



- Advisor:** **Dr. Fernando Martell Chávez**
- Committee Members:** **Dr. Carlos Alberto Paredes Orta**  
(Chairperson)
- Dr. Juan Manuel López Téllez**  
(Secretary)
- Dr. Fernando Martell Chávez**  
(Evaluator )
- Dra. Irma Yolanda Sánchez Chávez**  
(ITESM- Evaluator)
- Dr. Raúl Arturo Ortiz Medina**  
(UPA-Evaluator)
- Dr. Arturo Díaz Ponce**  
(Substitute Evaluator)

**Thesis:** **"OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE MODELACIÓN Y CONTROL PARA MANIPULADORES ROBÓTICOS Y SU APLICACIÓN EN ROBOTS VIRTUALES"**

**Summary:**

El trabajo a distancia se está volviendo común en escuelas y universidades, la formación a distancia implica el uso de tecnologías como las máquinas de realidad virtual que facilitan la enseñanza y el aprendizaje de temas de ingeniería como robótica y mecatrónica. Los robots virtuales y sus sistemas de control se pueden implementar usando software de código abierto y plataformas de hardware de bajo costo. Este documento presenta la metodología para el desarrollo de un robot virtual articulado UR5 diseñado para su uso en un laboratorio virtual para la realización de prácticas de robótica y control. El modelado y la animación 3D del robot virtual se realizan en Solidworks y Blender respectivamente. El robot virtual requiere interactuar con un controlador externo utilizando un esquema "hardware in the loop".

El controlador externo se programa en CODESYS y utiliza Modbus TCP como protocolo de comunicación. Como técnicas de modelación y control del robot se propone la estimación del par de carga a partir de un modelo de motor de corriente directa de orden reducido y convertido a tiempo discreto para simular los actuadores. Se utilizan algoritmos de control que combinan una máquina de estados finitos para el control de posición de las articulaciones con un control de velocidad que utiliza un controlador proporcional integral derivativo basado en el principio de modelación interna. El esquema de control propuesto permite la operación manual y de lazo cerrado de los ejes de movimiento. Las ecuaciones cinemáticas se implementaron también en el controlador externo para lograr el control cinemático inverso del robot UR virtual. El sistema desarrollado es útil para el aprendizaje práctico de la robótica, tanto del control de los ejes de movimiento como del control cinemático.