desafiante, entretenido y motivador. Esto es, se aprende jugando, se construye el aprender jugando.

Si bien se ha observado un mayor interés por desarrollar software de calidad, el objetivo de muchas empresas de software sigue la línea de la apariencia, impacto y entretenimiento, a través del uso

excesivo del tratamiento de medios, desvirtuándose muchas veces el objetivo de aprendizaje de estos productos y omitiéndose diseños centrados en el usuario, desarrollos considerando desde el inicio al usuario final y espacios para trabajo colaborativo multiusuario. La interacción social se realiza a través de muchas facetas (conversación, expresión artística, etc.) y una de ellas constituye compartir objetos.

TEORÍA

Un Sistema Hipermedia Adaptativo (SHA) es un sistema basado en hipertexto e hipermedia que adapta varios aspectos al modelo característico del usuario que surge en respuesta a las expectativas, necesidades, preferencias y deseos de este usuario.

Los SHA Educativos son sistemas que, basados en el grado de conocimiento del usuario construyen rutas de aprendizaje adaptativas, personalizando la adquisición de conocimiento y adaptando el material que es recomendado.

Según P. Brusilovsky (1996), los criterios que debe satisfacer un sistema hipermedia adaptativo son tres:

1. Ser un sistema hipertexto o hipermedia.
2. Tener un modelo de usuario.
3. Ser capaz de adaptar el hipermedia usando este modelo.

Uno de los objetivos más relevantes para el cual un SHA es desarrollado, es que el sistema se adapte al usuario y no sea el usuario quien deba adaptarse al sistema, como sucede regularmente en los hipermedia "clásicos", los cuales muestran el mismo contenido y los mismos enlaces a todos los usuarios. Además, estos autores señalan que la base del éxito de un SHA se centra en el buen acierto de sus modelos, mediante los cuales se estructura el conocimiento y adaptabilidad del mismo.

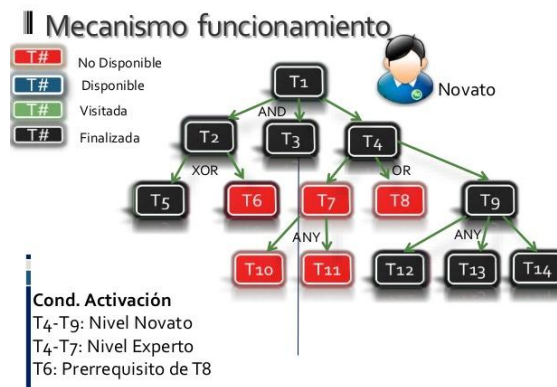


Figura 1. Funcionamiento de un SHA (Sistemas Hipermedia Adaptativos)

Como observamos en la figura 1, las soluciones con la hipermedia adaptativa son: mejor comprensión de la información (rutas de navegación seleccionadas), y orientación en el hiperespacio.

Es importante considerar el nivel de conocimiento y ritmo de aprendizaje Individual.

- Dentro de los rasgos de adaptación:
 - El conocimiento del usuario.
 - Sus intereses.
 - Objetivos.
 - La experiencia previa.
 - Los rasgos personales.
 - El contexto de trabajo

Se entienden así las matemáticas como un conjunto de cuestiones y problemas, de ideas y formas de actuar y de tecnologías simbólicas y organizativas que conllevan no sólo utilizar cantidades y formas geométricas, sino también hacerse preguntas y resolver problemas, obtener modelos e identificar relaciones y estructuras, de modo que, al analizar los fenómenos y situaciones que se

presentan en la realidad, se puedan obtener informaciones y conclusiones que inicialmente no estaban explícitas (Bartolomé, 1994). Las competencias en matemáticas enfatizan en que el alumno debe ser competente para argumentar, cuantificar, analizar críticamente la información, representar y comunicar, resolver y enfrentarse a problemas, usar técnicas e instrumentos matemáticos e integrar los conocimientos adquiridos (Gutiérrez, Martínez, 2008). La Reforma Integral de Educación Básica en su enfoque por competencias (SEP, 2011) afirma que “La resolución de problemas es el mejor camino para desarrollar estas competencias ya que es capaz de activar las capacidades básicas del individuo, como son: leer comprensivamente, reflexionar, establecer un plan de trabajo, revisarlo, adaptarlo, generar una hipótesis, verificar el ámbito de validez de las soluciones, etc. A su vez, posibilita experimentar, particularizar, conjeturar, elegir un lenguaje apropiado, probar una conjetura, generalizar, utilizar distintas partes de las matemáticas, verificar una solución, etc.” (Gutiérrez, Martínez, 2008).

Las competencias enfatizan en la habilidad para seguir determinados procesos de pensamiento (como la inducción y la deducción, entre otros) y aplicar algunos algoritmos de cálculo o elementos de la lógica, lo que conduce a identificar la validez de los razonamientos y a valorar el grado de certeza asociado a los resultados derivados de los razonamientos válidos. Disposición favorable y de progresiva seguridad y con-fianza hacia la información y las situaciones que contienen elementos o soportes matemáticos, así como hacia su utilización cuando la situación lo aconseja, basadas en el respeto y el gusto por la certeza y en su búsqueda a través del razonamiento (1ª fase: comprender). Utilizar los elementos y razonamientos matemáticos para enfrentarse a aquellas situaciones cotidianas que los precisan. Por tanto, la identificación de tales situaciones, la aplicación de estrategias de resolución de problemas, y la selección de las técnicas adecuadas para calcular, representar e interpretar la realidad a partir de la información disponible están incluidas en ella (2ª fase: pensar) (Gutiérrez y Martínez, 2008).

Desarrollo del Sistema educativo

El sistema presenta una adaptación para los perfiles de los distintos usuarios de acuerdo al Diagnóstico Académico. El procedimiento que se propuso para lograr en el Sistema Hipermedia Adaptativo realiza varias tareas, como son:

- a) Diagnosticar los conceptos o procedimientos que no se aprendieron de Física.
- b) Emitir un nivel de evaluación (puntuación) del aprendizaje mostrado por el alumno con respecto al tema de Física.
- c) Recomendar medidas para superar problemas y mejorar los aprendizajes.
- d) Incorpora fragmentos de autoinstrucción para remediar las deficiencias de aprendizaje diagnosticadas.

Selección de las unidades y aprendizajes relevantes

El proceso de evaluación del alumno inicia con la determinación del perfil deseable. En él se incluyen todos los conocimientos y habilidades que se esperan del estudiante, como resultado de haber intervenido en un proceso de enseñanza- aprendizaje y de acuerdo a sus necesidades.

Por lo que la adaptación de las unidades o temas seleccionados se realiza mediante los siguientes tres pasos:

- a) Seleccionar las ideas principales o esenciales, o temas relacionados a los temas de física.
- b) Determinar los procesos cognitivos deseables para cada idea esencial.
- c) Señalar el tipo de aprendizaje.

El aprendizaje se puede clasificar de diferentes formas:

- **Indispensable.** Es el aprendizaje referido a cuestiones que son básicas para el tema, unidad o área, es decir, conceptos, hechos y procedimientos que el alumno debe tener presentes toda su vida. Las ideas indispensables corresponden a un pequeño grupo dentro de las esenciales.
- **Esencial.** Es el aprendizaje que abarca todas las ideas principales extraídas del tema, unidad o área.
- **Antecedente o componente.** Son ideas que corresponden a complementos o antecedentes de la idea esencial para poder responder a los otros aprendizajes.

En la figura 2 se observa que el usuario tiene acceso al Sistema educativo de Física a través de links que le permitirán irse desplazando por todo el Sistema.



Fig. 2. Entrada al Sistema educativo para el aprendizaje de la materia de Física.

Una vez dentro de la escuela, se muestran vínculos, a los que se podrán acceder a: Aula, Cafetería, Biblioteca, Secretaria, Tablón de anuncios, Correo, Tareas Programadas, Ayuda y desplazarse por el sitio. En la sección Aula encontraremos foros, contenidos de la materia, ideas clave, herramientas multimedia, actividades de aprendizaje, un archivador, y tablón de anuncios.



Fig. 3. Dentro del aula en el Sistema educativo.

Seleccionamos la materia y el tema, entonces el sistema pide que se identifique el estudiante, mediante una clave de acceso.

El Sistema educativo tiene programadas las clases de todo el curso, permitiendo al alumno seleccionar la clase de aprendizaje que desea aprender o repasar, así como las actividades en ambientes virtuales para el aprendizaje (ver figura 4), en donde los estudiantes reciban una instrucción y al mismo tiempo son partícipes de ella jugando un rol activo para fomentar la colaboración de los mismos y enriqueciendo el acervo que el sistema ofrezca para dicho aprendizaje.

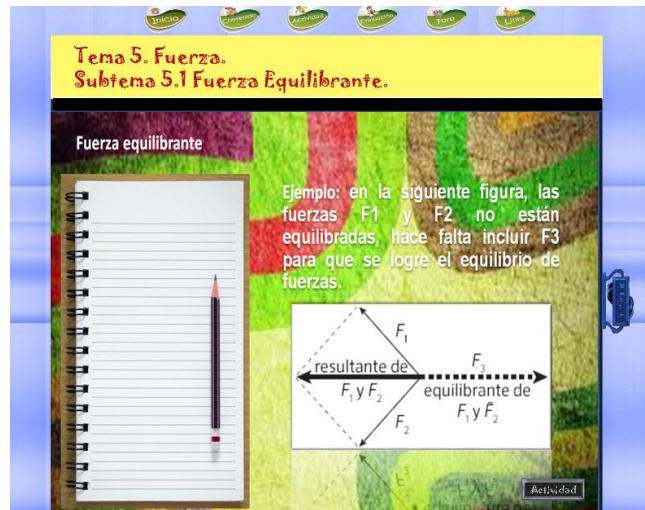


Fig. 4. Pantalla de una clase de aprendizaje y su actividad de aprendizaje de la materia de FÍSICA en el Sistema educativo.

En la figura 5 se observa una actividad de relacionar el concepto con la imagen. En caso de que el alumno falle en su respuesta, se determinó que no se le puede decir literalmente que no tiene validez, así que en los dos tipos de respuesta, correcta o no, se guiará con un tip de apoyo para aclararle cual camino era el indicado, esto sin darles la respuesta, simplemente como una idea que despejará sus dudas y motivando a continuar con el curso.

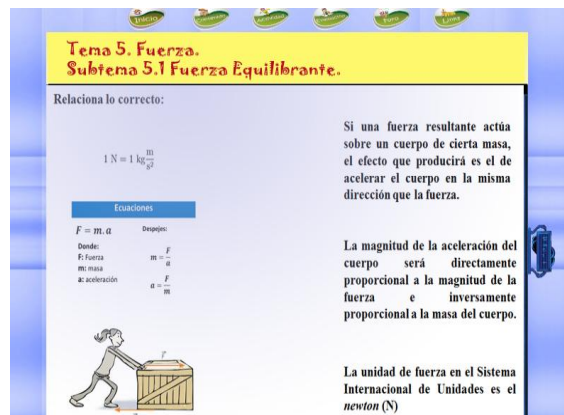


Fig. 5. Pantalla de una clase de aprendizaje y su actividad de relacionar.

Se intenta provocar, para que cuestionen los conocimientos que ya tiene y se esfuerce por adquirir los que aún no domina. En el momento de contestar acertadamente el concepto, se le aumentará los puntos que le corresponden y se le motivará con un tip de apoyo para complementar su conocimiento. El sistema trata de aumentar la autoestima en el momento que se le facilite y realice correctamente las actividades.

La información de los movimientos del alumno es almacenada en una bitácora para consultas posteriores, es decir, se guarda un seguimiento del alumno y los movimientos realizados en sus actividades. Al finalizar las actividades, el sistema muestra el nivel con el que terminó y da la opción para borrar su historial. Este nivel está determinado por la cantidad de preguntas que maneja el sistema y los puntos adquiridos con sus respuestas correctas (ver figura 6).



SUBTEMA	ACTIVIDAD	PUNTAJE
1.1) ¿Qué es Ensamblador?	1- Concepto Ensamblador	0
1.2) Ventajas de Ensamblador	2- Ventajas de Ensamblador	1
2.1) Definición de Bases	3- Sistemas de Numeración	0
2.1) Definición de Bases	4- Definición de Bases	3
2.2) Conversión entre Bases	5- Conversiones a Decimal	2

Fig. 6. Pantalla del historial del seguimiento del alumno en el Sistema educativo.

Al terminar las actividades del sistema educativo, se tiene la opción de borrar el historial, esta es útil si el alumno desea eliminar toda la información almacenada de sus actividades, la finalidad de esta acción es limpiar la base de datos y regresar al estado original, y de esta forma iniciar nuevamente el curso.

Están registrados en la base de datos los nombres de los todos académicos de dicha materia, se le asignó como password su matrícula única, y su primer apellido.

Las funciones que puede desempeñar un profesor en el Sistema educativo multimedia son las siguientes:

- Ver el contenido temático de la materia.
- Ver la lista de sus alumnos con información de avances.

El administrador puede dar de alta materias y actividades de aprendizaje, el acceso es mediante una clave.

El administrador es el que puede dar de alta a los alumnos, a los profesores, cursos y actividades. Al término de este paso, se procedió a la elaboración de las preguntas o actividades a realizar por el alumno en base al proceso intelectual que se toma en cuenta para cada una de ellas, y dependiendo del tipo de aprendizaje que cada una representa. Dentro de este proceso se le otorgó una ponderación a cada tipo de aprendizaje únicamente como ayuda para establecer el nivel en el que el alumno se encuentra, ya sea, alto, medio o bajo. La ponderación mencionada se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Asignación de puntos por conocimientos.

Conocimiento	Punto
Indispensable	6
Esencial	4
Antecedente	1

Al finalizar las actividades, el sistema muestra el nivel con el que terminó y da la opción para borrar su historial. Este nivel está determinado por la cantidad de preguntas que maneja el sistema y los puntos adquiridos con sus respuestas correctas. Los niveles de conocimientos en metodología de la programación se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles de aprendizaje.

Aprendizaje	Nivel de conocimientos
Nivel bajo	0 a 79 Puntos
Nivel Medio	80 a 149 Puntos
Nivel Avanzado	150 a 166 Puntos

CONCLUSIONES

Este proyecto surge de la necesidad actual de involucrar herramientas educativas dentro de nuevas formas de enseñanza, donde los nuevos planes de estudio plantean una enseñanza por competencia, es decir, el proceso de enseñanza requiere desarrollar estrategias de aprendizaje que les permitan a los alumnos activar el pensamiento e integrar esos saberes a su desempeño cotidiano. En especial el pensamiento matemático que fomenta el desarrollo de la imaginación y creatividad y como tal el razonamiento lógico. Enseñar a pensar y reflexionar a los alumnos potencializa sus habilidades y mejora su desarrollo intelectual. Su importancia en el desarrollo de competencias radica en que el alumno aprende a darle solución a los problemas que se le presentan no solo en la escuela pero también fuera de ella.

Este sistema contempla actualmente el tema de física, sin embargo el programa educativo a nivel básico es muy amplio, para ello se está pensando en incorporar poco a poco los demás temas al sistema, iniciando con aquellos donde los alumnos presentan mayor dificultad en el entendimiento y comprensión del tema, ejemplo de ello son las multiplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Brusilovsky, P. (1996) "Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction", v 6, 2-3, 87-129, Netherlands.
2. Brusilovsky, P. (2007) Millan, P., User Models for Adaptive Hypermedia y Adaptive Educational Systems. The Adaptive Web, Lecture Notes in Computer Science 4321, Berlin: Springer-Verlag, pp. 3-53.
3. Subsecretaría de Educación Básica (2011) Reforma de la Educación Básica en México. SEP, México.
4. Bartolomé, A. (1994) Multimedia interactivo y sus posibilidades en educación superior. Pixel-Bit, no. 1, <http://www.sav.us.es/pixelbit/pixelbit/articulos/n1/n1art/art11.htm>
5. Gutiérrez, L. Martínez, E. (2008) Nebreda, T.: Las competencias básicas en el área de Matemáticas.

OBTENCIÓN DE SÍLICE NANOMÉTRICO POR MECANOSINTESIS

Enlil Paloma Guzmán León¹, Atziri Odalys Rodríguez Sánchez², Luis Enrique Álvarez-Ramírez³,
María Teresa Fuentes Romero¹ y Ricardo Cuenca Álvarez⁴

¹Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, ²Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, ³Instituto Politécnico Nacional - SEPI ESIME Zacatenco, ⁴Instituto Politécnico Nacional.CIITEC Azcapotzalco
enlil1@live.com.mx

RESUMEN

Se realizó la fragmentación de dióxido de silicio (conocido comercialmente como microsilice) en un molino de alta energía de diseño reciente en medio húmedo y seco con la intención de verificar su tamaño de partícula en períodos de corta duración. Los niveles de deformación del dióxido de silicio durante la molienda reducen considerablemente el tamaño de granulometría iniciando con un tamaño inferior a 5 micras hasta llegar al intervalo nanométrico. Incrementando la posibilidad de elevar sus propiedades por encima de las obtenidas mediante otras técnicas alcanzando una distribución fina y homogénea de tamaño de partícula, controlando simultáneamente las posibles segregaciones y aglomeraciones asociadas al proceso.

La fragmentación se realizó en un Molino Horizontal de Alta Energía el cual consta de un contenedor cilíndrico y estático. El movimiento de los medios de molienda (bolas de acero) es suministrado por un juego de propelas concéntrico al contenedor, permitiendo el libre movimiento dentro de éste. El efecto de la carga del molino fue monitoreado empleando conceptos de razón de llenado bolas/molino y bolas/intersticios. Los efectos de estas variables se revelan a través de la medición de distribución de tamaños de partícula por microscopía óptica y difracción de rayos X.

TEORIA

El proceso de molienda mecánica de alta energía se desarrolló en los años 60 por John Benjamin y sus colaboradores en la Compañía Internacional de Níquel (INCO), con el objetivo de producir aleaciones complejas reforzadas con dispersión de óxido (ODS) para aplicaciones estructurales de alta energía, como turbinas de gas para la industria aeroespacial. En INCO se dieron cuenta que este método podría producir dispersiones finas y uniformes de partículas de óxido en superaleaciones de base níquel; que por otros métodos de metalurgia de polvos era complicado de fabricar. Y la producción y síntesis de aleaciones de soluciones sólidas, sistemas inmiscibles, compuestos metálicos y materiales con propiedades únicas. A lo largo de los años, las aleaciones mecánicas se han centrado en otros metales ligeros como el aluminio, el magnesio o el titanio para aplicaciones aeroespaciales; y en un método de procesado de no equilibrio tras el descubrimiento de las aleaciones amorfas

FUNDAMENTOS DE LA MOLIENDA DE ALTA ENERGIA

Consiste en continuos impactos de alta energía a las que son sometidas las partículas por parte de los cuerpos molidores, causando repetidas microforjas (donde las bolas adhieren, unen y fracturan partículas de polvo) con el objetivo de producir partículas de polvo de menor tamaño. El impacto entre partículas modifica la morfología de los polvos, dando lugar a la aparición de uniones frías cuando las partículas del material están siendo aplastadas, y se forma partículas nuevas por combinación de constituyentes o materia prima inicial. La soldadura en frío lleva consigo la deformación plástica y la aglomeración de partículas; por otro lado, la fractura apareja una reducción de los tamaños de partículas y la iteración de los dos fenómenos conducen a un refinamiento y homogeneización de los constituyentes.

VARIABLES DEL PROCESO

TIPO DE BOLAS

El tamaño de las bolas utilizadas debe ser el adecuado para el molino empleado, ya que la energía cinética que se crea depende de la masa y velocidad que se marcan. Por ello, la utilización de bolas de materiales densos como el acero es más óptimo, aunque se debe tener en cuenta que una densidad elevada puede reducir la frecuencia de los choques e impedir un continuo movimiento. El

ratio bola/carga es uno de los parámetros más importantes en molienda mecánica, suele oscilar normalmente entre 10:1 y 20:1 pero depende del tipo de molino.

TEMPERATURA

Los incrementos de temperatura con los que se trabaja en este proceso son de 100°C a 200°C (normalmente por debajo de la temperatura de recristalización) y se producen por la energía cinética del medio de molienda. En los casos donde dentro del molino tenga lugar reacciones exotérmicas los incrementos de temperaturas se disparan, pudiendo ser controlados mediante refrigeración. Estas temperaturas afectan de manera crítica a la microestructura final y a la cinética de formación de fases; las temperaturas que se miden en el proceso son dos: la temperatura macroscópica y la temperatura local.

FRECUENCIA E INTENSIDAD DE MOLIENDA

Existen dos tipos de frecuencia dentro de un proceso de molienda mecánica de alta energía, la frecuencia media de colisión que se relaciona con el tamaño del medio de molienda y con la velocidad media, de forma inversamente proporcional. Y la frecuencia de impacto de la partícula que muestra la probabilidad de choque, donde al incrementar la concentración de las partículas en la superficie y uniformizar el tamaño de las partículas, la probabilidad disminuye. La intensidad de molienda es proporcional a las características y propiedades del polvo durante el proceso, y un indicador de la energía de molienda. Cuando se incrementa este parámetro al introducir mayor cantidad de bolas, mayor densidad o mayores velocidades de colisión, la energía transferida a las partículas en cada colisión y la energía a disipar aumentan.

TIPO DE MOLINO

La selección del molino es un factor importante en los resultados que se obtendrán y para ello se necesita comprobar su capacidad, el coste, el tiempo de ciclo al que se someterá, el tipo de material y la distribución de tamaño de partícula.

FRACTURA DE LAS PARTÍCULAS

Las fracturas de partículas se producen cuando la presión de molienda es alta y la resistencia de las partículas es baja, en un entorno de velocidades elevadas al incrementar la energía de las colisiones.

PARTE EXPERIMENTAL

Para hacer comienzo a la molienda se tiene que tener en cuenta que la medida y la capacidad del molino a utilizar, en este caso La capacidad total del molino es de 5.9 litros esto ya es restando el volumen de las aspas.

Para realizar el llenado del molino es necesario utilizar una relación entre el volumen ocupado por los objetos moledores (las bolas), considerando los intersticios y el volumen del molino

$$1. \quad J = (V_{\text{bolas}} + V_{\text{intersticios}}) / V_{\text{molino}}$$

En teoría se sabe que J tiene un valor por lo regular de .4, .5 y .6 aproximadamente para que se tenga JNA molienda eficaz, sin embargo, no se pudieron ocupar esos valores.

Se ocupó una J de .2 ya que no se cuenta con el material moledor suficiente (bolas o balines).

Ya obtenido el volumen útil del molino, posteriormente se pesaron los objetos moledores que este caso son balines de acero inoxidable, esto para saber cuántos se tenían, se cuentan con 5.3 kilogramos de balines.

Más adelante para sacar el volumen que estos ocupan dentro del molino se hizo una relación

Entre los balines y su densidad

Posteriormente para saber la cantidad de material en este caso micro sílice se iba a utilizar se hizo la siguiente relación: relación del volumen de intersticios ocupado por la suspensión del polvo ocupando el molino está en reposo:

$$2. \quad UR = (V_{\text{polvo}}) / V_{\text{intersticios}}$$

UR= coeficiente de llenado de polvo/intersticios

Vpolvo= volumen ocupado por el polvo seco

Vintersticios= volumen del espacio vacío que existe entre las bolas en reposo dentro del recipiente

Para sacar el Vintersticios que se ocupa en las bolas se hizo una prueba experimental, se ocupó una probeta graduada, se llenó con los balines en este caso con 5.3 kilogramos que en volumen es 1.2 Litros, se fue llenando de 15ml en 15 ml hasta donde llegaban los balines Y dio la cantidad de 465ml de agua ocupando los intersticios

Posteriormente para sacar el Vpolvo se calculó el peso específico con un picnómetro

Datos.

Para saber el peso específico del microsílíce

- Se pesó el picnómetro 22.90g
- se volvió a pesar el picnómetro, pero esta vez con agua 47.94g
- se pesó 1g de sílice



- se agregó el gramo pesado anteriormente al picnómetro con agua y se volvió a pesar. 48.35



- se ocupó la siguiente relación

$$3. \text{ Volumen} = \text{Masa 1} + \text{Masa 2}$$

Masa 1= 48.94 g picnómetro con agua

Masa 2= 49.34g picnómetro con agua

$V = 48.94 - 49.34g$

$= 0.41g$

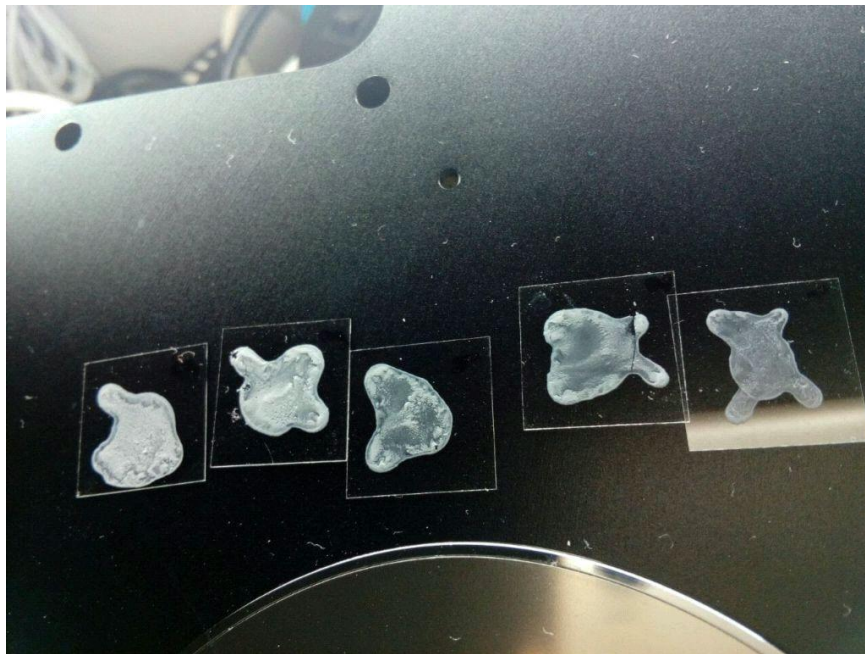
Densidad= $1g / 0.41g$

$= 2.4334 \text{ g/ml}$

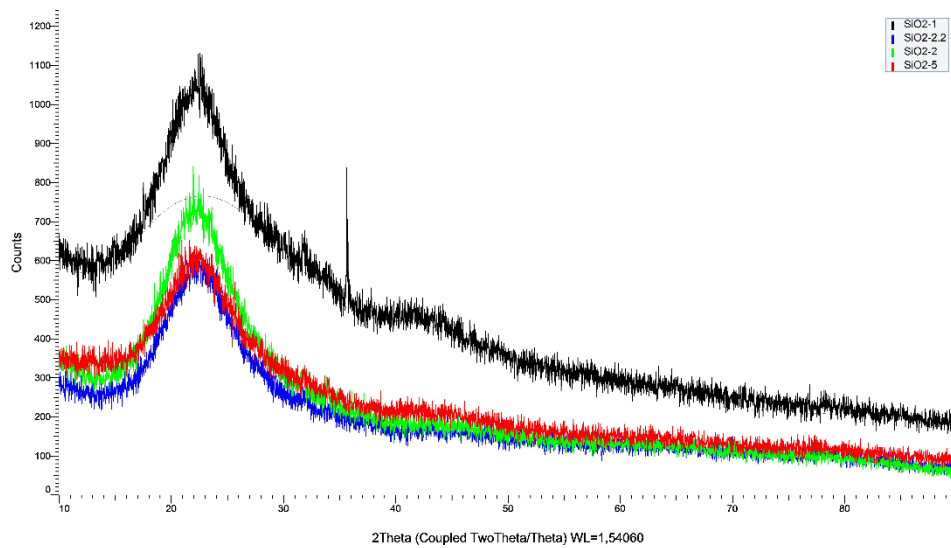
Una vez sabiendo todos los valores se comenzó con la molienda
Se ocuparon 400ml de sílice
Con 1.2L de bolas
Una vez cargado el molino se hicieron pruebas en intervalos de 5 min.

Molienda
5 min
10 min
15 min
30 min

Al finalizar cada molienda se tomaron muestras de cada intervalo de tiempo y fueron llevadas al microscopio óptico metalográfico para saber en qué tiempo la molienda había sido más óptima.



RESULTADOS



Se observa la comparación de los distintos intervalos de tiempo de molienda llevados al microscopio DRX al igual observamos que las partículas variaban su estructura en los distintos intervalos de tiempo

CONCLUSION

Se concluye que las granulometrías finales de rango micrométrica y nanométrica sólo pueden alcanzarse con una molienda por vía húmeda y al igual con un tiempo establecido dependiendo del material para obtener una mejor molienda aproximadamente 10 minutos. Esto optimiza el rendimiento de los materiales sintetizados frente a otras metodologías, tales como co-precipitación, sol-gel, etcétera, las cuales aportan estructuras con áreas superficiales mayores que en la mecanosíntesis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Flores, K. (2016, NOVIEMBRE, 06). Síntesis de silicatos de calcio por el método Pechini e intercambio iónico de alginato de sodio-cloruro de calcio. ELSEIVER, 55, 239-245. 2016, DICIEMBRE, 15, De SCIENCE DIRECT Base de datos.

DESARROLLO DE UN ROBOT CARTESIANO DE DOS EJES GARANTE DE LA ENTREGA DE PRODUCTOS EN MÁQUINAS EXPENDEDORAS MODELO 3208 WITTERN

Karely Vázquez Mejía, Felipe Castillo Valencia, Luis Aldair Olguín Zúñiga, Cesar Alejandro Vilchis Rodríguez y Roel González Montes de Oca

Ingeniería Mecatrónica. Universidad Politécnica de Pachuca, Carretera Pachuca — Cd. Sahagún, km 20, Ex-Hacienda de Santa Bárbara, Municipio de Zempoala, Hidalgo. .

RESUMEN

Las máquinas expendedoras de alimentos modelo 3208 Wittern además de tener un amplio mercado en la república mexicana con un 48% por ciento, presentan problemas de forma repetida al momento de realizar la entrega de productos gracias al atasco del producto en el espiral de servicio, las barras pequeñas de dulces son las más propensas a sufrir atascos debido a las dimensiones del empaque. En el presente documento, se presenta el desarrollo de un dispositivo mecatrónico integrable al modelo de maquina 3208 WITTERN. El presente dispositivo mecatrónico, es un robot que presenta una configuración prismática en sus ejes, idóneo para la aplicación requerida, ya que solo necesitamos desplazamientos para llegar al producto. Se analizan las características físicas internas, externas resistencia a la fatiga, factor de seguridad y se calculan todos los datos relacionados con la cinemática directa e inversa del robot cartesiano.

Palabras clave: robot cartesiano, máquina expendedora, cinemática.

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de los robots en 1980 hasta la fecha, el uso y aplicación de los robots en la solución de problemas en la vida cotidiana, se han vuelto cada vez más recurrentes, no solo en el campo de la industria, si no en también en los lugares a los que a sus inicios era imposible pensar que estarían aplicados. Este trabajo está desarrollado partiendo de la problemática del atasco de productos provenientes de las máquinas expendedoras modelo Wittern 3208 ya que esta situación es recurrente en un 48 % de las ocasiones de que el cliente solicita determinado producto. Los factores por los cuales ocurre el atasco pueden provenir de muchas fuentes, siendo las características de la estructura de la máquina, el mal abastecimiento de los productos gracias a un operador, el estado de la envoltura entre muchos otros, las más comunes. nuestra solución a dicha problemática, radica en la integración de un sistema mecatrónico, lo cual comprende el cálculo, desarrollo, conceptualización, análisis y verificación de un robot cartesiano de dos que garantice la entrega efectiva del producto, en dado caso de que los resortes frontales de servicio no realicen la acción esperada por el sistema. Durante el desarrollo del presente, se conceptualizan y desarrollan las técnicas necesarias para el diseño del robot, desde la cinemática aplicable al robot lo cual abarca desde la orientación de los marcos dextrógiros, cálculos de la cinemática directa e inversa y el cálculo del jacobiano. También se integran las técnicas de evaluación mecánicas lo que comprende el análisis de esfuerzo deformación, así como el cálculo del factor de seguridad que se logra con la configuración de la estructura el general, las técnicas electrónicas en las cuales se aborda la impedancia, la pérdida de energía y las técnicas de control en la cual se explica de manera completa, las cualidades del controlador y las razones por las cuales se aplican a este sistema mecatrónico.

TEORÍA

La problemática más recurrente en las máquinas antes mencionadas, es el atasco del producto que se empaquetan en sobres pequeños con un 48% por ciento de las ocasiones en las cuales es adquirida por el cliente debido a factores propios de la máquina expendedora, de las condiciones mecánica de todos sus componentes o del operador que suministra el producto al interior de la máquina. la tecnología que se encuentra implementada consta una cortina infrarroja para la verificación de la entrega del producto, de no ser así, la acción realizada consta de un giro adicional en el resorte de servicio una cantidad de 1.5 pi radianes, con lo cual se realiza la entrega del producto solicitado.

La solución propuesta, es el desarrollo de un sistema mecatrónico, el cual, mediante el diseño de un robot cartesiano de dos ejes, se asegure la entrega del producto en todas las ocasiones. Una de las cualidades con las que cuenta el presente robot, es que no tiene problemas de singularidad, la cual,

por definición, es cuando dos o más ejes se alinean y el robot tiene infinitas soluciones para realizar un movimiento y llevar al punto deseado, al tener el robot, infinitas soluciones y el robot no sabe cuál de las posiciones elegir, por tal motivo, el diseño del presente robot, se realizó de manera que evitara cualquier problema con de singularidad en alguno de sus movimientos para conocer los movimientos que realizará el robot, se hace uso de la cinemática del robot que es el estudio de los movimientos de este. Dentro del análisis cinemático, se hace evidente la posición, velocidad y aceleración de cada uno de los ejes del robot, sin considerar las fuerzas que causan el movimiento. el estudio de la cinemática, comprende todas las propiedades geométricas y basadas con respecto al tiempo. para tal efecto, existen dos métodos por los cuales se obtienen la posición, velocidad y aceleración, las cuales son: método geométrico, constituido por vistas o perspectivas del robot a partir de movimientos específicos y por matrices de transformación homogénea. las cuales están basadas en la metodología de Denavit-Hartenberg que permite establecer la ubicación de los sistemas de referencia a partir de un origen.

Una técnica que es fundamental para el análisis de los movimientos del robot es la cinemática inversa, la cual permite determinar la cantidad de movimiento de la cadena cinemática para hacer que el actuador final logre llegar a un punto determinado dentro de su espacio de trabajo permitido. entendiéndolo como cadena cinemática al conjunto de eslabones y articulaciones que conforman el robot.

Parte fundamental de la implementación de la cinemática en el robot es la de la obtención del jacobiano, el cual, al derivar el jacobiano, sea visible el valor de la velocidad a la cual nuestro robot se desplaza y es la velocidad máxima que alcanzan el punto terminal (pt) y las articulaciones. de forma análoga, al derivar dos veces el jacobiano, se obtiene la aceleración de cada uno de los ejes que componen la estructura general del robot.

Lo que respecta a la estructura, existen en el mercado software de diseño, los cuales cuentan con complementos necesarios para el análisis estructural, el utilizado en el presente trabajo, es Solid Works, con el cual, mediante la técnica del elemento finito, es posible desarrollar estudios estructurales a cada fracción que compone el robot, de forma análoga y gracias a las mismas características de la división de la estructura general en muchas fracciones, es posible calcular el factor de seguridad que rige la resistencia a sufrir falla.

Para efectos de la parte electrónica del sistema mecatrónico, fue necesaria la implementación de técnicas de análisis de corrientes y voltajes, impedancias relacionadas a las conexiones entre sistemas eléctricos. Las cualidades con las que cuenta la tarjeta Arduino UNO, que fungirá como la tarjeta controladora del sistema en general. La aplicación de sensores en cualquier sistema es esencial para la integración del robot, con el sistema de control, por lo tanto, hace imperiosa la necesidad de instrumentar la estructura general con sensores de límite, que verifique el momento en que la estructura principal, tope con los sensores, de esta forma, cuidando las características físicas de la solución. De igual manera, la implementación de medios de comunicación, que permitan el flujo de datos generados por el actuar del robot cartesiano de dos ejes hacia la tarjeta controladora de la máquina expendedora.

La parte del control, es una de las características más importantes en el desarrollo de un sistema mecatrónico, por lo cual se aplica un sistema de control PD. Ya que nuestra aplicación puede carecer de la parte integral, dado que solo necesitamos situar el efector final en la menor cantidad de tiempo, a una velocidad considerable.

PARTE EXPERIMENTAL

Aplicando las técnicas correspondientes a la cinemática directa e inversa, se logra obtener los marcos dextrógiros que rigen la posición y orientación de cada uno de los eslabones que componen al robot cartesiano de dos ejes, se obtienen las matrices de transformación homogénea que describen de forma analítica la posición y orientación del efector final y por medio de la técnica de Jacobiano geométrico se obtiene al Jacobiano que servirá para conocer con exactitud la velocidad y aceleración con la cual nuestro robot se desplazará en el espacio de trabajo calculado mediante las limitaciones físicas del robot cartesiano.

Se desarrolla la estructura en software de diseño Solid Works respetando orientaciones de los marcos dextrógiros, dimensiones establecidas de 45 centímetros en el eje horizontal o base y 1.50 metros en vertical (altura) y espacio efectivo de trabajo del robot (Figura 1).

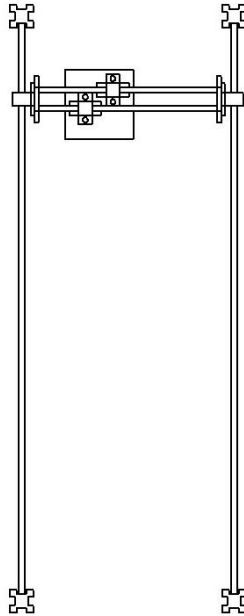


Figura 1. Robot cartesiano de dos ejes (Dimensiones)

Selección de materiales.

Para la fabricación de los anclajes de la estructura se eligió el acero AISI 1020 de bajo carbono ya que su uso es adecuado para elementos de maquinaria y tareas de baja exigencia, además tiene un alto índice de soldabilidad, alta tenacidad y baja resistencia mecánica.

Para los soportes del segundo prismático se utilizó Acrílico de 6mm de espesor. Las ventajas que este material brinda es que su peso corresponde al 50% del peso del vidrio y al 43% del peso del aluminio y su resistencia a la exposición a temperaturas bajas y a la fuerte radiación solar.

En la sujeción de los rodamientos se utilizará ABS en vez de PLA por que resiste altas temperaturas, es facilidad al agujerear y pegar, su alta resistencia mecánica.

Selección de tipos de sujetadores

El mecanismo contiene 16 tornillos de 3/8 por 1 pulgada 1/4 con sus respectivas tuercas y rondanas de presión que sujetan los cuatro anclajes de la estructura (cuatro tornillos por cada anclaje), de igual manera se cuentan con 16 tornillos de 3/16 por 1/2 pulgada para los acoples de acrílico con los sujetadores de los ejes y se tiene 8 prisioneros de 1/8 por 1/4 de pulgada para el acople de los ejes.

Selección de la transmisión

El mecanismo consta de dos tubos los cuales están sujetos al soporte del segundo prismático que permiten el movimiento rectilíneo vertical (respecto al eje Y, primer eje prismático), otros dos tubos están sujetando la base del efector final y estos permiten su movimiento horizontal (respecto al eje X), de esta manera el mecanismo cubre toda el área donde se encuentran productos en la máquina expendedora. Por último, el efecto final (Gripper) abre y cierra para tomar el producto y tira de el para liberarlo.

Efector Final

El efector final es un Gripper de aluminio que se abre y cierra por medio de un micro servo MG 90S con torque de 1.6 kg suficiente para tomar el producto y hacer que el mecanismo lo libere.

Selección de los rodamientos.

Se seleccionó el rodamiento tipo bolas denominación 625-Z por su placa de protección a uno de los costados el cual estará expuesto a las condiciones de la máquina expendedora, cuenta con un diámetro interior de 5 mm perfecto para el eje del motor implementado y 16mm de diámetro exterior.

Selección de los actuadores: Motor a pasos

Se seleccionó el motor a pasos Nema 17 17HS1538-P4170 tomando en cuenta que es un motor bipolar lo cual nos ofrece un fácil control del mismo, con una relación de 200 pasos por revolución dejándonos 1.8 grados por paso, su tamaño compacto de 42.3 mm cuadrados x 40 mm sin incluir el eje, hace que sea la opción más viable debido al espacio limitado con el que se cuenta dentro de la máquina expendedora, su bajo consumo energético demandando 12.24 volts a 1.68 Amperes y un torque de 3.6 Kg por cm. ya que este no se verá forzado al trabajar.



Figura 2. Motor a pasos Nema 17

Módulo L298n (Controlador o driver)

Se seleccionó el puente H L298n por su pico de operación de 4 Amperes y una corriente constante de operación de 2 Amperes, voltaje de alimentación de motores de hasta 46 volts suficiente para los motores aplicados al sistema mecatrónico a controlar, al igual que su protección de corte por sobrecalentamiento y dimensiones compactas.



Figura 3. Driver L298

Selección de sensores.

Se seleccionó el Micro Switch TZ-120 tomando en cuenta su tamaño compacto, alta resistencia mecánica, resistencia al impacto, rendimiento de protección al agua y aceite y por su larga vida útil con diseño de estructura de resorte. Su capacidad de operar bajo temperaturas de -10°C a 80°C y de -40°C a 80°C de almacenamiento. Sus características de operación nos permiten soportar un peso máximo de 150g y mínimo de 40g. El sensor pesa un 0.054kg haciéndolo ligero.

Selección del controlador.

Al pensar en la implementación de sistemas de control adaptables a nuestro robot cartesianos de dos ejes, entramos en la necesidad de la implementación de una tarjeta controladora que fuera de bajo costo y fácil de adaptar las condiciones que necesitábamos dentro del proyecto. Arduino, fue la plataforma de software y hardware libre idónea para esta tarea. Se seleccionó la tarjeta Arduino ONE por su amigable ambiente de programación, bajo consumo energético a 12v acorde al sistema en general y frecuencia de trabajo de 16MHz suficiente para el control implementado en el sistema.

Selección de la fuente de alimentación.

Se seleccionó una fuente de alimentación modelo CHS-75-12 de 75w 12V, con entradas de 90-130VAC/170-260VAC y salidas de 5V/12V/24V/36V/48V, comúnmente las máquinas expendedoras cuentan con este modelo. Utilizaremos la salida de 12V para alimentar el sistema y los actuadores.

Sistema de comunicación

Se decidió utilizar el protocolo de comunicación que permitiera leer y escribir los datos obtenidos del controlador de la máquina por el lector de tarjetas a través de un protocolo serial I2C.

Técnica de mantenimiento prevista

En lo que concierne a lubricación de los rodamientos utilizamos para el desarrollo del sistema mecatrónico, se requiere de un lubricante no aditivo por su considerable factor de limpieza, que se encuentra entre los valores normales correspondientes a la aplicación utilizada. El cambio del aditivo

es requerido cada 6 meses, dependiendo de la constante actividad del robot en la entrega del producto. De forma analógica, incluirá limpieza periódica del mecanismo (cada 2 meses) engrasado de partes mecánicas (ejes), pruebas de óptimo funcionamiento, calibración del sistema cada que se surta la máquina. Reemplazar los componentes que sean necesarios debido a un mal funcionamiento o a que se agote su vida útil.

Técnica de control

El control que se implementó en el sistema es un PD (Proporcional-Derivativo) con el cual le damos precisión al mecanismo ya que evaluamos la posición deseada (la del producto) respecto a la que se tiene cada instante de tiempo hasta igualarlas y así reducir el tiempo de ejecución para hacer eficiente el sistema.

RESULTADOS

Después de desarrollar todas las técnicas necesarias para hacer efectivo un sistema mecatrónico, se obtuvieron resultados en cada una de las técnicas.

En la parte mecánica, se obtuvo una estructura correspondiente a las características deseadas en la parte experimental (Figura 4)

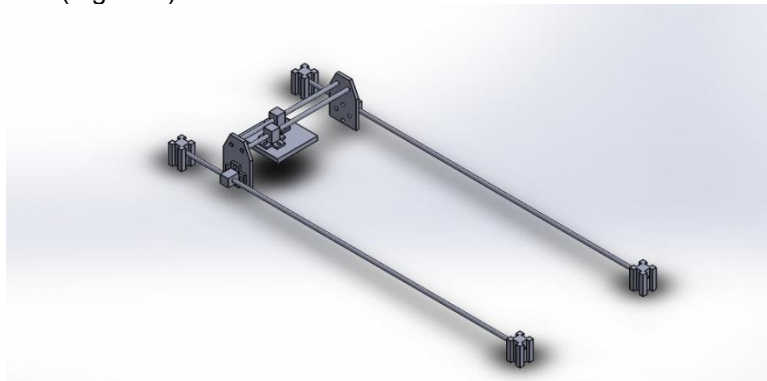


Figura 4. Estructura en 3D de robot cartesiano de doble eje.

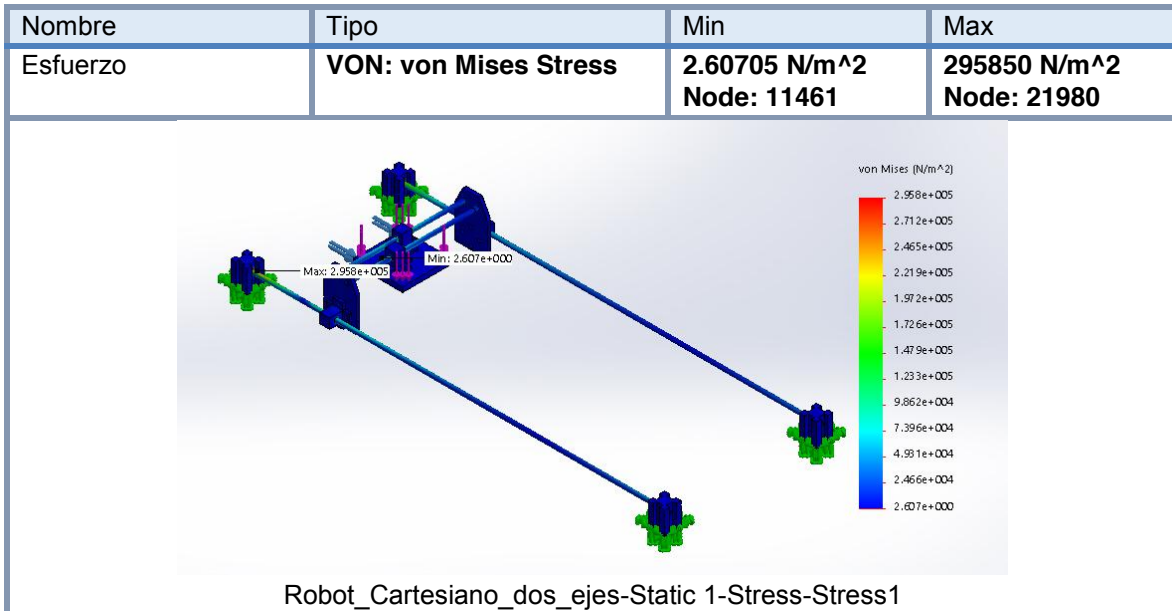
Se realizó pruebas de esfuerzo y deformación, sometida a fuerzas en el efector final dividida la fuerza neta en sus dos componentes 1.5 kg en el eje Z y 0.5 kg en el eje Y (Imagen 2). De forma consecutiva, utilizando el análisis por elemento finito, se calculó el factor de seguridad a toda la estructura en situaciones de sobrecarga de producto o a posibles cambios en el gramaje de los artículos contenidos en la máquina expendedora. De forma análoga, se verificaron los puntos de inflexión en donde la estructura era más propensa a llegar a la fractura. Debido a las características del plástico, el primer material pensado para realizar la mayor cantidad de la estructura, se optó por cambiar dicho material por otro que resistirá más el peso de la propia estructura y además que resistiera las dinámicas de las velocidades y aceleraciones que comprende el desplazamiento del efector final, quedando de la siguiente forma.

TIPO DE MATERIAL	MODULO DE ELASTICIDAD	RADIO DE POISSON	DENSIDAD DE MASA	CONDUCTIVIDAD TERMICA
Acero AISI 1020	2e+011 N/m ²	0.29 N/A	7900 kg/m ³	47 W/(m·K)
ABS	2000000000 N/m ²	0.394 N/A	1020 kg/m ³	0.2256 W/(m·K)
Acrílico de medio-alto impacto	3000000000 N/m ²	0.35 N/A	1200 kg/m ³	0.21 W/(m·K)

Se realizó estudios sobre esfuerzos de Von Mises para identificar las zonas de mayor riesgo estando como las principales zonas:

La zona que concentra la menor cantidad de esfuerzos está localizada en los ejes de desplazamiento correspondientes a los desplazamientos en el eje horizontal que mueve el efector final.

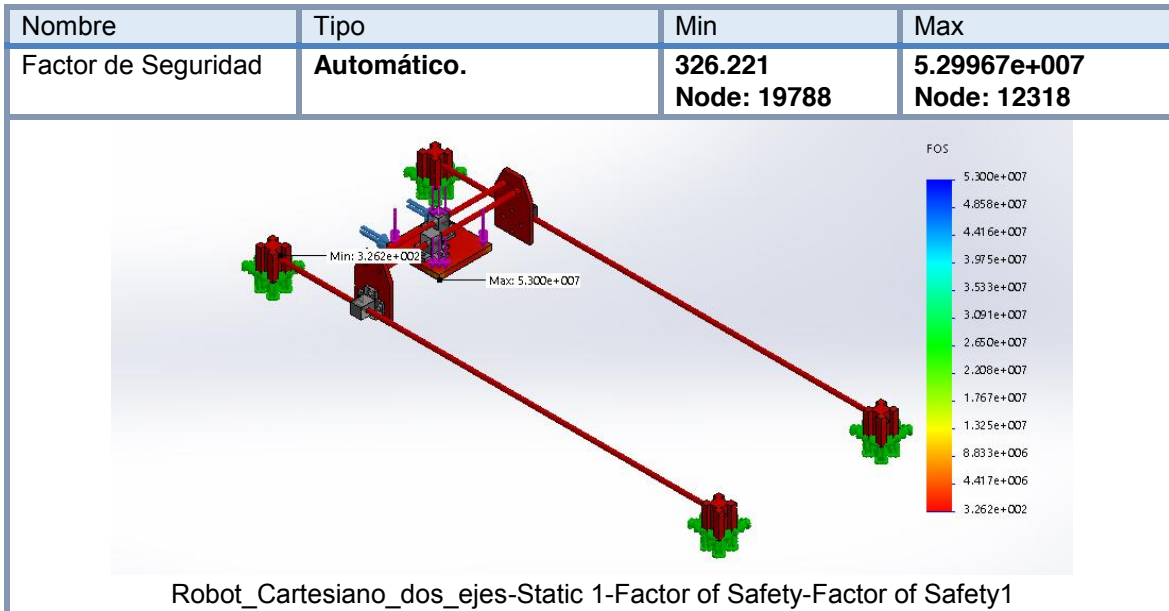
La zona que concentra la mayor cantidad de esfuerzos, están localizadas en las zonas de sujeción de las barras de desplazamiento vertical y los estribos que sujetan la estructura de las barras a la máquina expendedora.



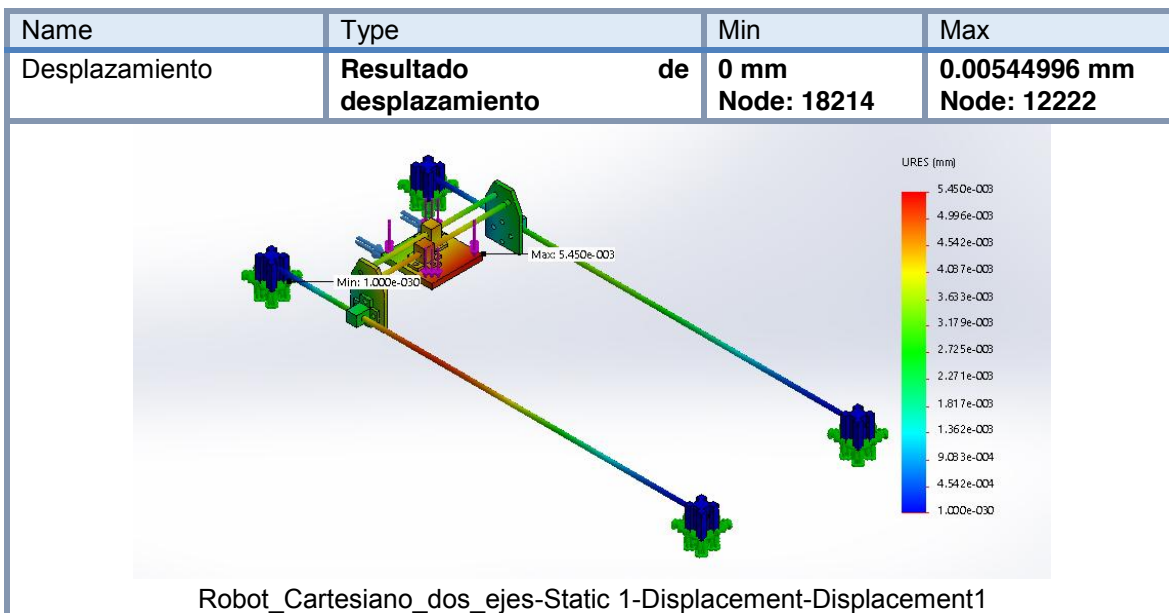
Para saber la calidad y efectividad de las partes que componen a toda nuestra estructura, fue necesario realizar un estudio de Factor de Seguridad. El estudio que se realizó, se aplicó al robot cartesiano de dos ejes, el mallado se encuentra en la configuración automática y se localizan los máximos y mínimos correspondientes a los extremos del análisis.

El factor de seguridad mínimo se encuentra localizado en el acople de la barra de desplazamiento vertical y barra de sujeción a la máquina. De forma analógica, se encontró que la zona más segura de toda la estructura se encuentra en la base que sostiene el efector final.

La base de los rodamientos que sujetan la corredera del efector final, no entran en el análisis debido a que las fuerzas recaen en las barras de desplazamiento y solo funcionan como transmisión de movimiento.



Para el análisis de desplazamiento es necesario, por medio de elemento finito, calcular la cantidad en milímetros la distancia recorrida a cierta fuerza aplicada en el efector final. Para tal efecto, se hace el corrimiento del estudio de desplazamiento en su forma estática a la escala de 1



Utilizando softwares como lo es Matlab Simulink, se desarrolló una programación por bloques como barrera de verificación de que tanto las cinemáticas directa e inversa fueron calculadas de forma correcta, dejando en claro que esta programación nace de la necesidad de tener certeza de que los cálculos de forma analítica son correctos y que al desarrollar tal código se respetan todos y cada uno de los puntos especificados por la técnica de D-H.

Utilizando el software antes mencionado, se desarrolló un programa para el seguimiento de trayectoria para puntos específicos dentro del espacio de trabajo delimitado por las condiciones físicas de la estructura del robot y el espacio de trabajo proporcionado por nuestra máquina expendedora. El primer bloque de la programación, radica en la secuencia de trayectoria a seguir

por el robot, de ese primer bloque, salen arreglos de valores, los cuales entran como valores variables al segundo bloque de la programación, en el cual, se encuentran los valores correspondientes a la cinemática inversa. El tercer bloque radica en la simulación del sistema mecatrónico en su forma analítica, el cual se obtiene con un formato .XML que es generado desde el software de diseño Solid Works. Después de pasar los valores por el modelo matemático, entran al cuarto bloque de programación en el cual está contenido la cinemática directa y las salidas de este bloque, se mandan a un graficador para verificar que el seguimiento de trayectoria se realizó de manera correcta (figura 5).

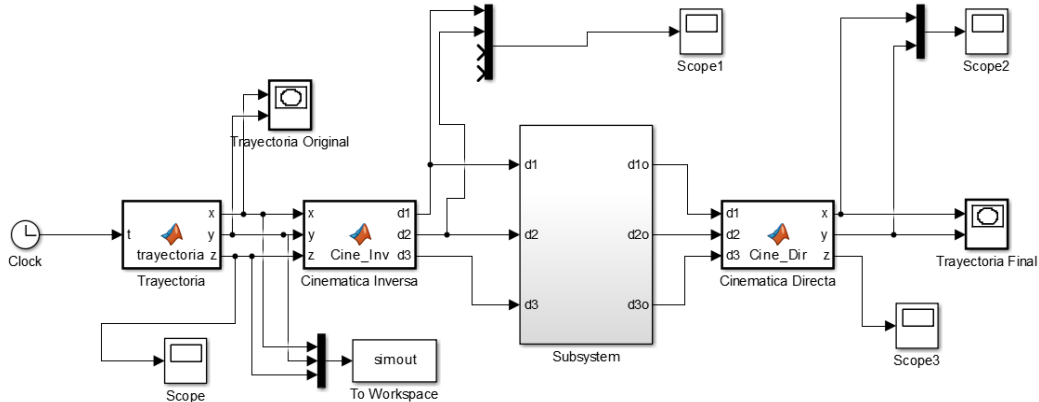


Figura 5. Diagrama a bloques de simulación. Desplazamiento en espacio de trabajo

Para el prototipo del robot cartesiano de dos ejes, fue necesario la utilización de teorías de control apropiadas para el desarrollo de robot, después de realizar el análisis correspondiente a las características físicas, eléctricas y motrices de nuestro robot, se optó por implementar un control PD debido a que nuestra señal de error es constante en cada una de las coordenadas cartesianas a las que debe llegar el efector final. Al elegir un controlador PD fue necesario tomar en cuenta que la acción realizada por el control P iba a estar regido por hacer el error igual a cero a la menor cantidad de tiempo posible.

Con el uso de la tarjeta de Arduino implementada obtuvimos la cantidad de pines de entradas y salidas tanto digitales (utilizada para sensores bandera de 0 y 1, transferencia de señales PWM) como de analógicas (para sensores de distancia, y valores que cambian de forma dinámica al transcurrir el tiempo) necesarios para la presente aplicación. Lo cual hace que sea posible lograr desplazar los ejes 0.10 metros en profundidad (Y), 0.45 metros en horizontal (X) y 1.50 metros en vertical (Z). De las cualidades más destacables de Arduino UNO, son que se compone por un microcontrolador ATmega328, la cantidad de pines necesarios para esta aplicación y su reloj de 16 MHz de velocidad. Como se es mencionado en el artículo [2] refiere a que Arduino es una opción válida en situaciones en las que no se cuenta con grandes presupuestos para el cumplimiento de una tarea es específico.

CONCLUSIONES

Los sistemas mecatrónicos hoy en día, tienen un amplio campo de aplicación, ya que con el correcto enfoque son adaptables para dar solución a problemáticas y situaciones de la vida cotidiana del ser humano. En lo que al atasco de productos comestibles en máquinas expendedoras de alimento respecta, la implementación de un robot cartesiano de doble eje, es una solución factible a este problema, al ser una solución fácil de aplicar al reducido espacio libre con el que cuenta la máquina expendedora en la parte frontal. De manera muy sencilla se puede resolver una problemática que resulta muy inoportuna al atascarse la máquina, evitando así, las malas referencias sociales sobre el funcionamiento de este modelo de máquinas expendedoras.

La implementación de sistemas mecatrónicos a las máquinas expendedoras es una solución que es viable para cambiar los porcentajes de atascos en su interior. Gracias al compendio de información, estudios, desarrollo de experimentación y sustento teórico, el introducir un robot cartesiano de doble

eje a una de estas máquinas garantiza la entrega del producto en un 99%, siendo una cifra contundente para la realización de tal proyecto.

Por otra parte, este aditamento, al ser reciente en el mercado, causa atracción entre los usuarios debido a los movimientos de los eslabones del robot. Esta solución es aplicable a las máquinas modelo 3208 WITTERN.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mark W. Spong, W. "Robot Modeling and Control". 2006
2. F. A. Candelas, G. J. García, S. Puente, J. Pomares, C.A. Jara, J. Pérez, D. Mira, F. Torres. University of Alicante. "Experiences on using Arduino for laboratory experiments of Automatic Control and Robotics".
3. Amir Mosavi and Annamaria R. Varkonyi-Koczy. "Integration of Machine Learning and Optimization for Robot Learning".
4. A. Müller. "Representation of the kinematic topology of mechanisms for kinematic analysis".
5. M. ISHIKAWA. I. MARUTA. "Rapid Prototyping for Control Education using Arduino and Open-Source Technologies".
6. T. E. Yuval T. Emanuel T. "Simulation Tools for Model-Based Robotics: Comparison of Bullet, Havok, MuJoCo, ODE and PhysX".
7. Chen Cheng. Weiliang X. Senior Member. IEEE. Jianzhong S. "Distributed Torque Based Independent Joint Tracking Control of a Redundantly Actuated Parallel Robot with Two Higher Kinematic Pairs".
8. T. Kreis, "Speckle Metrology," in *Holographic Interferometry* (Akademie Verlag Inc., New York, NY, 1996), Chapter 4, pp. 125-149.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA SOLUCIÓN DEL ANALFABETISMO Y REZAGO EDUCATIVO CON PLATAFORMA RASPBERRY PI

Luis Ángel Calva Rodríguez, Emilio Castillo Bustos, Edgar Macías Moreno, Víctor Manuel Valencia Javier, Víctor Escobar Guerrero, Roel González Montes de Oca

Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Pachuca, Ex-Hacienda de Santa Bárbara, Zempoala, Hidalgo Carretera Pachuca-Cd. Sahagún, km20.

INTRODUCCIÓN

El término analfabeta en su acepción original significa “que no sabe leer ni escribir”, sin embargo, la evolución de la sociedad ha tornado más complejo el concepto y al día de hoy, en México se considera como analfabeta a las personas que han pasado la edad escolar y no han superado el nivel de educación básica. Aproximadamente 6.8% de la población nacional mayor a los 15 años es analfabeta y cuenta con un nivel educativo bajo lo que genera marginación. Existen diversos programas sociales y organismos orientados a la solución de este problema sin embargo sus esfuerzos son limitados ya que en los últimos 10 años en México este índice ha permanecido intacto. Actualmente la tecnología suma esfuerzos contra este problema colocando en el mercado dispositivos de autoaprendizaje. En este proyecto se construyó un robot con la placa computadora Raspberry pi 3, esta tarjeta permite programar el reconocimiento facial, almacenamiento de datos, reproducción de sonidos y conectividad inalámbrica útiles para gestionar la interacción con sus usuarios.

El robot desarrollado tiene 1 grado de libertad que le permite expresar de forma no verbal emociones al mover su tronco corporal y por medio de una pantalla de cristal líquido RGD incrustada en su rostro. La interacción entre el robot y el usuario se realiza de tres formas, la primera interfaz es verbal con el dispositivo al procesar voz del usuario, la segunda interfaz es gestual mediante el reconocimiento de patrones de la cara del usuario y la tercera es táctil al identificar el contacto del usuario con el dispositivo en tres zonas particulares (cabeza, abdomen y espalda). Como ventaja de implementar Raspberry pi 3, su sistema operativo libre permite que los jóvenes interesados puedan extender su aprendizaje en el ámbito de la programación.

La tecnología no solo ha ayudado a mejorar nuestra calidad de vida, si no también, nos ha ayudado a mejorar a forma en que aprendemos. Hoy en día no nos extraña poder tomar nuestro computador, conectarnos a internet y buscar cualquier tipo de información.

También resulta una de las mejores herramientas para combatir el analfabetismo un ejemplo para esto, es el teléfono móvil que, según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) ha ayudado a combatir el analfabetismo en países en vías de desarrollo.

Existen otras formas con la cual la tecnología puede cambiar la forma en que se combate el analfabetismo, otro ejemplo, Google creo una plataforma llamada *The Literacy Project* que proporciona al usuario material para el autoaprendizaje como libros y videos. Actualmente esta plataforma solo se encuentra en 2 idiomas, pero como toda tecnología innovadora, pronto será actualizada.

Las personas de estos países, al tener acceso fácilmente y en cualquier horario cualquier tipo de información les facilita el tener más conocimiento.

Una de las grandes barreras que se encuentra al implementar una tecnología nueva para combatir el analfabetismo, es (valga la redundancia) el analfabetismo tecnológico el cual consiste en que el usuario no conozca el correcto manejo del dispositivo otorgado. Este problema se presenta mayormente en personas de edad avanzada gracias a la brecha generacional que cada día aumenta.

Teniendo esto en cuenta, sabemos que el dispositivo que se desea desarrollar, tendrá que ser de fácil uso, con esto el usuario no tendrá problema al manipular el dispositivo.

La tecnología es un medio que nos permite acceder a un mundo de mucha complejidad. La mayoría de las veces las personas piensan que un robot o equipo tecnológico se utilizan por diversión y no por aprendizaje. Otra visión errónea, es considerar que los dispositivos mecatrónicos únicamente tiene una finalidad industrial y que se requiere de mucho conocimiento o de un aprendizaje exclusivo para poder hacer uso de esta tecnología.

Tanto en el comercio como en la vida cotidiana se manejan este tipo de aspectos en los que las personas no identifican la verdadera finalidad de un dispositivo. Surge entonces el concepto de “Analfabetismo tecnológico”, el cual es un proceso que pretende enfocarse en la problemática que surgen en países con bajo desarrollo educativo, a fin de que se pueda encontrar las posibles soluciones que genera esta problemática.

Para ello, el presente proyecto tiene como finalidad estudiar las características fundamentales del analfabetismo, además de presentar una posible solución mediante el uso de las nuevas tecnologías ya que toman un rol muy importante actualmente.

TEORÍA

Se considera usar la tarjeta Raspberry Pi 3 debido a sus características ya que cuenta con Bluetooth y Wi-fi cosas que son esenciales en la actualidad facilitando poder modificar la plataforma en que se trabaja o actualizar el programa implementado de manera sencilla, se contempló que el robot tenía que responder de manera rápida conforme al procesamiento de datos y es por esta otra razón que la tarjeta es funcional debido a sus 64 bit de procesamiento con cuatro núcleos, los desarrolladores de esta tarjeta aseguran que este nuevo procesador es diez veces más potente que su versión anterior, de igual manera su memoria RAM con la que trabaja es de 1GB, esta tarjeta ayudara a tener un mejor control respecto al perfil de los usuarios puesto que nos servirá para guardar el avance de aprendizaje de cada usuario por medio de un reconocimiento facial, así mismo para que este proyecto no fuese tan costoso esta tarjeta es accesible en cuestión de costo. Respecto a la alimentación de nuestra tarjeta basta con una fuente de alimentación como son los cargadores de teléfonos celulares, de pared, de 2,5 A, micro USB y de 5,1 V son perfectos para la mayoría de los proyectos.

Pasando a la parte de reconocimiento facial se elaboró el código para dicha acción en la plataforma de Python, esta plataforma es un lenguaje de programación interpretado, cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma. Es administrado por la *Python Software Foundation*. Posee una licencia de código abierto, denominada *Python Software Foundation License*, que es compatible con la Licencia pública general de GNU a partir de la versión 2.1.1, e incompatible en ciertas versiones anteriores.

Sabiendo que esta tarjeta es multiplataforma nos ayuda a poder actualizar nuestro programa en caso de modificación o querer anexar actividades de enseñanza.

Hablando de diseño, se implementaron dos pantallas en el robot, debido a que se quería lograr que la interacción fuese agradable, por lo cual la primera pantalla está ubicada en la parte de la cabeza en donde se podrá contemplar que el robot puede expresarse con muecas dependiendo de lo que el usuario haga, la otra pantalla está ubicada en la parte abdominal que es donde el usuario podrá interactuar con el robot, en esta pantalla se podrá escribir y leer, obviamente para que sea más completo este instrumento de aprendizaje tiene un par de bocinas integradas para que el usuario escuche y aprenda.

Se modeló el robot en la plataforma de *SolidWorks* para definir como sería o que forma obtendría dicho robot, quedando de la siguiente manera:



Modelo de Robot

Como menciona el autor [1] El conocimiento está representado por un vocabulario de palabras (V), en donde cada palabra (w) pertenece al vocabulario de palabras (V) y con ello se tiene una probabilidad $P(w) = P(w_{correcto})$ lo cual representa la probabilidad del usuario a saber cómo leer correctamente la palabra (w). Por lo tanto, el algoritmo deberá dar como resultado una coincidencia adecuada entre $p_{algo}(w)$ y el verdadero conocimiento del usuario $P_{verdadero}(w)$, $\forall w \in V$.

El conocimiento se actualiza según la regla de Bayes la cual es un caso especial de la probabilidad condicional que se aplica cuando se desea calcular la probabilidad condicional de un evento que ocurrió primero dado lo que ocurrió después. Es decir, sea $\{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$ un conjunto de sucesos mutuamente excluyentes y exhaustivos, y tales que la probabilidad de cada uno de ellos es distinta de cero (0). Sea B un suceso cualquiera del que se conocen las probabilidades condicionales $P(B|A_i)$. Entonces, la probabilidad $P(A_i|B)$ viene dada por la expresión:

$$P(A_i|B) = \frac{P(B|A_i)P(A_i)}{P(B)}$$

En donde:

$P(A_i)$ = son las probabilidades a priori

$P(B|A_i)$ = es la probabilidad B en la hipótesis A_i

$P(A_i|B)$ = son las propiedades a posteriori

Siguiendo con lo mencionado por el autor [1] se observa la lectura del usuario de palabras específicas y determinación su conectividad, es decir, $w_{correcto}obs$, $w_{incorrecto}obs$, obs significa que el usuario lee la palabra w_{obs} correctamente e incorrectamente, respectivamente. Así la actualización de conocimiento, que ocurre en todas las palabras en el vocabulario, $w \in V$, viene dado por:

$$P(w|w_{correcto}obs) = P(w) \frac{P(w_{correcto}obs|w_{correcto})}{P(w_{correcto}obs)}$$

$$P(w|w_{incorrecto}obs) = P(w) \frac{P(w_{incorrecto}obs|w_{correcto})}{1 - P(w_{correcto}obs)}$$

El vocabulario está construido a partir de todas las posibles palabras observadas durante la interacción, tal que $P(w)$, $\forall w \in V$ es evaluado a lo largo de la interacción. La probabilidad condicional $P(w_1|w_2_{correcto})$ significa que es la probabilidad de que el usuario sepa cómo leer la palabra w_1 dado que la persona o usuario sabe leer la palabra w_2 . Alternativamente $P(w_1|w_2_{incorrecto})$ esto quiere decir ¿Cuál es la probabilidad de que el usuario sabe cómo leer la palabra w_1 , dado que el usuario no puede leer la palabra w_2 ? Se construye una heurística (Método para aumentar el conocimiento) para esta probabilidad condicional, basada en una distancia fonética métrica de palabras, $d(w_1, w_2)$, definida como:

$$\tilde{d}(w_1, w_2) = \sum_{i=1}^{|w_1|} \sum_{j=0}^{|w_1|-1} \frac{\delta(w_1[i:(i+j)] \in w_2)}{j+1}$$

$$n(w_1, w_2) = \sum_{i=1}^{|w_1|} \sum_{j=0}^{|w_1|-1} \frac{1}{j+1}$$

$$\delta(w_1[i:j] \in w_2) = \begin{cases} 1 & \text{secuencia de letras } i, \dots, j \text{ en la palabra } w_1 \text{ aparece en la palabra } w_2 \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

$$d(w_1, w_2) = \frac{\tilde{d}(w_1, w_2)}{n(w_1, w_2)}$$

Donde $|w|$ es el número de letras en la palabra w , $d(w_1, w_2)$ es la métrica de distancia no normalizada y $n(w_1, w_2)$, es la normalización que simplemente representa el número total de las posibles secuencias de letras adjuntas.

PARTE EXPERIMENTAL

Se elaboró una base en donde caería todo el peso del robot, como se mencionó anteriormente tiene las dos pantallas (una en la cabeza y otra en la parte abdominal) sus brazos se diseñaron de esa manera puesto que si el usuario necesita transportarlo de un lugar a otro esto facilita que pueda ser

trasladado, con respecto a la cabeza se diseñó de tal manera que pudiera caber la pantalla y sus respectivas conexiones por lo cual su cabeza es hueca.

Se pensó en hacer el robot de un material que no fuese pesado, pero si resistente en caso de que el robot se llegase a caer o sufrir algún inconveniente por lo cual se diseñó con pvc rígido así protegeríamos las pantallas que son las más delicadas o propensas a sufrir ruptura.

Se planea resolver esta problemática con este tipo de robot debido a que se menciona que es una forma fácil para que cualquier tipo de usuario pueda aprender de manera sencilla debido a que los robots le ayudan a aprender dependiendo de su progreso, es decir, que, si al usuario le cuesta trabajo aprender sobre algún tema, el robot no avanzara hasta que el usuario pueda completar lo necesario para avanzar de nivel respecto al aprendizaje.

Una perspectiva de aplicación es que el desarrollo de este proyecto beneficio a todas aquellas personas analfabetas, porque este prototipo implementa información óptima para que el usuario pueda aprender desde lo más básico. al ser un dispositivo fácil de manejar el usuario podrá manipularlo fácilmente así que no necesita de conocimiento previos acerca de cómo usar la plataforma.

Un beneficio de la implementación de este robot como ámbito educativo es que consta de un reconocimiento de nivel 1 el cual almacena patrones en una base de datos que igualmente la transfiere a la red, la cual ayuda a identificar al usuario y pueda guardar el nivel que se esté cursando y podrá ir actualizando información con forma al que el usuario este adquiriendo todo el conocimiento necesario e ir avanzando de nivel de forma más rápida y de acuerdo al plan de estudio que esté dando así que este dispositivo lo pueden usar varias personas.

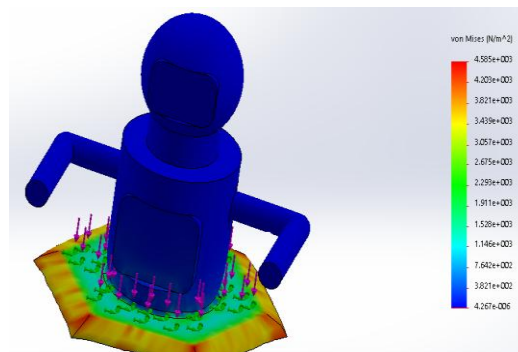
Para un mejor estudio y ordenamiento de las ideas se ha dividido el presente trabajo en varios capítulos en los cuales se establecen las definiciones de conceptos muy importantes como el analfabetismo y tecnología además de cómo es que estos dos temas se aplican para obtener una solución adecuada, también se describe la problemática que genera el no resolver estos temas, se muestran diferentes estudios que se realizaron para obtener la solución más adecuada.

El enfrentar la tecnología y aprender a usarla puede ser no solo la solución a este problema, se pueden alcanzar grandes cosas si las personas en realidad no desperdiciaran todo lo que tienen a su alcance; y es en esta estrategia que el Estado y el sistema educativo a todos los niveles deberían tener el liderazgo en políticas de masificación de acceso, formación y uso en nuevas tecnologías digitales, tanto para los docentes como para los estudiantes, porque para resolver el problema no es suficiente dotar de computadoras e internet a todos los ciudadanos.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

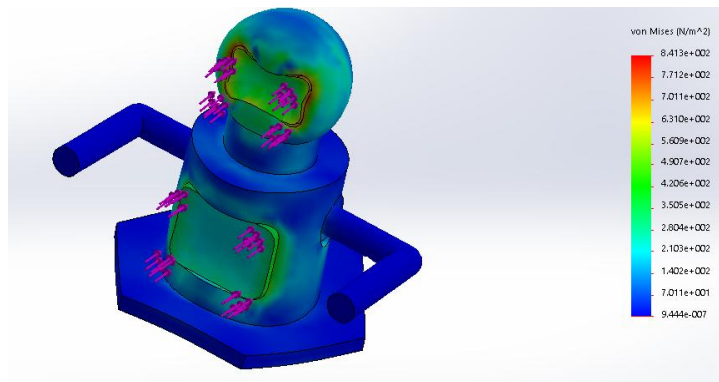
Se simularon diversos tipos de esfuerzos en donde contemplamos los esfuerzos máximos que pueden resistir cada una de las piezas de este robot, es decir que tanto soportan las piezas para poder evitar que se rompan.

Se inicia con la base, como se mencionaba anteriormente la base cargara todo el peso del robot, por lo cual está estimado que el robot pesa alrededor de 5 kg, por lo cual se tomó ese valor y se implementó para nuestro análisis de esfuerzos.



Aplicación de Fuerzas en Base

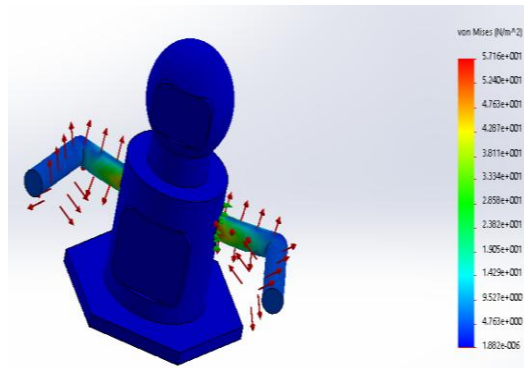
Esto es a lo que llamamos nuestro esfuerzo de Von Mises en donde expresamos la fuerza máxima que soporta nuestro robot, en la simulación nos arroja diversos colores contemplando que las partes rojas son el punto donde se puede llegar a flexionar o deformar nuestra pieza, y en la parte de verde es como se dispersa la fuerza sobre la base, se indica la fuerza aplicada con un conjunto de flechas de color morado, están hacia abajo debido a que es el como el peso del robot se implementa sobre la base, con toda esta información se interpreta que el robot soporta su peso y un adicional. Los siguientes elementos a analizar son las pantallas, en donde se implementa aproximadamente la fuerza que puede ejercer un dedo sobre una pantalla touch.



Aplicación de Fuerzas en Pantallas

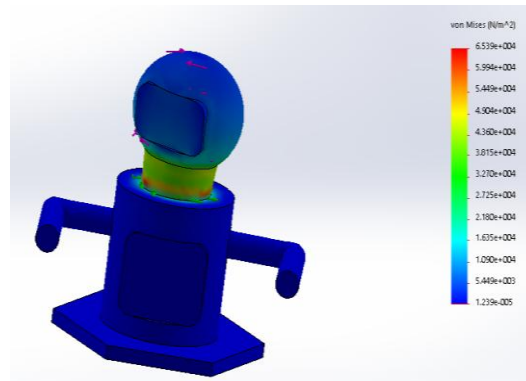
Se concentran más las fuerzas en las esquinas de la pantalla, que es en donde se tiene más riesgo de ruptura sin embargo se nota que la pantalla puede soportar los toques por el dedo del usuario.

Siguiendo con los esfuerzos en los brazos, ya que en esta parte se tendrá que soportar nuevamente el peso de robot al momento de ser desplazado



Aplicación de Fuerzas en Brazos

Los brazos pueden llegar a tensarse hacia los lados o hacia atrás, si se le aplica una fuerza mayor se puede llegar a deformar de tal manera que los brazos queden más abiertos de lo normal. Finalmente, la cabeza, en esta parte se implementa la fuerza a partir del cuello, en caso de que se quiera girar la cabeza del robot.



Aplicación de Fuerzas en Cuello

Se tiene que evitar girar la cabeza del robot bruscamente de lo contrario puede llegar a quebrarse el cuello y hasta dañar internamente.

Respecto a la plataforma utilizada, en este caso Python se elaboró un código de reconocimiento facial para tener acceso a diferentes perfiles de los diversos usuarios que usaran el robot.

La tecnología es parte fundamental de nuestras vidas, por ello tenemos que tomar la mejor parte de ella y aprovechar las ventajas que esta nos trae.

El robot desarrollado será implementado en zonas con altos grados de analfabetismo, con esto se podrá reducir el número de casos presentes en el país.

El robot será elaborado con funciones personalizadas para cada usuario, así podremos facilitar y recordar la última lección del usuario.

Cabe destacar que el número de personas con analfabetismo en México 5.5% de la población.

Se espera reducir entre un 15% a 25% el número de casos que existen en las zonas más pobres y con esto dar un aporte importante a nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

1. Goren Gordon and Cynthia Breazeal, "Bayesian Active Learning-Based Robot Tutor for Children's Word-Reading Skills", Personal Robots Group, MIT Media Lab, 20 Ames Street E15-468 Cambridge, MA 02139
2. Astington, J. W., and Jenkins, J. M. 1999. A longitudinal study of the relation between language and theory-of-mind development. *Developmental psychology*
3. Ortega Sánchez, Isabel, "La alfabetización tecnológica", *Teoría de la educación y cultura en la sociedad de la información*, vol. 10, Universidad de Salamanca, Salamanca, España
4. Jeong, G.-M.; Park, C.-W.; You, S.; and Ji, S.-H. 2014. A study on the education assistant system using smartphones and service robots for children
5. Monica N. Nicolescu and Maja J. Mataric, "Natural methods for robot task learning" 2003 Article, Melbourne, Australia
6. VanLehn, K. 2011. The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*
7. Jiménez M.;Cerdas, R. "La robótica educativa como agente promotor del estudio por la ciencia y la tecnología" Artículo 381, Congreso Iberoamericano de Ciencia tecnología e innovación
8. Fridin, M. 2014. Storytelling by a kindergarten social assistive robot: A tool for constructive learning in preschool education. *Computers & Education*
9. Nelson Barrera Lombana, "Uso de la Robótica educativa como estrategia Didáctica en el Aula", Artículo de Investigación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
10. Cakmak, M.; Chao, C.; and Thomaz, A. L. 2010. Designing interactions for robot active learners. *Autonomous Mental Development, IEEE Transactions on* 2

DISEÑO DE UN ROBOT PARA LA RECOLECCIÓN DE BASURA DE LAS CALLES OPERADO MEDIANTE UN CONTROL REMOTO

Jesús Eduardo Alonso Landa, Miguel Ángel Ávila Cuevas, Jaime Ariel Callejas Peña

Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Pachuca, Carretera Pachuca-Cd. Sahagún, Km.20, Ex Hacienda de Santa Bárbara, Zempoala, Hidalgo, México. CP.43830.

RESUMEN

La contaminación es un problema de nivel mundial por las altas cantidades de residuos que son arrojados al medio ambiente, por lo cual un tema importante es reducir esta cantidad mediante el uso de distintas técnicas, como el tratamiento de vertederos para su reciclaje. Es muy importante que las personas cambiemos nuestras costumbres. El desarrollo de un plan de acción de reciclaje puede reducir dramáticamente la cantidad de basura que termina en nuestros vertederos, también puede ayudarnos a reducir los gastos del hogar en general, de una manera que nunca pensamos posible. El presente trabajo se basó en el desarrollo de un dispositivo de recolección de desechos sólidos acumulados en espacios de uso común, tal es el caso de parques y plazas cívicas en los cuales recae esta problemática por la deficiencia de los servicios de limpieza agravados por la generalizada mala cultura de higiene de los habitantes.

INTRODUCCIÓN

La tecnología en el diseño de robots ha aumentado significativamente logrando que estos se vuelvan en una parte fundamental de nuestra sociedad ya que día a día buscan realizar un mayor número de actividades que antes solamente los individuos solían hacer, de tal forma que estos dispositivos han logrado realizar dichas actividades de una forma más eficiente, en menor tiempo y sin necesidad de operadores por lo cual se busca que el dispositivo recogedor de basura no sea la excepción y pueda ser un apoyo para la sociedad en donde se desenvuelva teniendo como desafío que este se pueda trasladar en un entorno de trabajo urbano de manera remota percibiendo diferentes obstáculos logrando que esto sea posible sin perder la comunicación aun a la distancia durante sus tareas, recientemente se han propuesto diversas soluciones para lograr que estos dispositivos se perfeccionen día a día mediante diversos diseños y en la integración de diferentes dispositivos que le permitan su movilidad y su desempeño en el entorno social, es posible que este contenga dispositivos externos e intercambiables para realizar su trabajo en diferentes terrenos por ejemplo el uso de rodillos los cuales serán los encargados directamente de recoger la basura y mandarla a su contenedor.

Logrando así que el recogedor de basura pueda atender de forma directa la problemática de la basura rezagada, de una forma fácil y económica convirtiéndose en un sistema sustentable, ya que al realizar cada una de sus tareas no requiere de inversiones mayores a las iniciales, es por ello que es un proyecto que permitirá generar un cambio sin tener una reacción negativa al ecosistema, a la economía y al desarrollo tecnológico.

TEORÍA

Se conocen como teorías de fallo (o falla) elástico o criterios de fallo (o falla) elástico a los criterios usados para determinar los esfuerzos estáticos permisibles en estructuras o componentes de máquinas. Se utilizan diversas formulaciones, dependiendo del tipo de material que se utiliza.

Más precisamente, una máquina trabaja en ciclos reversibles debe ser diseñada de tal manera que sus tensiones no salgan del dominio elástico. Los criterios de fallo elástico establecen diferentes aproximaciones para diferentes materiales que permiten realizar el diseño de manera correcta. La ocurrencia de fallo elástico no implica en muchos casos la rotura de la pieza, ese otro caso requiere el estudio mediante mecánica de la fractura.

Teoría de la máxima energía de distorsión (Criterio de Von Mises)

Este criterio puede considerarse un refinamiento del criterio de Tresca. El criterio de la máxima energía de distorsión fue formulado primeramente por Maxwell en 1865 y más tarde también mencionado por Huber² (1904). Sin embargo, fue con el trabajo de Richard Edler von Mises (1913) que el criterio alcanzó notoriedad, a veces se conoce a esta teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de Maxwell-Huber-Hencky-von Mises. La expresión propuesta por

Von Mises y Hencky, de acuerdo con este criterio una pieza resistente o elemento estructural falla cuando en alguno de sus puntos la energía de distorsión por unidad de volumen rebasa un cierto umbral:

$$e_{dist} \geq \frac{\sigma^2 Y}{2E}$$

En términos de tensiones este criterio puede escribirse sencillamente en términos de la llamada tensión de von Mises como:

$$\sigma_v M = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \geq \sigma_Y$$

Donde: $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$, son las tensiones principales en el punto considerado.

La impedancia (Z) es una medida de oposición que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica una tensión. La impedancia extiende el concepto de resistencia a los circuitos de corriente alterna (CA), y posee tanto magnitud como fase, a diferencia de la resistencia, que sólo tiene magnitud. Cuando un circuito es alimentado con corriente continua (CC), su impedancia es igual a la resistencia, lo que puede ser interpretado como la impedancia con ángulo de fase cero.

Por definición, la impedancia es la relación (cociente) entre el fasor tensión y el fasor intensidad de corriente:

$$Z = \frac{V}{I}$$

Donde Z es la impedancia, V es el fasor tensión e I corresponde al fasor intensidad.

El concepto de impedancia tiene especial importancia si la corriente varía en el tiempo, en cuyo caso las magnitudes se describen con números complejos o funciones del análisis armónico. Su módulo (a veces inadecuadamente llamado impedancia) establece la relación entre los valores máximos o los valores eficaces de la tensión y de la corriente. La parte real de la impedancia es la resistencia y su parte imaginaria es la reactancia.

El concepto de impedancia permite generalizar la ley de Ohm en el estudio de circuitos en corriente alterna (CA), dando lugar a la llamada ley de Ohm de corriente alterna que indica:

$$I = \frac{V}{Z}$$

El motor de corriente continua (denominado también motor de corriente directa, motor CC o motor DC por las iniciales en inglés direct current) es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético.

Un motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes. El estátor da soporte mecánico al aparato y contiene los polos de la máquina, que pueden ser o bien devanados de hilo de cobre sobre un núcleo de hierro, o imanes permanentes. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa a través de delgas, que están en contacto alternante con escobillas fijas (también llamadas carbones).

El principal inconveniente de estas máquinas es el mantenimiento, muy costoso y laborioso, debido principalmente al desgaste que sufren las escobillas o carbones al entrar en contacto con las delgas. Algunas aplicaciones especiales de estos motores son los motores lineales, cuando ejercen tracción sobre un riel, servomotores y motores paso a paso. Además existen motores de DC sin escobillas (brushless en inglés) utilizados en el aeromodelismo por su bajo par motor y su gran velocidad.

Es posible controlar la velocidad y el par de estos motores utilizando técnicas de control de motores de corriente continua.

PARTE EXPERIMENTAL

Se desarrolla un prototipo que cuenta con 4 ruedas de 20 cm de diámetro, con un motor para cada una optimizando su movimiento, La rueda está formada por una llanta de PVC y una cubierta de caucho ideal para todo terreno gracias a sus grandes estrías, La rueda proporciona una gran tracción

en terrenos accidentados para alcanzar una velocidad no máxima a los 15 km/h debido a su estructura mecánica que al ser de metal tiene un peso mayor así como su tamaño, los cuales son factores que directamente ocasionan que no tengan una mayor velocidad, de la misma manera es debido a las características del terreno en el que desempeñara sus actividades ya que al ser un terreno con diferentes relieves es necesario que este mantenga una baja velocidad para poder acceder a todo el espacio conferido para realizar su trabajo.

Cuenta con 4 motores dc de alto torque 43 kg, 12 volts con una velocidad de 47 revoluciones por minuto.

Especificaciones técnicas:

Torque: 43 kg

Voltaje: 12 v

Rpm: 47

Diámetro: 24 mm

Medidas aproximadas del motor: 7 cm de largo, 24 mm de diámetro, el eje mide aproximadamente 1 cm y su diámetro es de 3mm.

El motor consume 0.3 amperes sin carga.



Ilustración 26: Motor de alto torque

La capacidad de carga es de hasta 25 Kg adicionales al peso propio de 20 Kg es decir este tiene una capacidad para mover 45 kilos netos entre la estructura y los residuos acumulados a lo largo de su trayecto en la tarea de recolección. Puede alojar un volumen de basura de 0.5 metros cúbicos de residuos esto gracias a su contenedor de forma cuadrada que lleva en su interior permitiéndole transportar dicha basura de forma segura sin correr el riesgo de tirarla a lo largo de su trayecto en su espacio de trabajo y así desalojarla al llenarse en los contenedores correctos para su tratamiento posterior en vertederos anteriormente seleccionados.

El monitoreo de su actividad ocurre por GSM gracias a este puede conectarse a través de su teléfono con su computador, enviar y recibir mensajes por correo electrónico, faxes, navegar por Internet, acceder con seguridad a la red informática de una compañía (red local/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto. GSM se considera, por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G). Su extensión a 3G se denomina UMTS y difiere en su mayor velocidad de transmisión, el uso de una arquitectura de red ligeramente distinta y sobre todo en el empleo de diferentes protocolos de radio (W-CDMA) gracias a esto sus datos son enviados a la red por medio de un repetidor a WIFI.



Ilustración 27: sistema de comunicación GSM

El controlador principal es una placa Raspberry pi 3 posee un System on Chip que contiene un procesador ARM que corre a 700 Mhz, un procesador gráfico VideoCore IV y hasta 512 MG de memoria RAM. Es posible instalar sistema operativo libre a través de una tarjeta SD. y se encarga de gestionar la identificación de bordes correspondientes a los objetos no deseados en las calles. La recolección ocurre por un cepillo tipo rodillo Son cepillos generalmente rotativos, que tiene las cerdas

perpendiculares al eje de rotación, su diámetro es menor que el largo, y pueden tener un centro hueco, espigas o una combinación de ambos que gira a 650 RPM y se aplica sobre la basura identificada. Se desarrollaron las interfaces de potencia y comunicación bluetooth eligiendo esta comunicación ya que tiene diferentes te beneficios como: Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles, Eliminar los cables y conectores entre estos. Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas [redes inalámbricas](#) y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.



Ilustración 28: controlador Raspberry pi3

El robot durante sus tareas de recolección debe cargar grandes cantidades de basura por lo cual su estructura debe de ser construida con un material que tenga gran resistencia y no muestre deformación alguna durante dicho proceso por lo cual optamos que este material fuera un ISO1025 ya que este posee gran resistencia a la deformación o falla además de tener un uso más comercial lo cual nos permite adquirirlo con facilidad.

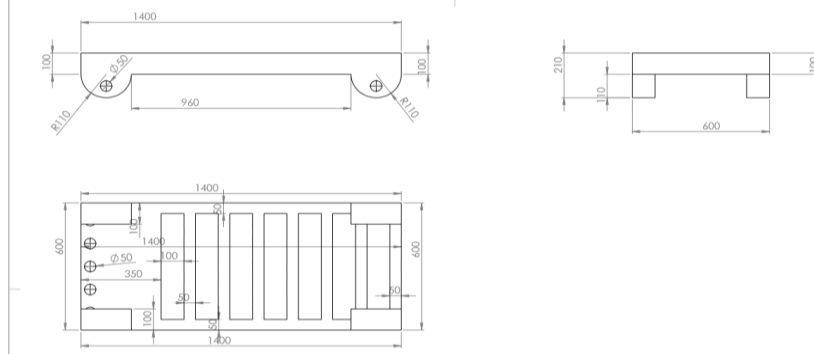


Ilustración 29: Dimensiones de la base del robot.

En la realización del robot el diseño es fundamental para lograr que su estructura sea la adecuada para cumplir con su función por ello debe de verificarse que cada una de las piezas que lo componen estén lo mejor diseñadas posible una de las piezas de mayor relevancia es la base ya que esta permitirá se pueda trasladar con facilidad al ser poseedora de los motores y llantas, también esta es el soporte de contenedor que es el encargado de almacenar los desechos tomados a lo largo de su trayecto sin sufrir algún problema de deformación o rompimiento.

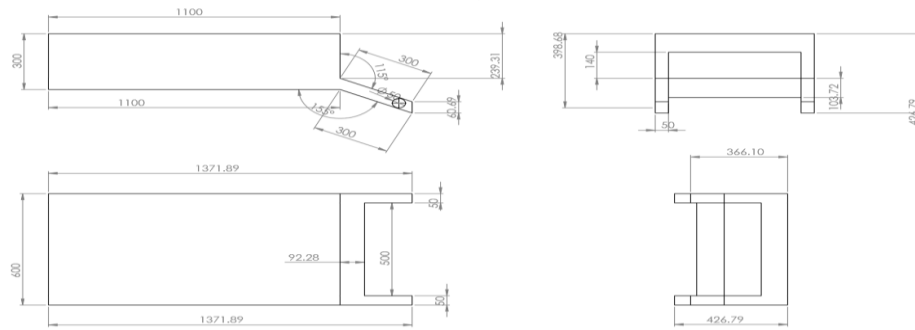



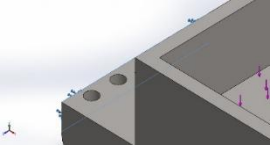
Ilustración 30: Dimensiones del contenedor.

El contenedor es otra de las piezas fundamentales en el robot ya que esta es la que estará en contacto directo con la basura que el robot recoja a su paso, por lo cual es necesario que esta tenga una gran resistencia y que sea de un tamaño adecuado para almacenar las cantidades de desperdicio.

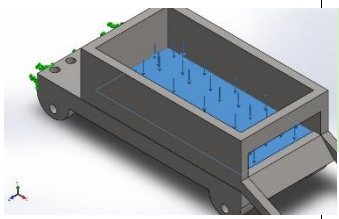
RESULTADOS y CONCLUSIONES

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Base-1), Sólido1(CortarExtruir4)(Contenedor-1)</p>
Datos de curva:N/A		

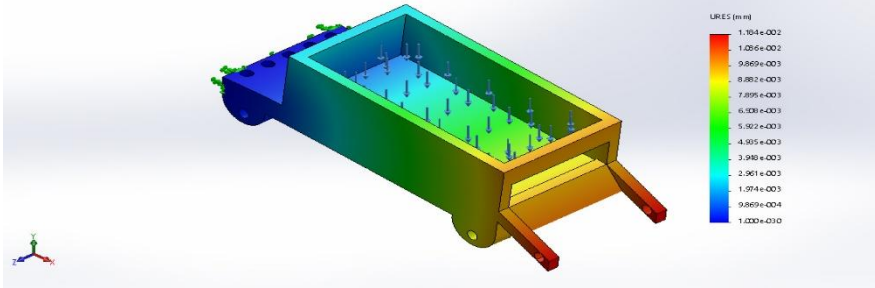
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.00713348	294.201	-0.0162706	294.201
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

CARGAS Y SUJECIONES

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Fuerza		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 30 kgf	

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 46	1.184e-002mm Nodo: 11454

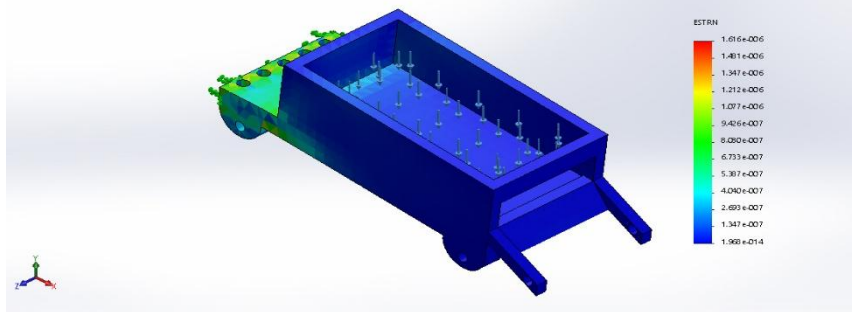
Nombre del modelo: Robot
Nombre de estudio: Análisis estático 3: Pre determinado 1
Tipo de resultado: Desplazamiento estático: Desplazamientos1
Escala de deformación: 14146.2



Robot-Análisis estático 3-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.968e-014 Elemento: 5825	1.616e-006 Elemento: 3892

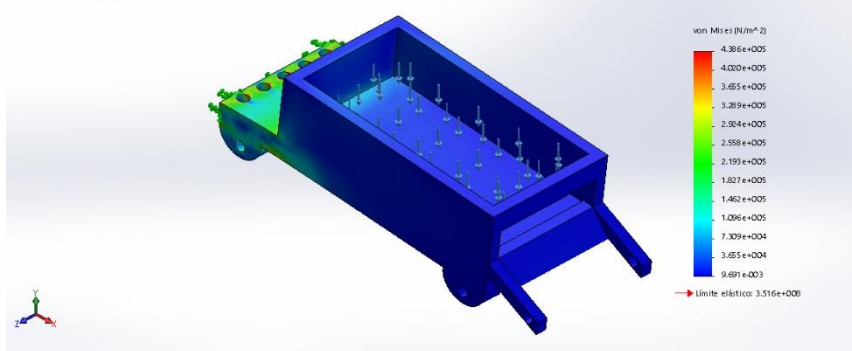
Nombre del modelo: Robot
Nombre de estudio: Análisis estático 3: Pre determinado 1
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática: Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 14146.2



estático 3-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensión	VON: Tensión de von Mises	9.691e-003N/m ² Nodo: 12722	4.386e+005N/m ² Nodo: 10328

Nombre del modelo: Robot
Nombre de estudio: Análisis estático 3: Pre determinado 1
Tipo de resultado: Análisis estático tensional: Tensiones1
Escala de deformación: 14146.2



Robot-Análisis estático 3-Tensiones-Tensiones1

Como resultado el robot construido se desplaza mediante un control remoto, presentando actividades de recolección de basura de forma adecuada, ya que por su diseño y componentes de

hardware es fácil de operar y muy práctico para hacer la recolecta de basura, este tiene una buena capacidad y puede llegar a lugares pequeños gracias a su tamaño.

Gracias a la comunicación GSM es posible tener un mayor monitoreo de su actividad en el desarrollo de sus tareas, logrando así observar si hay alguna falla para así darle solución de una forma más rápida.

Concluimos que con este proyecto que es posible realizar la conexión entre la tarjeta raspberry y el sistema de conexión bluetooth para tener una mayor comunicación y con ello lograr un mejor rastreo de nuestro robot en sus tareas de recolección de basura buscando así sea más eficiente este servicio, viéndose reflejado en los lugares donde se ocupe ya que estos tendrán una limpieza mayor y más eficiente, sin necesidad de una mayor cantidad de operadores y logrando así reducir los costos de los servicios de recolección de basura

BIBLIOGRAFÍA

1. T. Ziemke, J. Carlsson, An Experimental Comparison of Weight Evolution in Neural Control Architectures for a 'GarbageCollecting' Khepera Robot*, Department of Computer Science, University of Skövde, Box 408, S-54128 Skövde
2. S. Nolfi, Evolving non-trivial behaviors on real robots: A garbage collecting robot, ELSEVIER, Robotics and Autonomous Systems 22 (1997) 187-198
3. G. Ferri, A. Manzi, P. Salvini, B. Mazzolai, C. Laschi, and P. Dario, DustCart, an autonomous robot for door-to-door garbage collection: from DustBot project to the experimentation in the small town of Peccioli, 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation Shanghai International Conference Center May 9-13, 2011, Shanghai, China

DETECCIÓN DE CONTORNOS EN PIEZAS FÍSICAS PARA GRABADO LÁSER EMPLEANDO PLATAFORMA LINEAL

Luis Eduardo Zamora Hernández^{1*}, Héctor Alberto García Morales¹, Miroslava Cano Lara¹, Santiago Camacho Lopez², Higinio Juárez Ríos³.

¹ Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Depto. Mecatrónica.

² Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Depto. Óptica.

³ Instituto Politécnico Nacional, Depto. Formaciones Específicas.

*tec9527@gmail.com

RESUMEN

El grabado láser hoy en día es muy empleado tanto a nivel académico como a nivel industrial, y para poder llevarlo a cabo es necesario la empleación de plataformas. A continuación, se presenta la implementación de una plataforma tipo lineal con dos grados de libertad (X, Y) para grabado láser en materiales delgados, en la cual, para su diseño se empleó el software Solidworks. El control consiste en varios elementos electrónicos y mecánicos, los cuales, su combinación junto con PDI (Procesamiento Digital de Imágenes) hace posible obtener un grado de precisión bastante bueno a la hora de llevar a cabo los grabados.

INTRODUCCIÓN

En 1960 se llevó a cabo la primera demostración práctica de un sistema láser definiéndose desde entonces como una “solución en busca de problemas”. Actualmente, las áreas de aplicación para un sistema láser son variadas entre las que se encuentran: manufactura, medicina, telecomunicaciones, procesamiento de materiales, entre otras [1]. Las herramientas basadas en el empleo del láser proporcionan alternativas de fabricación particularmente interesantes y a escalas micrométricas. En particular, la posibilidad de utilizar el láser como herramienta de precisión ofrece una alternativa ventajosa en la realización de procesos de micro fabricación tales como corte, taladro, grabado, soldadura, etc. [2].

El grabado con láser ha venido a sustituir métodos convencionales por su versatilidad, precisión y velocidad en el trabajo entre otros factores. Se han desarrollado no solo mejoras en las técnicas de grabado, sino que también se han producido materiales especiales para ser trabajados con láser. Los materiales empleados para el grabado láser dependen en gran medida de las características y propiedades físicas que estos presenten, como por ejemplo dureza del material, espesor, imagen con finos detalles. Parte fundamental del procesamiento de materiales con láseres de baja y alta potencia son las plataformas, las cuales implican movimientos precisos para que los cortes o grabados sean lo más exactos posibles. La siguiente figura muestra una plataforma empleada para el maquinado láser producida por aerotech, la cual cuenta con dos grados de libertad (XY) que permite desplazamientos de hasta 177 mm en cada eje y soporta una carga máxima de hasta 2 kg. [3]

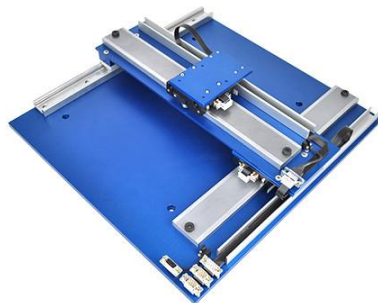


Fig. 1 Plataforma para maquinado laser H2W.

TEORÍA

La adquisición de la imagen está a cargo de algún transductor o conjunto de transductores, que mediante la manipulación de la luz o de alguna otra forma de radiación que es emitida o reflejada por los cuerpos, se logra formar una representación del objeto dando lugar a la imagen (Ver Figura 2).

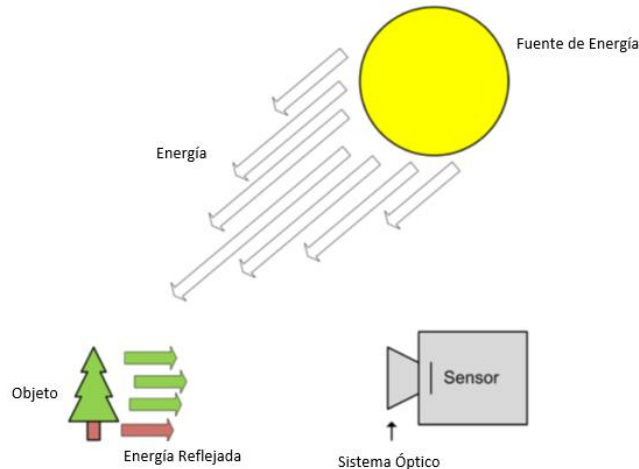


Fig. 2 Proceso de adquisición de imagen.

La representación digital de una imagen puede ser definida como un conjunto de varios píxeles, que son la unidad de espacio más pequeña en la imagen y cada uno de ellos tiene la información de su color RGB en ese punto de un plano bidimensional. Los píxeles están ordenados en filas y columnas, a manera de una matriz rectangular. El número de columnas multiplicado por el número de filas nos da como resultado la resolución de la imagen (ver figura 3) [4]. El procesamiento de una imagen puede llegar a ser tan complejo como uno lo desee, en ocasiones es recomendable trabajar con imágenes en tonos de grises o con un algoritmo de máscara en especial, esto con la finalidad de generar una imagen deseada para alguna aplicación.

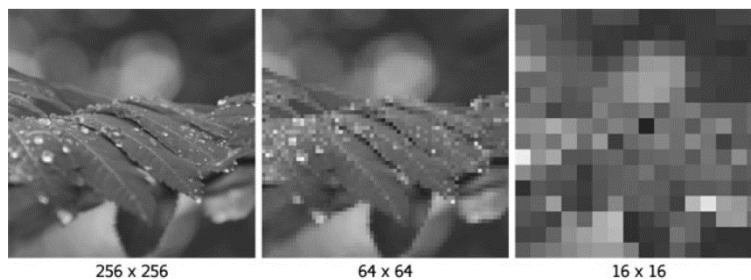


Fig. 3 Calidad de imagen respecto a la cantidad de píxeles.

Una de las tecnologías más empleadas para el grabado láser, para el procesamiento de materiales es el procesamiento digital de imágenes (PDI). El procesamiento de imágenes se pueden distinguir tres etapas principales que son la adquisición de la imagen, el procesamiento de la imagen y la presentación al observador. Es importante saber que, durante la etapa de adquisición, los transductores agregan ruido a la imagen. A este tipo de ruido se le denomina ruido digital. Además del ruido, los transductores poseen una resolución limitada, lo cual repercute en la apreciación de dicha imagen. El procesamiento digital de la imagen consiste en eliminar la mayor cantidad de ruido que se le agrega durante la adquisición, así como también mejorar las características de dicha imagen como definición de contornos, color, brillo, etc., valiéndose de procedimientos y herramientas matemáticas.

La imagen normalmente posee una gran cantidad de información en la cual se puede extraer características tales como la detección de un objeto, ubicación del mismo, cantidad de objetos, detección de bordes, entre otros dependiendo de los requerimientos del sistema. La siguiente figura muestra un ejemplo de detección de bordes [5].



Fig. 4 Ejemplo de PDI para la detección de bordes.

Los bordes de una imagen digital se pueden definir como transiciones entre dos regiones de niveles de gris significativamente distintos. Suministran una valiosa información sobre las fronteras de los objetos y puede ser utilizada para segmentar la imagen, reconocer objetos, etc. Para detectar bordes a menudo se emplean algoritmos sobre un pixel y sus adyacentes, si el nivel de uno de estos tiene una variación muy alta respecto al del centro entonces este puede ser un posible borde [5]. Los algoritmos empleados en la detección de bordes son varios y cada uno cuenta con características particulares, algunos de ellos son el sobel, prewitt, roberts, log, zerocross, canny, approxcanny, entre otros.

Si bien, una de las múltiples aplicaciones en el sector industrial y en los laboratorios de procesamiento de materiales empleando láseres de baja y alta potencia es el grabado de piezas, cortado de materiales delgados o alteración en la composición química del material, esto al realizar la interacción del láser con el material de prueba. En la figura 5, se puede apreciar los componentes necesarios para llevar a cabo un grabado láser, donde se considera un láser de alta o baja potencia y de onda continua o pulsada, una lente de microprocesado que normalmente son de distancias focales de unas cuentas decenas de mm, y una plataforma que será controlada por motores para su movimiento. El usuario proporciona la geometría que se desea realizar en el material de interés [6].

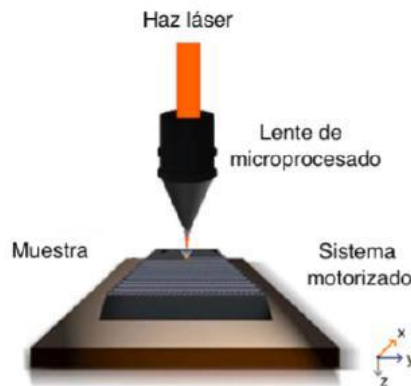


Fig. 5 Esquema de empleación de láser [6].

Es importante mencionar que en el grabado o procesamiento de materiales con apoyo de una plataforma láser, se deben considerar ciertos aspectos de la imagen o geometría deseada. La imagen que se captura o procesa puede ser obtenida de una cámara digital de una pieza real, o de una imagen digital creada por un software. El procesamiento para cada tipo de imagen es dependiente de las propiedades de las mismas y de sus aplicaciones en cuanto al grabado, ya que se puede elegir solo grabar contornos, partes específicas o toda la imagen completa. Esto se encuentra ligado con el procesamiento digital de imágenes que mediante una serie de algoritmos se puede lograr su aplicación.

PARTE EXPERIMENTAL

La figura 6 muestra un diagrama de la secuencia empleada para llevar a cabo el grabado láser mediante obtención de fotografía. Se inicia con la obtención de la imagen digital de la pieza real de interés mediante una cámara fotográfica. Al procesar la imagen mediante matlab y una serie de algoritmos se logra identificar el contorno de la misma el cual es exportado a Inkscape para obtener la secuencia de movimiento que deben de seguir los motores para llevar a cabo la geometría deseada, posteriormente el archivo obtenido de Inkscape se manda a Universal Gcode Sender, el cual es una extensión de Java el cual nos permite mover los motores y cargar archivos con secuencia de movimientos preconfigurados anteriormente. Finalmente se obtiene el grabado de la pieza de interés.

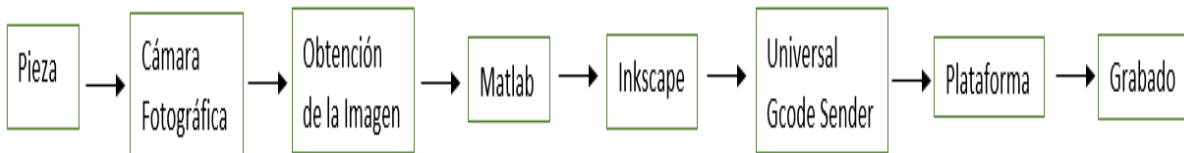


Fig. 6 Diagrama de secuencias necesarias para el grabado láser mediante obtención de fotografía.

Para hacer el grabado de contorno sobre los materiales delgados se empleó una plataforma tipo lineal con 2 grados de libertad (XY), para la cual se realizó su diseño y ensamble en el software Solid Works. La figura 7 muestra el diseño de la plataforma que se empleó para realizar el grabado en los materiales delgados. Junto con la plataforma y componentes mecánicos (motores, tornillos, soportes, entre otros) es necesaria la programación para de esta forma, indicarles a los motores la secuencia que deben seguir para poder llevar a cabo la geometría deseada. Parte fundamental de la programación en este trabajo es la realización de procesamiento digital de imágenes (PDI), ya que mediante ella se obtiene el contorno de la pieza la cual se va a grabar.

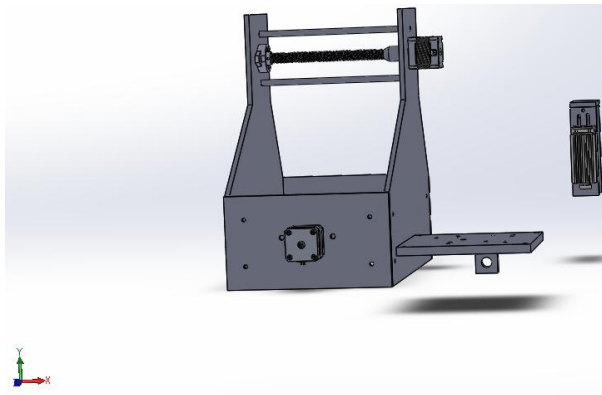


Fig. 7 Diseño de plataforma en Solid Works

La imagen digital fue procesada con Matlab, iniciando con el comando `rgb2gray` para pasar la imagen a umbralización y escalas de grises, ya que en esta escala es más sencilla la manipulación de la misma. Otro algoritmo fue el filtro galileo gaussian para atenuar la imagen. Una vez obtenido el contorno de la imagen a grabar, se procede a vectorizar la imagen con ayuda del software Inkscape, ya que, con esto, nos permite obtener la secuencia de movimientos que debe de seguir los motores para poder llevar a cabo el grabado del contorno sobre el material. En la figura 8 se muestra la serie de obtención de imágenes necesarias para obtener el contorno de la misma.

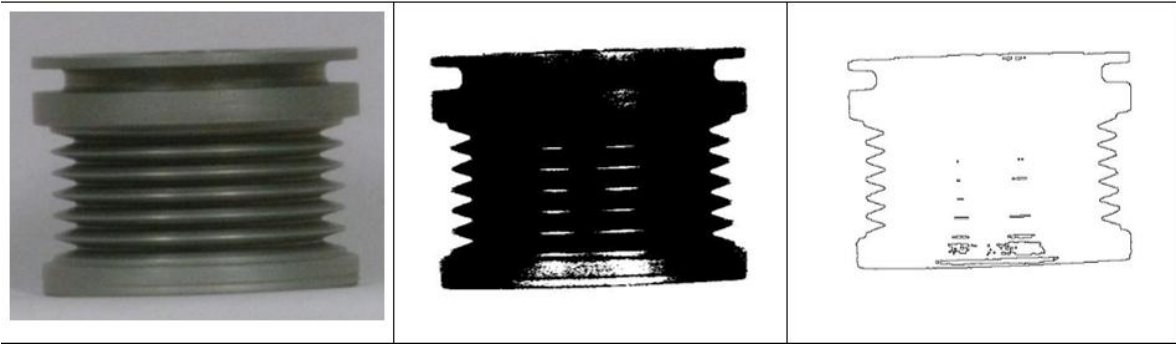


Fig. 8a) Imagen original de una polea de alternador, 8b) Imagen con umbralización y en escala de grises, 8c) Imagen del contorno de la pieza necesaria para el grabado del material.

La figura 9 muestra las características que se le cargan al software Inkscape de la pieza a maquinar y de esta manera se obtendrá los movimientos de los motores. Se observan unos señalamientos azules donde identifica el software zonas de interés. Es importante mencionar que aun cuando la imagen muestra diversas zonas con moteado de señalamientos, la plataforma se enfocó en trabajar únicamente en la parte exterior.

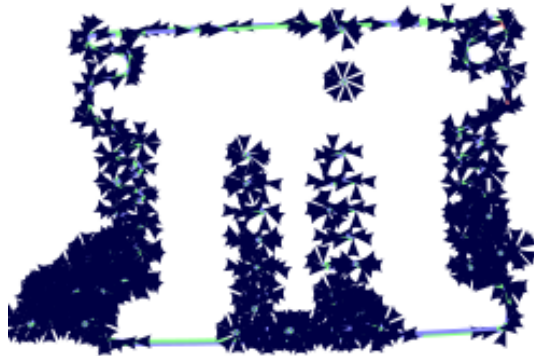


Fig. 9 Características de la pieza en Inkscape.

La figura 10 muestra la sección de la plataforma láser, particularmente donde se encuentra la etapa láser. El láser cuya longitud de onda es de 450 nm y potencia de 350 mW debe de mantener su haz colimado, el cual debe de pasar por la lente óptica que tiene una distancia focal de 25 mm y confinar su energía en el material delgado que en este caso fue etilvinilacetato o mejor conocido como fomi o eva. El material delgado tiene un espesor de 2.22 mm.

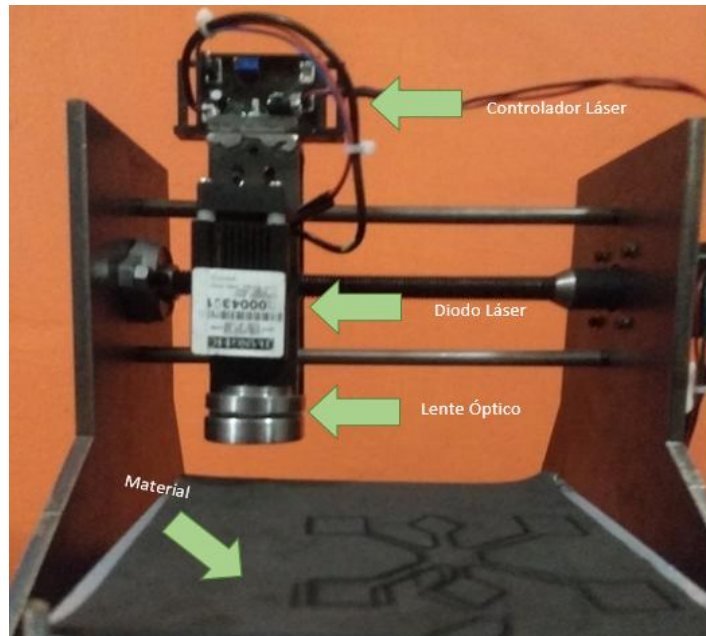


Fig. 10 Sistema óptico empleado en la plataforma láser.

La calidad del grabado va a depender de varias circunstancias, la potencia del láser, la lente de procesamiento y el espesor del material. En la figura 11 se muestra un diagrama para el grabado láser, la lente de procesamiento tiene gran relevancia en el grabado o hasta en el corte del material.

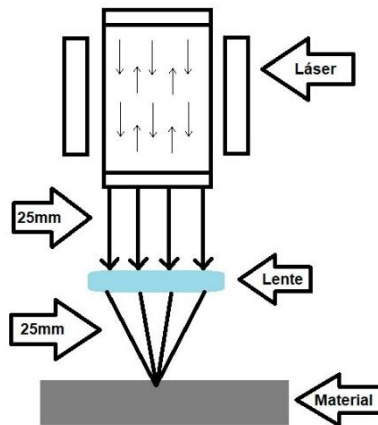


Fig. 11 Diagrama de la distancia focal de la lente.

RESULTADOS

El proceso general del grabado láser de la pieza real en el material delgado empleado, se muestra en la figura 12. La polea del alternador fue fotografiada y exportada a Inkscape para sacar la secuencia de movimiento de los motores y realizar el grabado de la misma, previamente a esto matlab realizo un procesamiento digital de imagen y se obtuvo solamente el contorno.

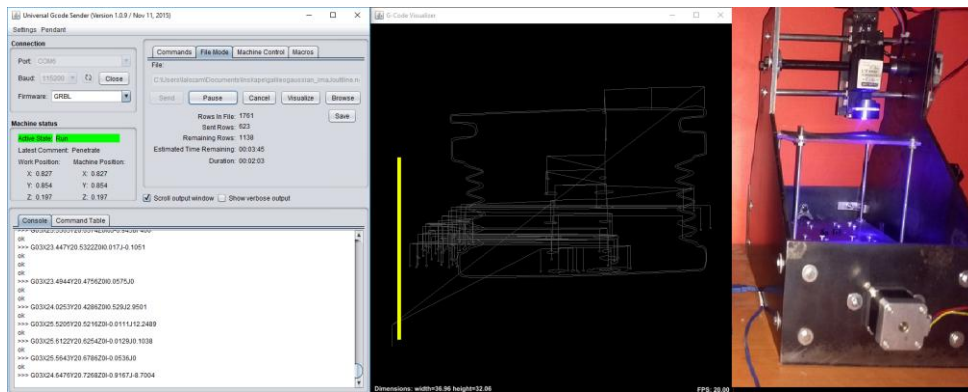


Fig. 12a). Interfaz de Universal Gcode Sender, en la cual se manda la secuencia de movimiento de los motores 12b). visualización de las zonas de la pieza a grabar y 12c). Plataforma láser XY al momento de realizar un grabado en el material delgado.

La figura 13 muestra el grabado en fomi de la pieza fotografiada, como se puede observar el contorno fue el obtenido de la polea de un alternador. Los movimientos de la plataforma fueron continuos para generar trayectorias en forma de líneas y curvas, y de esta manera se observa que los movimientos en los ejes XY son de manera estable. Es visible que para lograr un fino contorno es necesario trabajar en el procesamiento de la imagen.

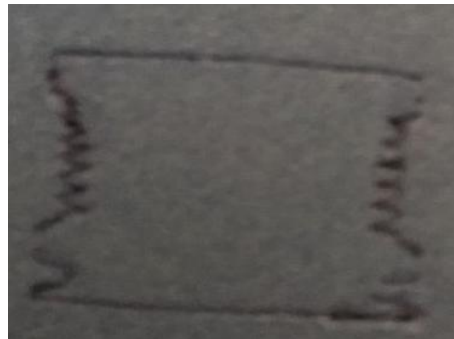


Fig. 13 Grabado láser de la polea sobre el material de interés.

CONCLUSIONES

Las piezas reales al presentar diversas características de color, textura y ambiente, y ser fotografiadas deben de ser trabajadas con diferentes técnicas. El procesamiento digital de las imágenes emplearon diversos algoritmos o mascarar para llegar a la obtención del contorno de las piezas. Donde finalmente, las posiciones identificadas del contorno fueron enviadas a la plataforma para generar el grabado en materiales delgados como el fomi. Es importante seguir trabajando en la fineza de la unión de líneas del contorno, esto es debido a la pérdida de información de píxeles al ser tomada la fotografía y ser procesada. Se considera identificar diversos ambientes de luz para mejorar la imagen.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Politécnico Nacional (2015), México. "Prototipo Cortador y Grabador Láser" Tesis de Ingeniería en Mecatrónica. Chávez Talavera Ricardo Emmanuel, Chávez Ugalde Edith, Rivera Fernández Josué, Roa Tort Karen.

2. Universidad de Buenos Aires." Tecnología Mecánica I" Facultad de Ingeniería. Dpto. de Ingeniería Mecánica.
3. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (2017), México "Plataforma XY para micro procesamiento y maquinado láser", Tesis de Ingeniería Mecatrónica. García Aguirre Mauricio, Navarrete Vargas Félix.
4. Escuela Politécnica Nacional, Republica Del Ecuador. "Desarrollo de un sistema autónomo de detección y apuntamiento de objetos por color mediante el uso de una cámara de video integrada a un microcontrolador". Tesina de Ingeniería en Electrónica y Control. Ayala Cajas Diego Esteban.
5. Procesamiento Digital de Imágenes. 2006. Dr. Escalante Ramírez Boris.
6. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (2015), México "Inspección de características geométricas de piezas mediante visión computacional", Tesis de Ingeniería en Mecatrónica. Hernández Cervantes Irving Octavio.

DISEÑO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PARA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA CON APLICACIONES MAYORES A 3 KW

Xiomara González Ramírez, Iván Abel Hernández Robles, José Merced Lozano García, Enrique Arnoldo Zamora Cárdenas, Alejandro Pizano Martínez

Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Eléctrica (DICIS)

RESUMEN

La transmisión inalámbrica de energía está basada en el principio de la inducción magnética del transformador, es una técnica que permite distribuir la energía eléctrica sin utilizar algún tipo de cableado. Actualmente la transmisión de energía eléctrica inalámbrica se está volviendo común en la alimentación, interconexión y carga automática de dispositivos electrónicos móviles y fijos (laptops, celulares, etc.). Otras áreas y sectores tales como los residenciales, comerciales, industriales, militares, médicos, entre otros, han incrementado su interés por la energización inalámbrica. Por tanto es indispensable que se busquen técnicas para el diseño y desarrollo de la transmisión inalámbrica en aplicaciones de mayores niveles de energía, de ahí el objetivo de este trabajo. En la actualidad para el proceso de desarrollo de un sistema de transferencia inalámbrico se utiliza formulación analítica, sin embargo, los efectos de utilizar alguna geometría o material para el conjunto de la bobina de transmisión y recepción no son fácilmente cuantificables por un método analítico. Este trabajo además de proporcionar otra formulación analítica para cuantificar los efectos de la geometría y separación de los devanados de transmisión y recepción, utiliza una metodología numérica para tener una cuantificación más precisa de la potencia de transferencia. Este trabajo ha realizado experimentaciones con la transferencia de energía inalámbrica con metodologías analíticas y numéricas (simulación de elemento finito) así como experimentación. Se ha obtenido un porcentaje de transferencia de potencia a 10 cm entre la fuente y el receptor de 58% y 70% sin y con resonancia magnética, respectivamente. Este trabajo contribuye a identificar parámetros importantes a controlar o modificar en las bobinas para la transmisión de potencia. Se continúa trabajando en optimizar el porcentaje de potencia de transferencia de energía inalámbrica.

INTRODUCCIÓN

La transferencia de energía inalámbrica (WPT por sus siglas en inglés *Wireless Power Transfer*), tiene su raíz en los dos sistemas de bobina demostrados desde hace más de un siglo por varios pioneros como Tesla [1, 2], Hutin y Leblanc [3]. En la década de 1960, la investigación de energía inalámbrica recuperó intereses en los implantes médicos [4, 5]. Desde la década de 1980, se ha informado sobre la transferencia de potencia inductiva que cubre aplicaciones de relativamente alta potencia en sistemas industriales de captación de potencia inductiva y de vehículos de transporte [6, 7]. El comienzo de la era del teléfono móvil en la década de 1990 también inició investigaciones y desarrollos activos en sistemas de carga inalámbricos planos para dispositivos electrónicos de consumo portátiles [8], así como el surgimiento de marcas registradas como WiTricity [9], que presentan tecnología inalámbrica mejorada por resonancia y técnicas de acoplamiento electromagnético. Trabajos recientes muestran que el acoplamiento resonante puede transferir eficientemente un receptor con poca pérdida [10-12].

TEORÍA

El principio básico de la transferencia de energía inalámbrica WPT implica la transmisión de energía desde una bobina transmisora (T_x) a una bobina receptora (R_x), ambas de cobre, por medio de un campo magnético cambiante en el tiempo AC; la bobina T_x es excitada a través de su alimentación con una fuente de voltaje en AC, con el circuito cerrado en la bobina T_x se produce una corriente que por la ley de Ampere generará un campo magnético alrededor de ella, este puede extenderse hasta la bobina R_x produciendo voltaje inducido a través de ella, ver Figura 1. Este principio es el mismo que el transformador con núcleo de aire.

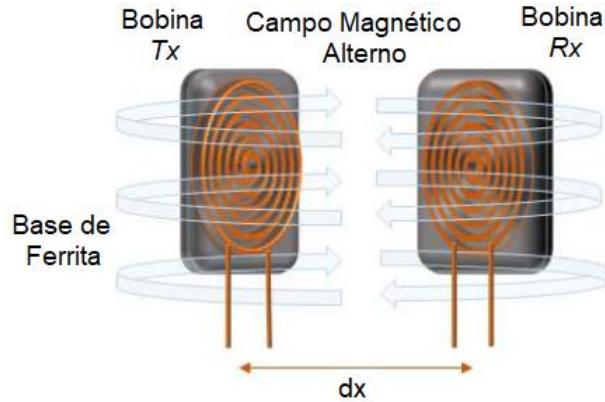


Figura 1. Esquema del sistema WPT.

Modelo circuital del WPT

El WPT se puede modelar usando su circuito equivalente, ver Figura 2; los capacitores C_p , C_s se conectaron en serie con la impedancia de las bobinas T_x y R_x para compensar la reactancia inductiva a la frecuencia de operación. La inductancia mutua se denota con M , la resistencia y las inductancias para ambos lados (primario y secundario) se denotan con R_s , L_s , R_p , L_p respectivamente. La inductancia mutua se puede representar como un inductor entre la impedancia primaria Z_p y la impedancia secundaria Z_s .

$$Z_p = R_p + j\omega_p L_p + 1/j\omega_p C_p \quad (1)$$

$$Z_s = R_s + j\omega_s L_s + 1/j\omega_s C_s \quad (2)$$

Donde ω es la frecuencia angular del sistema dada por la fuente de poder V_f . Las frecuencias de resonancia para ambos lados de los circuitos pueden formularse como:

$$\omega_p = 1/\sqrt{L_p C_p} \quad (3)$$

$$\omega_s = 1/\sqrt{L_s C_s} \quad (4)$$

La transferencia de energía puede mejorarse [13-15] si las bobinas entran en resonancia. El circuito equivalente se considera como una red de dos puertos, por tanto se puede representar mediante:

$$\begin{bmatrix} V_f \\ V_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_p & j\omega M \\ j\omega M & Z_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_p \\ I_s \end{bmatrix} \quad (5)$$

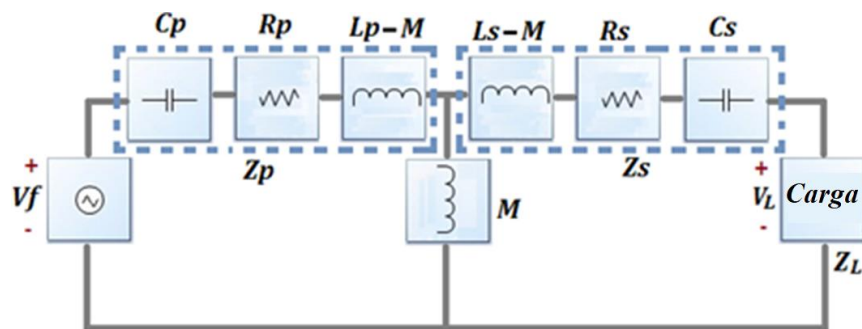


Figura 2. Circuito Equivalente del WPT.

Y las corrientes están dadas por:

$$\begin{bmatrix} I_p \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} / (Z_p Z_s + (wM)^2) \begin{bmatrix} Z_p & jwM \\ jwM & Z_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_f \\ V_L \end{bmatrix} \quad (6)$$

Calculo de la transferencia de potencia

El valor de la potencia del lado de la carga (P_L) está dado por:

$$P_L = Re \left[V_L \left(\frac{-jwMV_f}{Z_p Z_s + (wM)^2} - \frac{Z_p V_L}{Z_p Z_s + (wM)^2} \right) \right] \quad (7)$$

El voltaje de la carga se calcula por:

$$V_L = I_s Z_L = I_s (R_L + jX_L) \quad (8)$$

La potencia P_L entonces puede ser calculada por:

$$P_L = \frac{V_f^2 (R_L X_M^2)}{[R_p (R_L + R_s) - X_p (X_L + X_s) + X_M^2]^2 + [R_p (X_L + X_s) + X_p (R_L + R_s)]^2} \quad (9)$$

Donde X_M es la reactancia de magnetización, dada por:

$$X_M = jwM = k \sqrt{X_p X_s} \quad (10)$$

Y el factor k es conocido como el coeficiente de acoplamiento.

PARTE EXPERIMENTAL

Simulación del Modelo

La simulación fue realizada por el software COMSOL Multiphysics, simulando varias frecuencias y distancias. Para cuantificar el efecto de la geometría en la potencia de salida de WPT se modelaron bobinas circulares, ver Figura 3, y en la Tabla 1 se muestra los parámetros de diseño de la bobina.

El número de vueltas afecta las dimensiones de la geometría, a mayor número de vueltas mayor será el ancho de la bobina, la profundidad, o ambos. También el número de vueltas afecta a la resistencia y la reactancia de bobinas.

La base que soporta las bobinas puede ser o no un material ferromagnético, recurrentemente esta estructura es manufacturada para usar una base con propiedades ferromagnéticas (permeabilidad y espesor) que tiene la capacidad para maximizar la potencia transferida, además un centro magnético puede ser usado para proveer un mejor alineamiento entre la bobina receptora y la bobina transmisora.

Construcción del Modelo

El modelo se construyó a partir de las especificaciones para el diseño de la bobina, Figura 4.

Parámetros	Valores
Diámetro Interno	1 cm
Diámetro Externo	20 cm
Número de vueltas	60
Calibre del Conductor	15 AWG
Resistance	0.1867 Ω
Inductance	206.17 μ H
Voltaje	100 V

Tabla 1. Parámetros de la bobina

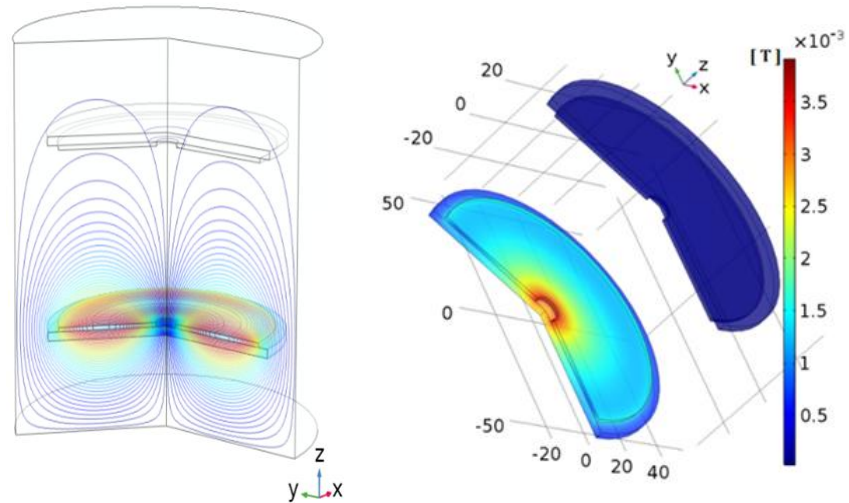


Figura 3. Distribución del campo magnético.

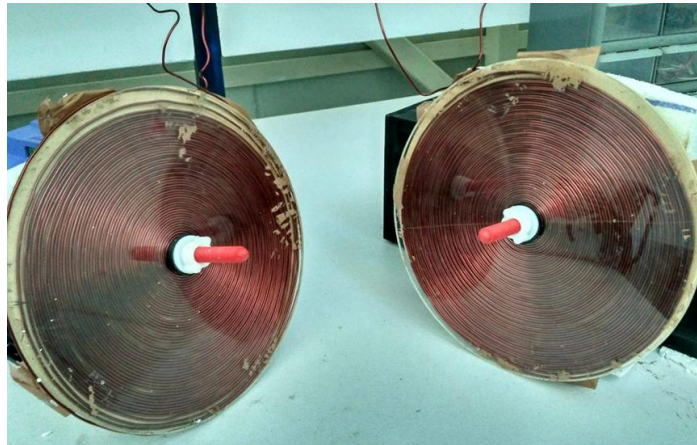


Figura 4. Bobina Receptora y Transmisora.

RESULTADOS

En la Tabla 2 se ilustran los resultados de transferencia de potencia para diferentes distancias entre las bobinas, se puede apreciar que a medida que aumenta la distancia entre las bobinas, la transferencia de potencia es mucho menor, además entre el método numérico (elemento finito) y analítico (Matlab) varía considerablemente el cálculo de la transferencia de potencia entre una distancia a otra.

Distancia [cm]	Potencia en Elemento Finito [%]	Potencia en Matlab [%]	Campo Magnético en Elemento Finito [T]	Campo Magnético en Matlab [T]
4.00	78.5107	79.8378	0.0038168	0.0028
6.00	68.4688	70.6255	0.0032438	0.0025
8.00	58.3892	64.0433	0.0028228	0.0023
10.00	55.1299	58.8984	0.0024834	0.0021
12.00	50.5788	54.6611	0.0022339	0.0019
14.00	48.641	51.05	0.0020251	0.0018
16.00	44.2388	47.898	0.0018289	0.0017
18.00	40.305	45.0978	0.0016638	0.0016
20.00	37.7809	42.5769	0.0015241	0.0015

Tabla 2. Resultados sin resonancia magnética

CONCLUSIONES

En el futuro más maquinaria eléctrica y dispositivos electrónicos con una demanda de potencia media (orden de kilovatios) se alimentarán de forma inalámbrica, por lo que es conveniente estar preparados con herramientas y métodos de diseño para un sistema robusto de transferencia de energía inalámbrica, este trabajo cuantifica por simulación numérica el impacto en la potencia de salida cambiando la separación entre la bobina del transmisor y el receptor. Los cambios en los parámetros, como lo es la separación de bobinas, son relevantes para mejorar la transferencia inalámbrica de potencia, por tanto no siempre es fácil hacerlo mediante un método analítico. Este documento contribuye a identificar los parámetros importantes a controlar o modificar en las bobinas con el objetivo de optimizar la transmisión de potencia para un sistema inalámbrico.

BIBLIOGRAFÍA

1. N. Tesla, "Systems of transmission of electrical energy," U.S. Patent No. 645,576, Mar. 20, 1900.
2. R. Lomas, "The Man Who Invented the Twentieth Century: Nikola Tesla, Forgotten Genius of Electricity". Los Angeles, CA, USA: Create Space Independent Publishing Platform, 1999, p. 146.
3. M. Hutin and M. Leblanc, "Transformer system for electric railways," US Patent 527,857, Oct. 23, 1894.
4. J. C. Schuder, H. E. Stephenson, Jr., and I. F. Townsend, "High-level electromagnetic energy transfer through a closed chest wall," in *Proc. IRE Int. Conf. Record*, 1961, vol. 9, pp. 119–126.
5. C. F. Andrea, M. A. Fadpli, V. L. Gott, and S. R. Topaz, "The skin tunnel transformer. A new system that permits both high efficiency transfer of power and telemetry of data through the intact skin," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. BME-15, no. 4, pp. 278–280, Oct. 1968.
6. G. Covic and J. T. Boys, "Inductive power transfer," *Proc. IEEE*, vol. 101, no. 6, pp. 1276–1289, Jun. 2013.
7. M. P. Kazmierkowski and A. J. Moradewicz, "Unplugged but connected—Review of contactless energy transfer systems," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 6, no. 4, pp. 47–55, Dec. 2012.
8. S. Y. R. Hui, "Planar wireless charging technology for portable electronic products and Qi," *Proc. IEEE*, vol. 101, no. 6, pp. 1290–1301, Jun. 2013.
9. Karalis, A. Kurs, R. Moffatt, J.D. Joannopoulos, P.H. Fisher, M. Soljacic, United States Patent: Wireless Power Transfer, Patent n° US7825543B2, Nov. 2, 2010.
10. S. Valtchev, B. Borges, K. Brandisky, J. B. Klaassens, "Resonant contactless energy transfer with improved efficiency," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol.24, No. 3, pp.685–699, Mar. 2009.

11. W. Zhang, S. C. Wong, C. K. Tse and Q. Chen "Design for efficiency optimization and voltage controllability of series-series compensated inductive power transfer systems", *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 1, pp.191 -200 Jan. 2014.
12. T. Ishizaki, T. Komori, T. Ishida, I. Awai, "Comparative study of coil resonators for wireless power transfer system in terms of transfer loss", *Electronic Express*, 2010.
13. S. Raju, R. Wu, M. Chan, et al., "Modeling of Mutual Coupling Between Planar Inductors in Wireless Power Applications," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 29, no. 1, pp. 481 – 490, Jan. 2014.
14. R. Azambuja, V. J. Brusamarello, S. Haffner, and R. W. Porto, "Full four capacitor circuit compensation for inductive power transfer," in *Proc. Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC).2013 IEEE International*. Minneapolis, MN: IEEE, May 2013, pp.183 -187.
15. O. H. Stielau and G. A. Covic, "Design of loosely coupled inductive power transfer systems", in *Proc. IEEE International Conf. on Power System Technology*, Perth Australia, Dec. 2000, pp.85-90.

MODELO PARA EVALUAR LA PRODUCCIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA DE GENERADORES POR GRADIENTE SALINO

Andrea Carolina Carrizales-Tapia¹, M. Llamas-Rivas¹, A. Pizano-Martínez¹, E. A. Zamora-Cárdenas¹, V.J. Gutiérrez Martínez¹, J. Martínez-Patiño² y H. J. Estrada García¹.

¹Universidad de Guanajuato, ²Centro Mexicano de Energías Renovables. mlr_821@hotmail.com, apizano@ugto.mx, ac.carrizalestapia@ugto.mx

RESUMEN

La extracción de energía del océano ha tomado gran interés para ampliar la cartera energética a nivel mundial. Uno de los mecanismos electroquímicos que puede aprovecharse para extraer energía del océano es el gradiente salino mediante ósmosis retardada por presión (PRO, por sus siglas en inglés). Desde un punto de vista práctico este mecanismo se aprovecha en puntos geográficos donde los ríos desembocan al océano. El proceso PRO consiste en mezclar a través de una membrana semipermeable el agua del río (dulce) con el agua de mar (salada). Esta mezcla origina un intercambio de masa, provoca una diferencia de presión entre ambas soluciones y produce un caudal presurizado neto a través de la membrana. Este caudal es utilizado para impulsar una turbina hidráulica y un generador eléctrico, lo cual permite generar potencia eléctrica. Para su consumo, esta potencia se debe integrar a las redes de distribución de energía eléctrica. Sin embargo, su integración puede afectar y/o modificar la operación de las redes de distribución. Para cuantificar el impacto que dicha integración tienen en la operación de las redes de distribución se requiere primeramente evaluar la cantidad de potencia producida por las plantas de generación PRO. Teniendo en mente lo anterior, este trabajo presenta un modelo unificado para evaluar la producción de energía eléctrica de una planta de generación en base al mecanismo PRO. Para evaluar la generación de potencia eléctrica por medio del modelo propuesto se presenta un caso de estudio en el que se modifica la diferencia de salinidad entre el agua de río y agua de mar. Los resultados obtenidos a partir del modelo propuesto revelan que la producción de potencia aumenta importantemente con el incremento de la diferencia de salinidad entre ambas soluciones.

INTRODUCCIÓN

Los océanos cubren el 71% la superficie terrestre y a partir de ellos se puede extraer energía mediante diversos mecanismos. Uno de estos mecanismos es el proceso electroquímico asociado al gradiente de salinidad. En este proceso la energía se libera cuando el agua dulce de los ríos se mezcla con el agua salada de los océanos. Esta energía es renovable y no tiene asociado un costo de combustible debido a que la mezcla es parte natural del ciclo del agua. Este trabajo se enmarca en el aprovechamiento de la energía liberada para la producción de energía eléctrica.

El gradiente salino tiene la más alta concentración de energía de todas las fuentes renovables marinas y se estima que cuenta con un potencial global de 1650 TWhr por año y podría cubrir el 20% de la demanda energética mundial. En este sentido, es considerada una fuente atractiva por explorar [1]. La producción de energía por gradiente de salinidad no genera emisiones de gases CO₂ u otro tipo de desperdicios que puedan interferir con el cambio climático global. Además, desde una perspectiva de generación de energía eléctrica, posee grandes beneficios en comparación con otras fuentes de generación renovables bien establecidas, tales como la energía solar, la energía eólica y la energía geotérmica. Por ejemplo, a partir del gradiente de salinidad se podría generar energía eléctrica de manera continua. Mientras que la generación a partir de la energía del oleaje, irradiación solar, eólica y geotérmica prestan variaciones que afectan el abastecimiento continuo de la demanda eléctrica; por ende requieren sistemas robustos de almacenamiento de energía. Tal que complican la integración de la energía producida a la red eléctrica y elevan el nivel de complejidad de operación de los sistemas eléctricos.

Hasta el momento no hay una técnica madura que permita producir energía eléctrica a partir del gradiente de salinidad de una forma eficiente y económica, pero se ha planteado la hipótesis de que cualquier estrategia para desalinizar agua de mar podría aprovecharse para producir energía eléctrica y por lo tanto se están explorando diferentes métodos y tecnologías. Entre los procesos más destacados para producir energía eléctrica a partir del gradiente de salinidad se encuentran los siguientes: ósmosis por presión retardada (PRO, por sus siglas en inglés), Electrolisis inversa (RED,

por sus siglas en inglés), Mezcla capacitiva (CAPMIX, por sus siglas en inglés), la Expansión de Hidrogel, Compresión de Vapor y Generación Hidrocrática [2]. Las tecnologías más desarrolladas hasta el momento para extraer energía del gradiente de salinidad están basadas en los procesos PRO y RED. En el año 2009 la empresa Stratkraft instaló en Noruega una planta de generación PRO. Sin embargo, debido a la falta de madurez en la tecnología de membranas semipermeables existente en ese momento, la planta de generación se desempeñaba con una densidad de potencia inferior a 1 watt por metro cuadrado de membrana. Esto provocó que la planta no fuera económicamente factible y cerró su operación [3,4].

En la actualidad la tecnología de membranas semipermeables ha tenido un avance significativo y se estima que se podrían lograr densidades de potencia superiores a 5 watt por metro cuadrado de membrana [3]. En este sentido, las plantas de generación en base al proceso PRO podrían resultar económicamente viables y se convierten en una de las tecnologías más prometedoras para la generación de energía eléctrica a partir del gradiente de salinidad.

En este trabajo se ha formulado un modelo unificado básico que permite estimar la energía producida por una planta de generación PRO. Esto con la finalidad de plantear las bases que permitan cuantificar el impacto en la operación a las redes eléctricas por la integración de la energía producida por las plantas PRO. El modelo presentado debe extenderse para considerar diferentes fenómenos que afectan la eficiencia en la producción de energía eléctrica, tales como la variación espacial de la diferencia de salinidad a lo largo de la membrana, la polarización interna y externa en la capa soporte y límite de la membrana [1,2,4,5,6]. Este aspecto es de fundamental interés y se encuentra bajo desarrollo por parte de los proponentes de este trabajo.

Principio pro para producción de energía eléctrica

El proceso de ósmosis retardada por presión fue investigado por primera vez por Sydney Loeb en la Universidad de Ben-Gurion de Negev, Beersheba, Israel. La primera publicación que se hizo a este respecto fue en 1975. Loeb describe el mecanismo y la viabilidad de la tecnología en la generación de energía eléctrica del proceso de ósmosis por presión retardada [1].

El fenómeno fundamental para la generación de energía mediante el proceso de ósmosis es ilustrado en la Fig. 1. La Fig.1.a. ilustra un contenedor que almacena una solución con alta concentración salina (C_m) y una solución con baja concentración salina (C_r), separadas por una barrera cuando el tiempo $t \rightarrow 0s$. Sin embargo, si la barrera es remplazada por una membrana permeable al solvente pero impermeable al soluto, la tendencia del soluto a disolverse uniformemente creará una presión de vacío y atraerá al solvente a través de la membrana como se ilustra en la Fig. 1.b. Esto provoca un flujo de solvente a través de la membrana, generándose una columna de presión de altura z cuando el tiempo $t \rightarrow \infty$. Esta columna de presión es función del gradiente de la presión osmótica $\Delta\pi$, el cual es dado por la diferencia de la presión osmótica de la solución diluida π_r y la concentrada π_m . La presión osmótica de cada solución depende de su concentración salina y el nivel de pureza del agua, tal que la diferencia de presión osmótica $\Delta\pi$ aumenta conforme sea mayor la diferencia de concentración salina entre las soluciones. El flujo permeado o la columna de presión pueden utilizar para impulsar un sistema turbina-generador y producir energía eléctrica. La eficiencia de generación se expresa normalmente en términos de la densidad de potencia de la membrana y se define como la potencia producida por unidad de área de la misma. Por lo tanto, el diseño de la membrana afecta la eficiencia en la producción de energía eléctrica a través del proceso PRO. Actualmente se han desarrollado diversas investigaciones para encontrar el material más apropiado para mejorar los coeficientes de permeabilidad de la misma. Esto ha permitido el desarrollo de módulos de membranas más eficientes y que tienden a ser económicamente factibles. En este sentido, el diseño y construcción de las membranas son tópicos de amplio interés y siguen siendo investigados.

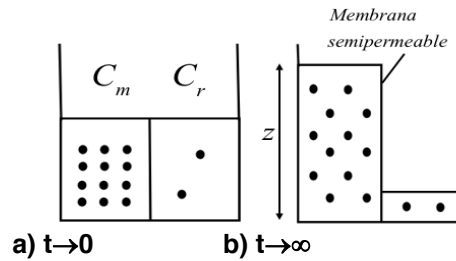


Figura 1. Principio de PRO [7]; a) Soluciones separadas, b) Soluciones separadas por membrana.

Principio de operación de la planta de generación pro

Desde un punto de vista general la planta PRO contempla cuatro componentes fundamentales: entradas al módulo de membranas, módulo de membranas, salidas del módulo de membranas y generador eléctrico. Este último se conecta a la red de distribución de energía eléctrica, como se muestra en la Fig. 2. El principio básico de operación de la planta PRO para la producción de energía eléctrica es el siguiente. En las entradas del módulo de membrana se bombea el caudal de agua marina Q_{mar} y de río Q_{rio} . En el módulo de membranas ocurre el proceso PRO, lo que genera el aumento de la presión en la cámara de las membranas y el agua de río permea la membrana mezclándose con el agua de mar. Esto resulta en un caudal de agua salobre equivalente a la suma del caudal permeado y el caudal de agua de mar, i.e., $Q_{mar} + Q_{permeado}$. De este caudal de agua salobre, la porción equivalente al agua de mar Q_{mar} se desecha al mar. Es importante mencionar que el caudal de agua de río $Q_{residual}$ que no permeó a través de la membrana es devuelto al río. Sin embargo, la porción del agua salobre equivalente al flujo permeado $Q_{permeado}$ alimenta la turbina, la cual funciona como primomotor y produce un par mecánico P_{mec} que es entregado a la flecha del generador eléctrico. El generador eléctrico transforma el par mecánico en potencia eléctrica S_{elec} , la cual se integra a la red de distribución de energía eléctrica. De esta manera se logra la producción de energía eléctrica por medio de la planta PRO.

Con el fin de representar el proceso de producción de energía eléctrica antes descrito, en las siguientes secciones se describen los modelos matemáticos que representan los componentes principales de la planta PRO. Estos modelos dan lugar al modelo unificado de la planta PRO.

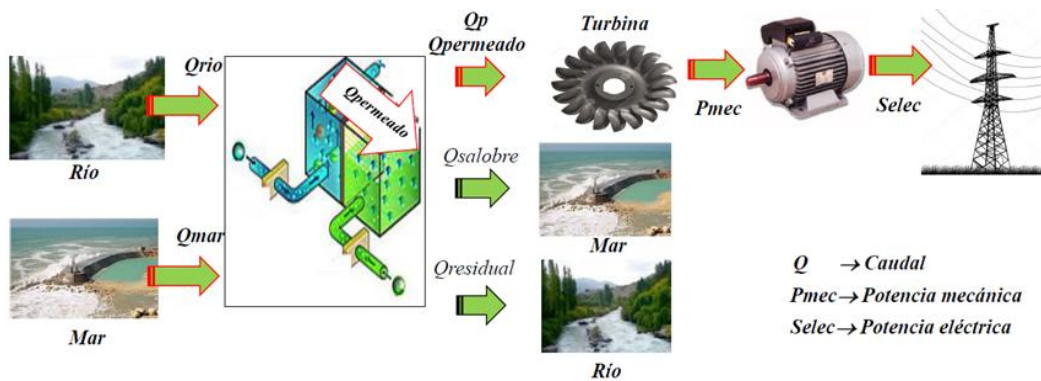


Fig. 2. Diagrama esquemático de la planta PRO.

Modelo de módulos de membranas

Para fines de determinar la potencia eléctrica producida la planta PRO se requiere determinar el caudal permeado en los módulos de las membranas, como se describe a continuación. El caudal permeado Q_p ($\frac{m^3}{s}$) en la membrana es función de la diferencia de presión osmótica entre los dos cuerpos de agua de diferente concentración salina. Las ecuaciones (1) y (2) permiten evaluar la presión osmótica en el cuerpo de agua de río y de mar, respectivamente. En estas ecuaciones los

subíndices r y m denotan agua de río y agua de mar, respectivamente. π representa la presión osmótica Pa. C es la concentración salina en ($\frac{gr}{l}$), R es la constante Universal de los gases 8.3144 ($\frac{JKPa}{mol}$). i es el Factor Van't Hoff; para agua de río (i_r) tiene un valor de 1 y para agua de mar (i_m) tiene un valor de 2. M es la masa molar del cloruro de sodio ($NaCl$) y tiene un valor de $58.4427 \frac{gr}{mol}$. A partir de (1) y (2) la diferencia de presión osmótica $\Delta\pi$ en Pascales se puede expresar como en (3) [3,4]. La presión que hace que el caudal de flujo permeado Q_p se transporte hacia la turbina se conoce como presión hidráulica ΔP . La presión hidráulica máxima ΔP_{max} , y por ende el mayor rendimiento del proceso PRO, se alcanza cuando la presión hidráulica es la mitad de la diferencia presión osmótica. Esto se representa por medio de ecuación (4). Finalmente, el total del caudal permeado Q_p que llega hasta la turbina depende principalmente del área de la membrana A_{mem} , número de módulos de membranas N_{mod} y la velocidad J_w del flujo permeado, como es dado por (5). La velocidad del flujo J_w está dada por (6), donde A representa el coeficiente de permeabilidad del agua ($\frac{m}{K kPa \cdot s}$) [1,4,5,6,7].

$$\pi_r = \frac{C_r RT i_r}{M} \quad (1)$$

$$\pi_m = \frac{C_m RT i_m}{M} \quad (2)$$

$$\Delta\pi = \pi_m - \pi_r \quad (3)$$

$$\Delta P_{max} = \frac{\Delta\pi}{2} \quad (4)$$

$$Q_p = J_w A_{mem} N_{mod} \quad (5)$$

$$J_w = A(\Delta\pi - \Delta P_{max}) \quad (6)$$

Modelo de la turbina

La potencia mecánica en Watts a la salida de la turbina P_{tur} se puede evaluar a partir de (7). Donde η_T es la eficiencia de la turbina. Q_p es el caudal permeado con velocidad J_w y ΔP_{max} es la presión hidráulica máxima, estos son evaluados a partir de (4)-(5) [4].

$$P_{tur} = \eta_T \Delta P_{max} Q_p \quad (7)$$

Modelo del generador eléctrico

A partir de la revisión bibliográfica no se identificó algún tipo específico de generador eléctrico idóneo para plantas de generación en base a PRO. Por lo anterior y tomando en cuenta su gran aplicación para fuentes de energía renovable, se propone aquí utilizar como generador eléctrico una máquina de inducción. En particular se considera una máquina de inducción tipo jaula de ardilla trifásica. Debido a su principio de funcionamiento asíncrono, esta máquina permite su directa conexión a la red eléctrica. Aunque es importante mencionar que otro tipo de generadores y modos de conexión (p.e. a través de convertidores conmutados) podrían ser considerados. El diagrama esquemático de dicha máquina se muestra en la Fig. 3. y su modelo se describe a continuación.

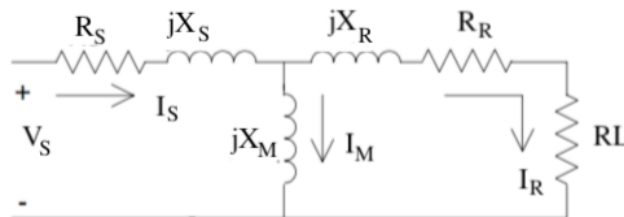


Figura 3. Diagrama esquemático de la máquina de inducción [8].

Primeramente, se establece que la potencia mecánica que recibe la flecha del generador es igual a la potencia de salida de la turbina dada (7), como es denotado por (8).

$$P_{mec} = P_{tur} \quad (8)$$

La potencia P_{mec} en el eje en el generador de inducción se transforma a potencia eléctrica en el rotor y se representa por P_R . Esta potencia P_R está dada por la potencia que se transfiere al estator a través del entrehierro y la potencia que se consume en pérdidas en el mismo rotor, como es dado por (9). Donde s_1 y s_2 representan el deslizamiento de secuencia positiva y negativa, respectivamente. Las corrientes fasoriales de secuencia positiva y negativa en el rotor están representadas por I_R^1 y I_R^2 en Amperes, respectivamente. R_R representa la resistencia del rotor en Ohms [8]. Además, el balance de potencia entre la potencia mecánica en la flecha del generador y la potencia en el rotor es una condición que se debe satisfacer incondicionalmente y se expresa por medio de (10).

$$P_R = 3|I_R^1|^2 \left(\frac{1-s_1}{s_1} \right) R_R + 3|I_R^2|^2 \left(\frac{1-s_2}{s_2} \right) R_R \quad (9)$$

$$\Delta P_{ind} = P_{mec} - P_R = 0 \quad (10)$$

En (9) las corrientes de secuencia positiva I_R^1 y I_R^2 negativa del rotor se calculan por medio de (11). Donde X_M y X_R son las reactancias de magnetización en y del rotor en Ohms. I_s^1 e I_s^2 representan las corrientes fasoriales de secuencia positiva y negativa en Amperes en las terminales del estator de la máquina, dadas por (12). Donde R_S y X_S representan la resistencia y reactancia del estator, mientras que V_s^1 y V_s^2 representan los voltajes fasoriales de secuencia positiva y negativa en las terminales de la máquina, respectivamente. Estos voltajes se obtienen a partir de los voltajes de línea a neutro V_{abc}^{LN} en las terminales de la máquina, los cuales se pueden considerar como conocidos. Note que en (9)-(12) no se han considerado cantidades de secuencia cero, esto se debe a que se considera que los devanados del estator de la máquina de inducción están conectados en delta o en estrella con neutro flotante. Estos tipos de conexión son típicos en las máquinas de inducción e implican que no existen corrientes de secuencia cero. Las corrientes fasoriales I_{abc} en amperes en las terminales de la maquina en el domino de las fases se pueden evaluar a partir de (13), donde A_S representa la matriz de transformación de componentes simétricas a componentes de fase. Finalmente, la potencia eléctrica producida en las terminales del generador se puede evaluar de (14), donde S_{ele}^{abc} representa la potencia compleja en Volts-Ampere. Se hace notar que el modelo unificado para cuantificar la potencia eléctrica generada por la planta de generación PRO a partir de la diferencia de concentración salina entre el agua de mar y de río está entonces dado por (1)-(14).

$$I_R^1 = \frac{jX_M}{j(X_R + X_M) + \frac{R_R}{s_1}} I_s^1 ; I_R^2 = \frac{jX_M}{j(X_R + X_M) + \frac{R_R}{s_2}} I_s^2 \quad (11)$$

$$I_s^1 = \frac{V_s^1 \left[j(X_R + X_M) + \frac{R_R}{s_1} \right]}{jX_M \left(jX_R + \frac{R_R}{s_1} \right) + (R_S + jX_S) \left[j(X_R + X_M) + \frac{R_R}{s_1} \right]} ; I_s^2 = \frac{V_s^2 \left[j(X_R + X_M) + \frac{R_R}{s_2} \right]}{jX_M \left(jX_R + \frac{R_R}{s_2} \right) + (R_S + jX_S) \left[j(X_R + X_M) + \frac{R_R}{s_2} \right]} \quad (12)$$

$$I_{abc} = A_S \begin{bmatrix} 0 & I_s^1 & I_s^2 \end{bmatrix}^T \quad (13)$$

$$S_{ele}^{abc} = V_{abc}^{LN} I_{abc}^* \quad (14)$$

Evaluación de la potencia eléctrica: resultados numéricos

El modelo (1)-(14) se utiliza en esta sección para evaluar la potencia eléctrica producida a partir del gradiente de salinidad. Para este fin, se considera una planta de generación de capacidad nominal de 7.5kW, la cual puede ser producida a través 80 módulos de membranas planas con densidad de potencia máxima de 4.1W/m². En este caso se adoptó un turbina Pelton con eficiencia de $\eta_T=0.85$. El generador eléctrico es una máquina de inducción trifásica jaula de ardilla conectada en estrella con neutro flotante, de 6 polos, con capacidad de 7.5kw y opera a 220V y una frecuencia de 60Hz. Los parámetros de las membranas y del generador de inducción son proporcionados en la Tabla 1. Para la evaluación de la potencia eléctrica se abordaron los siguientes dos escenarios. En el escenario 1 se evalúa la potencia eléctrica producida al considerar que la planta está constituida por diferentes cantidades de módulos de membranas. Las diferentes cantidades de módulos producen una potencia hidráulica capaz de hacer operar el generador eléctrico desde un 10% a un 100% su capacidad nominal. Para este caso se ha tomado una concentración salina del agua de río y de mar de 0gr/Lt y 35gr/Lt, respectivamente. En el escenario 2 se evalúa la potencia eléctrica generada al variar el nivel de concentración salina del agua del río C_r y de mar C_m en valores que van de 0gr/Lt a 10gr/Lt y 30gr/Lt a 50gr/Lt, respectivamente. En este caso se considera que la planta está constituida por una cantidad fija de 80 módulos de membranas, los cuales son capaces de hacer operar el generador eléctrico al 100% de su capacidad nominal.

Tabla 1. Parámetros

Membranas	Generador
$C_r=0$ gr/Lt	$R_R=0.144\Omega$
$C_m=35$ gr/Lt	$R_S=0.294\Omega$
$T=297.15^\circ\text{K}$	$X_R=0.209\Omega$
$M=58.44$ gr/mol	$X_S=0.503\Omega$
$R=8.31$ Lt.kPa/ $^\circ\text{K.mol}$	$X_M=13.25\Omega$
$I_r=1$	
$I_m=2$	
$A=1.87 \times 10^{-12}$ m ³ /Pa.s.m ²	
$A_m=28$ m ²	
$N_{\text{mod}}=80$	

RESULTADOS PARA ESCENARIO 1

La Fig. 4 muestra producción de potencia activa y reactiva en las terminales del generador para las diferentes cantidades de módulos y niveles de generación del generador eléctrico. Para la presentación de estos resultados se adoptado la convención pasiva, tal que valores negativos y positivos denotan potencia producida y consumida, respectivamente. A partir de esta figura se puede observar que a mayor cantidad de módulos (y por ende porcentaje del nivel de generación) la planta PRO incrementa la producción de potencia activa (útil o efectiva), pero requiere de un mayor consumo de potencia reactiva (no efectiva). Desde un punto de integración de plantas de generación PRO a las redes eléctricas, este resultado sugiere que a mayor nivel de generación de potencia activa por medio de este tipo de plantas se deben considerar estrategias y equipos adicionales para incrementar el soporte de potencia reactiva con el fin de compensar el inherente consumo de potencia reactiva.

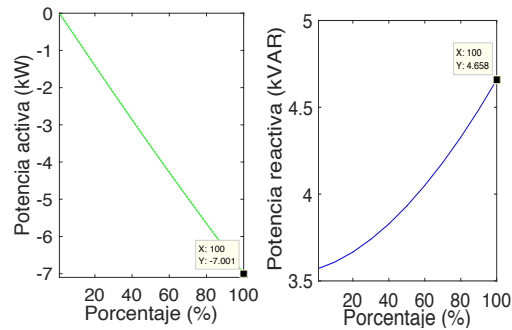


Figura 4. Potencia activa y reactiva en los diferentes niveles de generación.

RESULTADOS PARA ESCENARIO 2

La Fig. 5 muestra producción de potencia activa y reactiva en las terminales del generador para diferentes concentraciones de salinidad. Estos resultados indican que la producción y el consumo de potencia activa y reactiva, respectivamente se incrementan conforme se incrementa la diferencia de salinidad entre el agua de río y agua de mar. En este caso la máxima producción de potencia activa es de 13.47 kW, mientras que el consumo máximo de potencia reactiva alcanza 7.16kVAR. Superando entonces la capacidad nominal de la planta y del generador eléctrico (7.5kW), la cual hipotéticamente se obtendría con los 80 módulos de membrana. Estos valores máximos se obtienen cuando las concentraciones salinas del agua de río y de mar son $C_r=0$ gr/Lt y 50gr/Lt, respectivamente. Este resultado sugiere que para la selección precisa de la capacidad de la planta PRO y en la planeación de la generación de energía eléctrica se debe tomar en cuenta la variación de la salinidad para las diferentes estaciones del año.

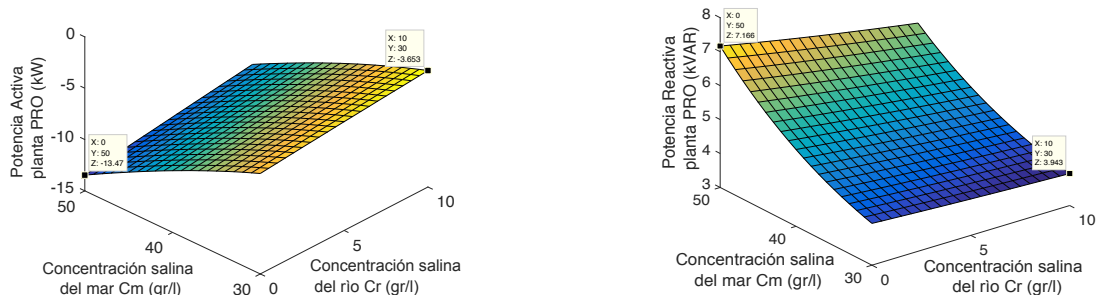


Figura 5. Potencia activa y reactiva para las diferentes concentraciones de salinidad.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un modelo unificado básico para evaluar la generación de potencia compleja de una planta PRO. Los resultados obtenidos sugieren que la integración de estas plantas a las redes eléctricas para el consumo de la potencia activa producida deberá considerar aspectos relacionados con la compensación de potencia reactiva. Así mismo la precisa selección y diseño de la planta deberá considerar los posibles cambios de salinidad que ocurren en diferentes periodos estacionales. El modelo unificado básico debe ser extendido para considerar las diferentes estaciones del año, pero además para considerar aspectos tales como la variación espacial de la salinidad a lo largo de la membrana, la polarización interna y externa en la capa soporte y límite de la membrana. Lo cual afecta la precisión de la evaluación de la generación de potencia eléctrica. En este mismo contexto, con el fin de evaluar el impacto que la integración de la energía asociada a la planta PRO tiene en la operación de las redes de distribución de energía eléctrica, se requiere que el modelo unificado sea incorporado en las estrategias de análisis de dichas redes. Estos aspectos se encuentran bajo desarrollo por parte de los autores de este trabajo y los resultados obtenidos serán sometidos a evaluación para su posible publicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tran, Thomas T. D., Carlo Bianchi, Joseph Edward Paul Melville, Keunhan Park and Amanda D. Smith, "Design of housing and mesh spacer supports for salinity gradient hydroelectric power generation using pressure retarded osmosis", 2015 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech, 2015), pp. 141-147, 2015.
2. Straub Anthony P., Deshmukh Akshay, Elimelech Menachem, "Pressure-retarded osmosis for power generation from salinity gradients: is it viable?", Energy & Environmental Science, Energy Environ. Sci., The Royal Society of Chemistry, vol. 9, pp. 31-48, 2016.
3. Karen Gerstandt, K.-V. Peinemann, Stein Erik Skilhagen, Thor Thorsen, Torleif Holt, "Membrane processes in energy supply for an osmotic power plant", Desalination, vol. 224, pp. 64-70, 2008.
4. Berry A, Weinand D, Zenouzi M, Hennessy C, Mathieu J, Kowalski G. "Pressure Retarded Osmosis: Laboratory Scale Design and Experiment". ASME, Energy Sustainability, vol. 2: pp.1-8, 2015.
5. Thor Thorsen, Torleif Holt, "Membrane processes in energy supply for an osmotic power plant", Desalination, Volume 224, Issues 1-3, , pp. 64-70, 2008.
6. Andrea Achilli, Tzahi Y. Cath, Amy E. Childress, "Power generation with pressure retarded osmosis: An experimental and theoretical investigation", Journal of Membrane Science, vol. 343, pp. 42-52, 2009
7. Maisonneuve, Jonathan & Pillay, P., "Pressure-retarded osmotic power for remote communities in Quebec", 2014 IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1-5, 2014
8. Kersting William H., "Distribution System Modeling and Analysis," CRC Press, 1st ed., 2002.

CONTROL DE VIBRACIONES EN ESTRUCTURAS CIVILES USANDO AMORTIGUADORES MAGNETOREOLÓGICOS

Joaquín Contreras López¹, Yajaira Concha Sánchez², Elisa Espinosa Juárez¹, Fernando Ornelas Téllez¹

¹División de estudios de posgrado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, ²Facultad de Ingeniería Civil Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

RESUMEN

Las frecuentes excesivas vibraciones que presentan las estructuras civiles durante eventos sísmicos o condiciones de servicio pueden resultar en la incomodidad de sus usuarios, o peor, en una falla estructural, produciendo pérdidas humanas y económicas. Este trabajo presenta la síntesis de un esquema de control óptimo no lineal para reducir las vibraciones en estructuras civiles a través del uso de amortiguadores magnetoreológicos (MRD, por sus siglas en inglés), los cuales se usan como dispositivos actuadores semiactivos para reducir la respuesta de las estructuras civiles, con la ventaja de tener un bajo consumo de energía en su operación. Como caso de estudio, se analiza un edificio a escala de tres niveles, donde su respuesta estructural se investiga al comparar la respuesta en el tiempo con y sin control, para un MRD localizado en el primer nivel del edificio. Se presentan resultados en simulación para validar la efectividad del controlador propuesto para controlar el amortiguamiento del edificio a través del MRD y reducir su respuesta estructural.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el tema sobre el control de vibraciones en estructuras civiles ha cobrado una mayor relevancia debido a la importancia que representa el tener estructuras resistentes a perturbaciones dinámicas como son las vibraciones producidas por vientos fuertes, sismos y cargas de servicio. Cualquier tipo de estructura civil localizada en zonas sísmicas o de fuertes vientos, estará sujeta a vibraciones, por este tipo de cargas, a lo largo de su vida útil. Estas vibraciones van desde inofensivas hasta severas, y pueden resultar en daño estructural, o peor aún en el colapso de ellas. El desarrollo de sistemas de control en estructuras ha dado lugar a un importante incremento en el desarrollo del campo de las “estructuras inteligentes” [1]; no obstante, la primera ocasión en que se mencionó el término “control estructural” en la ingeniería civil, data de hace poco más de 40 años [2]. La protección de estructuras civiles sujetas a cargas dinámicas se puede lograr a través del control estructural activo [3], [4], control estructural semiactivo [5], [6], [7] y del control estructural pasivo [8], como lo demuestran diversas investigaciones [9].

El control estructural activo y semiactivo, de manera típica, determina las fuerzas de control instantáneas necesarias para estabilizar una estructura al disminuir su respuesta dinámica, a partir de la retroalimentación de información de la respuesta estructural de desplazamiento, velocidad y/o aceleración. Las fuerzas en el control estructural activo, se generan, en algunos casos, a través de actuadores con el requerimiento de operación de grandes fuentes de poder. Si bien el concepto de control activo se ha propuesto desde hace ya algunas décadas, aún subsisten muchos retos por resolver antes de que este tipo de control sea aceptado de manera más generalizada en la comunidad de ingenieros y profesionales de la construcción. En el caso del control estructural semiactivo, existen algunos dispositivos prometedores, en cuanto a su comportamiento, para el control de vibraciones en estructuras civiles; tal es el caso de los dispositivos con fluidos controlables, llamados “fluidos inteligentes” como los magnetoreológicos [10] y electroreológicos que ofrecen la adaptabilidad y prestaciones de los dispositivos de control activo, pero sin el requerimiento de grandes fuentes de poder y que ofrecen una alternativa para lograr mecanismos de control de disipación de energía, además de ser a prueba de fallos del sistema de control, ya que en caso de falla del sistema de control, éstos no son capaces de aplicar energía externa que pudiera desestabilizar a la estructura [11].

En este trabajo se presenta el diseño de un sistema de control óptimo no lineal para controlar el amortiguamiento en estructuras civiles, a través del uso de MRD, en el que su modelo dinámico es de tipo no lineal. Entre otros controladores, las leyes de control óptimo se benefician de márgenes de estabilidad adecuados mientras que la minimización de un funcional de costo asegura que el esfuerzo de control se aproveche de la mejor manera. De hecho, los márgenes de estabilidad

caracterizan las propiedades básicas de robustez que un sistema de retroalimentación bien diseñado debe poseer. Diferentes técnicas de control no óptimas basadas en la cancelación o dominación de los términos no lineales tales como linealización por retroalimentación, la técnica de *backstepping* y otros diseños no lineales de retroalimentación, no necesariamente poseen propiedades de optimalidad ni aseguran márgenes de estabilidad. En un sistema de control óptimo es necesario conocer el modelo matemático de la planta a controlar, donde se toma en cuenta el comportamiento de todas las variables del sistema, lo que hace que la planta se pueda controlar mejor. El esquema de control no lineal propuesto puede ser aplicado a estructuras civiles tales como edificios, puentes vehiculares y peatonales, sistemas de piso, etc.

Es importante destacar que para sistemas no lineales en general, la solución al problema de control óptimo es complicada; sin embargo, para el sistema planteado en este trabajo, es posible el diseño del controlador óptimo no lineal, dado que el sistema pertenece a una clase de sistemas no lineales, conocida como sistemas no lineales con coeficientes dependientes del estado. En el trabajo se presentan resultados, a nivel simulación, para un modelo a escala de un edificio de tres niveles que incluye un MRD colocado en el primer piso. De las simulaciones obtenidas se puede observar la efectividad del esquema de control propuesto para lograr un amortiguamiento adecuado del sistema, reduciéndose así el movimiento no deseado de la estructura civil.

El artículo está organizado de la siguiente manera. La sección “Descripción del sistema” describe el modelado matemático de una estructura civil, al establecer la ecuación que describe su comportamiento dinámico. Un esquema de control óptimo para sistemas no lineales se presenta en la sección “Control óptimo para amortiguación de perturbaciones en estructuras civiles”. En la sección “Control óptimo de respuesta de una estructura con MRD” se presenta un caso de estudio para una estructura con MRD, controlada con el controlador óptimo propuesto, y se compara con la respuesta de un control tipo proporcional-derivativo (PD) no lineal, para el que no es necesario conocer el modelo de la planta a controlar.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Esta sección describe el modelo de una estructura civil con amortiguador. Inicialmente, se plantea el modelo de una estructura civil, que posteriormente se completa considerando la dinámica de un MRD a través de su modelo matemático.

A. MODELO DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA

Para poder llevar a cabo el diseño del control de una estructura, es necesario conocer sus características dinámicas, a través de su modelo matemático, el cual permitirá conocer si el control propuesto producirá la dinámica esperada en la estructura, dentro de una región de operación [12], [13]. La vibración de un edificio sujeto a una perturbación en su base debida a un evento sísmico, \ddot{x}_g , puede ser modelada a través de la segunda ley de movimiento de Newton. El n -ésimo piso del edificio tiene una masa m_n , un coeficiente de amortiguamiento viscoso c_n y un coeficiente de rigidez k_n . Estos parámetros están considerados en las matrices de masa M , amortiguamiento C_s y rigidez K del edificio, por lo que la dinámica de la estructura queda descrita por

$$M\ddot{x}_s + C_s\dot{x}_s + Kx_s = -M\lambda\ddot{x}_g \quad (1)$$

donde $x_s \in \mathbb{R}^n$, es el vector de desplazamiento, \dot{x}_s el vector de velocidad, \ddot{x}_s el vector de aceleración de la estructura y λ es un vector de coeficientes de influencia, que permite especificar que grados de libertad serán excitados por el movimiento del suelo [14]. En este artículo se trabajará sobre una estructura de un edificio, a escala, de tres niveles.

B. MODELO DE LA ESTRUCTURA CON ENTRADA DE FUERZA DE UN AMORTIGUADOR

Para una estructura con N grados de libertad, equipada con amortiguadores, pudiendo ser del tipo MRD, (1) se reescribe como

$$M\ddot{x}_s + C_s\dot{x}_s + Kx_s = -\Gamma f_d - M\lambda\ddot{x}_g \quad (2)$$

donde f_d es la fuerza generada por el amortiguador instalado en la estructura, que puede ser activo, semiactivo o pasivo. El término Γ es un vector que indica la ubicación de los amortiguadores en la estructura. El sistema (2) puede ser reescrito en una representación en espacio de estados como

$$\dot{x}_d = Ax + Bf_d + E\ddot{x}_g \quad (3)$$

donde $x = [x_s \quad \dot{x}_s]^T$ es el vector de estados, f_d la fuerza en el amortiguador y las matrices que definen al sistema están dadas por

$$A = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ -M^{-1}K & -M^{-1}C_s \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ -M^{-1}\Gamma \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad E = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \lambda \end{bmatrix}$$

C. MODELO DINÁMICO DEL AMORTIGUADOR

La fuerza f_d en un MRD se logra a través del cambio de viscosidad del fluido magnetoreológico, la cual varía con el campo magnético que produce un voltaje aplicado al amortiguador. Un modelo que se ha utilizado ampliamente para el modelado de sistemas de amortiguación con histéresis, es el modelo de Bouc-Wen [15], el cual puede representar una amplia variedad de modelos histeréticos; sin embargo, un modelo que puede predecir de una mejor manera el comportamiento de un amortiguador magnetoreológico es el modelo propuesto en [16] conocido como modelo de Bouc-Wen modificado, que esquemáticamente se muestra en la Figura 1.

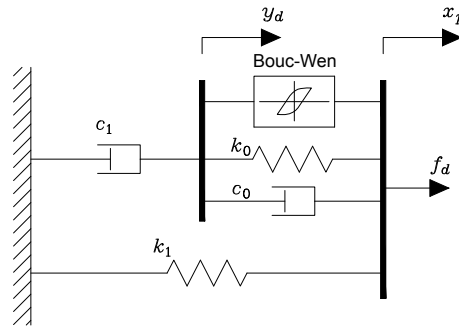


Figura 32. Modelo de Bouc-Wen modificado.

Las ecuaciones que gobiernan la fuerza ejercida por el amortiguador magnetoreológico usando el modelo paramétrico de Bouc-Wen modificado son:

$$f_d = c_1 \dot{y}_d + k_1 (x_p - x_0) \quad (4)$$

$$\dot{y}_d = \frac{1}{c_0 + c_1} \{ \alpha z_d + c_0 \dot{x}_p + k_0 (x_p - y_d) \} \quad (5)$$

$$\dot{z}_d = -\gamma |\dot{x}_p - \dot{y}_d| z_d |z_d|^{n-1} - \beta (\dot{x}_p - \dot{y}_d) |z_d|^n + A_d (\dot{x}_p - \dot{y}_d) \quad (6)$$

donde f_d es la fuerza del MRD; y_d es un desplazamiento interno del MRD; z_d es la variable que toma en cuenta la dependencia del historial de respuestas; k_1 representa la rigidez del acumulador del MRD, que no es más que una especie de depósito sobre el cuerpo principal del amortiguador que contiene nitrógeno presurizado; c_0 es el amortiguamiento viscoso observado a grandes velocidades; un amortiguador representado por c_1 , toma en cuenta el comportamiento a velocidades bajas del MDR, k_0 controla la rigidez a grandes velocidades; x_0 es el desplazamiento inicial del resorte k_1 asociado con la fuerza nominal del MRD debida al acumulador; x_p es el desplazamiento de la barra del pistón del amortiguador. Las constantes β , γ , n y A_d son parámetros del amortiguador. Los parámetros de amortiguamiento viscoso varían linealmente con el voltaje aplicado al manejador de corriente del amortiguador; para el modelo de Bouc-Wen modificado se usan las siguientes relaciones

$$\alpha = \alpha_a + \alpha_b u_d \quad (7)$$

$$c_0 = c_{0a} + c_{0b} u_d \quad (8)$$

$$c_1 = c_{1a} + c_{1b} u_d \quad (9)$$

siendo $\alpha_a, \alpha_b, c_{0a}, c_{0b}, c_{1a}$ y c_{1b} parámetros relacionados con un MRD específico. El término u_d representa un voltaje filtrado en el circuito, que se obtiene de la dinámica involucrada en alcanzar el equilibrio reológico del fluido magnetoreológico, establecido por la relación

$$\dot{u}_d = -\eta(u_d - v) \quad (10)$$

donde v es el voltaje aplicado al MRD y η es una constante del sistema eléctrico del MRD.

CONTROL ÓPTIMO PARA AMORTIGUACIÓN DE PERTURBACIONES EN ESTRUCTURAS CIVILES

El problema de control para una estructura es un problema de estabilización, donde la referencia a seguir, en el caso de estructuras verticales, es precisamente, la vertical. El problema entonces consiste en encontrar una ley de control óptima u^* tal que la salida (respuesta) del sistema estructural (3) minimice algún índice predeterminado en la respuesta del sistema, donde es de interés minimizar el desplazamiento x , la velocidad \dot{x} , y/o la aceleración \ddot{x} de los entresijos de la estructura. El modelo completo de la estructura-amortiguador está dado por (3)–(10), el cual resulta en un sistema no lineal, mismo que será utilizado para el diseño del controlador óptimo no lineal. Para diseñar el controlador, se parte del sistema no lineal, mismo que tiene la característica de que puede ser representado en una factorización de coeficientes dependientes del estado. De manera general, considere un sistema no lineal [17]

$$\dot{x} = f(x) + B(x)u + D \quad (11)$$

$$y = h(x) \quad (12)$$

donde $x \in \mathbb{R}^n$ es el vector de estados, $u \in \mathbb{R}^m$ es la entrada de control, $y \in \mathbb{R}^p$ es la salida del sistema, el término D es un señal externa que representa una perturbación desconocida y acotada, y las funciones $f(x)$, $B(x)$ y $h(x)$ son mapeos de dimensiones adecuadas. Considere que las funciones $f(x)$ y $h(x)$ pueden descomponerse respectivamente en una factorización dependiente del estado como $f(x) = A(x)x$ y $h(x) = C(x)x$, al asumir que $f(0) = 0$, $h(0) = 0$, $f(\cdot) \in C^1$ y $h(\cdot) \in C^1$. Entonces el sistema (11)–(12) resulta en

$$\dot{x} = A(x)x + B(x)u + D \quad (13)$$

$$y = C(x)x \quad (14)$$

Tomando en cuenta que las factorizaciones $A(x)$ y $C(x)x$ no son únicas [18], para lograr esquemas de control bien definidos, se debe proponer una factorización tal que las propiedades de controlabilidad y observabilidad, en el sentido definido en [18], se conserven en (13)–(14). Considere que el sistema (13)–(14) es controlable y observable, entonces la ley de control

$$u^*(x) = -R^{-1} B^T(x)(P x - z) \quad (15)$$

es un controlador óptimo de retroalimentación de estado para el sistema, que asegura una estabilidad asintótica en lazo cerrado [19], [20], lleva a cabo el seguimiento de una trayectoria r y minimiza el funcional de costo asociado

$$J = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{\infty} (e^T Q e + u^T R u) dt \quad (16)$$

donde Q y R son matrices simétricas y definidas positivas, y P es la solución dependiente del estado de la ecuación diferencial de Riccati

$$\dot{P} = -C^T(x) Q C(x) + P B(x) R^{-1} B^T(x) P - A^T(x) P - P A(x) \quad (17)$$

con la condición de frontera $P(\infty) = 0$. $z(x)$ es la solución de la ecuación diferencial vectorial

$$\dot{z}(x) = -[A(x) - B(x)R^{-1}B^T(x)P]^T z - C^T(x) Q r + P D \quad (18)$$

El error en el seguimiento e de una trayectoria está dado por $e = r - y$, donde r es la referencia a seguir por la salida del sistema. En el caso del problema de estabilización, la referencia es $r = \mathbf{0}$. Note que el controlador (15) requiere que todos los estados estén disponibles, mediante mediciones, para ser retroalimentados.

CONTROL ÓPTIMO DE RESPUESTA DE UNA ESTRUCTURA CON MRD

Para fines de simulación se utiliza un modelo de edificio a escala de tres niveles, con un amortiguador magnetoreológico colocado en el primer nivel, como el que se muestra en la Figura 2.

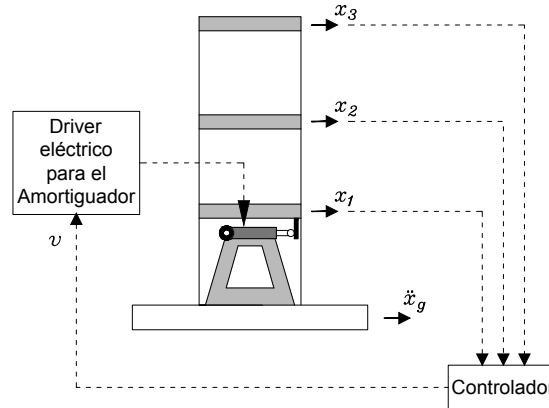


Figura 33. Modelo de edificio con MRD.

Los parámetros de masa, amortiguamiento y rigidez se tomaron de [21].

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & 0 & 0 \\ 0 & m_{22} & 0 \\ 0 & 0 & m_{33} \end{bmatrix} \text{Kg}, \quad C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \frac{\text{N}\cdot\text{sec}}{\text{m}}, \quad K = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{bmatrix} \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

donde los valores de los parámetros son $m_{11} = m_{22} = m_{33} = 98.3$ y todos los elementos fuera de la diagonal principal de M son cero, mientras que $c_{11} = 175.0$, $c_{12} = -50.0$, $c_{13} = 0$; $c_{21} = -50.0$, $c_{22} = 100.0$, $c_{23} = -50$; $c_{31} = 0$, $c_{32} = -50$, $c_{33} = 50$, y finalmente $k_{11} = 12.0$, $k_{12} = -6.84$, $k_{13} = 0$; $k_{21} = -6.84$, $k_{22} = 13.7$, $k_{23} = -6.84$; $k_{31} = 0$, $k_{32} = -6.84$, $k_{33} = 6.84$. Se observa que la matriz M , es una matriz desacoplada, de acuerdo a [22]. Los parámetros del modelo del amortiguador, fueron tomados de [23] y se muestran en la Tabla I.

El problema de control óptimo consiste en encontrar la entrada de control u^* de manera tal que se estabilice a la estructura en la vertical. Para ello, es necesario llevar al sistema a la representación en espacio de estados, donde las variables de estado están definidas como:

$$x = [x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad x_5 \quad x_6 \quad x_7 \quad x_8 \quad x_9]^T$$

Tabla XXX. Parámetros para el modelo del amortiguador magnetoreológico.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
c_{0a}	21.0 N · sec/cm	α_a	140 N/cm
c_{0b}	3.5 N · sec/cm · V	α_b	695 N/cm · V
k_0	46.9 N/cm	γ	363 cm ⁻²
c_{1a}	283 N · sec/cm	β	363 cm ⁻²
c_{1b}	2.95 N · sec/cm · V	A_d	301
k_1	5.00 N/cm	n	2
x_0	14.3 cm	η	190 sec ⁻¹

Tabla XXXI. Elementos del renglón 4 de la matriz A(x).

Elemento	Valor	Elemento	Valor
a_{41}	$\frac{-k_1 - K_{11}}{m_{11}} - \frac{c_{1a}k_0}{m_{11}(c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9)}$	a_{51}	$-\frac{k_{21}}{m_{22}}$
a_{42}	$-\frac{k_{12}}{m_{11}}$	a_{52}	$-\frac{k_{22}}{m_{22}}$
a_{43}	$-\frac{k_{13}}{m_{11}}$	a_{53}	$-\frac{k_{23}}{m_{22}}$
a_{44}	$-\frac{c_{11}}{m_{11}} - \frac{c_{0a}c_{1a} + c_{0b}c_{1b}x_9^2}{m_{11}(c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9)}$	a_{54}	$-\frac{c_{21}}{m_{22}}$
a_{45}	$-\frac{c_{12}}{m_{11}}$	a_{55}	$-\frac{c_{22}}{m_{22}}$
a_{46}	$-\frac{c_{13}}{m_{11}}$	a_{56}	$-\frac{c_{23}}{m_{22}}$
a_{47}	$\frac{c_{1a}k_0}{m_{11}(c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9)}$	a_{57}	0
a_{48}	$-\frac{c_{1a}\alpha_a + c_{1b}x_9^2\alpha_b}{m_{11}(c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9)}$	a_{58}	0
a_{49}	$-\frac{c_{1b}(c_{0a}x_4 + k_0(x_1 - x_7) + x_8\alpha_a) + c_{1a}(c_{0b}x_4 + x_8\alpha_b)}{m_{11}(c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9)}$	a_{59}	0

De acuerdo al controlador dado por (15), se requiere que el sistema a controlar tenga la forma (13)–(14), por lo que las matrices del sistema de la estructura con el MRD son

$$A(x) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} & a_{46} & a_{47} & a_{48} & a_{49} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} & a_{57} & a_{58} & a_{59} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & a_{66} & a_{67} & a_{68} & a_{69} \\ a_{71} & a_{72} & a_{73} & a_{74} & a_{75} & a_{76} & a_{77} & a_{78} & a_{79} \\ a_{81} & a_{82} & a_{83} & a_{84} & a_{85} & a_{86} & a_{87} & a_{88} & a_{89} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\eta \end{bmatrix}$$

donde los valores de los elementos de los renglones 4, 5, 6, 7 y 8 están dados en las Tablas II, III y IV mientras que

$$B(x) = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \eta]^T$$

$$D = \left[0 \ 0 \ 0 \ \frac{k_1x_0}{m_{11}} \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \eta \right]^T$$

y $C(x)$ es una matriz identidad de dimensión 9 x 9. La excitación inicial de la estructura, para estudiar su respuesta en vibración libre, fue proporcionada por las condiciones iniciales impuestas a las ecuaciones diferenciales del sistema (13), donde los desplazamientos iniciales para cada nivel son: $x_1 = 0.1$ m, $x_2 = 0.1$ m y $x_3 = -0.1$ m, respectivamente. Calculando la entrada de voltaje óptima al amortiguador magnetoreológico del modelo dado por (4)–(6), con parámetros de la Tabla I y la ley de control dada por (15), se obtienen las gráficas de desplazamiento en los niveles de la estructura en las Figuras 3–5, mismos que son comparados con la respuesta de la estructura sin control. De igual forma se muestra en las Figuras 6–8 la velocidad, con control y sin control, de cada uno de los tres niveles. Para fines comparativos del controlador óptimo propuesto, también se muestra la

respuesta del sistema obtenida con un controlador PD no lineal, con la estructura $u = u_{pd} = -k_p x_1 - k_d |\dot{x}_1|$, donde la estructura original de un controlador PD lineal, se modificó con la inclusión del valor absoluto en el término de la velocidad, para con ello forzar que la salida del controlador sea siempre un voltaje positivo, y tener la polarización requerida por el MRD. Los valores usados para las ganancias son $k_p = 0.1$ y $k_d = -10$.

Tabla XXXII. Elementos de renglones 6 y 7 de la matriz A(x).

Elemento	Valor	Elemento	Valor
a_{61}	$-\frac{k_{31}}{m_{33}}$	a_{71}	$\frac{k_0}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$
a_{62}	$-\frac{k_{32}}{m_{33}}$	a_{72}	0
a_{63}	$-\frac{k_{33}}{m_{33}}$	a_{73}	0
a_{64}	$-\frac{c_{31}}{m_{33}}$	a_{74}	$\frac{c_{0a}}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$
a_{65}	$-\frac{c_{32}}{m_{33}}$	a_{75}	0
a_{66}	$-\frac{c_{33}}{m_{33}}$	a_{76}	0
a_{67}	0	a_{77}	$-\frac{k_0}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$
a_{68}	0	a_{78}	$\frac{\alpha_a}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$
a_{69}	0	a_{79}	$\frac{c_{0b}x_4 + x_8\alpha_b}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$

Tabla IXXXIII. Valores de los elementos del renglón 8 de la matriz A(x).

Elemento	Valor
a_{81}	$\frac{k_0(\beta x_8 ^n - A_d)}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$
a_{82}	0
a_{83}	0
a_{84}	$\frac{(c_{1a} + (c_{0a} + c_{1b})x_9)(A_d - \beta x_8 ^n)}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$
a_{85}	0
a_{86}	0
a_{87}	$\frac{k_0(A_d - \beta x_8 ^n)}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$
a_{88}	$\frac{\alpha_a\beta x_8 ^n - A_d\alpha_a}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9} - \gamma x_8 ^{n-1} \left \frac{c_{1a}x_4 + k_0(x_7 - x_1) + c_{1b}x_4x_9 - x_8(\alpha_a + x_9\alpha_b)}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9} \right $
a_{89}	$-\frac{(c_{0b}x_4 + x_8\alpha_b)(A_d - \beta x_8 ^n)}{c_{0a} + c_{1a} + (c_{0b} + c_{1b})x_9}$

En las Figuras 3, 4 y 5 se puede apreciar como la respuesta de desplazamiento del modelo a escala del edificio, disminuye con la acción de control, respecto de la respuesta que se tendría si no se tuviera control sobre el MRD. Se puede apreciar, en la Figura 3, que las oscilaciones son de menor amplitud debido que en dicho nivel es donde está instalado el MRD. En las Figuras 6, 7 y 8 se observa que la velocidad de cada uno de los tres niveles del modelo a escala del edificio, es menor cuando se tiene una acción de control sobre el MRD, con respecto a la respuesta que se tiene cuando el amortiguador no tiene acción de control.

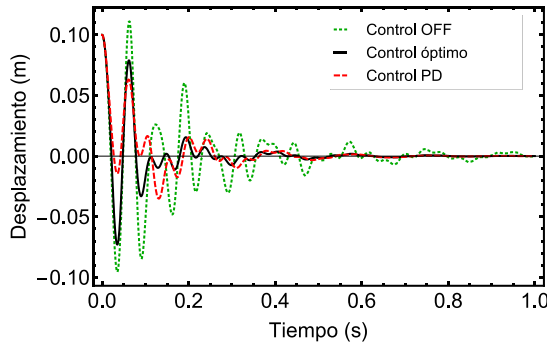


Figura 34. Desplazamiento nivel 1.

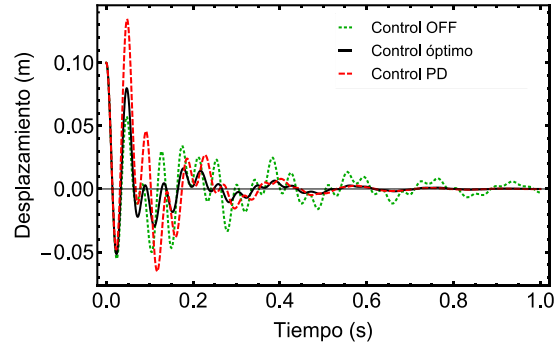


Figura 35. Desplazamiento nivel 2.

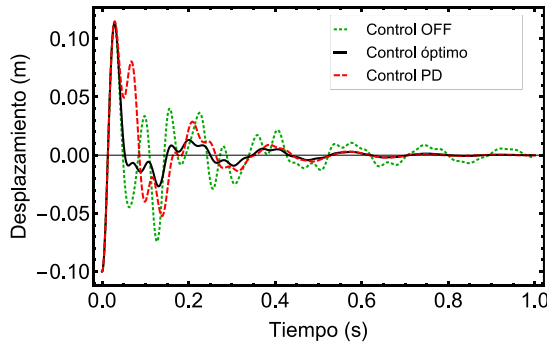


Figura 36. Desplazamiento nivel 3.

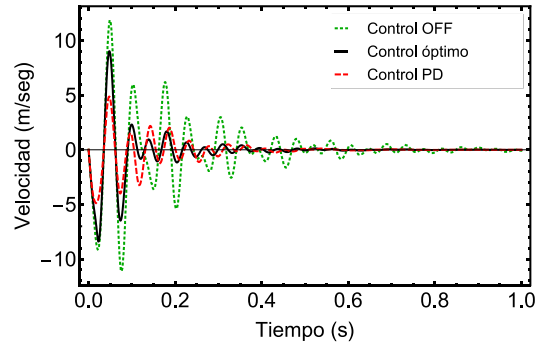


Figura 37. Velocidad nivel 1

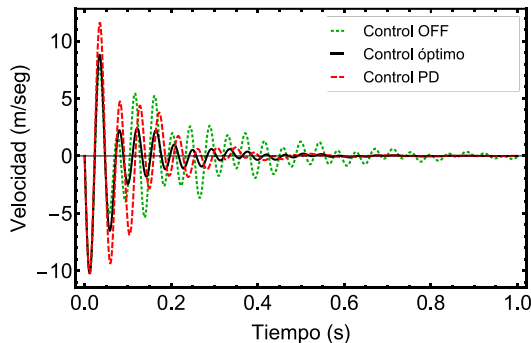


Figura 38. Velocidad nivel 2.

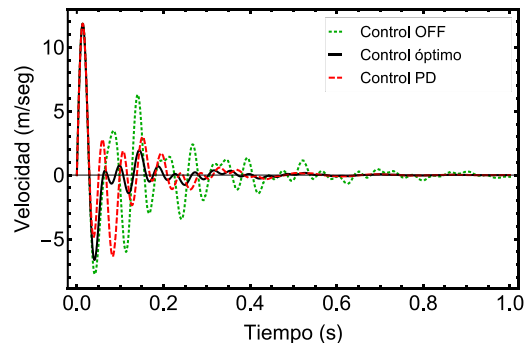


Figura 39. Velocidad nivel 3.

La Figura 9, muestra el comparativo de la acción de control para cada uno de los controladores utilizados. Se observa que la acción de control máxima del controlador óptimo es de alrededor del 50% menos que de la máxima acción de control del controlador PD, no obstante la disminución de la respuesta estructural con el control óptimo es mayor que con el control PD.

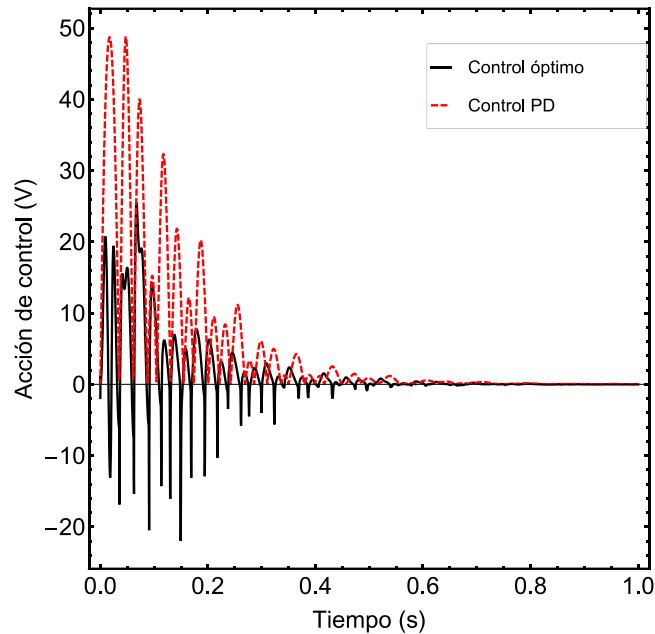


Figura 40. Acción de control.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha demostrado que es posible utilizar un esquema de control óptimo no lineal para estructuras civiles, basándose en la solución de la ecuación de Hamilton-Jacobi-Bellman y la ecuación diferencial de Riccati, y se ha verificado su efectividad y aplicación en el control estructural semiactivo, utilizando amortiguadores magnetoreológicos. El controlador propuesto actúa sobre el sistema no lineal y logra aminorar las vibraciones sobre la estructura. Así mismo, se demuestra que un esquema de control que considera el modelo matemático de la planta, como es el caso del control óptimo, permite hacer un mejor control de la respuesta del sistema, sobre un controlador que no contempla tal modelo (caso del controlador PD). Se requiere un mayor estudio sobre el MRD de manera que sea aplicable a estructuras reales.

REFERENCIAS

1. G. Song, V. Sethi, and H.-N. Li, "Vibration control of civil structures using piezoceramic smart materials: a review," *Engineering Structures*, vol. 28, no. 11, pp. 1513–1524, 2006.
2. J. T. P. Yao, "Concept of structural control," *Journal of the Structural Division*, vol. 98, no. 7, pp. 1567–1574, 1972.
3. T. T. Soong and B. F. Spencer., "Active, semi-active and hybrid control of structures," *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, vol. 33, no. 3, pp. 387–402, September 2000.
4. S.-G. Luca, F. Chira, and V.-O. Rosca, "Passive, active and semi-active control systems in civil engineering," *Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi, Constructii. Arhitectura*, vol. LI (LV), no. 3-4, pp. 23–31, 2005.
5. M. T. Nguyen, N. M. Kwok, Q. P. Ha, J. Li, and B. Samali, "Semi-active direct control of civil structure seismic responses using magneto- rheological dampers," in *24th International Symposium on Automation & Robotics in Construction (ISARC)*, Kochi, India, 2007, pp. 157–162.
6. L. Lin, C. Wenjin, and Y. Qingshan, "Control of seismic response of bridges by smart dampers," in *Proceedings of the 29th Chinese Control Conference*, Beijing, China, July 2010, pp. 29–31.
7. J. G. Kori and R. S. Jangid, "Semi-active MR dampers for seismic control of structures," *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, vol. 42, no. 3, pp. 157–166,

- September 2009.
8. G. Maddaloni and A. Occhiuzzi, "Seismic protection of structures by smart passive control system using regional algorithms," in *Environmental Energy and Structural Monitoring Systems (EESMS)*, IEEE Workshop on, Naples, Italy, September 2014, pp. 1–5.
 9. S. Thenozhi and W. Yu, "Advances in modeling and vibration control of buildings structures," *Annual Reviews in control*, vol. 37, pp. 346–364, 2013.
 10. Q. P. Ha, M. T. Nguyen, J. Li, and N. M. Kwok, "Smart structures with current-driven MR dampers: Modeling and second-order sliding mode control," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 18, no. 6, pp. 1702–1712, 2013.
 11. J. Medina, M. Marichal, and M. Simón, "Desarrollo de dos modelos inversos de un amortiguador magneto-reológico para el control de vibraciones en estructuras civiles," *Boletín Técnico, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME)*, Universidad Central de Venezuela, vol. 46, no. 2, pp. 1–22, 2008.
 12. A. Forrai, S. Hashimoto, H. Funato, and K. Kamiyama, "Structural control technology: system identification and control of flexible structures," *Computing and control engineering Journal*, pp. 257–262, 2001.
 13. J. Zhang and P. N. Roschke, "Active control of a tall structure excited by wind," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 83, no. 1-3, pp. 209–223, 1999.
 14. M. Williams, *Structural Dynamics*. Boca Raton, FL, USA: CRC press, Taylor & Francis group, 2016.
 15. Y.-K. Wen, "Method of random vibration of hysteretic systems," *Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE*, vol. 102, no. 2, pp. 249–263, April 1976.
 16. B. F. Spencer, S. J. Dyke, M. K. Sain, and J. D. Carlson, "Phenomenological model of a magnetorheological damper," *Journal of Engineering Mechanics, ASCE*, vol. 123, no. 3, pp. 230–238, March 1997.
 17. F. Ornelas-Tellez, J. J. Rico, and R. Ruiz-Cruz, "Optimal tracking for state-dependent coefficient factorized nonlinear systems," *Asian Journal of Control*, vol. 16, no. 3, pp. 890–903, 2014.
 18. H. T. Banks, B. M. Lewis, and H. T. Tan, "Nonlinear feedback controllers and compensators: a state-dependent Riccati equation approach," *Computational Optimization and Applications*, vol. 37, no. 2, pp. 177–218, June 2007.
 19. B. D. O. Anderson and J. B. Moore, *Optimal Control: Linear Quadratic Methods*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1990.
 20. M. Vidyasagar, *Nonlinear Systems Analysis*, (2nd edition). Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1993.
 21. S. J. Dyke, "Acceleration feedback control strategies for active and semi-active control systems: modeling, algorithm development, and experimental verification," Ph. D. dissertation, Graduate School of the University of Notre Dame, Notre Dame, IN, USA, 1996.
 22. S. S. Rao, *Mechanical Vibrations*, (5th edition). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2011.
 23. S. J. Dyke, B. F. Spencer-Jr., M. K. Sain, and J. D. Carlson, "Modeling and control of magnetorheological dampers for seismic response reduction," *Smart Materials and Structures*, vol. 5, pp. 565–575, 1996.

DISPERSIÓN DE NANOFIBRAS DE CARBONO EN UNA MATRIZ ELASTOMÉRICA LC MEDIANTE ULTRASONIDO

Amanecer Martínez-Peña^{1,2}, Isaura Felix-Serrano¹, Rosa Julia Rodríguez-González¹, Leticia Larios-López¹

¹Centro de Investigación en Química Aplicada, Blvd. Enrique Reyna 140, Col. San José de los Cerritos, 25294 Saltillo, Coah., ²Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. Venustiano Carranza 2400, 25280 Saltillo, Coah. leticia.larios@ciqa.edu.mx; amanecermtz74@gmail.com

RESUMEN

Las nanofibras de carbono (NFC) son materiales pioneros en la preparación de nanocompuestos poliméricos, ofreciendo nuevas alternativas en la modificación de las propiedades de los materiales que las contienen. Un aspecto importante a considerar en estos sistemas es la dispersión homogénea de las NFC en la matriz polimérica. Una estrategia para lograr lo anterior es el mezclado de los componentes asistido por ultrasonido. Es así que, el objetivo de este proyecto fue probar diferentes condiciones de dispersión de NFC en una matriz elastomérica líquido-cristalina (LCE). La variable utilizada para este estudio fue el tiempo de sonicado de las NFC en tolueno antes y después de mezclarse con el monómero LC utilizado para la formación del LCE. Como metodología experimental, las nanofibras en tolueno se dispersaron en un baño de ultrasonido, con su respectiva variación de tiempo; posteriormente, se adicionó el monómero LC, y esta mezcla nuevamente se trató con ultrasonido por 5, 10, 15 o 20 min. Enseguida, el catalizador, entrecruzante y espaciador fueron incorporados a esta mezcla. El fraguado, secado y foto-entrecruzamiento del monómero residual con luz UV finalizaron este proceso. Los resultados de las diversas formulaciones de nanocompuestos elastoméricos demostraron que la dispersión de NFC es dependiente del tiempo de ultrasonicación, siendo comprobado con el análisis visual y por microscopía óptica de luz polarizada. La luz que dejan pasar los LCE a diferentes ángulos de rotación, su termo-respuesta y alineación permitieron concluir que las mejores condiciones de mezclado asistido por ultrasonido para la preparación de los nanocompuestos elastoméricos son la dispersión de NFC/Tolueno por 10 min y de 20 min para la mezcla NFC/Tolueno/Monómero.

INTRODUCCIÓN

Los elastómeros líquidos cristalinos (LCE) son materiales inteligentes caracterizados por la incorporación de grupos mesógenos que se auto organizan en una red elastomérica y combinan propiedades de elasticidad entrópica y el comportamiento líquido cristalino. Muestran además propiedades de funcionalización mecánica y óptica, los cuales pueden mostrar una actuación mecánica o un cambio de coloración con tendencia a la transparencia bajo diversos tipos de estímulos aplicados¹. Cuando a estos materiales se les incorporan nanofibras de carbono (NFC) sus propiedades ópticas y de termo-accionamiento se ven modificadas aumentando su posible aplicación en diversas áreas, siendo fundamentales para el crecimiento tecnológico. La conjunción de materiales de diferente naturaleza genera una gran variedad de materiales que muestran propiedades diferentes o superiores al ser comparados con las características de cada componente. La mayoría de los elastómeros líquido-cristalino son sintetizados vía reacciones de hidrosilación, las cuales se efectúan en una sola etapa², y en donde la síntesis del polímero LC y su entrecruzamiento se realiza de manera simultánea. La miscibilidad de componentes de baja masa molar es una característica importante de este método y debe ser asegurada para que el proceso se lleve a cabo. Otro método que ha sido utilizado para la preparación de elastómeros LC utiliza un procedimiento en dos etapas³; primero se utiliza una reacción tiol-ene en la cual los precursores producen un LCE en polidominios que puede ser fácilmente orientado mediante un esfuerzo uniaxial. Esta orientación se mantiene fija por reacciones de entrecruzamiento utilizando un foto-iniciador. Por este método se pueden obtener películas de elastómeros líquido-cristalino del orden de centímetros, que pueden utilizarse para investigar las aplicaciones de este tipo de materiales¹.

Un aspecto importante a considerar en los sistemas nanocompuestos es la dispersión homogénea de las NFC en la matriz polimérica. Una estrategia para lograr lo anterior es el mezclado de los componentes asistido por ultrasonido. Es así que, el objetivo de este trabajo fue probar diferentes condiciones de dispersión de NFC en una matriz elastomérica líquido-cristalina.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales. Los reactivos empleados en la preparación de los elastómeros LC fueron el mesógeno RM257 (pureza de 97%; Wilshire Technologies), las nanofibras de carbono (Pyrograph Products), el nonanoditiol, el NDT (pureza de 95%), el entrecruzante PETMP (pureza de 95%), el catalizador DPA, el tolueno y el fotoiniciador HHMP; estos últimos fueron adquiridos de Sigma Aldrich. Todos los reactivos fueron usados como se recibieron sin previa purificación.

Preparación de los elastómeros líquido-cristalinos conteniendo nanofibras de carbono. Para la preparación de estos materiales, se empleó la metodología en dos etapas reportada por Yakacki y col.³, con la modificación de reactivos usada por Ariguznaga⁴. De manera general, el procedimiento fue el siguiente: en un vial se pesaron 750 mg de tolueno y la cantidad de nanofibras de carbono necesaria para preparar elastómeros con 0.5, 0.3 o 0.1% p/p de NFC en la matriz elastomérica. Para dispersar las NFC en el tolueno se utilizó un baño de ultrasonido, sometiendo la mezcla a diferentes tiempos de sonicación (25, 20, 15 o 10 min). Posteriormente, 500 mg del mesógeno RM257 fueron agregados al vial y empleando una placa de calentamiento, el sistema fue calentado a 80°C por 5 min. El vial se dejó enfriar por un minuto y se puso nuevamente en el baño de ultrasonido por el tiempo necesario para obtener un total de 30 min de sonicación. Enseguida, el entrecruzante, el espaciador y una solución de catalizador/solvente fueron agregados al vial y la mezcla fue ultrasonificada por un minuto más. Las burbujas de aire formadas en la mezcla de reacción fueron eliminadas colocando el vial en una estufa con presión de vacío de 15 psi por 1 min a temperatura ambiente; luego el contenido de este fue vertido a un molde de teflón y puesto a secar por 15 h. Transcurrido este tiempo, el elastómero en polidominios fue desmoldado y puesto en una estufa a una temperatura de 80 °C por 20 h. En la segunda etapa de la reacción, el elastómero fue orientado en monodominios aplicando un esfuerzo uniaxial y manteniendo el esfuerzo, fue irradiado con una lámpara de luz UV de 365nm por 10 min.

Siguiendo este procedimiento fueron preparados los doce elastómeros de la Tabla 1, los cuales han sido identificados como NFm.n en donde m indica el porcentaje de NFC en el elastómero y n corresponde al tiempo de sonicación de las NFC previo a su mezclado con el mesógeno RM257.

Tabla 1. Concentración de nanofibras de carbono y tiempo de sonicación empleados en la preparación de los elastómeros líquido-cristalinos.

Elastómero LC	Concentración de NFC (% p/p)	Tiempo de ultrasonificación (minutos)
NF05.25	0.5	25-5
NF05.20		20-10
NF05.15		15-15
NF05.10		10-20
NF03.25	0.3	25-5
NF03.20		20-10
NF03.15		15-15
NF03.10		10-20
NF01.25	0.1	25-5
NF01.20		20-10
NF01.15		15-15
NF01.10		10-20

RESULTADOS

Con el propósito de determinar las mejores condiciones para obtener una dispersión homogénea de las NFC en el elastómero LC se prepararon las 12 formulaciones indicadas en la Tabla 1. El análisis del efecto del tiempo de ultrasonificación y del contenido de NFC se presenta a continuación.

Efecto del tiempo de ultrasonificación

Un procedimiento que se utiliza con frecuencia para desaglomerar las nanofibras de carbono y lograr una mejor dispersión de estas en una matriz polimérica es un tratamiento con ultrasonido^{4,5}. Sin

embargo, se ha reportado que estas nanoestructuras pueden sufrir daños estructurales cuando se someten a tiempos de sonicación largos, por lo que en este trabajo el tiempo total del tratamiento se mantuvo constante en 31 min.

En la Figura 1a se muestra la imagen POM del elastómero NF05.25, obtenida a 45° en modo de luz transmitida. Aunque en muestras orientadas, con un arreglo de polarizadores en posición cruzada, se esperaría observar un máximo de luz transmitida a 45° y una total extinción a 0 y 90° , en esta imagen se observa claramente que a una concentración de 0.5%, las NFC impiden sustancialmente el paso de la luz. Cabe mencionar que en el análisis visual de este elastómero se observó una cantidad importante de aglomerados de nanoestructuras.

Buscando que hubiera un mejor mezclado entre las NFC y el mesógeno RM257 se incrementó el tiempo de sonicación de esta mezcla (10 min), previo a que iniciara la reacción tiol-acrilato. De esta manera se obtuvo un elastómero LC con menor contenido de aglomeraciones. En la Figura 1b se muestra la micrografía del NF05.20, obtenida en modo de luz reflejada. En esta imagen se observa cierto patrón de orientación que confirma el alineamiento de los mesógenos LC durante el proceso de estiramiento uniaxial, que se mantiene fijo por la foto-polimerización del elastómero LC. Además, en esta imagen se observa una superficie estriada, la cual ya ha sido reportada para otros elastómeros LC.

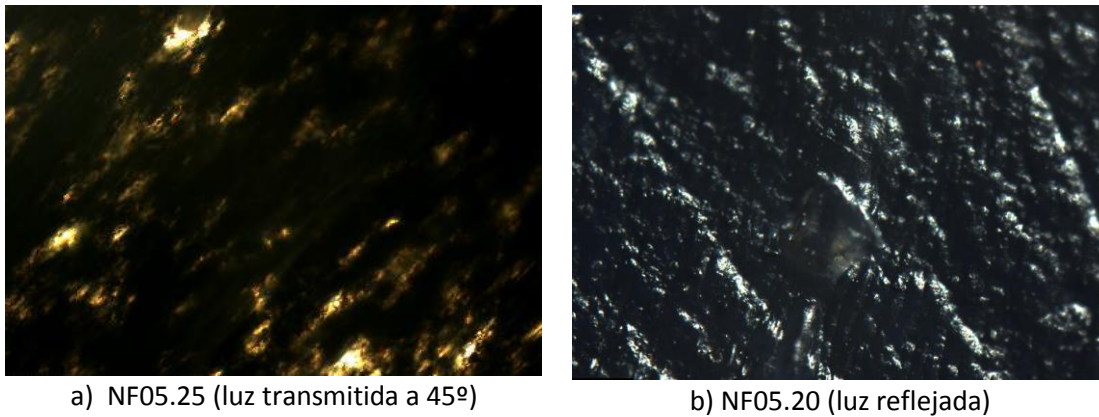


Figura 1. Imágenes de POM de los elastómeros LC conteniendo 0.5% de NFC.

Los resultados anteriores permiten inferir que la dispersión de las NFC en el elastómero LC se mejora cuando el tiempo de mezclado en el ultrasonido de las NFC y el mesógeno en tolueno se incrementa. Esta tendencia también se mantuvo para las formulaciones con tiempos de ultrasonificación de 15-15 y 10-20. En la Figura 2 se muestran las imágenes de microscopía correspondientes a estas dos formulaciones, en donde se observa que ambas muestran un patrón de orientación preferencial. La inspección visual de ambas muestras indicó una mayor homogeneidad en la dispersión de las NFC para el elastómero NF05.10.

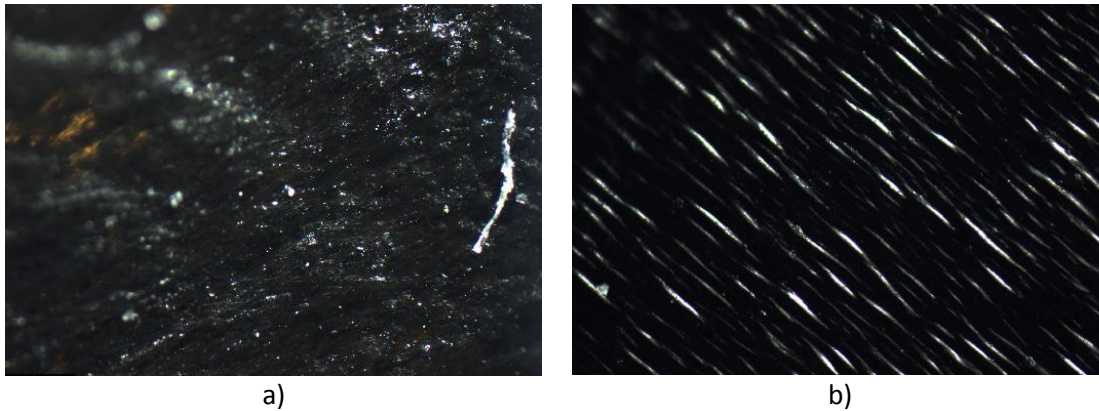


Figura 2. Imágenes de POM de los elastómeros LC a) NF05.15 y b) NF05.10 (luz reflejada).

De acuerdo con lo anterior, la dispersión por medio de ultrasonido favorece un mejor mezclado de las NFC con el mesógeno. Probablemente, esto se relacione con una mejor interacción (intercalación) entre ambos componentes, lo que permite su integración de manera más homogénea y minimiza la formación de aglomerados de nanofibras.

Efecto de la concentración de NFC

Para las concentraciones de 0.3 y 0.1% de NFC en la matriz elastomérica se observaron resultados similares a los mostrados para los elastómeros LC conteniendo 0.5% de NFC. Esto confirma que para la preparación de estos elastómeros LC las condiciones óptimas para lograr la mejor dispersión de las nanoestructuras es de 10 min de ultrasonificación de las NFC en tolueno y 20 min adicionales una vez agregado el mesógeno LC.

Con el propósito de comparar el grado de orientación de los elastómeros LC a diferentes concentraciones de NFC, se utilizó un foto-detector acoplado al microscopio óptico para registrar (y cuantificar) la luz que atraviesa a los elastómeros orientados en monodominios para diferentes ángulos de rotación. Cuando la muestra está correctamente orientada⁶, la luz transmitida debería ser prácticamente nula a 0, 90, 180 y 270°, y mostrar un máximo a 45, 135, 225 y 315°. En la Figura 3 se muestran los registros correspondientes a los elastómeros NF05.10, NF03.10 NF01.10.

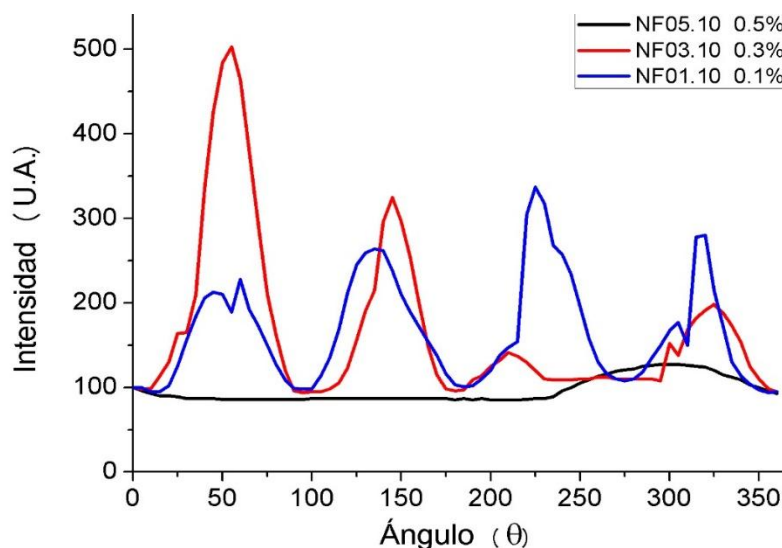


Figura 3. Intensidad de luz transmitida en los LCE orientados en monodominios.

Como se mencionó anteriormente, el elastómero con una concentración de 0.5% de NFC bloquea prácticamente toda la luz y por tanto, no fue posible observar un cambio significativo durante la

rotación de la muestra. En cuanto al elastómero con 0.3% de NFC, sí muestra cuatro máximos aunque de diferente intensidad, lo cual puede asociarse a una orientación deficiente. Por último, en el elastómero con 0.1 % de NFC se observan cuatro máximos de intensidad relativamente similar; con lo que se infiere que este elastómero presenta mayor homogeneidad en la orientación.

CONCLUSIONES

La caracterización de los elastómeros producidos en este trabajo mostró que la dispersión de las nanofibras de carbono en la matriz elastomérica es dependiente del tiempo de tratamiento en el ultrasonido y de la concentración de las NFC. Además, se determinó que las mejores condiciones para la preparación de los LCE con mejor dispersión de NFC fueron: 10 minutos de dispersión de la solución tolueno-NFC y 20 minutos de la mezcla NFC+Tolueno+Mesógeno. El estiramiento uniaxial y posterior fotopolimerizado de los elastómeros en polidominios permitió obtener elastómeros LC orientados en monodominios. Sin embargo, por transmisión de luz fue determinado que el grado de orientación depende del contenido de NFC, obteniéndose la orientación más homogénea en el elastómero con 0.1% de NFC. Los resultados obtenidos en este estudio son relevantes debido a que se demostró que la dispersión asistida por ultrasonido es útil en la preparación de elastómeros LC con cargas de NFC.

AGRADECIMIENTOS.

Al CONACYT (proyecto 258195) y a Antelmo R. Yasser Ruíz por el apoyo técnico brindado en la caracterización de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. W. H. D. Jeu, "Liquid Crystal Elastomers: Materials and Applications", Germany, 2012.
2. M. Bispo, D. Guillon, B. Donnio, H. Finkelmann, "Main-chain liquid crystalline elastomers: Monomer and cross-linker molecular control of the thermotropic and elastic properties", *Macromolecules*, vol. 41, no. 9, 2008, pp. 3098–3108.
3. C. M. Yakacki, M. Saed, D. P. Nair, T. Gong, S. M. Reed, C. N. Bowman "Tailorable and programmable liquid-crystal elastomers using two stage thiol-acrylate reaction", *RSC Adv.*, vol. 5, 2015 pp. 18997–19001.
4. Ramos Díaz de León A, "Efecto de la incorporación de nanoestructuras de carbono sobre las propiedades termotrópicas y ópticas fotoinducidas de un azopolímero líquido-cristalino". Tesis, 2015.
5. H. B. Ariguiznaga, "Elastómeros líquido cristalinos reforzados con nanoestructuras de carbono", Universidad Tecnológica de Altamira, Tesis, 2017
6. Sawyer, L. C., Grubb, D. T., Meyers, G. F. (2008), *Polymer Microscopy*. New York, NY, USA: Springer Science+Business Media.

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL EN LA RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN

Martín Tlacuatl Lozada, Chantal Daniela Aguirre Ramírez, Cinthia Salamanca López

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

RESUMEN

El procesamiento del lenguaje natural es una rama de la ciencia que pertenece a la intersección de la lingüística aplicada y las ciencias de la computación, que estudia los métodos necesarios para que la computadora pueda ejecutar varias tareas relacionadas con el lenguaje humano, como el español, y requiere cierto grado de "entendimiento" de su contenido. Por otro lado, esta ciencia desarrolla las herramientas que ayudan al lingüista en su trabajo cotidiano e incluso pueden llevar a descubrimientos lingüísticos nuevos.

En la etapa pasada la lingüística computacional se ocupaba principalmente de codificar claramente el conocimiento lingüístico, y en este sentido fue, como lo indica su nombre, una rama de la lingüística. En la etapa contemporánea se ha convertido en una rama de la ciencia de la inteligencia artificial; a saber, el aprendizaje automático. Un reto muy interesante es el aprendizaje no supervisado (de los textos disponibles no marcados manualmente) del conocimiento lingüístico y de los datos (diccionarios y gramáticas) necesarios para desarrollar los sistemas prácticos.

Este artículo presenta las aplicaciones principales del procesamiento automático de lenguaje natural y discuten los métodos que se emplean para la resolución de problemas. Se describe el efecto de la integración de varias técnicas basadas en el procesamiento del lenguaje natural en sistemas de recuperación de información. Se estudiarán, en concreto, métodos de lematización entre otros. Una evaluación a gran escala con colecciones de documentos en español nos permitirá verificar que la combinación de estas técnicas con otras menos sofisticadas, tales como la eliminación de palabras gramaticales, contribuye a una mejora significativa de la calidad de los sistemas de recuperación.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Tolle y Chen (2000), "el objetivo del procesamiento de lenguaje natural PLN es hacer que la computadora sea un usuario fluido del lenguaje ordinario (humano)".

El lenguaje natural se considera la herramienta más efectiva para la recuperación de información en un entorno de información contemporáneo, los sistemas que lo utilizan están comenzando a emerger.

Un entorno de recuperación de información (RI) se puede representar como un espacio abstracto compuesto por tres subespacios principales. El espacio de usuario contiene personas que envían solicitudes de búsqueda, el espacio del documento contiene los documentos disponibles y el espacio intermedio contiene los intermediarios que mejoran la conexión entre los usuarios y los documentos. En un escenario de búsqueda típico, grandes cantidades de usuarios diversos en el espacio del usuario están buscando o solicitando documentos relevantes desde el espacio del documento. Dado que los usuarios y los documentos no tienen el mismo vocabulario para describir los mismos conceptos, los intermediarios, como los sistemas de recuperación de información, ayudan a cerrar la brecha.

Un buen sistema RI implica entender las necesidades e intereses de información, desarrollar una técnica de búsqueda efectiva, sistema, presentación, distribución y entrega. El mayor uso de la Web y la mayor disponibilidad de información en este entorno condujeron al desarrollo de motores de búsqueda web. Este cambio ha traído nuevos desafíos a una variedad más amplia de necesidades de los usuarios, tareas y tipos de información. Hoy en día, los motores de búsqueda se ven en las empresas, en las computadoras portátiles, en los sitios web individuales, en los catálogos de las bibliotecas y en otros lugares.

Pero recientemente desde la implementación del primer SRI, ha habido un movimiento en la recuperación de información hacia el punto de vista del usuario. Esta nueva tendencia se conoce como "procesamiento de lenguaje natural" con la suposición de usar este método para permitir que un sistema se comunique con un usuario por medio del lenguaje natural.

El lenguaje no es un sistema formal o sistema logístico, donde un signo o símbolo tiene solo un significado, si no que cada elemento del lenguaje, es decir, el fonema, que es invariante de los

sonidos del habla, tiene múltiples significados. Esta es la forma en que nuestras mentes funcionan. En la inteligencia artificial o sistemas computarizados, el lenguaje sólo puede operar con un único significado.

Para permitir que las computadoras operen con un texto, el texto debe ser estructurado por un SRI para poder extraer los significados relevantes del texto. El PLN es una tarea compleja que implica el análisis de la estructura del lenguaje natural porque el lenguaje puede analizarse en varios niveles fonético o fonológico, morfológico, sintáctico, semántico, discursivo y pragmático. Las técnicas de PLN incluyen análisis sintáctico, análisis semántico, análisis del discurso y concordancia de conceptos Brill y Mooney (1997).

Ser capaz de ingresar consultas como oraciones y la capacidad de recuperación de NL se mencionan como dos de los principales criterios para elegir los motores de búsqueda en la investigación realizada por [Rieh y Rieh \(2005\)](#). Hoy podemos encontrar varios motores de búsqueda en la web que afirman procesar consultas de lenguaje natural LN y obtener documentos que se dice que son mucho más relevantes que los que se encuentran en las búsquedas de palabras clave. Lo que los usuarios esperan de los motores de búsqueda que pretenden realizar búsquedas en LN no es solo encontrar registros que contengan las palabras clave, sino resultados que contengan la respuesta exacta a la consulta.

Aunque hay documentación disponible, no se sabe exactamente cómo se procesan las consultas de LN en diferentes motores de búsqueda. ¿Realmente usan el significado contextual en lugar de la coincidencia palabra por palabra para devolver resultados de búsqueda relevantes? En otras palabras, ¿las palabras clave y las palabras no conceptuales utilizadas para hacer consultas de NL hacen una diferencia real en los motores de búsqueda? Estas preguntas esenciales aún no han sido respondidas experimentalmente.

Existen métodos o técnicas que nos ayudan a mejorar los resultados de estas consultas, para asegurar un buen SRI que tenga la calidad, coherencia y precisión de responder con lo que el usuario solicita; el resto del documento presenta como es que se desarrollan algunas técnicas que ayudan a mejorar estos sistemas con el PLN.

TEORÍA

Históricamente, el hombre ha necesitado de medios sobre los cuales representar todo acerca del mundo. La escritura ha sido el mecanismo “tradicional” y fundamental que soporta su conocimiento como lo ha sido hasta ahora. El lenguaje Natural es el medio de comunicación por el cual todos los seres humanos interactuamos día con día, ya sea de forma oral o escrita. Los lenguajes formales son aquellos que utilizan los ordenadores, para poder lograr la transferencia de distintos tipos de información, algunos ejemplos de estos son SQL, PHP, XML, entre otros. Los ordenadores pueden manejar cualquier tipo de información en lenguaje formal, sin embargo, se enfrentan al problema de interpretar correctamente el lenguaje natural. Es por ello que existe un área dentro de la informática que se encarga de procesar todo este lenguaje hablado por humanos, para que sea capaz la interacción con el ordenador, a esto se le denomina Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN).

El Procesamiento del Lenguaje Natural es una disciplina con una larga trayectoria. Nace en la década de 1960, como subárea de la Inteligencia Artificial y la Lingüística, con el objeto de estudiar los problemas derivados de la generación y comprensión automática del lenguaje natural, como ya se había mencionado anteriormente.

La evolución de la humanidad ha facilitado la existencia de diferentes medios de representación de la escritura, llegando hasta nuestros días donde la información se representa digitalmente y es posible su almacenamiento y distribución masiva en forma simple y rápida, a través de redes de computadoras. La digitalización abrió nuevos horizontes en las formas que el hombre puede tratar con la información que produce.

De igual manera, el volumen de información existente crece permanentemente y adquiere diferentes formas de representación, desde simples archivos de texto en una computadora personal o un periódico electrónico hasta librerías digitales y espacios mucho más grandes y complejos como la web.

Es de suma importancia tratar con toda esa información disponible electrónicamente para que pueda servir a diferentes usuarios en diversas situaciones. En las ciencias de la computación existe un

área, la Recuperación de Información, que estudia y propone soluciones al escenario presentado, planteando modelos, algoritmos y heurísticas.

La Recuperación de Información (RI) no es un área nueva, sino que se viene desarrollando desde finales de la década de 1950.

Debido a que los sistemas automatizados de recuperación de la información fueron presentados durante la década de 1950 a 1960. Durante 1970 se paralizaron pruebas un grupo de textos como la colección *Cranfield* para un gran número de distintas técnicas cuyo rendimiento fue bueno.

Los sistemas de recuperación a larga escala, como el Sistema de Diálogo Lockheed, comenzaron a utilizarse a principios de 1970.

A pesar de ello en la actualidad adquiere un rol más importante debido al valor que tiene la misma. Se puede plantear que disponer o no de la información justa en tiempo y forma puede resultar en el éxito o fracaso de una operación.

De aquí, la importancia de los Sistemas de Recuperación de Información (SRI) que se pueden manejar.

Problemática

El lenguaje natural posee propiedades que con el paso del tiempo deteriora la efectividad de los sistemas de recuperación, las cuales son la variación y la ambigüedad lingüística. La variación lingüística nos referimos a la posibilidad de utilizar diferentes palabras o expresiones para comunicar una misma idea. La ambigüedad lingüística se produce cuando una palabra o frase permite más de una interpretación.

Ambos fenómenos inciden en el proceso de recuperación de información aunque de forma distinta. La variación lingüística provoca el silencio documental, es decir la omisión de documentos relevantes para cubrir la necesidad de información, ya que no se han utilizado los mismos términos que aparecen en el documento.

Por parte de la ambigüedad, la ambigüedad implica el ruido documental, es decir la inclusión de documentos que no son significativos, ya que se recuperan también documentos que utilizan el término, pero con significado diferente al requerido. Estas dos características dificultan considerablemente el tratamiento automatizado del lenguaje.

Procesamiento

La complejidad asociada al lenguaje natural cuando necesitamos recuperar información que satisfaga la necesidad de información de un usuario se vuelve sumamente relevante. Por ello en el área de Recuperación de Información Textual las técnicas de NLP son muy utilizadas, tanto para facilitar la descripción del contenido de los documentos, como para representar la consulta formulada por el usuario. A continuación, se da un esquema general del procesamiento que se lleva a cabo para la recuperación de información:

1. Indexación de la colección de documentos: en esta fase, mediante la aplicación de técnicas de NLP, se genera un índice que contiene las descripciones de los documentos. Normalmente, cada documento es descrito mediante el conjunto de términos que, hipotéticamente, mejor representa su contenido.
2. Cuando un usuario formula una consulta el sistema la analiza, y si es necesario la transforma, con el fin de representar la necesidad de información del usuario del mismo modo que el contenido de los documentos.
3. El sistema compara la descripción de cada documento con la descripción de la consulta, y presenta al usuario aquellos documentos cuyas descripciones más se asemejan a la descripción de su consulta.
4. Los resultados suelen ser mostrados en función de su relevancia, es decir, ordenados en función del grado de similitud entre las descripciones de los documentos y de la consulta.

Las dos principales aproximaciones para el procesamiento del lenguaje natural: la aproximación estadística y el enfoque lingüístico. Ambas propuestas difieren considerablemente, aunque en la práctica los sistemas para el procesamiento del lenguaje natural suelen utilizar una aproximación mixta, combinando técnicas propias de ambos enfoques.

Procesamiento estadístico del lenguaje natural

En este modelo la idea general es buscar regularidades significativas, para inferir conocimiento de los datos. Esto debido a que se aplica una estrategia de contar con la mayor cantidad de datos para establecer una frecuencia estable en los resultados. Según Charniak, el estancamiento de los

sistemas basados en el conocimiento se debe a que en ellos se asume que la comprensión de las lenguas naturales depende básicamente de una gran cantidad de "conocimiento del mundo", por lo tanto los sistemas de NLP tienen que contar con dicho conocimiento para tener éxito en su simulación de la facultad lingüística. Los modelos estadísticos, también llamados métodos cuantitativos, proporcionan una solución al gran problema de los modelos simbólicos: la ambigüedad. Cuando una oración presenta varias estructuras o interpretaciones posibles para escoger, se elegirá la más probable en función de las probabilidades de cada opción.

1. Pre-procesado de los documentos: prepara los documentos para su parametrización, eliminando aquellos elementos que se consideran superfluos.
2. Parametrización: Realiza realizar una cuantificación de las características es decir, de los términos de los documentos.

Procesamiento lingüístico del lenguaje natural

Esta aproximación se basa en la aplicación de diferentes técnicas y reglas que codifican de forma explícita el conocimiento lingüístico.

- El usuario le expresa a la computadora que es lo que desea hacer.
- La computadora analiza las oraciones proporcionadas, en el sentido morfológico y sintáctico, es decir, la composición de las palabras, y si la estructura de las oraciones es correcta.
- El siguiente paso, es analizar las oraciones semánticamente, es decir, saber cuál es el significado de cada oración, y asignar el significado de estas a expresiones lógicas.
- Luego pasamos al análisis pragmático de la instrucción, es decir una vez analizadas las oraciones, ahora se analizan todas juntas, tomando en cuenta la situación de cada oración, analizando las oraciones anteriores, después de esto, la computadora ya sabe que es lo que debe hacer, es decir, ya tiene la expresión final.
- Una vez obtenida la expresión final, el siguiente paso es la ejecución de esta, para obtener así el resultado.

CONCLUSIONES

Se ha comprobado que, el PLN es una disciplina viva y en pleno desarrollo, con multitud de retos que superar evadiendo la ambigüedad subyacente al lenguaje natural.

Hemos realizado las distintas diferencias entre los métodos estadístico y lingüístico para el procesamiento del lenguaje natural. Pese a que las comunidades científicas defensoras de ambas aproximaciones suelen aparecer enfrentadas, las aplicaciones de PLN suelen hacer un uso combinado de las técnicas procedentes de ambos enfoques.

Nuestra experiencia ha sido muy ardua el conocer e identificar el gran trabajo y ayuda que nos brinda el PLN ya que nos hace pensar que no es posible afirmar que el uso de una u otra aproximación, sea muy apropiado.

En relación con la recuperación de información, las técnicas de procesamiento estadístico son las más extendidas en las aplicaciones comerciales. No obstante, y en nuestra opinión, el comportamiento y eficacia de las distintas técnicas de PLN variará en función de la naturaleza de la tarea que tratemos de resolver, del tipo de documentos a analizar, y del coste computacional que podamos asumir.

Con la finalidad de imponer la gran importancia y dicha relación relevante de NLP con la recuperación de datos para una mejor madurez en las nuevas tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA

1. HILDA CONTRERAS. (2001). Procesamiento del Lenguaje Natural basado en una "gramática de estilos" para el idioma español. 28-04-2018, de UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Sitio web: http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/13157/hc_propuestatesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. GUILLERMO DE LA CALLE VELAZCO. (2014). Modelo basado en técnicas de procesamiento de lenguaje natural. 25-04-2018, de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. Sitio web: http://oa.upm.es/30856/1/GUILLERMO_DE_LA_CALLE_VELASCO.pdf

3. Tolle, KM y Chen, H. (2000), " Comparación de las técnicas de redacción de los sustantivos para su uso con las herramientas de la biblioteca médica digital ", Revista de la Sociedad Americana de Ciencias de la Información , vol. 51 No. 4, pp. 352 - 70 . [[Google Scholar](#)] [[Crossref](#)] , [[ISI](#)] [[Infotrieve](#)]
4. Brill, E. y Mooney, RJ (1997), " Una visión general del procesamiento empírico del lenguaje natural ", AI Magazine, Winter, pp. 13 - 24. [[Google Scholar](#)] [[ISI](#)]
5. Rieh, HY y Rieh, SY (2005), " Búsqueda web a través de idiomas: preferencia y comportamiento de usuarios académicos bilingües en Corea ", Library and Information Science Research, vol. 27 No. 2, pp. 249 - 263. [[Google Scholar](#)] [[Crossref](#)] , [[ISI](#)] [[Infotrieve](#)]

PROTOTIPO PARA ENSAYOS DE TRACCIÓN A PROBETAS DE TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) RECICLADO.

Salvador Benítez Villasana, Ramón Hernández Sánchez, Carlos Arturo García Castañeda, Cesar Antonio Tapia Falcón, Miguel Ángel Arellanes Infante

Programa Educativo De Ingeniería En Metal Mecánica, Universidad Tecnológica De La Costa Grande de Guerrero (UTCGG), Carretera Nacional Acapulco – Zihuatanejo Kilómetro 201, Ejido el Cocotero, Petatlán, Guerrero, 40830, México.

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño y construcción del prototipo de una máquina de ensayos de tracción para plásticos. Se realizó un diseño del prototipo teniendo en cuenta la información encontrada en artículos, libros y las designaciones de las normas ASTM para la realización de ensayos de tensión. También se realizó la selección y diseño de los elementos que conforman la estructura de la máquina, teniendo en cuenta la capacidad de esta, como barras, placas, y mordazas para el ensayo de tensión, de igual manera se seleccionaron los elementos necesarios para su instrumentación y adquisición de datos. La interfaz usada consiste en una tarjeta Arduino uno, la cual presenta grandes ventajas para su uso académico, debido a la fácil adquisición y bajo costo. El análisis de los datos leídos de los sensores de presión y desplazamiento se hizo en el software LabVIEW el cual resulta ideal para el análisis de datos experimentales y tiene buena compatibilidad con las tarjetas Arduino, el análisis de los datos obtenidos se hizo en tiempo real, pero también se pueden guardar para su posterior análisis.

INTRODUCCIÓN

Se ha desarrollado una aplicación interactiva y didáctica sobre las propiedades mecánicas de los materiales plásticos mediante la evaluación de las características de estos a través de la realización de ensayos de tracción.

La aplicación es una utilidad didáctica que sin necesidad de un conocimiento específico en materiales plásticos, permite ir adquiriendo progresivamente familiaridad con los conceptos y la terminología básica de los materiales plásticos y su comportamiento mecánico.

Es, a su vez, una potente herramienta para los estudiantes de Ingeniería de materiales, y tiene por objetivo el asentar los conocimientos adquiridos, complementar la tarea docente y apoyar documentalmente, las explicaciones teóricas y prácticas.

Finalmente, la aplicación pretende ser una fuente de información y una herramienta de aprendizaje y consulta.

Al considerar los plásticos como materiales para el diseño de múltiples artículos debe conocerse el comportamiento del mismo frente a los diferentes agentes externos (acciones mecánicas, temperatura, tiempo, etc.). Así, al estudio de las propiedades mecánicas es imprescindible cuando estos materiales se utilizan como elementos estructurales.

TEORÍA

Definición de la geometría y dimensiones de las probetas.

Las probetas se fabrican habitualmente por inyección. Para ello, se utiliza la probeta definida en la norma ISO 527-2 del tipo 1A, que está limitada en la ISO 3167 como probeta del tipo A adicionalmente a un grosor establecido de 4 mm. Esta probeta, además, aparece en la ISO 20753 como tipo A1. Por otro lado, está permitido el uso de la probeta del tipo 1B, denominado Tipo B en la ISO 3167 y tipo A2 en la ISO 20753.

Esta probeta se suele mecanizar por fresado a partir de placas fabricadas por compresión o inyección. Las orientaciones del polímero se suelen diferenciar notablemente de las de la probeta fabricada por inyección. No se garantiza una comparabilidad de resultados determinados con geometrías de probeta distintas. La longitud de medida de la probeta del tipo 1B se ha establecido en 50 mm, por su radio mayor y a su rango paralelo más corto.

Módulo de elasticidad

La porción inicial lineal de la gráfica esfuerzo deformación, representa lo que se llama el Modulo de Elasticidad E, de los materiales. Este se calcula según la ley de Hooke, mediante la fórmula:

Lo que es igual a la pendiente de dicha porción lineal. Las unidades del módulo de elasticidad son las mismas a las utilizadas para los esfuerzos, esto es (lb/pulg²), (N/m²) ó cualquier otra unidad correspondiente. En esta región el material se comporta elásticamente por lo que cuando se retira la fuerza, la deformación que haya alcanzado el material toma el valor de cero, su forma original antes de iniciar la prueba.

Deformación elástica

Definimos elasticidad como la propiedad de un material en virtud de la cual las deformaciones causadas por la aplicación de una fuerza desaparecen cuando cesa la acción de la fuerza. "Un cuerpo completamente elástico se concibe como uno de los que recobra completamente su forma y dimensiones originales al retirarse la carga". ej: caso de un resorte al cual le aplicamos una fuerza. El grado con que una estructura se deforma depende de la magnitud de la tensión impuesta. Para muchos metales sometidos a esfuerzos de tracción pequeños, la tensión y la deformación son proporcionales según la relación.

$$\sigma = E\varepsilon$$

PARTE EXPERIMENTAL

Material para construcción del prototipo:

- ✓ Placa de acero de ¼ de pulgada de espesor.
- ✓ 2 cilindros hidráulicos de 2 ton.
- ✓ Electrodo 7018.
- ✓ Broca para metal 10 mm
- ✓ Sensor de presión de aceite.
- ✓ Potenciometro de desplazamiento lineal de 10 KΩ
- ✓ 2 tornillos de M10 X 1.5

Para la construcción del prototipo se comenzó cortando la placa en 2 secciones lo cual forma parte de la estructura principal, y 4 secciones más que formarían a las mordazas.

Una vez cortada la placa se procedió a escuadrar las partes con la ayuda de la fresadora y un cortador vertical, esto con la finalidad de tener un buen acabado y tener placas con cortes rectos.

Con las placas ya terminadas se continuó por hacerles un barreno de 10mm a las piezas que formarían las mordazas.

Posteriormente se soldaron las bases a las mordazas, y después las tuercas de soldaron de igual manera a una de las placas de la mordaza, esto con la finalidad de poder apretar la probeta.

Teniendo las bases y las mordazas soldadas se colocaron los cilindros hidráulicos y se soldaron a las placas. En uno de los cilindros se realizó una perforación en la parte inferior, así también a la placa inferior para colocar el sensor de presión.

Una vez terminada la estructura, se colocaron y se calibraron los sensores de presión y desplazamiento en el prototipo.

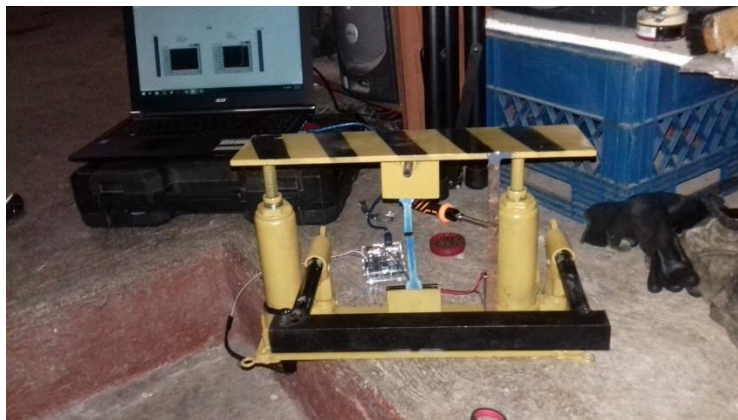


Ilustración 31 Prototipo para ensayos de tracción.

RESULTADOS

Se realizaron 3 ensayos en probetas, los resultados fueron los siguientes

Espécimen	Esfuerzo máx	Deformación
Probeta 1	3.5 MPa	3.148 mm
Probeta 2	3.1 Mpa	2.818 mm
Probeta 3	3.8 Mpa	2.305 mm

Como se puede apreciar, los resultados son muy similares, el punto de ruptura se logra apenas pasando 3 MPa, y con una deformación de entre 2 y 3.5 mm.

En seguida se muestra la gráfica esfuerzo deformación de uno de los ensayos.



Ilustración 32 Diagrama Esfuerzo - Deformación.

Podemos ver una zona elástica bien definida, sin embargo la zona plástica es muy pequeña, por lo que podemos decir que este es un material endurecido, es decir que es muy quebradizo y su rango de deformación plástica es muy pequeño.

CONCLUSIONES

Se construyó un prototipo funcional, para realizar ensayos de tracción en plásticos, dicho prototipo está instrumentado por medio de LabVIEW y ARDUINO como interface de comunicación, actualmente es posible llegar a la ruptura del material, así como generar la gráfica esfuerzo-deformación del material que se está analizando, con lo anterior quedan cumplidos los objetivos del proyecto.

Las pruebas nos arrojaron resultados de esfuerzo máximo de 3.8 MPa y una deformación de 0.002305 m, además pudimos observar que el comportamiento del material es muy quebradizo, debido a que su deformación plástica es muy pequeña.

BIBLIOGRAFÍA

1. R.L. Mott, "Diseño de Elementos de Maquinas" Pearson., 2006, Capitulo 3.
2. R.W. Fitzgerald "Mecánica de Materiales" ALFAOMEGA., 2009, Chapter 4, pp. 125-149.
3. J. L. Meriam "Mecánica para ingenieros, Estática" Editorial Reverte, Barcelona, 1998.
4. Organización Cultural SA de CV. "Mecánica del Taller, PRENSAS" THEMA, Barcelona, 1988.
5. C. Mataix "Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas", HARLA, México DF, 1982.
6. Hidráulica Prado. (s.f.). Obtenido de <http://www.hidraulicaprado.com/pdf/hidraulica.pdf>

SECADOR DE ALIMENTOS TIPO HORNO

Efraín Gutiérrez Chavez, Alicia García Macías, Joel Hinojosa Davalos, Claudia Carolina Vaca García y María Eugenia Sánchez Morales

Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara. efrain_gutierrez94@hotmail.es

RESUMEN

El uso de secadores tiene un papel importante en la industria automotriz, farmacéutica y alimentaria, como parte fundamental de su procesos de manufactura, se propuso la implementación de secado de frutas y hortalizas para que sean transformados en un nuevo producto, reduciendo con ello las pérdidas económicas, y así tener un impacto económico en el mercado de productos secos para obtener mayores ganancias. El material utilizado fue una cabina de mdf natural acondicionada con un sistema eléctrico el cual consta de una resistencia de 1kw, 4 ventiladores, un termopar tipo gota, un relevador de 30 amperes y una tabla de control XMT-808, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1-. Resultado del secado de frutas y hortalizas con el secador diseñado

Fruta o verdura	%Humedad Alimento fresco	%Humedad Alimento seco	g Peso de muestra seca	Velocidad de secado $\frac{\%}{m^2h}$	$^{\circ}C (\Delta T)$
Plátano	80	25.34	37.5	12.63	50
Jitomate	95	6.07	10	18.92	50
Manzana	84	12.08	20	17.23	50

Los resultados obtenidos son un indicador positivo, al secar dichos alimentos con el equipo diseñado se logran alcanzar las condiciones óptimas que deben cumplir para ser un producto de calidad y todo fue logrado en un menor tiempo a los ya establecidos.

INTRODUCCION

En 2015 en México se registraron según La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 10.4 millones de toneladas de comida van a dar a la basura[1], más del 40 por ciento de la producción de tubérculos, frutas y hortalizas es un excedente de producción que no es transformado en nuevos productos con valor agregado, la cifra del total de desperdicio fue superada un 50 por ciento ya que en enero del año en curso se registraron según el Banco Mundial (BM) 20.4 millones de toneladas de alimentos van a dar a la basura[2].

En las cosechas de frutas y hortalizas no todo el producto es utilizado ya sea por los agricultores o por los consumidores debido a que estos alimentos tienden a degradarse rápidamente si las condiciones ambientales no les son favorables, y por otro lado, los productores no cuentan con la capacidad de almacenamiento ni de procesamiento para convertirlos en subproductos. La preservación de alimentos a través de la remoción de agua, es probablemente una de las técnicas más antiguas que existen. En el pasado, el proceso se simplificaba poniendo directamente el producto al sol, esparcido en el suelo sobre sacos, esteras de hojas de plantas e incluso directamente en el suelo desnudo, el principio básico en el cual se fundamenta la deshidratación es que a niveles bajos de humedad disminuyen los riesgos del desarrollo de microorganismos, evitando reacciones químicas y biológicas deteriorantes.

En el proceso de producción de frutos secos el factor clave es implementar el método más efectivo y eficiente para logra obtener este tipo de productos. Los tiempos prolongados en secado causan de manera colateral el incremento de los costos. En el mercado existen distintos tipos de secadores (tipo horno, tipo túnel, etc.) los cuales cuentan con especificaciones adecuadas para poder realizar tareas concretas correspondientes al proceso en el cual son utilizados, en el caso específico del proceso de grado alimenticio los hornos en primera estancia deben de ser fabricados con materiales que no sean corrosivos, herméticos y con características termodinámicas adecuadas para poder mantener los parámetros ideales en tiempos de secado y así evitar la pérdida de los nutrientes y beneficios de los alimentos, el uso de estos han generados datos óptimos para el proceso el cual

debe ser sometidas frutas y verduras tales como temperaturas y humedad en productos frescos y secos.

TEORIA

Primera Ley de Termodinámica.

También conocida como principio de la conservación de la energía, expresa que en el curso de un proceso, a energía no se puede crear ni destruir; solo se transforma. Por lo tanto, toda pequeña cantidad de energía debe tomarse en cuenta en el curso de un proceso.

El proceso de conservación de la energía (o balance de energía) para cualquier sistema que pasa por cualquier proceso se puede expresar como lo siguiente: El cambio de neto (aumento o disminución) en la energía total de un sistema en el curso de un proceso es igual a la diferencia entre la energía total que se sale en el desarrollo de ese proceso es decir

$$\left[\begin{array}{c} \text{Energía total} \\ \text{que entra en} \\ \text{el sistema.} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Energía} \\ \text{que sale del} \\ \text{sistema.} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{cambio en la energía} \\ \text{total del sistema.} \end{array} \right]$$

El balance de energía para cualquier sistema que pasa por cualquier proceso se puede expresar como:

$$E_{ent} - E_{sal} = \Delta E_{sistema} \quad (J)$$

Donde:

E_{ent} = Energía de entrada.

E_{sal} = Energía de salida.

J = Joules.

En ese caso, el balance de energía se puede expresar como:

$$Q_{ent} - Q_{sal} + E_{gen} = \Delta E_{termica}$$

Donde:

Q_{ent} = Calor de entrada.

Q_{sal} = Calor de salida.

E_{gen} = Generador de Calor.

$\Delta E_{termica}$ = Cambio de la energía térmica del sistema.

Un sistema cerrado consta de una masa fija, la energía total "E" para la mayor parte de los sistemas que se encuentran en la práctica (honor de secado) consiste en la energía interna "U".

En el cual el caso, la relación del balance de energía se reduce a:

$$E_{ent} + E_{sal} = \Delta U = m_{cv} \Delta T \quad (J)$$

En donde se expresa el cambio de la energía interna en términos de masa, “m”, el calor específico a volumen constante, “cv”, y el cambio de la temperatura, “ ΔT ”, del sistema.

Cuando el sistema solo comprende transferencia de calor y ninguna integración de trabajo cruza su frontera, la relación del balance de energía se reduce todavía más:

$$Q = m_{cv}\Delta T$$

Donde:

Q = Cantidad de transferencia de Calor.

Cv = Calor específico

m = Masa

T_1 = Temperatura Inicial

T_2 = Temperatura final

$$\left. \begin{array}{l} T_1 \\ T_2 \end{array} \right\} \rightarrow \left(T_2 - T_1 = \Delta T \right)$$

PARTE EXPERIMENTAL

El material utilizado fue una cabina de mdf natural acondicionada con un sistema eléctrico el cual consta de una resistencia de 1kw, 4 ventiladores, un termopar tipo gota, un relevador de 30 amperes y una tabla de control XMT-808, juntos estos componentes forman el secador de alimento tipo horno, la cual fue diseñada en el laboratorio de física en colaboración del laboratorio de microbio-tecnología para realizar pruebas de secado de frutas y hortalizas.

Con la finalidad de evitar la interferencia de la temperatura del ambiente, determinar parámetros tales como temperaturas, tiempos, consumo energético y mantener una temperatura constante durante todo el proceso de secado se propone el siguiente esquema general del secador (véase la figura 1).

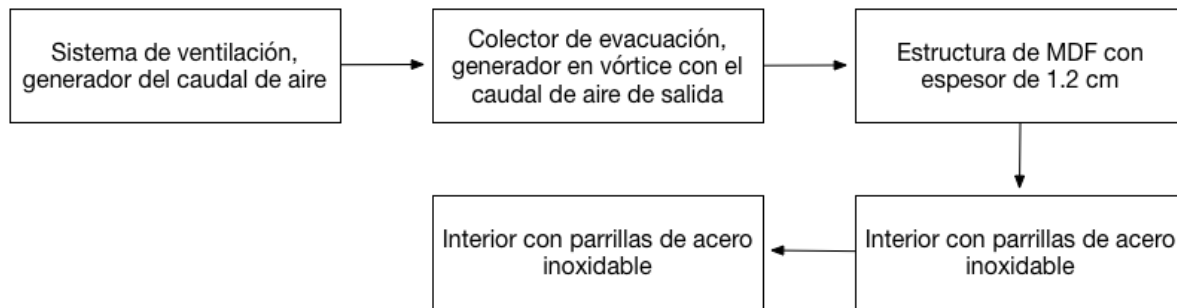


Figura 1. Esquema del proceso interno de la cabina.

Aplicación de cálculos térmicos

Secado de germinado.

Se somete a un secado 1 Kg de germinado con un 97% de humedad, inicialmente a una temperatura ambiente de 25°C, hasta 60°C, en el secador diseñado con una resistencia eléctrica de 1,000W, en su interior. La masa de la caja es de 9 Kg y tiene un calor promedio (específico) de $1.32 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ promedio y el agua se toma con un calor específico de $4.18 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$

Datos de importancia:

Sistema cerrado (masa fija)

- Brócoli, calor específico

$\frac{Btu}{lbm^{\circ}f}$	
Arriba del punto de congelación= 0.921	Calor latente de fusión: 139

Donde:

Btu= energía necesaria para elevar en un 1°f la temperatura 1 lbm de agua a 60°C

Caloría= Energía necesaria para elevar en 1°C la temperatura de un gramo de agua a 14.5°C

$$1 \text{ Btu} = 1.0550 \text{ KJ} ; 1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J} ; 100\text{g}-23\text{cal}$$

- Alfalfa, calor específico

$\frac{Btu}{lbm^{\circ}f}$	
Arriba del punto de congelación= 1,588	Calor latente de fusión:

Solución:

Se toma el secador como el sistema, el cual es cerrado.

- Brócoli (masa fija)

$$\begin{aligned} E_{ent} - E_{sal} &= \Delta E_{sistema} \\ E_{ent} &= \Delta U_{brocoli} + \Delta U_{caja} \therefore \\ 1 \text{ Btu} &= 1.0550 \text{ KJ} \\ 0.921 &= 0.9716 \text{ KJ} \end{aligned}$$

Por lo consiguiente:

$$\begin{aligned} E_{ent} &= (mCv\Delta T)_{brocoli} + (mCv\Delta T)_{caja} \\ E_{ent} &= (1\text{Kg}) \left(0.9716 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right) (60 - 25) + (9\text{Kg}) \left(1.32 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right) (60 - 25)^{\circ}\text{C} = \\ E_{ent} &= 34.006 \text{ KJ} + 346.5 \text{ KJ} \\ E_{ent} &= 380.506 \text{ KJ} \end{aligned}$$

La unidad eléctrica de calentamiento de 1,000W suministrara energía a razón de 1 KW, o sea, $1.0 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$ por lo tanto el tiempo necesario para que este calentador suministre 380.506 KJ de calor se determinan a partir de:

$$\Delta t = \frac{\text{Energía total transferida}}{\text{Velocidad de transferencia de la energía}} = \frac{E_{ent}}{E_{trans}}$$

$$\Delta t = \frac{380.506 \text{ KJ}}{1 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}} = 380.506 \text{ s} = 6.34 \text{ min}$$

-Flujo de Aire

$$\text{Aire} = 1012 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} : \text{K a } 25^{\circ}\text{C} = 1.012 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$\begin{aligned} Q &= mCv\Delta T \\ m &= \frac{Q}{Cv\Delta T} \end{aligned}$$

$$m = \frac{380.506 \text{ KJ}}{(1.012 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C})(60 - 25)^\circ\text{C}} = \frac{380.506}{35.42 \text{ Kg}} =$$

$$m = 10.7426 \text{ Kg}$$

-Masa de aire promedio para secar ambos productos.

Brócoli= 10.7426 Kg

Alfalfa=

13.39

Kg

$$\therefore 12.0663 \text{ Kg}$$

-Cálculo de tipo de ventilador.

Ventilador Sensflow

12V Dc a 0.30A

Velocidad de flujo= 1.35m/s \therefore

$$12V = 1.35 \text{ m/s}$$

$$120V = 162 \text{ m/s}$$

$$\therefore Q = \frac{S}{S} = W$$

$$W = 1.V = (0.30A)(12V) = 3.6 \text{ W} = 0.0036 \text{ KW} = 0.0036 \text{ KJ/S}$$

$$Q = mCv\Delta T = (12.0663 \text{ Kg}) (1.012 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}) (60 - 25)^\circ\text{C} =$$

$$Q = 427.38 \text{ KJ}$$

$$\Delta t = \frac{E_{ent}}{E_{tras}} = \frac{427.38 \text{ KJ}}{0.0036 \frac{\text{KJ}}{\text{S}}} = 118,716.66 \text{ s} = 32.97 \text{ hrs} = 1.37 \text{ día}$$

Con un ventilador tardará en transferir 12.0663 Kg de aire a una diferencia de 35°C de aire 1.37 días, con 2 ventiladores iguales, conectados en paralelo tardaría en secar ambos productos 16.48 hrs \approx 0.68 días.

RESULTADOS

Porcentaje de humedad y tiempos de secado (ideales)

Formulas:

$$Hf = [(Pf - Pms)].[100\%]$$

$$R = \frac{100\% - Hf}{100\% - Hs} = Ps/Pf$$

$$Ps = R * Pf$$

Donde:

Hf: Humedad de alimento fresco en %

Hs: Humedad de alimento seco en %

Ps: Peso de alimento seco.

Pms: Peso de materia (alimento) seca.

Pf: peso de alimento fresco.

R: rendimiento.

Platano:

Pf= 70g

Hf= 80%

Hs= 15%

$$R = \frac{100\% - H_f}{100\% - H_s} = \frac{100\% - 80\%}{100\% - 15\%} = \frac{20\%}{85\%} =$$

$$\underline{R = 0.235}$$

$$P_s = R * P_f = (0.235)(70g)$$

$$\underline{P_s = 16.45g}$$

Manzana:

Pf= 150g

Hf= 84%

Hs= 14%

$$R = \frac{100\% - H_f}{100\% - H_s} = \frac{100\% - 84\%}{100\% - 14\%} = \frac{16\%}{86\%} =$$

$$\underline{R = 0.186}$$

$$P_s = R * P_f = (0.186)(150g)$$

$$\underline{P_s = 27.9g}$$

Jitomate:

Pf= 140g

Hf= 95%

Hs= 8%

$$R = \frac{100\% - H_f}{100\% - H_s} = \frac{100\% - 95\%}{100\% - 8\%} = \frac{5\%}{92\%} =$$

$$\underline{R = 0.054}$$

$$P_s = R * P_f = (0.054)(140g)$$

$$\underline{P_s = 7.56g \approx 8g}$$

Tiempos de secado (ideal)

Velocidad de secado:

$$V = \frac{H_{inicial} - H_{final}}{Area * \Delta T}$$

Donde:

V= Velocidad de secado.

H_{inicial}= Peso de la muestra + Humedad en el instante T_o

H_{final}= Peso de la muestra + Humedad en el instante T_i en que se haga la determinación.

A= Área especificada de evaporación.

ΔT= Intervalo de tiempo deseado.

Velocidad de secado (ideal)

-Plátano-

Pf= 70g

Hf= 80%

Pms= 16.45g

Hs= 15%

Nota:

-Área de secador-

Paralelepípedo-Rectángulo

$$At = 2(a + b)c + 2ab$$

Donde:

a= largo

b= ancho

c= alto

a= 34.5cm

b= 37cm

c= 68cm

$$At = 2(a + b)c + 2ab$$

$$At = 2(34.5\text{cm} + 37\text{cm})68\text{cm} + 2(34.5\text{cm})(37\text{cm}) = 9,724\text{cm}^2 + 2,553\text{cm}^2 =$$

$$At = 12,277\text{cm}^2 = 1.22\text{m}^2$$

$$V = \frac{H_{\text{inicial}} - H_{\text{final}}}{\text{Area} * \Delta T} = \frac{(70\text{g} + 80\%) - (16.45\text{g} + 15\%)}{1.22\text{m}^2 * 7\text{hrs}} = \frac{150 - 31.45}{8.45} =$$

$$V = 13.88\% / \text{m}^2\text{h}$$

-Manzana-

Pf= 150g

Hf= 84%

Pms= 27.9g

Hs= 14%

$$V = \frac{H_{\text{inicial}} - H_{\text{final}}}{\text{Area} * \Delta T} = \frac{(150\text{g} + 84\%) - (27.9\text{g} + 14\%)}{1.22\text{m}^2 * 7\text{hrs}} = \frac{234 - 41.9}{8.45} =$$

$$V = 22.49\% / \text{m}^2\text{h}$$

Jitomate

Pf= 140g

Hf= 95%

Pms= 8g

Hs= 8%

$$V = \frac{H_{\text{inicial}} - H_{\text{final}}}{\text{Area} * \Delta T} = \frac{(140\text{g} + 95\%) - (8\text{g} + 8\%)}{1.22\text{m}^2 * 7\text{hrs}} = \frac{234 - 16}{8.45} =$$

$$V = 25.64\% / \text{m}^2\text{h}$$

Tabla 2. Condiciones óptimas para el secado de frutas y verduras

Fruta o verdura	% Humedad Alimento fresco	% de Humedad Alimento seco	Peso de muestra seca g	Velocidad de secado $\% / \text{m}^2\text{h}$	$^{\circ}\text{C} (\Delta T)$
Plátano	80	15	16.45	13.88	50
Jitomate	95	8	8	25.64	50
Manzana	84	14	27.9	22.49	50

Tabla 1-. Condiciones óptimas para el secado.

Pruebas en laboratorio

*Velocidad de secado

$$V = \frac{H \text{ inicial} - H \text{ final}}{\text{Area} * \Delta T} \therefore \text{datos constantes.}$$

$$\text{Plátano: } V = 12.6398 \text{ \%}/\text{m}^2\text{h}$$

Pf= 137.5g

Hf= 80%

Pms= 37.5g

Hs= 15%

$$V = \frac{H \text{ inicial} - H \text{ final}}{\text{Area} * \Delta T} = \frac{(137.5g + 80\%) - (37.5g + 15\%)}{1.22\text{m}^2 * 10.7\text{hrs}} = \frac{165}{13.054} =$$

$$V = 12.6398 \text{ \%}/\text{m}^2\text{h}$$

$$\text{Jitomate: } V = 18.92 \text{ \%}/\text{m}^2\text{h}$$

$$\text{Manzana: } V = 17.23 \text{ \%}/\text{m}^2\text{h}$$

Datos experimentales

Pruebas realizadas con el secador diseñado.

Tabla 3-. Resultado del secado de frutas y hortalizas con el secador diseñado

Fruta o verdura	%Humedad Alimento fresco	%Humedad Alimento seco	g Peso de muestra seca	Velocidad de secado $\text{\%/m}^2\text{h}$	$^{\circ}\text{C} (\Delta T)$
Plátano	80	25.34	37.5	12.63	50
Jitomate	95	6.07	10	18.92	50
Manzana	84	12.08	20	17.23	50

Comparativa:

Tabla 4-. Comparación de velocidad de secado en condiciones óptimas y con el secador diseñado

Fruta o verdura	(50°C a 60°C)	(50°C a 60°C)
	Condiciones óptimas	Secador diseñado
Plátano	13.88 $\text{\%/m}^2\text{h}$	12.63 $\text{\%/m}^2\text{h}$
Jitomate	25.64 $\text{\%/m}^2\text{h}$	18.92 $\text{\%/m}^2\text{h}$
Manzana	22.49 $\text{\%/m}^2\text{h}$	17.23 $\text{\%/m}^2\text{h}$

Costo-beneficio

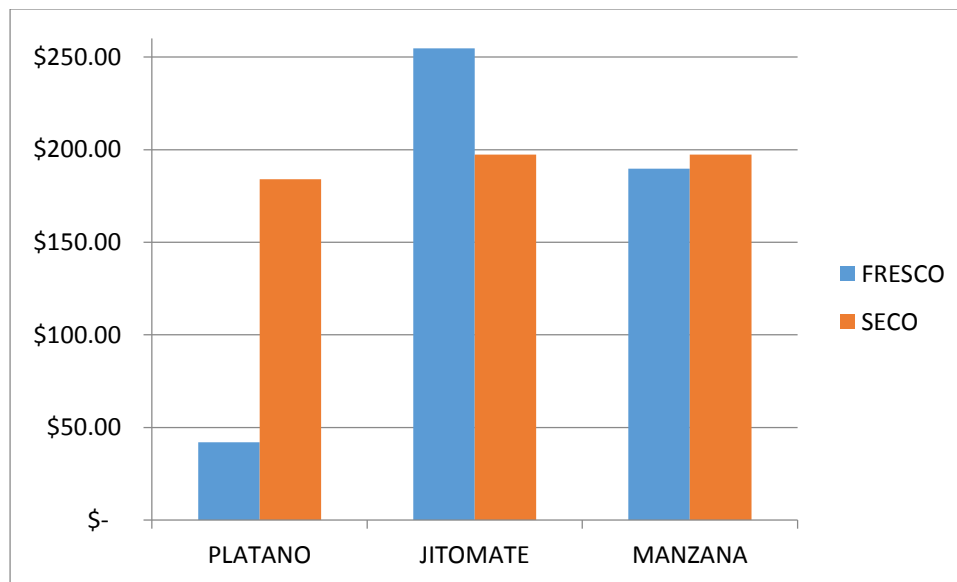
Tabla 5-. Costos de frutas-hortaliza secas y frescas.

Precio de Fruta / Hortaliza \$/kg		
Fruta / Hortaliza	Fresca	Seca
Plátano	12.00	184.00
Jitomate	14.55	197.35
Manzana	35.29	175.00

Tabla 6-. Costo del producto obtenido

Conceptos	Plátano		Jitomate		Manzana	
	Fresco gr	Seco gr	Fresco gr	Seco gr	Fresco gr	Seco gr
Resultados de prueba	137.5	37.5	140	8	150	27.9
Cálculo en gramos	1000	272.73	1000	57.14	1000	186
Equivalente en gramos	<u>36,667</u>	1000	<u>17,500</u>	1000	<u>53,763</u>	1000
Costos	\$42.00	\$184.00	\$254.63	\$197.35	\$189.73	\$197.35

Grafica 1-. Gramos necesarios de fruta-verdura fresca para hacer 1 k de fruta-hortaliza seca.



Grafica 1.- comparativa de costo-beneficio de la venta de 1 kilo de fruta-verdura fresca y seca.

CONCLUSIÓN

Con relación a la investigación realizada, se visualizaron oportunidades de poder mejorar métodos en el la producción de frutas y hortalizas secas derivado de la producción excesivas de dichos alimentos.

Con base a parámetros establecidos se optó por diseñar un equipo que mejorar dichos parámetros para poder lograr mejores beneficios tales como menor consumo energético, reducción de tiempos, minimizar costos y darle un valor agregado óptimo a los productos para poder impactar de manera positiva en el mercado.

Con todo lo anterior mencionado se lograron todos los objetivos propuestos concluyendo con resultados favorables y satisfactorios, ya que se pudo reducir los porcentajes en todos los parámetros ya establecidos dando como resultado una alternativa viable la implementación del equipo diseñado en dicho proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Física para ciencias e ingeniería volumen 1, séptima edición. Raymond A. Serway et. al. 2010.
2. http://infoaserca.gob.mx/frutasnacional/fna_ca1.asp
3. <http://www.economia-sniim.gob.mx/2010prueba/PreciosHoy.asp?prodC=9056>
4. <http://dulcesagranel.com/tienda/frutas-deshidratadas/platano-deshidratado-500-g-2/>
5. <https://www.superama.com.mx/catalogo/d-despensa/f-despensa-saludable/l-despensa-kosher/tomate-deshidratado-san-miguel-frasco-340-g/0002445607000>
6. <https://listado.mercadolibre.com.mx/alimentos-bebidas/comestibles/manzana-deshidratada>

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN NANOCOMPOSITOS DE POLIURETANO CON APLICACIÓN INDUSTRIAL

María Eugenia Mena Navarro¹, Rodolfo Fabián Estrada Guerrero¹, Luis Adolfo Torres González², José Rodolfo Tinajero Ramírez³

¹Universidad Iberoamericana Ciudad de México, ²Universidad Iberoamericana León, ³Ciatec AC

RESUMEN

El poliuretano ha sido utilizado en la industria del empaque, refrigeración, del mueble, construcción, automotriz, el calzado o textil por su versatilidad y propiedades. Actualmente existe una gran demanda hacia este polímero por ser un material fácil de conseguir, de costo medio, pero sobre todo muy productivo. En este proyecto de investigación se desarrolla la innovación de nanocompuesto de poliuretano utilizando nanomateriales no metálicos con mejores propiedades mecánicas enfocado a la industria de la construcción. La innovación de nuevos polímeros con enfoque nanotecnológico busca incrementar la competitividad de la industria al proponer materiales con propiedades mecánicas similares a los materiales usuales de construcción como ha sido el cemento, arcillas, metales, entre otros. El uso de nanomateriales de carbono como son los Nanotubos de Carbono Multicapa ha incrementado las propiedades mecánicas en dureza, abrasión y resistencia a la elongación. En este estudio los nanocompuestos de PU fueron evaluados por medio de las normas ASTM D412, ASTM D2240 y ASTM D1630. Así como fueron evaluados con equipos de Microscopia Electrónica de Barrido (SEM) con el objetivo de identificar el tamaño de partículas, su nanoestructura y su composición química por medio de análisis EDS. En la presente investigación la combinación de estas diferentes técnicas experimentales con métodos estándar de pruebas mecánicas se usaron para evaluar y comprender mejor la sinergia a escala nanométrica. La ingeniería aplicada a la resolución de un problema o a la mejora tecnológica; es una estrategia industrial para sobresalir en un mercado de competencia.

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es una ciencia que promete soluciones más eficientes para todo tipo de problemas que enfrenta la humanidad, por medio de su carácter multidisciplinar. Los productos con nanotecnología son de reciente introducción en todo el mundo; se contempla que para 2020 estos nuevos materiales se encuentren en el mercado con mayor frecuencia en productos comerciales, por lo que se espera una revolución a mediano y largo plazo en los materiales convencionales que se utilizan actualmente, teniendo un área de oportunidad para el desarrollo de productos innovadores y tecnológicos [1]. Esta nueva disciplina tiene como escenario la nanoescala, que se puede definir como el intervalo de longitudes comprendido aproximadamente entre 1 y 100 nm [2].

La nanotecnología ha sido capaz de revolucionar los materiales que usamos actualmente. Los productos basados en nanomateriales conocidos como nanocompuestos son cada vez más comunes. Algunos trabajos con nanocompuestos de poliuretano y nanotubos de carbono han sido para aplicaciones mecánicas e ignífugas. Por ejemplo, Duan realizó una innovación utilizando nanotubos de carbono individuales y grafeno asociados para preparar un recubrimiento de poliuretano con resistencia a la llama y reducir la toxicidad del poliuretano [3]. Por otro lado, en la patente MX 331874, Mena et al. desarrollaron un novedoso nanocompuesto de poliuretano con nanotubos de carbono de pared múltiple para mejorar la resistencia dieléctrica del polímero [4]. A su vez, la investigación de Kim como parte del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) ha demostrado que los nanotubos de carbono se pueden utilizar para crear un revestimiento que reduce la inflamabilidad de la espuma comúnmente utilizada en la tapicería en un 35 por ciento. Encontrando que los nanotubos de carbono (CNTs) también proporcionaron un efecto retardante a la flama en concentraciones más pequeñas en comparación con otros nanomateriales, una ventaja fue que pueden aumentar las propiedades ignífugas de un material, al mismo tiempo que mejoraron la resistencia de descarga electrostática, al reducir su impacto en el clima seco de invierno [5]. Los nanotubos de carbono reciben mucha atención debido a sus extraordinarias propiedades electrónicas, mecánicas, térmicas, químicas y por sus potenciales aplicaciones en nanociencia y nanotecnología [6].

ANTECEDENTES

La aplicación de ensayos basados en normas internacionales ASTM facilita la caracterización de los nanocompuestos poliméricos en este caso de poliuretano, así mismo contribuyen a poder comparar las propiedades mecánicas resultantes contra los estándares. Si bien, la industria en México requiere mayor impulso a través de la investigación científica con aplicación industrial, las pruebas físicas permiten desarrollar e innovar un nanocomposito acorde a las necesidades del cliente, ajustando los parámetros necesarios para incrementar el posicionamiento de la empresa a nivel nacional, como caso éxitos de una vinculación academia e industria. A continuación se describen los métodos utilizados para evaluar las propiedades físicas y espectros de las muestras.

El método de ensayo de la norma ASTM D412 permite la medición de la propiedad de tensión. Los materiales y productos cubiertos por este método de ensayo deben soportar fuerzas de tensión para el desempeño adecuado en ciertas aplicaciones. Sin embargo, las propiedades de tensión por sí solas pueden no estar directamente relacionadas con el rendimiento total de uso final del producto debido a la amplia gama de requisitos potenciales de rendimiento en el uso real. La temperatura y la tasa de extensión pueden tener un efecto sustancial sobre las propiedades de tensión; por lo tanto debe ser controlada. Se utiliza el método de Prueba A: para especímenes de tramo recto [7].

El método de ensayo ASTM D1630 cubre la determinación de la resistencia a la abrasión del caucho vulcanizado, o de otros materiales similares al compuesto de referencia estándar. No se recomienda para materiales de espesor menor a 2.5 mm [8].

El método de ensayo ASTM D2240 se basa en la penetración de un tipo específico de penetrador. La dureza de indentación está inversamente relacionada con la penetración y es dependiente en el módulo y comportamiento viscoelástico del material. Este procedimiento permite determinar la dureza de indentación de sustancias clasificadas como elastómeros termoplásticos, caucho vulcanizado, materiales elastoméricos, materiales celulares, materiales tipo gel, entre otros plásticos [9].

La microscopía electrónica de barrido (SEM) es un análisis capaz de producir imágenes de alta resolución de la superficie de una muestra utilizando interacciones electrón-materia [10]. Este equipo puede determinar el tamaño de partícula, comparación morfológica y composición química de las materias primas. También para la matriz polimérica puede ayudar a medir los diámetros de los poros de su estructura, así como entender la nanoestructura interna del nanocomposito. La espectrometría de dispersión de energía de rayos X (EDS) no es una técnica de análisis de superficie, pero es un análisis cualitativo para comprender la información química de cada elemento detectado por el análisis de espectros en el muestra [11].

METODOLOGIA

Las espumas rígidas de poliuretano son polímeros sintéticos que incluyen grupos uretano en sus cadenas, dichos grupos se forman por reacción de un isocianato con un alcohol. El uso de nanotubos de carbono multicapa, (MWCNT en sus siglas en inglés), forma alotrópica de carbono cuya nanoestructura es tubular, ha incrementado las propiedades mecánicas en dureza, abrasión y resistencia a la tensión. Los nanocompuestos de poliuretano fueron evaluados usando las normas ASTM D2240, ASTM D1630 y ASTM D412. Por otro lado, las muestras se caracterizaron con Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) para identificar su tamaño de partícula, nanoestructura y composición química por medio del análisis EDS.

Los nanotubos de carbono se compraron de la empresa Smart Materials radicada en la ciudad de León. Cuyas características técnicas acorde a la hoja de especificaciones son: tamaño del diámetro de 80 nm. en promedio; con una dureza mayor al 95%. Para la caracterización se utilizó un equipo SEM Jeol JSM-7800 F, como parte de su procedimiento se dejó la muestra al vacío 24 horas antes de su investigación, asimismo se tomaron micrografías a 10 micrómetros y 100 micrómetros. En la micrografía de la figura 1 se observa la forma tubular de los nanotubos de carbono. Por otro lado el análisis EDS establece una composición química del 77.3 wt% de carbono y 22 wt% de oxígeno, el resto de los elementos son residuos de la síntesis 0.5 wt% de hierro, 0.2 wt% de azufre y 0.1 wt% de sílice, ver figura 2.

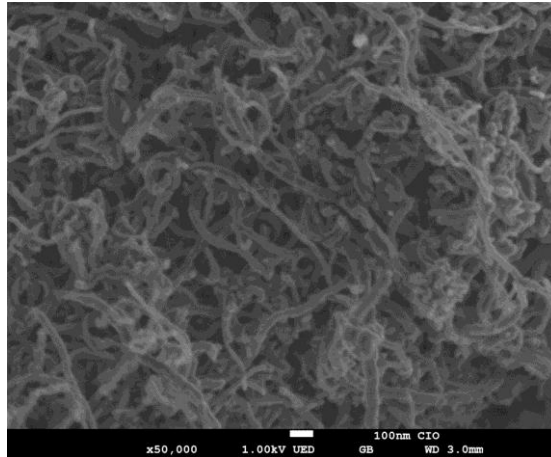


Figura 1. Micrografía de nanotubos de carbono multicapa con 80 nm.

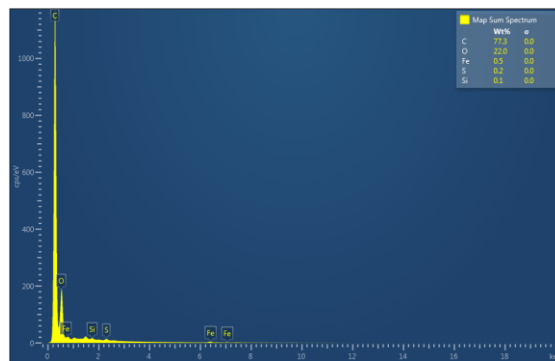


Figura 2. Análisis EDS de nanotubos de carbono multicapa.

En la micrografía de la figura 3 se muestra el nanocompuesto de poliuretano a una resolución de 10 micrómetros, con la porosidad característica de este polímero o espuma uretánica.

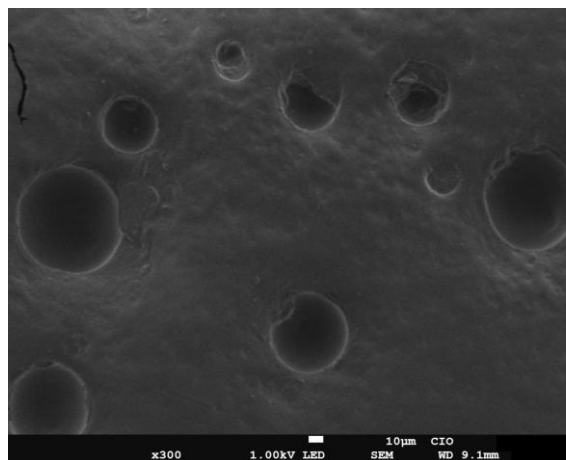


Figura 3. Micrografía del nanocompuesto de poliuretano con nanotubos de carbono multicapa.

La prueba de abrasión ASTM 1630 se realizó con un Abrasímetro GT-7012 Din Gotech. Donde se evaluaron 5 muestras acorde a procedimiento, obteniendo los siguientes resultados: 189.5 mg, 189.1 mg, 192.2 mg, 191.1 mg y 190.1 mg; para obtener un promedio de 190.4 mg de una máxima permisible de 350 mg.

Conforme al método de la prueba ASTM D2240, la dureza fue medida con un Durómetro PTC instruments, para una medida adecuada se toman 3 lecturas en diferentes puntos acorde a la norma: 89 °Shore A, 89 °Shore A, 88 °Shore A, para obtener un promedio de 88 °Shore A de dureza, ver figura 4. Se comparó con un poliuretano control (sin nanomateriales) obteniendo 86°Shore A, 85°Shore A y 87 °Shore A de dureza con promedio de 86°Shore A.



Figura 4. Análisis de dureza a nanocompuesto de poliuretano con MWCNT.

La prueba de la norma ASTM D412 arrojó los siguientes resultados: 880.7 N/cm², 736.5 N/cm², 949.3 N/cm², 973.8 N/cm² y 883.6 N/cm² para obtener un promedio de 884.8 N/cm².

RESULTADOS

El nanocompuesto de MWCNT obtuvo 88 °Shore A de dureza; 3% más del poliuretano normal que obtuvo 86 °Shore A. Su resultado de resistencia a la abrasión fue de 190.4 mg. de acuerdo a la norma no debe exceder 350 mg., en comparación con el poliuretano control (sin nanomateriales) que fue de 252.30 mg se alcanzó un incremento del 24.53%. La resistencia a la elongación del nanocompuesto de poliuretano con nanotubos de carbono fue 884.8 N/cm².

Las micrografías mostraron un nanocompuesto poroso característico del poliuretano de vaciada. El análisis EDS hacia los MWCNT mostró una composición química del 77.3 wt% de carbono, 22 wt% de oxígeno, 0.5 wt% de hierro, 0.2 wt% de azufre y 0.1 wt% de silice; estos últimos elementos son resultado de la contaminación de la síntesis del nanomaterial.

CONCLUSIONES

Los nanotubos de carbono multicapa mostraron ser una ventaja competitiva para las propiedades mecánicas en comparación con el poliuretano convencional, esto contribuye a desarrollar e innovar materiales poliméricos con resistencia a la abrasión, desgarrar o mayor dureza; los cuales puedan ser utilizados en aplicaciones industriales para la construcción, el calzado o automotriz. Es importante la sinergia de técnicas experimentales con métodos internacionales de pruebas mecánicas para evaluar y comprender mejor la polimerización a escala nanométrica y sus propiedades físicas de los nanocompuestos. La investigación de nuevos polímeros nanotecnológicos con enfoque a la innovación y transferencia tecnológica busca incrementar la competitividad de la industria al proponer materiales con propiedades mecánicas similares a otros materiales o mejorar las actuales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mena M.E., Torres L.A., Martínez M.L. y Mena F.J. "Modelo de Transferencia Tecnológica basado en nanotecnología para el sector calzado", Ide@s CONCYTEG, 2012, 7 (87), pp. 1137-1148.
2. ISO TC 229, "Nanotechnologies", 2009, International Organization for Standardization.

3. Duan B., Wang Q., Tang Z., Ding H., Zhang M., Hou L., Wang Y., Liu G. y Qian S. "Method for preparing aqueous polyurethane coating and adhesive modified through carbon nanotubes and graphene", 2017, Patente China CN 105153921B.
4. Mena M. E., Torres L. A., González J. L. y Mena F.J. "Suela de protección dieléctrica con alta memoria de forma", 2013, Patente mexicana WO2013012306.
5. Kim, Y. S. y Davis, R. "Multi-walled carbon nanotube layer-by-layer coatings with a trilayer structure to reduce foam flammability", *Thin Solid Films*, 2014, 550: 184-189.
6. García A.P. "Síntesis y caracterización de materiales híbridos basados en nanotubos de carbono", 2013, tesis Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química, Universidad Carlos III de Madrid.
7. ASTM D412, "Métodos de prueba estándar para caucho vulcanizado y elastómeros termoplásticos-Tensión", 2016, ASTM Internacional.
8. ASTM D1630, "Método de prueba para la resistencia de caucho propiedad-abrasión (desgaste por abrasión Calzado)", 2016, ASTM Internacional.
9. ASTM D2240, "Método de prueba estándar para las propiedades del caucho-Dureza de durómetro", 2015, ASTM Internacional.
10. Rangel N. Alva H., Romero J., Rivera J., Álvarez A. y Garcia E. "Synthesis and characterization of reinforced materials composite of polyurethane porous/ hydroxyapatite", *Rev. Iberoam. Polim.* 2007, 8(2), 99-111.
11. Goldstein, J., Newbury, D.E., Joy, D.C., Lyman, C.E., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L. y Michael, J.R. "Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis", 2003.

SINTESIS Y CARACTERIZACION DE NP'S DE AG OBTENIDAS POR MUCILAGO DE NOPAL

Ma. Guadalupe Garnica Romo¹, Héctor Eduardo Martínez Flores², Monserrat Paulina Ramírez Sánchez³

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ²Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ³Estudiante de Licenciatura Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESUMEN

Las nanopartículas de plata han sido objeto de estudio por su amplio uso como bactericida, fungicida, control de infecciones, recubrimientos de materiales textiles, además de ser usadas en el tratamiento de heridas y quemaduras. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue sintetizar y caracterizar nanopartículas de plata (NPAg) utilizando la denominada síntesis verde, la cual es eficaz, simple y de bajo costo, con la ventaja de que presenta un impacto ambiental amigable. Esta síntesis verde se realizó a partir del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), el cual fue extraído y filtrado, y utilizado como precursor de las nanopartículas. Para la síntesis se ocuparon 0.2 g de extracto de nopal, los cuales se disolvieron en 80 ml de agua desionizada y una solución de AgNO₃ 5mM. La solución Ag/Mucílago se mezcló utilizando una temperatura de 60 °C durante 30 min. La solución se tornó de color transparente a un color marrón, lo cual fue indicativo de la formación de las NPAg. Posteriormente, la solución se secó a 100 °C y se a continuación se expuso a 500 °C. Las NPAg se caracterizaron tanto en solución acuosa como en polvos, a través de las técnicas de espectroscopía UV-Vis. Los resultados mostraron que se presentó una resonancia de plasmón alrededor de 430 nm, atribuido a las partículas de Ag. La caracterización estructural se realizó por difracción de rayos-X, espectroscopía de Infrarrojo y análisis de tamaño de partícula. Por las técnicas anteriores se corroboró la presencia de NPAg con un tamaño de partícula de alrededor de 20nm. En este estudio, el extracto de *Opuntia ficus-indica* proporcionó un medio reductor para la producción de NPAg a través de un proceso simple y eficiente al obtenerse tamaños de partícula deseables con un amplio potencial de uso.

INTRODUCCIÓN

La síntesis verde o biosíntesis está siendo ampliamente estudiada por ser eficaz, simple y de bajo costo, dejando un impacto ambiental amigable. En ella se utilizan hongos, plantas o sus extractos para la reducción de iones metálicos por su contenido de vitaminas, proteínas, o varias otras moléculas orgánicas presentes.

El extracto de nopal es utilizado por su contenido de ácido ascórbico, el cual es conocido como un agente reductor [1]. El género *Opuntia* conocido comúnmente como nopal, se caracteriza por contener una proporción alta de mucílago. El contenido de mucílago encontrado en los cladodios (nopal) depende de factores como la variedad, el manejo del cultivo, factores ambientales y de cosecha. Las nanopartículas de plata (NPAg) han sido objeto de estudio por su potente uso como bactericida y fungicida, debido a esto se han utilizado en el control de infecciones, recubrimientos de materiales textiles, además de ser usadas en el tratamiento de heridas y quemaduras[2]. Diferentes investigaciones demuestran la síntesis de estas nanopartículas por medio de extractos como *Opuntia ficus-indica* (nopal), *Dillenia indica* (manzana de elefante), *Chenopodium ambrosioides* (epazote). En el presente trabajo se reporta la síntesis de nanopartículas de plata por medio de síntesis biológica o verde utilizando el extracto de nopal como agente reductor en solución acuosa. La caracterización estructural de las nanopartículas de plata se realizó por difracción de rayos X, espectroscopía uv-vis, espectroscopía de infrarrojo y análisis de tamaño de partícula.

PARTE EXPERIMENTAL

Se utilizó polvo de mucílago previamente extraído. La extracción del mucílago de *Opuntia ficus indica* se realizó con base en la técnica reportada por [3]. Su composición glucosídica es de L-arabinosa 35.36 %, D-galactosa 27.26 %, D-xilosa 16.32 %, D-glucosa 5.18 %, L-ramnosa 1.93 % y ácidos urónicos 13.91 %. Así mismo, los valores de humedad 5.39%, fibra dietética total 57.23 %, de la cual la fibra soluble es de 51.79 % y la fibra insoluble es de 5.43%, ceniza 15.13 %, calcio (g/100g) 4.53

g, proteína 5.24 %, grasa 0.09 % y carbohidratos totales 16.92 %. A continuación, se presenta el diagrama de flujo de la síntesis de nanopartículas de Ag (Figura 1)

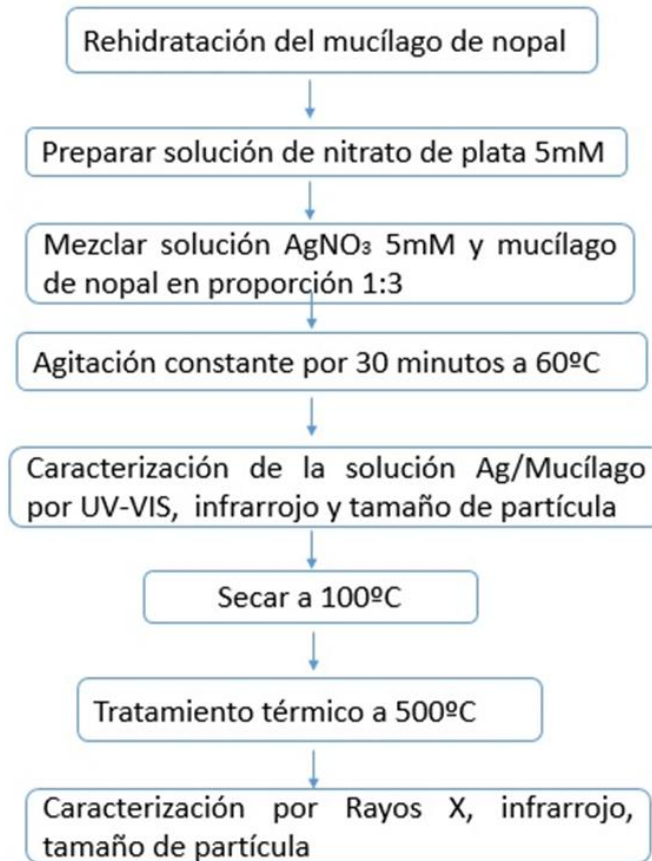


Figura 1. Metodología general

RESULTADOS

En la Figura 2 se puede observar el espectro de absorbancia de la solución acuosa Ag/Mucílago, el cual muestra una intensidad de absorbancia alrededor de 430 nm, lo cual indica una resonancia del plasmón que es atribuida a la absorción de Ag dipolar, mientras que a los 399 nm se asocia a una resonancia cuadrupolar. Se puede asumir que su tamaño de partícula es de alrededor de 40 nm para la resonancia del plasmón en longitud de onda 399 nm y de 430 nm a tamaño de partícula del orden de 100 nm Hlaing y col. 2016[4], lo anterior concuerda con lo reportado por Silva y col., (2012) [5] que usando mucílago de nopal (*Opuntia*), reportaron la absorción de nanopartículas de plata alrededor de los 400 nm. Y en 430 nm Ajitha y col., (2016) [6] usando extracto de *Lawsonia inermis* obtuvieron nanopartículas de plata.

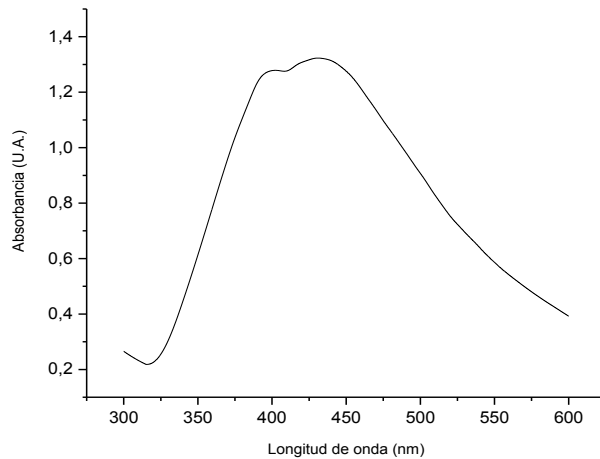


Figura 2. Espectro UV-VIS de solución acuosa Ag/Mucílago.

La medición de tamaño de partícula se realizó en la muestra coloidal de Ag/mucílago, la cual presentó valores de 36.5 nm y valores entre 135-158 nm (Figura 3).

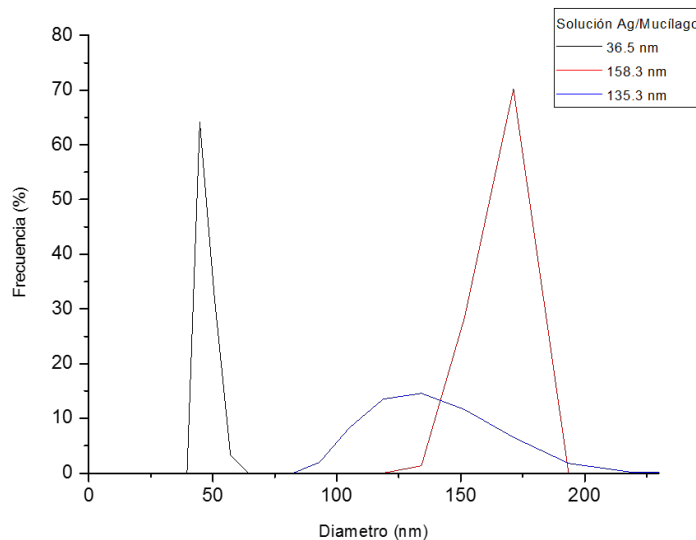


Figura 3. Distribución de tamaño de partícula en muestra coloidal Ag/Mucílago

Dichos resultados concuerdan con los datos obtenidos por espectroscopia de absorción de UV-VIS. En la Figura 4 se presenta el espectro de difracción de rayos X de la muestra secada 100 °C. Se pueden observar los picos de difracción de la Plata (marcados con número 1) en ángulos 2θ : 38.1°, 64.5° y 77.38°, con planos cristalinos (200), (221) y (311), respectivamente, que corresponden a los planos de difracción de la estructura cúbica centrada en la cara (FCC siglas en Inglés). Como se puede ver, además de la Plata metálica (Ag^0) se presentan algunos otros componentes de la plata los cuales son Nitrito de Plata (marcados con número 2) en ángulos 2θ : 26.7°, 29.3°, 31.9°, 35.1°, 46.3°, 48.2°, 49.5° y 56.1°; picos de difracción de Óxido de Plata (marcados con número 3) en ángulos 2θ : 32.9°, 42.3° y presencia de los componentes del extracto de nopal.

Los componentes del nopal presentes en el difractograma son carbonato de calcio en dos formas cristalinas: calcita y carbonato de calcio [CaCO₃] (siendo en mayor cantidad calcita); además de otros compuestos en menor cantidad como hidruro de calcio [CaH₂], hidrato de oxalato de hidrógeno de potasio [C₄H₃KO₈.2H₂O], fairchildita [K₂Ca(CO₃)₂]. La importancia reside en que el calcio de estos compuestos esta biodisponible para el cuerpo humano (Contreras-Padilla y col., 2016)[7].

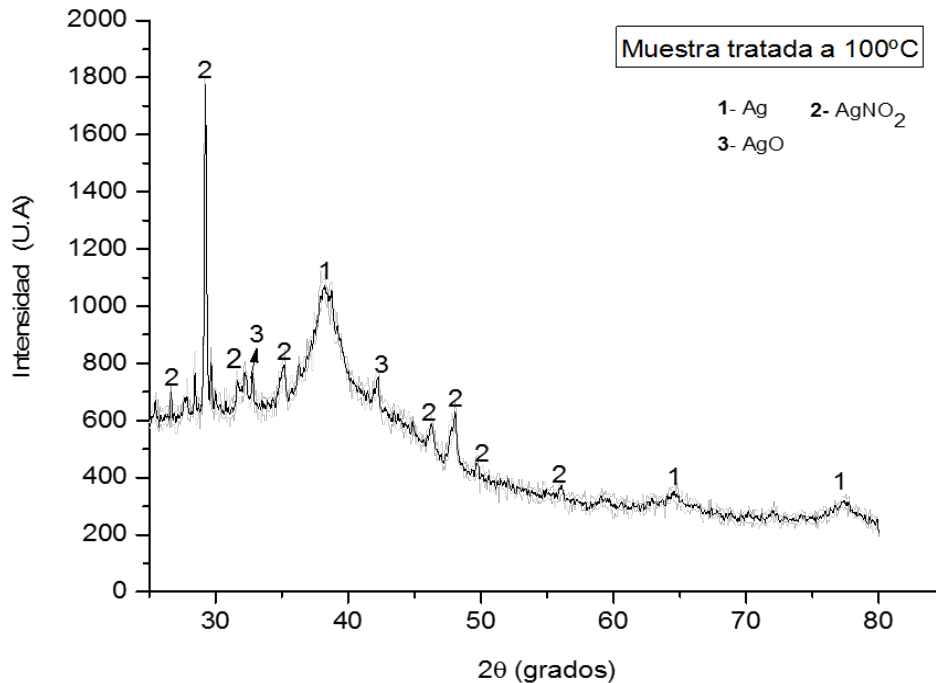


Figura 4. Difractograma de rayos X de muestra tratada a 100 °C.

Enseguida de secar a 100 °C, se calcinó la muestra a 500 °C. Esto con la finalidad de eliminar los residuos de los compuestos presentes en la muestra como nitritos u óxidos de plata, así como obtener un tamaño de cristal de Ag más pequeño. El espectro de difracción de rayos X, se observó evidencia los picos de difracción que corresponden a Plata en ángulos 2θ: 38.1°, 38.2, 44.28°, 64.43° y 77.38°.

El espectro infrarrojo de la muestra Ag/mucílago, secada a 100 °C (Figura 5), presentó bandas de transmisión en 1007.6 cm⁻¹, 1321.73 cm⁻¹, 1595.18 cm⁻¹, 2100.8 cm⁻¹, 2344.5 cm⁻¹, 3293 cm⁻¹, que están asociadas a grupos C-O, C-N, C=C, C≡C, C≡N y N-H respectivamente. En ella se puede observar aun la presencia de enlaces asociados con el mucílago y a las disociaciones nitrato de plata, donde el nitrógeno y oxígeno contribuyen a la formación o estabilización de grupos N-H o grupos carboxilo.

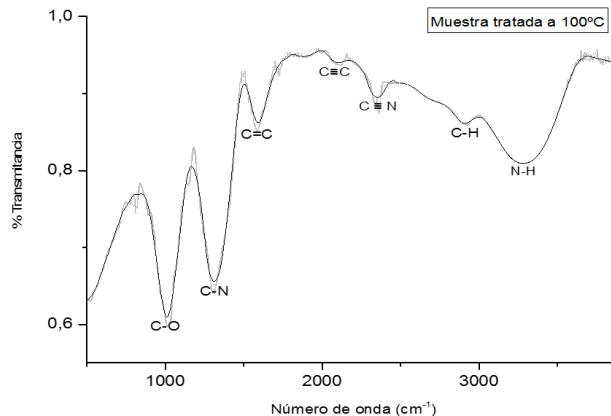


Figura 5. Espectro infrarrojo de muestra tratada a 100 °C.

CONCLUSIONES

Utilizando mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) como agente reductor de los iones plata fue posible obtener nanopartículas de plata coloidal con un tamaño que oscila entre 30 y 100 nm. Mediante espectroscopia UV-VIS fue posible detectar la presencia del plasmón con una absorción alrededor de 399 y 430 nm, la cuales correspondieron a partículas dipolares y cuadrupolares respectivamente. Mediante difracción de rayos X se obtuvieron patrones de difracción en muestras secadas a 100 °C, observándose la presencia de Ag metálica y remanentes de la plata y mucílago

BIBLIOGRAFÍA

1. J. G. Bocarando-Chacón, M. Cortez-Valadez, D. Vargas-Vázquez, F. Rodríguez Melgarejo, M. Flores-Acosta, P. G. Mani-Gonzalez, E. León-Sarabia, A. Navarro-Badilla, R. Ramírez-Bon, "Raman bands in Ag nanoparticles obtained in extract of *Opuntia ficus-indica* plant", *Physica E*, Vol. 59, 2014, pp. 15-18.
2. M. A. Robles-García, F. Rodríguez-Félix, E. Márquez-Ríos, A. Barrera-Rodríguez, J. Aguilar-Martínez, C. L. Del-Toro-Sánchez, "Aplicaciones biomédicas, textiles y alimentarias de nanoestructuras elaboradas por electrohilado", *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, Vol. 16, 2014, pp. 44-52.
3. S. Rodríguez-González, H. E., Martínez-Flores, C. K. Chávez-Moreno, L. I. Macías-Rodríguez, E. Zavala-Mendoza, M. G. Garnica-Romo, L. Chacón-García, "Extraction and Characterization of Mucilage from wild Species of *Opuntia*", *Journal of Food Process Engineering*, Vol. 37, 2014, pp. 1745-4530.
4. M. Hlaing, B. Gebear-Eigzabher, A. Roa, A. Marcano, D. Radu, C-Y. Lai, "Absortion and scattering cross-section extinction valves of silver nanoparticles", *Optical Materials*, Vol. 58, 2016, pp. 439-444.
5. L. E. Silva-de-Hoyos, V. Sánchez-Mendieta, A. Rico-Moctezuma, A. R. Vilchis-Néstor, "Silver nanoparticles biosynthesized using *Opuntia ficus* aqueous extract", *Superficies y Vacío*, Vol. 25, 2012, pp. 31-35.
6. B. Ajitha, Y. Ashok Kumar Reddy, P. Sreedhara Reddy, Y. Suneetha, J. Hwan-Jin, Chi Won Ahna, "Instant biosynthesis of silver nanoparticles using *Lawsonia inermis* leaf extract: Innate catalytic, antimicrobial and antioxidant activities", *Journal of Molecular Liquids*, Vol. 219, 2016, pp. 474-48.
7. M. Contreras-Padilla, M. E. Rodríguez-García, E. Gutiérrez-Cortez, M. C. Valderrama-Bravo, J. I. Rojas-Molina, E. M. Rivera-Muñoz, "Physicochemical and rheological characterization of *Opuntia ficus* mucilage at three different maturity stages of cladode", *European Polymer Journal*, Vol. 78, 2016, pp. 226-234.