



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**Unidad Regional Centro**  
**División de Ingeniería**  
**Departamento de Ingeniería Industrial**  
**LICENCIATURA INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**Nombre de la Asignatura:** CONTROL DE ROBOTS MANIPULADORES

<b>Clave:</b>	<b>Créditos:</b> 8	<b>Horas totales:</b> 80	<b>Horas Teoría:</b> 1	<b>Horas Práctica:</b> 4	<b>Horas Semana:</b> 5
---------------	-----------------------	------------------------------	---------------------------	-----------------------------	---------------------------

**Modalidad:** Presencial      **Eje de formación:** Especializante

**Elaborado por:** DR. CARLOS FIGUEROA NAVARRO, DR. RAFAEL CASTILLO ORTEGA

**Antecedente:**      **Consecuente:**

**Carácter:** Optativa      **Departamento de Servicio:** Ingeniería industrial

**Propósito:**

La asignatura pertenece al eje especializante y es de carácter optativa. El principal propósito es proporcionar a los estudiantes los aspectos fundamentales y básicos para programar, controlar e instalar robots industriales en líneas de producción de acuerdo a una planeación de tareas óptima.

## I. Contextualización

**Introducción:**

Esta materia introduce al alumno al control de robots y manipuladores. Se considera la robótica como parte importante de la automatización y de la mecatrónica, además es un generador de tecnología. El progreso de la ciencia y la tecnología han transformado el concepto de robot pasando de la ciencia ficción a ser un instrumento de la ingeniería. A partir de la década de los 60, los robots industriales se han colocado en las cadenas de producción de la industria. La palabra robot es sinónimo de automatización y es capaz de ofrecer muchas aplicaciones al desarrollo de la industria y bienestar de la sociedad.

Las unidades didácticas del curso son:

La Unidad didáctica I trata sobre una introducción al control de robots manipuladores, se incluye todo sobre tecnología de robots y clasificación. La unidad busca que se describa el desarrollo evolutivo histórico y la tendencia de la robótica, asimismo la unidad hace que el alumno adquiera habilidad para el manejo de tecnología de robots y describir la lista componentes que forman un robot.

En la Unidad didáctica II se presentan los principales servomotores para diseño y construcción de robots manipuladores de transmisión directa. También se estudian sensores internos de posición del robot. El alumno estudia también los sensores, que son dispositivos fundamentales para el diseño y construcción de robots. Los servomotores son sistemas electromecánicos que pertenecen a una clase particular de actuadores eléctricos encargados de transmitir energía para producir el movimiento de un robot. Los sensores se emplean para efectuar el control automático. Hay sensores internos y externos. Los primeros se llaman encoders y proporcionan información sobre posición y movimiento. Los externos son los que registran fuerza, presión, visión y dotan al robot de un sistema de percepción.

En la Unidad didáctica III se estudia el tratamiento matemático necesario para entender la dinámica y el control del robot manipulador. En esta unidad el alumno conoce las herramientas matemáticas que se requieren en el análisis, diseño y control de robots manipuladores. La unidad también tiene como objeto exponer los conceptos esenciales de vectores, matrices y funciones de energía, donde se busca aprender operaciones matemáticas para control de robots manipuladores.

En la Unidad didáctica IV se estudia la cinemática de robots manipuladores y la metodología Denavit-Hartenberg. En esta parte el alumno estudia la cinemática de robots manipuladores industriales y las herramientas matemáticas que permiten su modelado. También describe las componentes, partes y estructura mecánica de un robot. Conoce la clasificación de robots industriales.

En la Unidad Didáctica V se estudia la dinámica de robots manipuladores a través de las ecuaciones de Euler-Lagrange, que se encuentran presentes en el robot manipulador. En esta unidad se presenta el modelo dinámico de robots manipuladores a través de las ecuaciones del movimiento. De igual forma incluye exponer la dinámica en coordenadas articulares y cartesianas; describir y analizar las propiedades matemáticas del modelo dinámico; exponer los esquemas de regresión: modelo dinámico, energía y potencia.

La Unidad didáctica VI se examina el control de posición y trayectoria del robot manipulador. Se presenta la metodología de moldeo de energía como una técnica de control automático para análisis y diseño de control de posición para robots manipuladores. También se trata de elaborar análisis y diseño de algoritmos de control. Asimismo, se incluye una guía de robots e implementación de instrucciones. Elaborar el análisis del desempeño de esquemas de control.

En la Unidad didáctica VII finalmente se expone la robótica móvil y se tiene la finalidad de presentar un panorama general de los conceptos más importantes relacionados al modelado de los robots móviles, así como su problemática de control y técnicas que se emplean. La idea es que el alumno adquiera habilidad en el control de robots móviles y pueda conocer como es el análisis cinemático y dinámico, asimismo, las principales configuraciones de locomoción para este tipo de robots.

<b>Perfil del(los) instructor(es):</b>	Poseer Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica Preferentemente con grado académico de maestría o especialidad Con experiencia docente y desarrollo profesional comprobada cuando menos de dos años en áreas afines al campo de la materia.
--	---

## II. Competencias a lograr

<p><b>Competencias genéricas a desarrollar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.</b> Articula saberes de diversos campos y establece relaciones entre ellos y su vida cotidiana.</li> <li>• <b>Trabajo colaborativo.</b> Asume una actitud constructiva, congruente con los conocimientos y habilidades con los que cuenta dentro de distintos equipos de trabajo.</li> <li>• <b>Capacidad para la toma de decisiones.</b> Evalúa y sopesa información importante para identificar los aspectos relevantes. Define la prioridad para la solución del problema en términos de impacto y urgencia.</li> <li>• <b>Capacidad para realizar investigación básica y aplicada.</b> Identifica los sistemas y reglas o principios medulares que subyacen a una serie de fenómenos.</li> <li>• <b>Competencia Digital.</b> Aplica herramientas digitales para el pensamiento reflexivo, la creatividad y la innovación.</li> </ul>
--

**Competencias específicas:**

- HABILIDAD PARA UTILIZAR HERRAMIENTAS DE TECNOLOGÍA EN INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES PARA EL DIBUJO, DISEÑO, MANUFACTURA E INGENIERÍA ASISTIDOS POR COMPUTADORA
  - Elaborar un proyecto integrador para el diseño, construcción y puesta en marcha de robots.
  - Describir el estado del arte en la robótica en sus aspectos motrices y de inteligencia artificial.
- HABILIDAD PARA DESARROLLAR SISTEMAS DE CONTROL Y DE AUTOMATIZACIÓN.
  - Presentar los fundamentos del control de robots manipuladores y sus aplicaciones. Aprender los modelos matemáticos y físicos necesarios y aplicables a la robótica, con el rigor requerido para el análisis y diseño de robots manipuladores.
- HABILIDAD PARA DESARROLLAR HARDWARE Y/O SOFTWARE PARA APLICACIONES ESPECÍFICAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.
  - Reproducir los conocimientos y habilidades para el análisis y la programación de manipuladores industriales

**Objetivo General:**

Presentar los fundamentos de control de robots manipuladores haciendo énfasis en la matemáticas y física involucrada para después programar con MATLAB posiciones y trayectorias.

**Objetivos Específicos:**

1. Adquirir habilidades para el manejo de la tecnología y componentes que conforman un robot.
2. Seleccionar tecnología de servomotores para diseñar y construir robots.
3. Exponer los conceptos fundamentales de análisis y diseño de esquemas de control en robótica.
4. Presentar el estudio cinemático de robots manipuladores y las herramientas matemáticas que permiten su modelado.
5. Adquirir habilidad en el modelado dinámico de robots manipuladores y el proceso de identificación paramétrica.
6. Estudiar la metodología del moldeo de energía como técnica de diseño de control de posición. Asimismo, manejar algoritmos de control de trayectoria.
7. Presentar los conceptos relacionados al modelado de robots móviles con ruedas.

**Unidades Didácticas:**

**Unidad Didáctica I** – INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE ROBOTS MANIPULADORES

**Unidad Didáctica II** –SERVOMOTORES Y SENSORES PARA ROBOTS

**Unidad Didáctica III** –MATEMÁTICAS PARA LA DINÁMICA Y EL CONTROL DEL ROBOT MANIPULADOR

**Unidad Didáctica IV** –CINEMÁTICA DE ROBOTS MANIPULADORES

**Unidad Didáctica V** –DINÁMICA DE ROBOTS MANIPULADORES

**Unidad Didáctica VI**-CONTROL DE POSICIÓN Y TRAYECTORIA DEL ROBOT MANIPULADOR

**Unidad Didáctica VII**- ROBOTS MÓVILES

### III. Didáctica del programa

#### **Unidades Didácticas:**

#### **Unidad didáctica I. Introducción al control de robots manipuladores**

En la unidad I, el alumno conoce el impacto de la robótica como área científica y tecnológica indispensable para crecimiento de la economía de una sociedad dinámica, asimismo, la unidad busca que se describa el desarrollo evolutivo histórico y la tendencia de la robótica. La unidad hace que el alumno adquiera habilidad para el manejo de tecnología de robots, componentes que forman un robot.

- Introducción
- Tipos de robots
- Componentes de un robot
- Control de robots manipuladores
- Tecnología de robots
- Sociedades científicas de la robótica
- problemas

#### **Unidad didáctica II. Servomotores y sensores para robots**

En la unidad II, el alumno estudia los servomotores y los sensores, que son dispositivos fundamentales para el diseño y construcción de robots. Los servomotores son sistemas electromecánicos que pertenecen a una clase particular de actuadores eléctricos encargados de transmitir energía para producir el movimiento de un robot. Los sensores se emplean para efectuar el control automático. Hay sensores internos y externos. Los primeros se llaman encoders y proporcionan información sobre posición y movimiento. Los externos son los que registran fuerza, presión, visión y dotan al robot de un sistema de percepción.

- Introducción
- Servomotores
- Sistemas de engranaje
- Trasmisión directa
- Programación de robots
- Resolvers
- Potenciómetro
- Encoders
- Problemas.

#### **Unidad de didáctica III. Matemáticas para la dinámica y el control del robot manipulador**

En la unidad III, el alumno el alumno conoce las herramientas matemáticas que se requieren en el análisis, diseño y control de robots manipuladores. La unidad también tiene como objeto exponer los conceptos esenciales de vectores, matrices y funciones de energía. Asimismo, se busca aprender operaciones matemáticas para control de robots manipuladores. La idea es que se pueda elaborar análisis de sistemas dinámicos. también la unidad incluye exponer los conceptos de análisis y diseño de esquemas de control de robots, así como elaborar análisis de sistemas dinámicos vía Lyapunov.

- Vectores
- Matrices

- Funciones definidas positivas
- Puntos de equilibrio
- Estabilidad de Lyapunov
- Norma L

#### **Unidad didáctica IV. –Cinemática de robots manipuladores**

En La unidad VI, el alumno estudia la cinemática de robots manipuladores industriales y las herramientas matemáticas que permiten su modelado. También describe las componentes, partes y estructura mecánica de un robot. Conoce la clasificación de robots industriales. También se busca aplicar la convención Denavit-Hartenberg y elaborar análisis cinemático y diferencial de robots manipuladores.

- Morfología del robot
- Transformaciones homogéneas
- Algoritmo Denavit-Hartenberg
- Cinemática diferencial
- Robot antropomórfico
- Configuración SCARA
- Configuración esférica
- Configuración cilíndrica
- Configuración cartesiana.

#### **Unidad didáctica V. –Dinámica de robots manipuladores**

En La unidad V, se presenta el modelo dinámico de robots manipuladores a través de las ecuaciones del movimiento de Euler-Lagrange. De igual forma incluye exponer la dinámica en coordenadas articulares y cartesianas; describir y analizar las propiedades matemáticas del modelo dinámico; exponer los esquemas de regresión: modelo dinámico, energía y potencia.

- Ecuaciones de Euler Lagrange
- Modelo dinámico
- Fuerzas centrípetas y de Coriolis
- Fricción
- Par gravitacional
- Modelo de energía
- Modelo de potencia
- Modelo dinámico cartesiano
- Identificación paramétrica
- Robot experimental

#### **Unidad didáctica VI. – Control de posición y trayectoria del robot manipulador**

En la unidad didáctica VI se presenta la metodología de moldeo de energía como una técnica de control automático para análisis y diseño de control de posición para robots manipuladores. También se trata de elaborar análisis y diseño de algoritmos de control. Asimismo, se incluye una guía de robots e implementación de instrucciones. Elaborar el análisis del desempeño de esquemas de control.

Esta unidad incluye otros temas que buscan adquirir habilidad y grado de conocimiento en el diseño de esquemas de control de alto desempeño. Por último, se estudian aplicaciones de control y desarrollo tecnológico de robots

industriales Presentar los algoritmos de control de trayectoria, análisis y diseño de estrategias de control.

- Regulación
- Control PD
- Moldeo de energía
- Índice de desempeño
- Aplicaciones de control de posición
- Inteligencia artificial
- Programación FANUC
- Análisis de estabilidad asintótica
- Ejemplos de control de trayectoria
- Control por calculado
- Control de fuerza impedancia.

#### **Unidad didáctica VII. –Robótica móvil.**

En esta unidad se tiene la finalidad de presentar un panorama general de los conceptos más importantes relacionados al modelado de los robots móviles, así como su problemática de control y técnicas que se emplean. la idea es que el alumno adquiera habilidad en el control de robots móviles y pueda conocer como es el análisis cinemático y dinámico, asimismo, las principales configuraciones de locomoción para este tipo de robots.

- Introducción
- Descripción de un robot móvil
- Configuración de un robot móvil
- Configuración Ackerman
- Configuración triciclo clásico
- Direccionamiento diferencial
- Configuración síncrona
- Movilidad y direccionalidad
- Cinemática de robot móviles
- Dinámica de robots móviles
- Control de robots móviles
- Diseño experimental.

#### ***Criterios de desempeño***

1. Participación activa en clase.
2. Ser puntuales.
3. Asistencia. Es muy importante. Tomar en cuenta el Reglamento Escolar.
4. Cumplir cabal y puntualmente con todas las actividades y trabajos.
5. Hacer los exámenes en las fechas programadas.
6. Trabajar en equipo.
7. Realizar prácticas de laboratorio programadas

#### ***Experiencias de Enseñanza / procesos y objetos de aprendizaje requeridos***

1. Exposición del maestro de conceptos teóricos y desarrollos matemáticos.
2. Exposición de alumnos de aplicaciones industriales.
3. Actividades en laboratorio de robótica.

<b>Experiencias de aprendizaje.</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lectura previa de los materiales</li> <li>2. Investigación de artículos de revistas de robótica.</li> <li>3. Exposición de modelos típicos de manipuladores</li> </ol>	
<b>Recursos didácticos y tecnológicos (material de apoyo):</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laptop del instructor.</li> <li>2. Cañón.</li> <li>3. Pintarrón</li> <li>4. Conexión a internet.</li> <li>5. Prototipos didácticos del laboratorio de robótica.</li> <li>6. Videos audiovisuales de manipulación mecánica.</li> </ol>	
<b>Bibliografía</b>	<b>Básica/ Complementaria</b>
Reyes F. C. (2011). Control de Robots Manipuladores. España: Edit. Alfaomega.	<b>Básica</b>
Reyes F. C.(2009). MATLAB aplicado a la mecatrónica. España: Edit. Alfaomega.	<b>Básica</b>
Baturone A. O. (2001). Robótica; Manipuladores y Robots Móviles. España: Edit. Marcombo.	<b>Básica</b>
Mark W., Spong S. H. (2005). Robot Modeling and Control. Edit. Wiley.	<b>Básica</b>

#### IV. Evaluación Formativa de las Competencias

#	Tipo (C,H, A)	Evidencias a evaluar	Criterios de evaluación	Técnicas e Instrumentos de Evaluación	Ponderación %
1	C	Examen parcial	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades I y II	Examen escrito	20 %

2	H, A	Exposiciones de modelos típicos de la robótica	Se evaluará la capacidad, habilidades y actitudes en relación a trabajo en equipo, lectura y análisis de modelos, exposición, organización de ideas.	Diseño, debate, organización y presentación de modelos típicos de la robótica	15 %
3	C	Examen parcial	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades III y IV	Examen escrito	20 %
4	H, A	Prácticas de laboratorio	Se evaluarán los conocimientos, habilidades y actitudes en la realización de prácticas de laboratorio	Evidencias de práctica de laboratorio	15 %
5	C	Examen parcial	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades V, VI y VII	Examen escrito	20 %
6	H, A	Participación activa en clase	Se evaluarán las habilidades de comunicación, organización y actitudes de trabajo y compromiso del alumno	Participación en clases y asistencia	10 %
				<b>Total</b>	<b>100 %</b>

C: Conocimientos H: Habilidades A: Actitudes