

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

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:**Duración:** 1 hora

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

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.	Realiza ejercicios de operaciones vectoriales y matriciales, entrega un conjunto de problemas resueltos dándole el formato establecido en rúbrica. 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. Resuelve ejercicios para obtener las matrices de rotación, translación y transformación homogénea para determinadas configuraciones de robots. Entrega la solución de los ejercicios según	Artículos electrónicos, apuntes electrónicos, computadora y proyector.	8 horas

		se indique en la rúbrica. 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. 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.		
4	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.	Analiza los principios de la ecuación de energía para sistemas dinámicos y entrega un reporte con el formato establecido en la rúbrica. 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. 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.	Artículos electrónicos, apuntes electrónicos, computadora y proyector.	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.	Utiliza un software especializado para obtener las matrices de rotación, traslación y transformación de un robot. Realiza un reporte. Obtén la cinemática directa e inversa de un robot a través de un programa computacional. Realiza un reporte de los pasos realizados. Mediante un software especializado, obtén la dinámica de un robot comercial. Realiza un reporte de los pasos realizados.	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.	Genera un reporte según la rúbrica. 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.		
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.	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. Identifica los principales componentes del robot manipulador poniendo énfasis en el sistema de ejes de movimiento del mismo. Genera un reporte según la rúbrica. Aprende a manejar la consola y el controlador del robot manipulador para realizar los movimientos	Brazo robótico industrial, controlador, manual de brazo robótico, consola de control, multímetro, computadora y proyector.	8 horas

		básicos del brazo. Genera un reporte según la rúbrica. 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. Programa el robot para realizar una aplicación industrial, tal como: ensamblaje, paletizado, estibadora, etc. Realiza una presentación y un reporte según rúbrica.		
--	--	---	--	--

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

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- 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
Corke, P. (2017). <i>Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB</i>. Suiza: Springer International Publishing AG. Craig, J. (2006). <i>Robótica</i>. México: Prentice Hall. [clásica] Gutiérrez, C., Reséndiz, J., Santibáñez, J. & 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). Kelly, R. y Santibáñez, V. (2003). <i>Control de movimiento de robots manipuladores</i>. México: Pearson educación. [clásica] Libros Científicos. (2015). <i>MATLAB y Simulink. Introducción a la robótica</i>. Estados Unidos: Createspace. Lynch, K. y Park, F. (2017). <i>Modern robotics: mechanics, planning, and control</i>. Reino Unido: Cambridge University Press. Reyes, F. (2012). <i>Matlab aplicado a robótica y mecatrónica</i>. México: Alfaomega. [clásica] Reyes, F. (2013). <i>Robótica: control de robots manipuladores</i>. México: Alfaomega. Schilling, R. (1998). <i>Fundamentals of robotics, analysis & control</i>. Inglaterra: Prentice Hall International. [clásica]	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. Martín, O., Ortiz, M., Calles, C. y Rodríguez, J. (2015). <i>Robótica: análisis, modelado, control e implementación</i>. México: OmniaScience Scholar. Ollero, A. (2001). <i>Robótica manipuladores y robots móviles</i>. España: Alfaomega. [clásica] Pérez, M., Cuevas, E. y Zaldívar, D. (2014). <i>Fundamentos de robótica y mecatrónica con MATLAB y Simulink</i>. España: RA-MA. 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. Spong, M., Hutchinson S. & Vidyasagar, M. (2006). <i>Robot modeling and control</i>. E. U.: John Wiley & Sons. [clásica]

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.