

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:** Diseño de Sistemas Mecatrónicos
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

Juan Francisco Flores Reséndiz
José Torres Ventura
Alex Bernardo Pimentel Mendoza

Firma

Vo.Bo. de Subdirectores de Unidades Académicas

Alejandro Mungaray Moctezuma
Angélica Reyes Mendoza
María Cristina Castañón Bautista

Firma

M. Cristina Castañón B.

Fecha: 01 de junio de 2018

II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Esta unidad de aprendizaje tiene como propósito que el alumno integre los conocimientos adquiridos en unidades de aprendizaje previas en el diseño y construcción de un sistema mecatrónico con características específicas, así como índices de desempeño deseados. También se pretende que el alumno sea capaz de proponer modificaciones y adaptar una primera versión del proyecto para complementar su funcionamiento o mejorar su desempeño.

Esta unidad de aprendizaje es obligatoria de la etapa terminal, corresponde al área de diseño en ingeniería y contribuye a diseñar, implementar y evaluar sistemas mecatrónicos con base en los requerimientos establecidos y condiciones óptimas de operación de sistemas mecatrónicos.

III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Diseñar y construir un sistema mecatrónico, mediante el cumplimiento de los criterios específicos de operación, para evaluar el desempeño de dicho sistema y adaptarlo, con una actitud creativa, innovadora y crítica.

IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

1. Desarrolla un prototipo de sistema mecatrónico, y su respectivo reporte técnico, para la solución de un problema específico, considerando las características necesarias para su implementación en un entorno real, respetando la normatividad vigente y proponiendo un conjunto de elementos específicos.

2. Elabora un reporte escrito de la evaluación del desempeño de un prototipo de sistema mecatrónico, mediante una serie de experimentos específicos que permitan verificar que el sistema cumple con los requerimientos mínimos en cuanto a su desempeño, a su principio de funcionamiento, sus elementos y la normatividad vigente. Asimismo detalla las ventajas y desventajas del prototipo con respecto a otras soluciones propuestas a un problema similar.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

UNIDAD I. Introducción al diseño de sistemas mecatrónicos

Competencia:

Analizar de manera detallada los principales componentes de los sistemas mecatrónicos, así como sus especificaciones y condiciones de operación ideal, mediante el estudio de sus principios de funcionamiento, para distinguir de manera clara las áreas de aplicación, con una actitud crítica, responsable e innovadora.

Contenido:**Duración:** 2 horas

- 1.1. El proceso de diseño mecatrónico
 - 1.1.1. Estructura de un sistema mecatrónico
 - 1.1.2. Diseño concurrente
- 1.2. Elementos de un sistema mecatrónico
 - 1.2.1. Sistemas mecánicos
 - 1.2.2. Sistemas eléctricos
 - 1.2.3. Sensores y actuadores
- 1.3. Aplicaciones de los sistemas mecatrónicos
 - 1.3.1. Sistemas de monitoreo
 - 1.3.2. Sistemas de manufactura

UNIDAD II. Modelado y simulación de sistemas físicos

Competencia:

Analizar el comportamiento de sistemas físicos de diferente naturaleza, mediante las técnicas básicas de modelado y simulación de sistemas, para determinar sus principales propiedades y predecir su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación, con una actitud responsable, respetando la normatividad vigente y con disposición para el trabajo en equipo.

Contenido:

Duración: 2 horas

- 2.1. Funciones de transferencia
 - 2.1.1. Función de transferencia a diagramas de bloques
 - 2.1.2. Diagramas de bloques a función de transferencia
- 2.2. Sistemas eléctricos
- 2.3. Sistemas mecánicos
 - 2.3.1. Sistemas traslacionales
 - 2.3.2. Sistemas rotacionales
- 2.4. Sistemas electromecánicos
- 2.5. Sistemas hidráulicos

UNIDAD III. Sensores

Competencia:

Analizar los principales tipos de sensores, mediante el estudio analítico de su principio de funcionamiento, para determinar sus características principales como resolución, precisión, exactitud, y de esta forma valorar su uso en aplicaciones específicas y/o adaptarlos de acuerdo a condiciones distintas, con una actitud creativa, responsable y activa.

Contenido:**Duración:** 2 horas

- 3.1. Análisis de sensibilidad
- 3.2. Sensores de posición y movimiento
- 3.3. Sensores digitales de posición
- 3.4. Sensores de fuerza
- 3.5. Sensores de flujo
- 3.6. Sensores de temperatura

UNIDAD IV. Actuadores

Competencia:

Analizar los principales tipos de actuadores, mediante el estudio analítico de sus principios y requerimientos de operación, para determinar sus posibles campos de aplicación y así valorar su uso en aplicaciones específicas y/o adaptarlos de acuerdo a diferentes condiciones, con una actitud innovadora, responsable y disciplinada.

Contenido:**Duración:** 2 horas

- 4.1. Motores
 - 4.1.1. Motor de corriente directa
 - 4.1.2. Motor sin escobillas de corriente directa
 - 4.1.3. Motor de corriente alterna
 - 4.1.4. Motor a pasos de imán permanente
- 4.2. Actuadores hidráulicos
- 4.3. Actuadores piezoeléctricos

UNIDAD V. Sistema de control

Competencia:

Diseñar sistemas de control para un sistema mecatrónicos, mediante la aplicación de las metodologías básicas en el dominio del tiempo y de la frecuencia, para determinar los índices de desempeño en cada caso y comparar entre los distintos diseños, de manera responsable, analítica y disciplinada.

Contenido:

Duración: 4 horas

- 5.1. Lógica binaria
 - 5.1.1. Reducción de mapas de Karnaugh
 - 5.1.2. Controladores lógicos programables
- 5.2. Linealización de sistemas no lineales
- 5.3. Análisis de sistemas
 - 5.3.1. Estabilidad
 - 5.3.2. Error en estado permanente
- 5.4. Diseño mediante el lugar geométrico de las raíces
- 5.5. Diseño mediante la respuesta en frecuencia
- 5.6. Diseño mediante el espacio de estados

UNIDAD VI. Acondicionamiento de señales y aplicaciones en tiempo real

Competencia:

Construir acondicionadores de señales, mediante el estudio de los requerimientos de los sistemas de adquisición de datos disponibles, para el correcto acoplamiento entre un sistema mecatrónico y equipos de cómputo que permita realizar un monitoreo y control afectivo, de manera innovadora, creativa y responsable.

Contenido:

Duración: 4 horas

- 6.1. Principios de adquisición de datos
- 6.2. Acondicionadores de señales
- 6.3. Conversión y flujo de datos
- 6.4. Diseño de interfaces mediante programación visual (LabVIEW)

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

| No. de Práctica | Competencia | Descripción | Material de Apoyo | Duración |
|------------------|---|--|--|----------|
| UNIDAD I | | | | |
| 1 | Identificar los componentes de un sistema mecatrónico, mediante una búsqueda bibliográfica y electrónica, para determinar las condiciones de operación de cada elemento y su importancia dentro del proceso de diseño, con actitud creativa, innovadora y analítica. | Realiza una investigación bibliográfica, para identificar de manera clara los elementos que componen un sistema mecatrónico, así como sus aplicaciones industriales más comunes. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con conexión a internet. | 2 horas |
| 2 | Comprender la importancia de los sistemas de manufactura y sistemas de monitoreo dentro de los procesos industriales, mediante una búsqueda bibliográfica y electrónica, para identificar la importancia de éstos en el ámbito industrial regional, nacional e internacional, con una actitud disciplinada y responsable. | Realiza una investigación bibliográfica, para conocer la relevancia de los sistemas de manufactura y sistemas de monitoreo en el ámbito industrial regional, nacional e internacional. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con conexión a internet. | 2 horas |
| UNIDAD II | | | | |
| 3 | Comprender la relación entre las diferentes representaciones analíticas de un sistema, mediante el modelado a través de función de transferencia y su representación por medio de diagramas de bloques, para verificar su equivalencia así como ventajas y desventajas de cada uno, con una actitud analítica y disciplinada. | Aplica la técnica de modelado en el dominio de Laplace para obtener funciones de transferencia y representarlas mediante diagramas de bloques y viceversa. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con programa de simulación numérica (Matlab). | 2 horas |

| | | | | |
|-------------------|---|--|--|---------|
| 4 | Comprender la relación general de los modelos matemáticos de sistemas de diferente naturaleza, mediante la generalización de la impedancia a sistemas mecánicos e hidráulicos, para la determinación de modelos equivalentes, con actitud creativa y responsable. | Se plantearán ejercicios en donde se determine el modelo equivalente de sistemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos y verifique su validez para sistemas de diferente naturaleza. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con programa de simulación numérica (Matlab). | 2 horas |
| UNIDAD III | | | | |
| 5 | Analizar los principales sensores de posición y de movimiento, analógicos y digitales, mediante un modelado analítico de dichos sensores, para caracterizar su respuesta y discriminar entre ellos para alguna aplicación potencial, con disposición para el trabajo en equipo y una actitud analítica. | Analiza el principio de operación de los principales sensores de posición y de movimiento y se caracterizarán de acuerdo a un modelo equivalente. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con conexión a internet. | 2 horas |
| 6 | Analizar los principales sensores de fuerza, flujo y temperatura, analógicos y digitales, mediante un modelado analítico de dichos sensores, para caracterizar su respuesta, con una actitud disciplinada e innovadora. | Analiza el principio de operación de los principales sensores de fuerza, flujo y temperatura y se caracterizarán de acuerdo a un modelo equivalente. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con conexión a internet. | 2 horas |
| UNIDAD IV | | | | |
| 7 | Analizar los principios de funcionamiento de los diferentes tipos de motores, mediante un análisis eléctrico, para su correcta selección en aplicaciones potenciales, con actitud responsable y proactiva. | Analiza el principio de operación de los principales tipos de motores y se clasificarán de acuerdo a sus posibles aplicaciones. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con conexión a internet. | 2 horas |
| 8 | Analizar los diferentes actuadores hidráulicos y piezoeléctricos, | Analiza el principio de operación de los principales tipos de | Bibliografía básica y complementaria, además | 2 horas |

| | | | | |
|------------------|--|--|---|---------|
| | mediante un análisis de su principio de funcionamiento, para su correcta selección en aplicaciones potenciales, con actitud innovadora y activa. | actuadores hidráulicos y piezoeléctricos y se clasificarán de acuerdo a sus posibles aplicaciones. | computadora con conexión a internet. | |
| UNIDAD V | | | | |
| 9 | Diseñar un sistema de control para un sistema mecatrónico, basado en lógica binaria, mediante el modelado y reducción de una función booleana, para el correcto desempeño de una tarea específica, con actitud disciplinada y trabajando en equipo. | Analiza un sistema mecatrónico y se diseña un sistema de control mediante lógica de relevadores. Realiza un modelado de acuerdo a especificaciones. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con programa de simulación numérica (Matlab). | 4 horas |
| 10 | Diseñar un sistema de control para un sistema mecatrónico, mediante el lugar geométrico de las raíces, la respuesta en frecuencia del sistema o el espacio de estados, para el correcto desempeño de una tarea específica, con actitud proactiva y analítica. | Analiza un sistema mecatrónico y diseña un sistema de control mediante alguna de las técnicas propuestas en clase, justificando su selección y siguiendo la metodología. Asimismo, realiza una simulación numérica del sistema en lazo cerrado. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con programa de simulación numérica (Matlab). | 4 horas |
| UNIDAD VI | | | | |
| 11 | Analizar un circuito acondicionador de señal, mediante la caracterización de su respuesta ante señales de diferentes frecuencias y amplitudes, para conocer su rango de operación, resolución y exactitud y determinar su confiabilidad, con actitud responsable y disciplinada. | Analiza los principales circuitos acondicionadores de señales y resuelve ejemplos que involucren dichos circuitos. Determina las características de dichos elementos, así como las condiciones de operación bajo los que se consideran confiables. | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con programa de simulación numérica (Matlab). | 4 horas |
| 12 | Diseñar una interfaz de comunicación para un sistema mecatrónico, mediante el uso de LabVIEW, con la finalidad de | Diseña una interfaz de control entre un sistema propuesto y LabVIEW, incluyendo adquisición de señales y control de | Bibliografía básica y complementaria, además computadora con programa de simulación numérica (LabVIEW). | 4 horas |

| | | | | |
|--|--|-------------|--|--|
| | adquirir señales y controlar actuadores, con una actitud analítica e innovadora. | actuadores. | | |
|--|--|-------------|--|--|

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

| No. de Práctica | Competencia | Descripción | Material de Apoyo | Duración |
|-------------------|--|--|---|----------|
| UNIDAD I | | | | |
| 1 | Identificar de manera clara los principales componentes de sistemas eléctricos, mecánicos, etc., mediante un análisis empírico, para conocer las características y aplicaciones principales de dichos elementos, con un actitud proactiva y reflexiva. | Realiza un análisis empírico de los sistemas mecatrónicos más comunes, ya sea dentro de los laboratorios o mediante una búsqueda electrónica, (manuales, videos, documentales). Identifica sus principales características y aplicaciones. | Computadora con conexión a internet. | 4 horas |
| UNIDAD II | | | | |
| 2 | Caracterizar elementos de sistemas mecánicos y eléctricos, mediante la obtención y validación de su función de transferencia, para la identificación de sus parámetros y mejores condiciones de operación, con actitud creativa e innovadora. | Define una serie de subsistemas de diferente naturaleza, de los cuales se obtendrán modelos analíticos descriptivos los cuales serán modelados y verificados vía simulación y experimentación. | Computadora con conexión a internet y con software de apoyo a la simulación (Matlab/Simulink) | 4 horas |
| UNIDAD III | | | | |
| 3 | Evaluar el funcionamiento de los principales tipos de sensores, mediante un modelado analítico y simulación en condiciones específicas, para determinar su desempeño en aplicaciones | Realiza un estudio considerando el modelo analítico equivalente así como las características físicas de algunos sensores y selecciona, de entre un conjunto, el adecuado para una aplicación específica. | Computadora con conexión a internet y con software de apoyo a la simulación (Matlab/Simulink) | 6 horas |

| | | | | |
|------------------|--|--|--|---------|
| | potenciales, de manera responsable y creativa. | | | |
| UNIDAD IV | | | | |
| 4 | Evaluar el funcionamiento de los principales tipos de actuadores, mediante un modelado analítico y simulación en condiciones específicas, para determinar su desempeño en aplicaciones potenciales, de manera responsable y creativa. | Realiza un estudio considerando el modelo analítico equivalente así como las características físicas de algunos actuadores y selecciona el adecuado para una aplicación específica. | Computadora con conexión a internet y con software de simulación numérica. (Matlab/Simulink). Sensores a caracterizar. | 6 horas |
| UNIDAD V | | | | |
| 5 | Diseñar un sistema de control para un sistema mecatrónico, mediante la aplicación de al menos dos técnicas de diseño específicas, para evaluar los índices de desempeño del sistema bajo de cada uno de los esquemas, con actitud proactiva y responsable. | Se proporcionará al alumno un problema de control y sus índices de desempeño mínimos, para lo cual se deberá de seleccionar al menos dos técnicas de diseño y se implementarán tanto en simulación como de manera experimental. | Computadora con conexión a internet y con software simulación numérica. (Matlab/Simulink). | 6 horas |
| UNIDAD VI | | | | |
| 6 | Implementar un sistema de monitoreo y/o control, mediante el diseño y construcción de un acondicionador de señal y una interfaz de adquisición de datos, para la medición y envío de señales de control, con una actitud innovadora y disciplinada. | Define un problema específico, considerando un sistema mecatrónico y las variables físicas de interés. Diseña e implementa una interfaz de comunicación considerando las características de las señales a medir y evaluará el desempeño del sistema de adquisición de datos propuesto. | Computadora con conexión a internet y con software de programación gráfica (LabVIEW), Tarjetas de adquisición de datos. Elementos del sistema mecatrónico a implementar. | 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 profesor expondrá de manera clara y ordenada los conceptos dentro de las horas de clase, apoyado en la resolución de ejemplos relacionados a estudios de casos. Además se apoyará en simulaciones computacionales para ilustrar los conceptos principales. Fomentará el estudio autodirigido y colaborativo, así como la investigación mediante el uso de material didáctico impreso y electrónico así como la realización de proyectos relacionados con la unidad de aprendizaje.

Estrategia de aprendizaje (alumno)

El estudiante verificará los conceptos expuestos por el profesor mediante el uso de herramientas analíticas, computacionales, así como experimentos dentro del laboratorio, tanto de forma individual como por equipos. También desarrollará un proyecto final, consistente en un prototipo de sistema mecatrónico, en donde se conjunten todas las herramientas utilizadas durante el curso y se apliquen las técnicas de análisis a un caso particular. Asimismo, se generará la documentación correspondiente a través de un reporte técnico.

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

- | | |
|---|-------------|
| - 2 Exámenes escritos..... | 30% |
| - Carpeta de evidencia de talleres | 10% |
| - Evidencia de desempeño 1..... (Prototipo de sistema mecatrónico) | 35% |
| - Evidencia de desempeño 2..... (Reporte escrito) | 25% |
| Total..... | 100% |

IX. REFERENCIAS

Básicas

- Awrejcewicz, J., Trojnacki, M., Szewczyk, R. y Kaliczynska, M. (2015). *Mechatronics: Ideas for Industrial Applications*. E. U.: Springer Verlag.
- Janschek, K. (2012). *Mechatronic Systems Design. Methods, Models, Concepts*. Alemania: Springer Verlag.
Recuperado de:
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-17531-2.pdf> [clásica]
- Rochdi, M., Arun, K., Pushparaj, M. & Belkacem, O. (2013). *Intelligent Mechatronic Systems. Modeling, Control and Diagnosis*. Reino Unido: Springer Verlag.
- Shetty, D. y Kolk, R. (2011). *Mechatronics System Design* (2a. ed.) E. U.: Cengage Learning [clásica]

Complementarias

- González-Palacios, M. A. (2011). *Procedimientos de diseño en mecatrónica. Ingeniería, investigación y tecnología*, 12(2), 209-222. Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000200010&lng=es&tlng=es

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparta esta asignatura debe contar con título en Ingeniero electrónico, electricista o afín, preferentemente con maestría en el área de sistemas digitales, sistemas de control o instrumentación. Se sugiere experiencia de al menos tres años en el área de diseño mecánico, electrónico o mecatrónico aplicado a procesos industriales, con experiencia docente a nivel licenciatura tanto impartiendo cursos teóricos como clases de laboratorio de al menos dos años. Es deseable que presente cualidades como la responsabilidad, la disciplina, fomente el trabajo colaborativo y autodirigido.