

**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, Arquitectura y Diseño, Ensenada; Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Tijuana y Facultad de Ingeniería, Mexicali.
2. **Programa Educativo:** Ingeniero en Electrónica
3. **Plan de Estudios:** 2020-1
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Robótica
5. **Clave:** 36188
6. **HC:** 02 **HL:** 02 **HT:** 00 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 06
7. **Etapa de Formación a la que Pertenece:** Terminal
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Optativa
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



**Equipo de diseño de PUA**

Rigoberto Martínez Clark  
Lars Lindner  
Roberto Alejandro Reyes Martínez

**Firma**

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

Humberto Cervantes de Ávila  
Rocío Alejandra Chávez Santocoy  
Alejandro Mungaray Moctezuma

**Firma**

**Fecha:** 21 de noviembre de 2018

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

El propósito de la unidad de aprendizaje es brindar las herramientas teóricas y prácticas de la robótica, que proporcionan servicios en la industria, así como tareas de alta repetitividad o en entornos riesgosos asociados a los procesos de manufactura. Brinda conocimientos que permiten el análisis, la modelación y el diseño de controladores para definir la trayectoria del actuador del robot.

Esta unidad de aprendizaje forma parte del programa educativo de Ingeniero en Electrónica, en la etapa terminal con carácter de optativo y contribuye al área de conocimiento de Ingeniería Aplicada.

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

Diseñar sistemas de control para robots móviles y/o manipuladores, mediante el análisis cinemático, dinámico, la selección de la configuración del robot y la programación de tareas, para formular propuestas de automatización de procesos con base a estructuras robóticas, de manera responsable, creativa y con alto sentido de trabajo en equipo.

## **IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO**

Elabora un reporte técnico en donde se documente el proceso de análisis, programación y control de un sistema robótico (manipulador o móvil) que cumpla especificaciones técnicas y/o normatividad vigente, orientado a la solución de un problema o satisfacción de una necesidad del área industrial o de un evento de competencia académica.

## V. DESARROLLO POR UNIDADES

### UNIDAD I. La robótica

**Competencia:**

Describir las clasificaciones de los distintos tipos de robots, a través del estudio de los antecedentes y estructuras de la robótica, para identificar las diferentes capacidades de aplicación de los robots, con dedicación y de manera ordenada.

**Contenido:****Duración:** 4 horas

- 1.1. Historia de la Robótica
- 1.2. Tipos de robots
  - 1.2.1. Brazos manipuladores
  - 1.2.2. Robots móviles
  - 1.2.3. Telerobótica
- 1.3. Morfología de los robots
  - 1.3.1. Elementos y enlaces
  - 1.3.2. Grados de libertad
  - 1.3.3. Configuraciones
- 1.4. Caracterización de la muñeca
  - 1.4.1. Ángulos de Euler
  - 1.4.2. Volumen de trabajo
- 1.5. Accionamientos
  - 1.5.1. Accionamiento eléctrico
  - 1.5.2. Accionamiento hidráulico
  - 1.5.3. Accionamiento neumático
- 1.6. Sensores
  - 1.6.1. Sensores del estado interno
  - 1.6.2. Sensores de posición
  - 1.6.3. Sensores de velocidad
  - 1.6.4. Sensores de aceleración
  - 1.6.5. Sensores del entorno
  - 1.6.6. Sensores de distancia
  - 1.6.7. Sensores de par y fuerza

## UNIDAD II. Cinemática

### Competencia:

Aplicar métodos matemáticos, para la modelación de la posición del robot en el espacio de referencia, mediante transformaciones cinemáticas, de manera crítica y metodológica.

### Contenido:

**Duración:** 6 horas

- 2.1. Transformaciones homogéneas
- 2.2. Convención Denavit-Hartenberg
  - 2.2.1. Selección de sistemas de referencia
  - 2.2.2. Algoritmo Denavit-Hartenberg
- 2.3. Tipos de robots industriales
  - 2.3.1. Robot antropomórfico (RRR)
  - 2.3.2. Configuración SCARA (RRP)
  - 2.3.3. Configuración Esférica (RRP)
  - 2.3.4. Configuración Cilíndrica (RPP)
  - 2.3.5. Configuración Cartesiana (RRR)

## UNIDAD III. Dinámica de robots manipuladores

### Competencia:

Aplicar métodos matemáticos, para determinar el modelo dinámico del robot en el espacio de referencia, mediante la identificación paramétrica, de manera crítica y metodológica.

### Contenido:

**Duración:** 8 horas

- 3.1. Ecuaciones de Euler-Lagrange
- 3.2. Modelo dinámico
  - 3.2.1. Propiedades del modelo dinámico
  - 3.2.2. Fuerzas centrípetas y de Coriolis
  - 3.2.3. Modelo de energía
  - 3.2.4. Modelo de potencia
- 3.3. Modelo dinámico cartesiano
- 3.4. Identificación paramétrica
  - 3.4.1. Mínimos cuadrados
  - 3.4.2. Regresión lineal
  - 3.4.3. Regresión de la potencia filtrada
- 3.5. Ejemplos de modelos dinámicos
  - 3.5.1. Péndulo robot
  - 3.5.2. Robot de 2gdl
  - 3.5.3. Robot de 3 gdl

## UNIDAD IV. Control de posición de robots manipuladores

### Competencia:

Sintonizar e implementar controladores dinámicos lineales, para aplicaciones de control de posición, mediante el cálculo y determinación de los coeficientes del controlador PID, de manera estructurada y analítica.

### Contenido:

**Duración:** 8 horas

- 4.1. Regulación
  - 4.1.1. Control de articulaciones
- 4.2. Control PD
  - 4.2.1. Control PD péndulo
- 4.3. Control PID
  - 4.3.1. Control robot 3 gdl
- 4.4. Consideraciones de inercias
  - 4.4.1. Desacoplamiento inercial
- 4.5. Aplicaciones de Control de posición
  - 4.5.1. Control cartesiano
  - 4.5.2. Control punto a punto
- 4.6. Programación de instrucciones de robots
  - 4.6.1. Programación por guiado
  - 4.6.2. Programación a nivel de robot
  - 4.6.3. Programación a nivel tarea
  - 4.6.4. Lenguaje de programación ACL
  - 4.6.5. Programación FANUC

## UNIDAD V. Robots móviles

### **Competencia:**

Describir las capacidades de los distintos tipos de robots móviles, a través del estudio de sus atributos cinemáticos, dinámicos y de control, para identificar oportunidades de aplicación en la industria y de servicio a la sociedad, de manera analítica y creativa.

### **Contenido:**

**Duración:** 6 horas

- 5.1. Descripción de robot móvil con ruedas
  - 5.1.1. Tipos de ruedas
- 5.2. Configuración de robots móviles
  - 5.2.1. Configuración ackerman
  - 5.2.2. Configuración triciclo
  - 5.2.3. Direccionamiento diferencial
  - 5.2.4. Configuración síncrona
- 5.3. Cinemática de robots móviles
- 5.4. Dinámica de robots móviles
- 5.5. Control de robots móviles

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Describir los elementos de un sistema robótico y su plataforma de configuración, mediante la inspección visual y la lectura de la ficha técnica de los equipos de laboratorio, para conocer las diferentes capacidades de aplicación de los robots, de manera cuidadosa y responsable.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El docente explica las reglas de seguridad del laboratorio y presenta los elementos necesarios para configuración y uso de los robots.</li> <li>2. El alumno investiga y obtiene las fichas técnicas de los equipos y hace una inspección de los mismos.</li> <li>3. El alumno entrega un reporte técnico de las características de operación de los robots.</li> </ol>	Internet, sistema robótico y plataforma de software de configuración.	4 horas
2	Realizar cálculos y simulaciones, con la aplicación de modelos matemáticos, para posicionar el manipulador del robot en el espacio de referencia, de manera analítica y estructurada.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El docente plantea problemas de posicionamiento del manipulador del robot.</li> <li>2. El alumno resuelve de manera analítica los problemas y comprueba los resultados mediante simulaciones.</li> <li>3. El alumno entrega al docente el reporte con análisis y conclusión de los resultados.</li> </ol>	Plataforma de software de simulación.	6 horas
3	Realizar cálculos y simulaciones, con la aplicación de la descripción matemática, para determinar los parámetros del modelo dinámico del robot, de manera ordenada y analítica.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El docente plantea problemas del modelo dinámico del robot.</li> <li>2. El alumno resuelve de manera analítica los problemas y comprueba los resultados mediante simulaciones.</li> <li>3. El alumno entrega al docente el reporte con análisis y conclusión de los resultados.</li> </ol>	Plataforma de software de simulación.	8 horas
4	Implementar un controlador PID/ PI, mediante el cálculo de los coeficientes, para validar la respuesta del sistema	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El docente plantea problemas de control dinámico del robot.</li> <li>2. El alumno resuelve de manera</li> </ol>	Plataforma de software de simulación o sistema robótico.	8 horas



	dinámico, de manera ordenada y analítica.	analítica los problemas e implementa el controlador. 3. El alumno entrega al docente el reporte con análisis de la respuesta del sistema dinámico.		
5	Describir los elementos de un sistema robótico móvil, mediante la lectura de las fichas técnicas de los equipos comerciales e industriales, para conocer las diferentes capacidades de aplicación de los robots móviles, de manera cuidadosa y responsable.	1. El docente comparte una lista de proveedores de sistemas robóticos móviles. 2. El alumno investiga y obtiene las fichas técnicas de los equipos y hace una valoración de los mismos. 3. El alumno entrega un reporte técnico de las características de operación de los robots móviles.	Internet, sistema robótico, plataforma de software de configuración.	6 horas

## 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)**

El docente coordinará las actividades de clase y de prácticas de laboratorio, brindando el soporte técnico y la asesoría pertinente y/o requerida, para el aprendizaje de los conocimientos y adquisición de habilidades prioritarias que aseguren el desempeño de manera substancial en la solución de los problemas en cuestión.

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

El alumno trabajará de manera individual y grupal, realizando investigaciones bibliográficas, diseño, simulación e implementación de controladores de sistemas robóticos en actividades de clase y laboratorio.

## 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

- |  |      |
|--|------|
| - Evaluaciones parciales.....                      | 30%  |
| - Prácticas de laboratorio.....                    | 30%  |
| - Tareas.....                                      | 20%  |
| - Evidencia de desempeño.....<br>(Reporte técnico) | 20%  |
| Total.....   | 100% |

## IX. REFERENCIAS

Básicas	Complementarias
Antonio, P., Luis Felipe, B., Aracil Sanoja, C. y Rafael, B. (2007). <i>Fundamentos de robótica</i> . México: McGraw-Hill. [clásica]	Aicardi, M., Casalino, G., Bicchi, A. & Balestrino, A. (1995). <i>Closed loop steering of unicycle like vehicles via Lyapunov techniques</i> . USA: <i>IEEE Robotics &amp; Automation Magazine</i> , 2(1), 27-35. [clásica]
Craig J. J. (2005). <i>Introduction to Robotics: Mechanics and Control</i> , (3 <sup>rd</sup> ed.). USA: Pearson/Prentice Hall. [clásica]	Angeles, J. (2013). <i>Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods, and Algorithms</i> , (4 <sup>th</sup> ed.). Switzerland: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-01851-5
D'Addario, M. (2016). <i>Manual de robótica industrial: Fundamentos, usos y aplicaciones</i> . USA: CreateSpace Independent Publishing Platform.	Angulo, J. (1996). <i>Robótica práctica: tecnología y aplicaciones</i> . España: Editorial Paraninfo. [clásica]
Fu, K. S., Gonzalez R.C. y Lee, C.S.G. (1989). <i>Robótica, control, detección, visión e inteligencia</i> . México: McGraw-Hill. [clásica]	Angulo, J. R. y Avilés, R. (1985). <i>Curso de robótica</i> . España: Paraninfo. [clásica]
Groover, M. P., Weiss, M., Nagel, R. N., & Odrey, N. G. (1986). <i>Industrial robotics: technology, programming, and applications</i> . USA: McGraw-Hill. [clásica]	De Luca A., Oriolo G. & Vendittelli M. (2001). <i>Control of Wheeled Mobile Robots: An Experimental Overview</i> . Italia: Università degli Studi di Roma. Retrieved from: <a href="https://www.dis.uniroma1.it/~labrob/pub/papers/Ramsete01.pdf">https://www.dis.uniroma1.it/~labrob/pub/papers/Ramsete01.pdf</a> [clásica]
Hernández, M., Ortiz, M. B., Calles, C. A. y Rodríguez, J. C. (2015). <i>Robótica: Análisis, modelado, control e implementación</i> , (1 <sup>a</sup> ed.). México: OmniaScience.	Engelberger, J. F., Jiménez, A. y Asimov, I. (1985). <i>Los robots industriales en la práctica</i> . España: Deusto, DL. [clásica]
Kelly, R. y Santibáñez, V. (2003). <i>Control de movimiento de robots manipuladores</i> . México: Pearson Educación. [clásica]	Ferrate, G. (1986). <i>Robótica industrial</i> . México: Marcombo Buixareu. [clásica]
Paul, R. P. (1981). <i>Robot manipulators: mathematics, programming, and control: the computer control of robot manipulators</i> . U.K.: The MIT Press. [clásica]	Hoshizaki, J. & Bopp, E. (1990). <i>Robot applications design manual</i> . USA: John Wiley & Sons, Inc. [clásica]
Siegwart, R. & Nourbakhsh, I. R. (2011) <i>Introduction to Autonomous Mobile Robots</i> , (2 <sup>nd</sup> ed.). USA: MIT press.	Klaffer, R. D., Chmielewski, T. A. & Negin, M. (1989). <i>Robotic engineering: an integrated approach</i> , (Vol. 8). USA: Prentice Hall. [clásica]
	Mandado, E., Pérez, S. A. y Acevedo, J. M. (1999). <i>Controladores</i>

[clásica]	<p><i>lógicos y autómatas programables</i>. Mexico: Alfaomega. [clásica]</p> <p>Mckerrow, P. (1991). <i>Introduction to robotics</i>. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co. Inc. [clásica]</p> <p>Nicosia S., Siciliano B., Bicchi A. &amp; Valigi P. Ramsete. (2018). <i>Lecture Notes in Control and Information Sciences</i>, vol 270. Germany: Springer.</p> <p>Ross, L., Fardo, S. &amp; Walach, M. (2017). <i>Industrial Robotics Fundamentals: Theory and Applications</i>, (3<sup>rd</sup> ed.): USA: Goodheart-Willcox.</p> <p>Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L. &amp; Oriolo, G. (2011). <i>Robotics: Modelling, Planning and Control</i> (1<sup>st</sup> ed.). U.K.: Springer Science &amp; Business Media. [clásica]</p>
-----------	---

## X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparta esta asignatura debe contar con formación en Ingeniería en Electrónica o área afín, de preferencia con posgrado en la misma área. Se sugiere que el docente cuente con experiencia laboral mínima de tres años o docente de dos años, además, debe contar con experiencia en la programación de robots (manipuladores o móviles), el análisis cinemático y dinámico, así como en el control de sistemas y conocimiento de procesos de automatización. Ser una persona proactiva, reflexiva, innovadora, analítica, responsable, con un alto sentido de la ética y capaz de plantear soluciones metódicas a un problema dado. Con vocación de servicio, honestidad y capacidad para trabajar en equipo y de manera colaborativa. Debe ser facilitador del logro de competencias, promotor del aprendizaje autónomo y responsable en el alumno, tener dominio de tecnologías de la información y comunicación efectiva como apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje.