

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA**  
**PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE**

**I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN**

1. **Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Mexicali; Facultad de Ingeniería y Negocios, Tecate; y Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas.
2. **Programa Educativo:** Ingeniero en Mecatrónica
3. **Plan de Estudios:**
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Robótica
5. **Clave:**
6. **HC: 01 HL: 02 HT: 02 HPC: 00 HCL: 00 HE: 01 CR: 06**
7. **Etapas de Formación a la que Pertenece:** Terminal
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Obligatoria
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



**Equipo de diseño de PUA**

Jován Oseas Mérida Rubio  
Raúl Rascón Carmona  
Carlos Alberto Chávez Guzmán

**Firma**

**Vo.Bo. de Subdirectores de  
Unidades Académicas**

Alejandro Mungaray Moctezuma  
Angélica Reyes Mendoza  
María Cristina Castañón Bautista

**Firma**

*M. Cristina Castañón Bautista*

**Fecha:** 01 de junio de 2018

## **II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE**

El propósito de la asignatura es proveer al estudiante de la habilidad para realizar el análisis electrónico, mecánico, dinámico, el diseño de control y la programación de robots, para proponer soluciones en el ámbito industrial y de servicios, mediante la elección y aplicación de los robots.

Esta unidad de aprendizaje se ubica en la etapa terminal con carácter de obligatoria y pertenece al área de Diseño en Ingeniería.

## **III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE**

Diseñar un robot a través del conocimiento de las partes que lo componen, del análisis cinemático y dinámico, de las metodologías de control y de su programación, para proveer soluciones en el ámbito industrial y de servicios, con una actitud responsable, analítica y colaborativa.

## **IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO**

Diseña, construye y presenta el prototipo de un robot y de un controlador de posición; debe entregar además el reporte del prototipo, el cual debe incluir: portada, índice, descripción del problema a resolver, fundamentos teóricos, desarrollo, conclusiones y bibliografía; se entregará en equipo con los nombres y matrículas de los integrantes, entregándose en tiempo forma. Los equipos expondrán los resultados finales obtenidos.

## V. DESARROLLO POR UNIDADES

### UNIDAD I. Evolución de la Robótica

**Competencia:**

Identificar la importancia de la robótica y su evolución dentro de la sociedad, a través de su origen, clasificación y especificaciones de los robots, para establecer su relación con el ámbito profesional, con diligencia y responsabilidad.

**Contenido:**

- 1.1. Origen y Desarrollo de la Robótica
- 1.2. Clasificación de los Robots
- 1.3. Especificaciones de los Robots

**Duración:** 1 hora

## UNIDAD II. Morfología de los robots

### **Competencia:**

Identificar los componentes de un robot, a través del estudio de las estructuras mecánicas, los tipos de articulaciones, las configuraciones, los sensores y actuadores utilizados en su construcción, con el fin de determinar los grados de libertad, el espacio de trabajo y la aplicación, con eficiencia y trabajo en equipo.

### **Contenido:**

**Duración:** 2 horas

- 2.1. Estructura Mecánica del Robot
- 2.2. Transmisiones y Reductores
  - 2.2.1. Transmisiones
  - 2.2.2. Reductores
  - 2.2.3. Accionamientos Directos
- 2.3. Actuadores
  - 2.3.1. Actuadores Neumáticos
  - 2.3.2. Actuadores Hidráulicos
  - 2.3.3. Actuadores Eléctricos
- 2.4. Sensores Internos
  - 2.4.1. Sensores de Posición
  - 2.4.2. Sensores de Velocidad
  - 2.4.3. Sensores de Presencia

## UNIDAD III. Cinemática del robot

### Competencia:

Encontrar la cinemática de robots, a través del análisis matemático y geométrico, para la obtención de los modelos matemáticos que definen la ubicación espacial, la velocidad y la trayectoria del efector terminal, con compromiso y creatividad.

### Contenido:

**Duración:** 4 horas

- 3.1. Fundamentos Matemáticos
- 3.2. Sistemas de coordenadas
  - 3.2.1. Representación de un punto en los sistemas de coordenadas
  - 3.2.2. Descripciones espaciales: Ejes de referencia, posición y orientación
- 3.2. Rotaciones
  - 3.2.1. Rotación Fundamental
  - 3.2.2. Rotación Compuesta
- 3.3. Coordenadas Homogéneas
  - 3.3.1. Rotación y Traslación
  - 3.3.2. Transformación Homogénea Compuesta
  - 3.3.3. Transformación Screw
- 3.4. Coordenadas de Enlace
  - 3.4.1. Parámetros Cinemáticas
  - 3.4.2. Representación Denavit-Hartenberg (D-H)
- 3.5. Ecuación del Brazo
  - 3.5.1. Matriz del Brazo
  - 3.5.2. Ecuación del Brazo
- 3.6. Análisis de Cinemática Directa de Robots Comerciales
- 3.7. Cinemática Inversa
  - 3.7.1. Planteamiento de la Cinemática Inversa
  - 3.7.2. Propiedades Generales
- 3.8. Configuración de la Herramienta
- 3.9. Modelado de cinemática inversa por el método gráfico
- 3.10. Modelado de cinemática inversa por el método algebraico
- 3.11. Análisis de Cinemática Inversa de Robots Comerciales

## UNIDAD IV. Dinámica del robot

### Competencia:

Elaborar la dinámica de robots, a través de las ecuaciones de Newton-Euler y Euler-Lagrange, para la obtención de los modelos matemáticos que definen la relación entre los pares y fuerzas articulares, con objetividad y solidaridad.

### Contenido:

**Duración:** 4 horas

- 4.1. Aceleración de un cuerpo rígido.
- 4.2. Distribución de la masa.
- 4.3. Ecuación de Newton, Ecuación de Euler.
- 4.4. Formulación dinámica iterativa de Newton-Euler.
- 4.5. Comparación entre forma iterativa y forma cerrada.
- 4.6. Estructura de las ecuaciones dinámicas de manipulador.
- 4.7. Formulación Lagrangiana de la dinámica de manipuladores.
- 4.8. Formulación de la dinámica de manipuladores en espacio cartesiano.
- 4.9. Simulación dinámica.

## UNIDAD V. Control de posición de robots

### Competencia:

Diseñar un controlador de posición para el efector final de un robot, a través de estructuras básicas de control, para resolver el problema de posición de un robot, con una actitud crítica y analítica.

### Contenido:

**Duración:** 3 horas

#### 5.1. Regulación

5.1.1. Control PD

5.1.2. Análisis cuantitativo del control PD

5.1.3. Control PID

#### 5.2. Moldeo de energía

5.2.1. Control con acciones no acotadas

5.2.2. Control con acciones acotadas

5.2.3. Ejemplos de algoritmos de control de posición

#### 5.3. Aplicaciones de control de posición

5.3.1. Control Cartesiano

5.3.2. Control punto a punto

## UNIDAD V. Programación de robots

### Competencia:

Programar un robot industrial, mediante consola, para resolver una necesidad real, con actitud objetiva y proactiva.

### Contenido:

**Duración:** 2 horas

- 6.1. Métodos de Programación de Robots
  - 6.1.1. Programación por Guiado
  - 6.1.2. Programación Textual
- 6.2. Requerimientos de un Sistema de programación de Robots
  - 6.2.1. Entorno de programación
  - 6.2.2. Modelado del Entorno
  - 6.2.3. Tipos de Datos
  - 6.2.4. Manejo de Entradas y Salidas
  - 6.2.5. Control de Movimiento del Robot
  - 6.2.6. Control del flujo de Ejecución del Programa
- 6.3. Ejemplo de Programación de un Robot Industrial



## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Clasificar los robots, mediante el estudio de las configuraciones, para determinar las diferentes áreas de aplicación, con un sentido de trabajo y ética.	Determina las diferentes configuraciones de los robots, así como también sus características mediante el estudio y análisis de artículos y apuntes electrónicos; entrega un reporte con el contenido establecido en rúbrica.	Artículos electrónicos, apuntes electrónicos, computadora y proyector.	4 horas
2	Reconocer los componentes de un robot, a través del estudio e investigación de las partes que lo integran de acuerdo a su configuración, para determinar el tipo de aplicación, con trabajo en equipo y responsabilidad.	Identifica los diferentes componentes mecánicos y electrónicos que integran a los robots a partir de hojas de datos de robots comerciales, y entrega un informe donde se establezcan las diferentes aplicaciones industriales.	Artículos electrónicos, apuntes electrónicos, computadora y proyector.	4 horas
3	Elaborar el modelo cinemático de robots, mediante el análisis vectorial, matricial y geométrico, para definir la ubicación la orientación, posición, la velocidad y la trayectoria del efector terminal del robot, con integridad y compañerismo.	<p>Realiza ejercicios de operaciones vectoriales y matriciales, entrega un conjunto de problemas resueltos dándole el formato establecido en rúbrica.</p> <p>Determina la posición y orientación de puntos y cuerpos en el espacio respecto de un conjunto de sistemas de referencia. Entrega un reporte que cumpla con la rúbrica.</p> <p>Resuelve ejercicios para obtener las matrices de rotación, translación y transformación homogénea para determinadas configuraciones de robots. Entrega la solución de los ejercicios según</p>	Artículos electrónicos, apuntes electrónicos, computadora y proyector.	8 horas

		<p>se indique en la rúbrica.</p> <p>Realiza la cadena cinemática de los eslabones de un robot utilizando la metodología Denavit–Hartenberg. Realiza una presentación en video donde expliquen la metodología aplicada a una configuración específica de un robot.</p> <p>Obtén un modelo cinemático directo e inverso de un robot manipulador con el fin de determinar la trayectoria o posición final del efector terminal. Realiza reporte.</p>		
4	<p>Elaborar el modelo dinámico de robots, mediante el uso de las ecuaciones de Newton-Euler y Euler-Lagrange, para definir la relación entre los pares y fuerzas articulares, con honestidad y actitud de servicio.</p>	<p>Analiza los principios de la ecuación de energía para sistemas dinámicos y entrega un reporte con el formato establecido en la rúbrica.</p> <p>Calcula momentos de inercia de masas puntuales y de una distribución continua haciendo uso de la geometría de los elementos y del cálculo integral. Entrega un reporte con ejercicios resueltos.</p> <p>Desarrolla el modelo dinámico de un robot utilizando las ecuaciones de Newton-Euler y Euler-Lagrange. Entrega un reporte y hacer una presentación en computadora, de acuerdo a rúbrica.</p>	<p>Artículos electrónicos, apuntes electrónicos, computadora y proyector.</p>	8 horas

5	Análisis de controladores de posición para robots, mediante el estudio de metodologías básicas de control, para la comprensión del diseño de controladores, con sentido de pertenencia y responsabilidad.	A partir de los controladores existentes, aplica un controlador para la solución al problema de posición del efector final de un robot. Obtén la dinámica de la ecuación en lazo cerrado y describir las ventajas y desventajas del control utilizado. Redacta un reporte de acuerdo a rúbrica.	Artículos electrónicos, apuntes electrónicos, computadora y proyector.	8 horas
---	---	---	--	---------

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Analizar la cinemática y dinámica de modelos de robots comerciales, a través del uso de software especializado, para la comprensión del modelo matemático, con actitud proactiva y objetiva.	<p>Utiliza un software especializado para obtener las matrices de rotación, traslación y transformación de un robot. Realiza un reporte.</p> <p>Obtén la cinemática directa e inversa de un robot a través de un programa computacional. Realiza un reporte de los pasos realizados.</p> <p>Mediante un software especializado, obtén la dinámica de un robot comercial. Realiza un reporte de los pasos realizados.</p>	Matlab, Simulink, Labview y Solidwork, hoja de datos de robot comercial computadora y proyector.	8 horas
2	Simular el modelo cinemático y dinámico de robots, mediante el uso de software especializado, para definir la orientación, posición, la velocidad, la trayectoria del efector final y la	Por medio de un software especializado, simula el modelo cinemático para determinar y analizar el comportamiento de las posiciones, velocidades y trayectorias del efector final.	Matlab, Simulink, Labview y Solidwork, computadora y proyector.	8 horas

	relación entre los pares y fuerzas articulares, con honestidad y actitud de servicio.	<p>Genera un reporte según la rúbrica.</p> <p>Analiza el comportamiento del dinámico del robot mediante la simulación en software especializado para determinar las relaciones entre las fuerzas y pares articulares, así como las posiciones y velocidades de cada eslabón. Genera un reporte según la rúbrica.</p>		
3	Implementar un controlador de posición, mediante el uso de un sistema de control digital, para el control del efector final de un robot, con responsabilidad y creatividad.	Haciendo uso de hardware y software, coloca en funcionamiento el control digital de posición de un robot. Para ello desarrolla la parte mecánica, electrónica y la instrumentación por computadora. Realiza el reporte de acuerdo a la rúbrica.	Matlab, Simulink, Labview y Solidwork, tarjeta de adquisición, robot, computadora, proyector y multímetro.	8 horas
4	Programar un robot industrial, mediante una consola, para posicionar el efector final en una posición deseada, con solidaridad e integridad.	<p>Define condiciones de seguridad para manejo de un robot manipulador industrial y describir la metodología necesaria para grabar el origen del brazo del robot. Genera un reporte según la rúbrica.</p> <p>Identifica los principales componentes del robot manipulador poniendo énfasis en el sistema de ejes de movimiento del mismo. Genera un reporte según la rúbrica.</p> <p>Aprende a manejar la consola y el controlador del robot manipulador para realizar los movimientos</p>	Brazo robótico industrial, controlador, manual de brazo robótico, consola de control, multímetro, computadora y proyector.	8 horas

		<p>básicos del brazo. Genera un reporte según la rúbrica.</p> <p>Conoce los comandos para grabar posiciones y condiciones mediante la consola, así como ejecutar dichas instrucciones en un programa para que de manera automática el brazo realice un conjunto de movimientos. Genera un reporte según la rúbrica.</p> <p>Programa el robot para realizar una aplicación industrial, tal como: ensamblaje, paletizado, estibadora, etc. Realiza una presentación y un reporte según rúbrica.</p>		
--	--	---	--	--

## VII. MÉTODO DE TRABAJO

**Encuadre:** El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno.

### **Estrategia de enseñanza (docente)**

- Desarrollar sesiones para la presentación de la información teórica
- Coordinar las prácticas de taller y laboratorio
- Resolver un conjunto de problemas
- Exposiciones con videos de aplicaciones de la robótica
- Describir los componentes de un robot industrial, así como sus características y las definiciones básicas.
- Calcular los grados de libertad de diversos robots
- Argumentar la clasificación de robots por su configuración
- Resolver ejercicios sobre cinemática y dinámicas
- Resolver ejercicios sobre cinemática y dinámicas
- Utilizar y enseñar un software para el simulado de la cinemática y dinámica de un robot
- Diseñar y simular un controlador para un robot manipulador
- Exponer los esquemas básicos de control de robots
- Manipular en forma manual un robot industrial
- Programar un robot industrial
- Desarrollar programas con funciones básicas en un robot industrial para la realización de prácticas de laboratorio
- Desarrollar programas con funciones especiales en un robot industrial para la realización de prácticas de laboratorio

### **Estrategia de aprendizaje (alumno)**

- Investigar los conceptos de máquina y mecanismo, pares cinemáticos, cadena cinemática abierta cerrada
- Investigar en fuentes de información en forma individual sobre las aplicaciones de los robots
- Leer documentos proporcionados por el profesor acerca de los antecedentes históricos, el origen, el desarrollo de la robótica y sobre la clasificación de los robots
- Resolver problemas teóricos y prácticos de manera individual y en equipo
- Participar activamente en clase en actividades individuales y grupales
- Participar activamente en prácticas de taller y laboratorio de forma individual, en equipo y grupal.
- Exponer sobre las metodologías para obtener el modelo matemático
- Realiza reportes e informes de sus prácticas

## VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

### Criterios de acreditación

- 80% de asistencia para tener derecho a examen ordinario y 60% de asistencia para tener derecho a examen extraordinario de acuerdo al Estatuto Escolar artículos 70 y 71.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

### Criterios de evaluación

- Exámenes.....30%
- Tareas.....10%
- Prácticas.....20%
- Trabajo de investigación.....10%
- Evidencia de desempeño..... 30%  
(Prototipo de un robot 20% y su reporte 10%)

**Total..... 100%**

## IX. REFERENCIAS

Básicas	Complementarias
<p>Corke, P. (2017). <i>Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB</i>. Suiza: Springer International Publishing AG.</p> <p>Craig, J. (2006). <i>Robótica</i>. México: Prentice Hall. [clásica]</p> <p>Gutiérrez, C., Reséndiz, J., Santibáñez, J. &amp; Bobadilla G. (2014). A model and simulation of a five-degree-of-freedom robotic arm for mechatronic courses. <i>IEEE Latin America Transactions</i>, 12(2).</p> <p>Kelly, R. y Santibáñez, V. (2003). <i>Control de movimiento de robots manipuladores</i>. México: Pearson educación. [clásica]</p> <p>Libros Científicos. (2015). <i>MATLAB y Simulink. Introducción a la robótica</i>. Estados Unidos: Createspace.</p> <p>Lynch, K. y Park, F. (2017). <i>Modern robotics: mechanics, planning, and control</i>. Reino Unido: Cambridge University Press.</p> <p>Reyes, F. (2012). <i>Matlab aplicado a robótica y mecatrónica</i>. México: Alfaomega. [clásica]</p> <p>Reyes, F. (2013). <i>Robótica: control de robots manipuladores</i>. México: Alfaomega.</p> <p>Schilling, R. (1998). <i>Fundamentals of robotics, analysis &amp; control</i>. Inglaterra: Prentice Hall International. [clásica]</p>	<p>Fei, Y. y Xu, H. (2017). <i>Modeling and motion control of a soft robot</i>. <i>IEEE Transactions on Industrial Electronics</i>, 64(2), 1737-1742.</p> <p>Martín, O., Ortiz, M., Calles, C. y Rodríguez, J. (2015). <i>Robótica: análisis, modelado, control e implementación</i>. México: OmniaScience Scholar.</p> <p>Ollero, A. (2001). <i>Robótica manipuladores y robots móviles</i>. España: Alfaomega. [clásica]</p> <p>Pérez, M., Cuevas, E. y Zaldívar, D. (2014). <i>Fundamentos de robótica y mecatrónica con MATLAB y Simulink</i>. España: RA-MA.</p> <p>Saltaren, R., Puglisi, L., Sabater, J. y Yime, E. (2017). <i>Robótica aplicada, análisis y diseño de robots paralelos y seriales con MATLAB</i>. España: Dextra.</p> <p>Spong, M., Hutchinson S. &amp; Vidyasagar, M. (2006). <i>Robot modeling and control</i>. E. U.: John Wiley &amp; Sons. [clásica]</p>



## **X. PERFIL DEL DOCENTE**

El docente que imparta esta asignatura debe contar con título en Ingeniería en electrónica, mecatrónica o afín. Preferentemente con posgrado relacionado al área de control automático y/o robótica. Se sugiere experiencia en la implementación de sistemas de control para aplicaciones en el área de la robótica y en la impartición de curso de control automático y robótico a nivel licenciatura al menos de un año y que cuente con cursos pedagógicos. Con Facilidad para transmitir el conocimiento, proactivo, facilidad para transmitir el conocimiento, disposición para seguir reglamentos de taller o laboratorio y responsable.