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

Nombre de la Asignatura: DINÁMICA DE SISTEMAS					
Clave: 9941	**Créditos:** 6	**Horas totales:** 64	**Horas Teoría:** 2	**Horas Práctica:** 2	**Horas Semana:** 4
Modalidad: Presencial			**Eje de formación**: Profesionalizante		
Elaborado por: CARLOS FIGUEROA NAVARRO, RAFAEL FLORES PÉREZ					
Antecedente: Ecuaciones Diferenciales			**Consecuente:** Control Analógico		
Carácter: Obligatoria			**Departamento de Servicio:** Ingeniería Industrial		

Propósito:
La asignatura pertenece al eje profesionalizante, se imparte en el quinto semestre y es de carácter obligatoria. El principal propósito es proporcionar a los estudiantes los aspectos fundamentales y básicos de la modelación matemática de sistemas mecatrónicos para efectos de programación. Asimismo, tener claro que un sistema de automatización depende en gran medida de la capacidad de control que se obtiene precisamente de los conocimientos de la dinámica representada por ecuaciones diferenciales del sistema e cuestión.

I. Contextualización

Introducción:

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Mecatrónica la capacidad para analizar y explicar el comportamiento de un sistema físico con representación a través de ecuaciones diferenciales lineales ordinarias. El curso debe dar acceso a la utilización de herramientas matemáticas y computacionales que simulen y analicen, para efectos de control y programación, de sistemas dinámicos en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

La materia en su constitución ha tenido especial interés en abordar la modelación de sistemas físicos de los diferentes campos de la ingeniería y de la tecnología, a la vez revela la significancia con que deben ser considerados los sistemas híbridos, como puede ser un sistema eléctrico-mecánico-neumático o hidráulico. Tal tema es parte medular para la mecatrónica, en virtud de ser el eslabón crucial del proceso de automatización, tal importancia hace esta asignatura una de las actividades esenciales en el quehacer profesional.

La materia es de importancia capital, pues además de ofrecer el conocimiento de los sistemas dinámicos, y de sus características fundamentales en su funcionamiento, también debe conceder la respuesta que proporciona el sistema; conociendo esta información, nos permite identificar los tipos de señales de prueba, la cuales siempre están vinculadas a una función matemática, como las que a continuación se enlistan: impulso, escalón, rampa, parábola, onda cuadrada o Heaviside, senoidal o una combinación de ellas. Por tanto, una modelación apropiada y correcta será una base inicial para transitar a la etapa del control y automatización, para efectos de un propósito de efectuar un diseño mecatrónico automatizado.

En la unidad didáctica I proporciona las herramientas matemáticas, se inicia con álgebra de números complejos, luego se generan las transformadas de Laplace de funciones importantes como impulso, paso unitario, rampa,

exponencial, trigonométricas y Heaviside, después se realizan la solución de ecuaciones diferenciales ordinarias con el método de la transformada de Laplace. Se incluyen sistemas simultáneos de ecuaciones diferenciales ordinarias.

En la unidad didáctica II se estudian los sistemas mecánicos, tanto de vibración libre como amortiguados, con el uso de la ley de Hooke y para diferentes configuraciones, para tener en cada uno el tipo de respuesta en el tiempo. Asimismo, se define el concepto de función de transferencia y el diagrama de bloques de problemas mecánicos.

En la unidad didáctica III se estudia la función de transferencia de sistemas eléctricos, tanto de corriente directa como alterna. Se analizan circuitos con elementos resistivos, inductivos y capacitivos; de igual modo con impedancias y reactancias en el caso alterno, Se elaboran diagramas de bloques asociados a función de transferencia de circuito eléctricos. La unidad debe incluir el estudio y formulación de sistemas electro-mecánicos. Se incluye un modelo de amplificador operacional útil en la electrónica. Se elaboran diagramas de bloques asociados a función de transferencia del amplificador operacional.

En la unidad didáctica IV se abordan sistemas neumáticos e hidráulicos a través de su modelado matemático y el análisis de respuesta con funciones de transferencia. Se estudian sistemas híbridos con dos o más sistemas involucrados.

En la Unidad didáctica V se abordan la representación de espacios de estados para diferentes sistemas, se genera la matriz de transferencia, además se estudian los espacios de estados, puntos críticos y la estabilidad de sistemas lineales y no lineales. Se estudian diversos modelos como un sistema masa resorte, estudio de mezclas hidráulicas y circuitos eléctricos.

Perfil del(los) instructor(es):	Poseer Licenciatura en Ingeniería Industrial, Ingeniería en Mecatrónica o licenciatura en Física. Preferentemente con grado académico de maestría o especialidad. Con experiencia docente y desarrollo profesional comprobada cuando menos de dos años.

II. Competencias a lograr

Competencias genéricas a desarrollar:

- **Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.** Articula saberes de diversos campos y establece relaciones entre ellos y su vida cotidiana.
- **Trabajo colaborativo.** Asume una actitud constructiva, congruente con los conocimientos y habilidades con los que cuenta dentro de distintos equipos de trabajo.
- **Capacidad para la toma de decisiones.** Evalúa y sopesa información importante para identificar los aspectos relevantes. Define la prioridad para la solución del problema en términos de impacto y urgencia.
- **Capacidad para realizar investigación básica y aplicada.** Identifica los sistemas y reglas o principios medulares que subyacen a una serie de fenómenos.
- **Competencia Digital.** Aplica herramientas digitales para el pensamiento reflexivo, la creatividad y la innovación.

Competencias específicas:

- HABILIDAD PARA DESARROLLAR HARDWARE Y/O SOFTWARE PARA APLICACIONES ESPECÍFICAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
  - Formular modelos matemáticos para sistemas mecatrónicos, representados con ecuaciones diferenciales y encontrar la solución con la transformada de Laplace
- CAPACIDAD PARA MODELAR SISTEMAS FÍSICOS Y CREAR PROTOTIPOS QUE LO CONCEPTUALICEN.
  - Formular modelos matemáticos de sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos y neumáticos, susceptibles de ser controlados
- HABILIDAD PARA DESARROLLAR SISTEMAS DE CONTROL Y DE AUTOMATIZACIÓN.
  - Describir los conocimientos para construir el modelo matemático que represente el comportamiento de un sistema de la ingeniería en mecatrónica.

Objetivo General:

Comprender las características, parámetros y conceptos intrínsecos de un sistema dinámico continuo (mecánico, eléctrico o hidráulico) al observar sus diferentes respuestas ante entradas diversas, de este modo poder entender los elementos indispensables para desarrollar el control automático que permita el diseño óptimo de los sistemas electromecánicos.

Objetivos Específicos:

1. Conocer las transformadas de Laplace de funciones características y su uso en la solución de ecuaciones diferenciales. Establecer la clasificación de los diferentes teoremas que se aplican para determinar la solución y simplificar los cálculos.
2. Identificar las condiciones de una función de transferencia y la elaboración del diagrama de bloques para sistemas mecánicos.
3. Identificar las condiciones de una función de transferencia y la elaboración del diagrama de bloques para sistemas eléctricos y poder elaborar la modelación de sistemas electromecánicos. En Electrónica el alumno debe poder modelar el amplificador operacional.
4. Identificar las condiciones de una función de transferencia y la elaboración del diagrama de bloques para sistemas neumáticos e hidráulicos.
5. Conocer la representación en el espacio de estados. Definir y resolver sistemas autónomos, lineales, no lineales.

Unidades Didácticas:

Unidad Didáctica I – TRANSFORMADA DE LAPLACE.
Unidad Didáctica II – SISTEMAS MECÁNICOS Y FUNCION DE TRANSFERENCIA.
Unidad Didáctica III – SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRO-MECÁNICOS.
Unidad Didáctica IV - SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS.
Unidad Didáctica V – REPRESENTACIÓN EN EL ESPACIO DE ESTADOS**.**

III. Didáctica del programa

Unidades Didácticas:

Unidad didáctica I. Transformada de Laplace
En la unidad I, el alumno adquiere conocimientos sobre el método de la transformada de Laplace en la solución

de ecuaciones diferenciales lineales invariantes en el tiempo. Tales ecuaciones deben modelar sistemas mecánicos, eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

- Elaboración de modelos matemáticos
- Análisis y diseño de sistemas dinámicos
- Números complejos, variables complejas
- Transformada de Laplace
- Teoremas de transformada de Laplace
- Transformada inversa de Laplace
- Solución de ecuaciones diferenciales lineales invariantes en el tiempo
- Función Heaviside.

Unidad didáctica II. **Sistemas mecánicos y función de transferencia**

En la unidad II, el alumno adquiere los conocimientos para efectuar análisis en el dominio del tiempo o de respuesta transitoria. Asimismo, debe conocer la importancia de la función de transferencia en el control y programación de un sistema dinámico. Debe comprender su uso para caracterizar la entrada y salida de sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias invariantes en el tiempo. También la unidad incluye los conocimientos para elaborar modelos matemáticos y el análisis de respuesta de sistemas mecánicos. Asimismo, para efectos de análisis y control se debe elaborar y resolver la función de transferencia de estos tipos de sistemas.

- Función de transferencia
- Análisis de respuesta transitoria de primer orden
- Análisis de respuesta transitoria de segundo orden
- Diagramas de bloques
- Sistemas mecánicos simples con vibración libre.
- Conservación de la energía
- Potencia y trabajo
- Sistemas masa resorte
- Mecánica rotacional, torques y momento de inercia
- Sistemas mecánicos con dos y tres grado de libertad con fricción.
- Sistemas masa resorte
- Sistemas Rotacionales.

Unidad didáctica III. Sistemas eléctricos y electromecánicos

En la unidad IV, el alumno conoce la modelación matemática y el análisis de la respuesta de circuitos eléctricos, asimismo sabe aplicar la ley de Ohm y leyes de Kirchhoff. Asimismo, se estudian circuitos de corriente directa y alterna con objeto de poder establecer la función de transferencia de tales modelos. Para un sistema electrónico se incluye el análisis de un amplificador operacional (OPAM). También considérese sistemas análogos y la combinación de sistemas eléctricos y mecánicos

- Circuitos de corriente directa
- Fuente de voltaje
- Elementos resistivos
- Elementos capacitivos
- Inductancia
- Circuitos en serie y paralelo
- Resistencias equivalentes

- Cálculo de potencia y energía eléctrica
- Circuitos de corriente alterna
- Fasores
- Impedancias
- Reactancia capacitiva
- Reactancia inductiva
- Sistemas electro-mecánicos
- Sistemas análogos
- OPAM.

Unidad didáctica IV. Sistemas hidráulicos y neumáticos

En la unidad V, el alumno comprende la hidráulica y la neumática como el más versátil de los medios para trasmitir señales y de potencia, ya que los líquidos y gases tiene un uso intenso en la industria y dada a su frecuente utilización es una parte necesaria en la educación del ingeniero en mecatrónica. Se desarrollan sus principales ecuaciones y se presentan ejemplos de función de transferencia para cada tipo de sistema.

- Sistemas hidráulicos
- Sistemas neumáticos
- Leyes básicas del flujo de fluidos
- Elaboración de modelos matemáticos de sistemas hidráulicos
- Función de transferencia y diagramas de bloques de sistemas hidráulicos
- Propiedades físicas y termodinámicas de gases
- Elaboración de modelos matemáticos de sistemas neumáticos
- Función de transferencia y diagramas de bloques de sistemas neumáticos.

Unidad didáctica V. Representación en el espacio de estados

En La unidad VI, el alumno conoce las diferentes características de la representación del espacio de estados, se obtiene la matriz de transferencia y la respuesta en el dominio del tiempo y la frecuencia. Se analiza el espacio fase, puntos críticos y estabilidad. La unidad cubre la comprensión de los modelos clásicos como el problema de mezclas, modelo de competencias, modelo masa resorte, ecuaciones de Lorenz

- Modelos hidráulicos, mecánicos, de competencia y caóticos.
- Definición de un espacio de estados
- Espacio fase y puntos críticos
- Estabilidad
- Sistemas no lineales
- Análisis de respuesta transitoria
- Respuesta con condiciones iniciales
- Sistemas de segundo orden
- Diagramas de Bode y dominio de la frecuencia.

Criterios de desempeño:

1. Elaboración de proyectos.
2. Participación activa en clase.
3. Ser puntuales.
4. Asistencia. Es muy importante. Considerar el Reglamento Escolar.

5. Cumplir cabal y puntualmente con todas las actividades y trabajos.
6. Hacer y aprobar los exámenes en las fechas programadas.

Experiencias de Enseñanza / procesos y objetos de aprendizaje requeridos:

1. Exposición del maestro del desarrollo de demostraciones de teoremas y solución de ejercicios.
2. Exposición de alumnos de modelos neumáticos y electrónicos.
3. Demostrar las ventajas del uso del MATLAB en el estudio de la dinámica de sistemas.

Experiencias de aprendizaje:

1. Formular modelos aplicables a sistemas automáticos.
2. Relacionar los conocimientos de la dinámica de sistemas con automatización, control y robótica.
3. Exposición de carteles y modelado de prototipos.

Recursos didácticos y tecnológicos (material de apoyo):

1. Laptop del instructor
2. Cañón
3. Pintarrón
4. Conexión a internet para acceso a materiales audiovisuales
5. MATLAB

Bibliografía	***Básica/ Complementaria***
Ogata K. (1987). Dinamica de sistemas. 1ra edición. México: Edit. Prentice Hall	***Básica***
Ogata K. (2010). Dynamic Systems. 5th edition. EEUU. Edit. Prentice Hall.	***Básica***
Dukkipati R. (2006). Analysis and Design of Control Systems Using MATLAB. 1st edition. EEUU: Edit. New Age International.	***Básica***
C. Hennry Edwards y David Penney. (2015). Ecuaciones diferenciales cómputo y modelado. México: Edit. Pearson.	***Básica***
Pérez López C. (2002). MATLAB y sus aplicaciones en ciencias e ingeniería. México: Edit. Prentice Hall.	***Básica***
Pérez López C. (2010). MATLAB Optimization techniques. EEUU. Edit. Apress academic.	***Básica***

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 la unidad I.	Examen escrito.	20 %

2	C, H, A	Exposiciones de ejercicios.	Se evaluará la capacidad en relación a trabajo en equipo y análisis de ejercicios.	Diseño y presentación de ejercicios.	10 %
3	C	Examen parcial.	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos con relación a las unidades II y III.	Examen escrito.	20 %
4	C	Examen parcial.	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos con relación a la unidad IV.	Examen escrito.	20 %
5	C	Examen Parcial.	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos con relación a la unidad V.	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 %
				Total	**100 %**

C: Conocimientos H: Habilidades A: Actitudes