

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:** Modelado y Simulación de Sistemas
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:** Disciplinaria
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Obligatoria
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



Equipo de diseño de PUA

Iván Olaf Hernández Fuentes
Jován Oseas Mérida Rubio
Jesús David Avilés Velázquez
David Isaías Rosas Almeida

Fecha: 01 de junio de 2018

Firma

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'IHF' with a stylized flourish below it.

Vo.Bo. de Subdirectores de Unidades Académicas

Alejandro Mungaray Moctezuma
Angélica Reyes Mendoza
María Cristina Castañón Bautista

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'AM' with a stylized flourish.

Firma

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'MC' with a stylized flourish.

M. CRISTINA CASTAÑÓN B.

II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

El propósito de la unidad de aprendizaje Modelado y Simulación de Sistemas es crear modelos de sistemas dinámicos usando los métodos físicos y software para predecir su comportamiento bajo ciertas condiciones y corroborar dicho comportamiento por medio de experimentación, además de establecer la base necesaria para la unidad de aprendizaje Control Clásico.

Al estudiante le ofrecerá las herramientas matemáticas y de software para comprender el comportamiento de sistemas dinámicos lo cual es parte importante de su formación ya que es el primer paso para posteriormente controlar o automatizar dichos sistemas.

Esta unidad de aprendizaje se ubica en la etapa disciplinaria con carácter obligatorio, la asignatura aporta al área de conocimiento de ciencias de la ingeniería ya que el alumno identifica, formula y resuelve problemas de ingeniería aplicando los principios de las ciencias básicas.

III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Crear modelos de sistemas dinámicos continuos y discretos, aplicando las leyes de la física a través de los métodos de transformada de Laplace, función de transferencia, discretización y variables de estados, utilizando herramientas de software de simulación, para predecir el comportamiento de dichos sistemas ante diferentes condiciones de entrada y en la medida de lo posible corroborar dichos comportamientos con experimentación, demostrando responsabilidad, creatividad, disposición para el trabajo colaborativo y respeto.

IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Proyecto final: Implemente un prototipo para medir la velocidad angular de un motor de corriente directa de baja potencia por medio un sensor de velocidad encoder o similar y realice las mediciones por medio de un sistema de adquisición de datos, microcontrolador o similar manejado por el software Labview o similar, y a partir de dichas mediciones determine el modelo dinámico en tiempo continuo y el modelo en tiempo discreto de dicho motor y simule ambas versiones en software Matlab/Simulink o similar. Se debe realizar un reporte que explique detalladamente la implementación del sistema, los modelos matemáticos utilizados y que describa la comparación de las mediciones con respecto a los modelos simulados.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

UNIDAD I. Introducción a sistemas y transformada de laplace

Competencia:

Solucionar ecuaciones diferenciales, por medio del método de transformada de Laplace, para posteriormente aplicarlo al modelado de sistemas dinámicos, con creatividad y objetividad.

Contenido:**Duración:** 4 horas

- 1.1. Definición de señales, sistemas y modelos
- 1.2. Clasificación de señales, sistemas y modelos
- 1.3. Definición de la transformada de Laplace (TL)
- 1.4. Propiedades fundamentales de la TL
- 1.5. Transformada inversa de Laplace
- 1.6. Solución de ecuaciones diferenciales
- 1.7. Teoremas del valor inicial y final

UNIDAD II. Modelado de sistemas continuos y función de transferencia

Competencia:

Determinar modelos de sistemas dinámicos en tiempo continuo, por medio de las leyes de la física y el método de función de transferencia, para representar el comportamiento de dichos sistemas, con objetividad y responsabilidad.

Contenido:**Duración:** 4 horas

- 2.1. Modelado de sistemas eléctricos
- 2.2. Modelado de sistemas mecánicos
- 2.3. Modelado de sistemas electrónicos
- 2.4. Modelado de sistemas de fluidos
- 2.5. Función de transferencia de sistemas continuos
- 2.6. Estabilidad en funciones de transferencia de sistemas continuos

UNIDAD III. Análisis de la respuesta transitoria

Competencia:

Analizar la respuesta transitoria y de estado estable de sistemas dinámicos de primer y segundo orden, por medio del método de función de transferencia en tiempo continuo, para representar y simular dicha respuesta, con creatividad y objetividad.

Contenido:**Duración:** 2 horas

- 3.1. Respuesta al Impulso de sistemas de primer y segundo orden
- 3.2. Respuesta al Escalón de Sistemas de primer orden
- 3.3. Respuesta al Escalón de Sistemas de segundo orden
 - 3.3.1. Caso Subamortiguado
 - 3.3.2. Caso Críticamente amortiguado y Sobreamortiguado
- 3.4. Simulación de la respuesta transitoria

UNIDAD IV. Transformada Z y discretización de sistemas continuos

Competencia:

Determinar modelos de sistemas dinámicos en tiempo discreto, por medios los métodos de transformada Z, ecuaciones en diferencias, discretización y función de transferencia, para representar y simular el comportamiento de dichos sistemas, con objetividad y responsabilidad.

Contenido:**Duración:** 4 horas

- 4.1. Transformada Z (TZ) de funciones elementales
- 4.2. Propiedades fundamentales de la TZ y Transformada Z inversa
- 4.3. Solución de ecuaciones en diferencias utilizando la TZ
- 4.4. Proceso de muestreo de señales e Interpolación
- 4.5. Correspondencia en el plano S y el plano Z
- 4.6. Discretización de modelos de sistemas continuos
 - 4.6.1. Método de Euler hacia atrás
 - 4.6.2. Método Trapezoidal
 - 4.6.3. Método de Mapeo Polo-Cero
- 4.7. Función de transferencia de sistemas discretos y su estabilidad

UNIDAD V. Representación en variables de estado de sistemas continuos y discretos

Competencia:

Determinar modelos de sistemas dinámicos continuos y discretos, por medio del método de variables de estado y solucionar dichos modelos por medio de software, para representar y simular su comportamiento, con creatividad y objetividad.

Contenido:

Duración: 2 horas

- 5.1. Representación en variables de estado de sistemas continuos
- 5.2. Solución de la representación en variables de estado de sistemas continuos
- 5.3. Representación en variables de estado de sistemas discretos
- 5.4. Solución de la representación en variables de estado de sistemas discretos

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Solucionar ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden, por medio del método de transformada de Laplace y software de simulación para aplicarlo al modelado de sistemas dinámicos, con creatividad y responsabilidad.	Soluciona dos ecuaciones diferenciales una de primer y una de segundo orden, utilizando el método de transformada de Laplace, se debe aplicar fracciones parciales para obtener la transformada inversa y así la solución de dichas ecuaciones con respecto al tiempo, se utilizará software para verificar que las fracciones parciales y la transformada inversa sean correctas y para graficar la solución de dichas ecuaciones. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	Tabla de Transformadas y propiedades de Laplace, computadora con Software Matlab, Octave o similar.	4 horas
2	Determinar el modelo un circuito eléctrico R-L-C, utilizando las leyes de la física y el método de Función de transferencia, para comprender y simular su comportamiento, con creatividad y responsabilidad.	Realiza el modelo dinámico en tiempo continuo de un circuito eléctrico R-L-C por medio del método de función de transferencia quedando un sistema de segundo orden, se resolverá el modelo ajustando los valores R, L, C para cubrir los 3 posibles casos de amortiguamiento, se realizarán cálculos a mano y software para graficar los voltajes y corriente para entrada tipo escalón (fuente C.D.). Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimiento	Apuntes sobre leyes físicas, tabla de Transformadas y Propiedades de Laplace, computadora con Software Matlab, Octave o similar.	4 horas

		descritos y conclusión.		
3	Determinar el modelo de un sistema masa-resorte-amortiguador, utilizando las leyes de la física y el método de función de transferencia, para comprender y simular su comportamiento, con creatividad y responsabilidad.	Realiza el modelo de un sistema masa resorte amortiguador por medio del método de función de transferencia quedando un sistema de segundo orden, se ajustarán los valores M, B y K para cubrir los 3 posibles casos de amortiguamiento, se realizarán desarrollos de las ecuaciones a mano y se usará software para graficar la posición con respecto al tiempo para una fuerza aplicada constante. Entregar un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	Apuntes sobre leyes físicas, tabla de Transformadas y propiedades de Laplace, computadora con Software Matlab, Octave o similar.	4 horas
4	Analizar la respuesta al escalón unitario de sistemas de primer orden y sistema de segundo, por medio de función de transferencia, para comprender y simular los 3 posibles casos de amortiguamiento, con creatividad y responsabilidad.	Desarrolla el modelo de una función de transferencia de primer orden y una de segundo orden ambas en tiempo continuo, y se desarrollarán las ecuaciones a mano de la respuesta al escalón unitario de ambos sistemas. En el caso del sistema de segundo orden se obtendrán las ecuaciones para los 3 posibles casos, es decir, subamortiguado, críticamente amortiguado y sobreamortiguado. Se utilizará software para graficar la respuesta al escalón del sistema de primer orden y para graficar los 3 casos de la respuesta al escalón del sistema de segundo orden. Entrega un reporte que contenga	Formatos de función de transferencia de primer y segundo orden y computadora con Software Matlab, Octave o similar.	4 horas

		introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.		
5	Solucionar ecuaciones en diferencias, por medio de la transformada Z, para aplicar este conocimiento al modelado de sistemas dinámicos discretos, con creatividad y responsabilidad.	Realiza el desarrollo a mano para resolver dos ecuaciones en diferencias, una de primer orden y otra de segundo orden, por medio del método de la transformada Z y realizará un código en software para graficar en tiempo discreto para cada ecuación. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	Tablas de Transformadas Z y computadora con Software Matlab, Octave o similar.	4 horas
6	Determinar el modelo de un sistema discreto que proviene de un modelo en tiempo continuo, por medio del método de Euler hacia atrás, para comprender y simular su comportamiento, con creatividad y responsabilidad.	Realiza el proceso de discretización de un modelo en tiempo continuo por medio del método Euler hacia atrás, se debe hacer el desarrollo de ecuaciones a mano y utilizar software para graficar la respuesta al escalón del sistema discreto obtenido y graficar la respuesta al escalón del sistema continuo original para comparar ambos y validar la discretización realizada. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	Apuntes de métodos de discretización y computadora con Software Matlab, Octave o similar.	4 horas
7	Determinar un modelo de un sistema dinámico de orden superior, utilizando la representación por variables de estado, para solucionar y comprender dicho modelo por software, con creatividad y	Realiza el modelo de un sistema dinámico de cuarto orden, un sistema doble masa resorte amortiguador utilizando el método de variables de estado, se hará el planteamiento de las ecuaciones a mano y la solución de las mismas	Apuntes del método de variables de estado y computadora con Software Matlab, Octave o similar.	8 horas

	responsabilidad.	por medio de software, y se graficará la posición de cada cuerpo con respecto al tiempo para fuerza aplicada tipo impulso y fuerza aplicada tipo escalón. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.		
--	------------------	---	--	--

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Solucionar ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden, utilizando el método de transformada de Laplace, fracciones parciales y software, para aplicarlo al modelado de sistemas dinámicos, con creatividad y responsabilidad.	Soluciona dos ecuaciones diferenciales una de primer y una de segundo orden, utilizando el método de transformada de Laplace, se debe aplicar fracciones parciales para obtener la transformada inversa y así la solución de dichas ecuaciones con respecto al tiempo, se utilizará software para verificar que las fracciones parciales y la transformada inversa sean correctas y para graficar la solución de dichas ecuaciones. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	Tabla de Transformadas y propiedades de Laplace, computadora con Software Matlab, Octave o similar.	4 horas
2	Determinar modelos de circuitos eléctricos y sistemas masa-resorte-amortiguador, por medio de las leyes de la física y función de transferencia, para comprender	Realiza el modelado de dos sistemas dinámicos en tiempo continuo, un circuito eléctrico R-L-C y un sistema masa resorte amortiguador, se realizará el	Apuntes sobre leyes de la física, computadora con Software Matlab, Octave o similar. Tarjeta de adquisición de datos o equipo de medición electrónica	6 horas

	su comportamiento y simularlos por software, con creatividad y responsabilidad.	planteamiento de las ecuaciones por medio del método de función de transferencia, ajustaran los parámetros R, L, C, M, B y K para cubrir con los 3 posibles casos de amortiguamiento para la respuesta al escalón, es decir fuente C.D. en el circuito y fuerza constante en el sistema mecánico, se utilizará software para simular la respuesta de los sistemas, es decir graficar los voltajes y corriente del circuito y la posición del sistema mecánico. También se debe armar el circuito y realizar mediciones con tarjeta de adquisición de datos o dispositivo similar para corroborar los cálculos y graficas simuladas. Entregar un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	similar.	
3	Diseñar circuitos con Amplificadores Operacionales (OpAmps), para implementar sistemas dinámicos de primer y segundo orden, simular dichos circuitos con software especializado y comprobar su comportamiento, utilizando equipo de medición tradicional o de adquisición de datos por computadora, con creatividad y responsabilidad.	Diseña dos circuitos con Amplificadores Operacionales, uno para implementar un sistema dinámico de primer orden y otro para uno de segundo orden, se escribirá el desarrollo de las ecuaciones de cada sistema por medio de función de transferencia. Se calcularán los valores de capacitores y resistores para controlar el tiempo de asentamiento y en el caso del sistema de segundo orden para que se obtenga un sistema subamortiguado con un sobrepaso	Computadora con Software Multisim, KiCad o Similar, circuitos integrados 7741 o similares, computadora con Software Labview o Similar, generador de funciones y osciloscopio o tarjetas de adquisición de datos.	6 horas

		y tiempo pico específicos, se simulará la respuesta de cada sistema en un software de diseño electrónico utilizando voltajes de entrada de forma de onda cuadrada y verificando el tiempo de asentamiento demás valores de respuesta transitoria. Se armarán los circuitos y se realizaran mediciones por medio de tarjetas de adquisición de datos o sistema de medición similar para corroborar las gráficas simuladas. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.		
4	Discretizar un modelo de un sistema dinámico continuo por medio los métodos de Euler hacia atrás y método trapezoidal e implementar dicho modelo, por medio de sistema digital como tarjeta de adquisición de datos o microcontrolador, para comprobar su comportamiento con mediciones prácticas, con creatividad y responsabilidad.	Realiza la discretización de un modelo de un sistema dinámico en tiempo continuo, se escribirán las ecuaciones por el método de Euler hacia atrás y el método trapezoidal. Se usará software para hacer los ciclos de iteraciones de las ecuaciones en diferencias resultantes en cada modelo y para graficar dichas respuestas a entrada tipo escaló. Se utilizará software y tarjeta de adquisición de datos o microcontrolador para generar las señales discretas en tiempo real y realizar las mediciones para corroboras que las señales generadas son comparables a la respuesta del modelo continuo original. Entrega un reporte que contenga	Computadora con Software Matlab, Octave o similar, computadora con Software Labview o Similar, tarjeta de adquisición de datos y microcontrolador o sistema digital similar.	8 horas

		introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.		
5	Determinar modelo de un sistema dinámico de orden superior, por medio del método de variables de estado simular dicho modelo e implementarlo con OpAmps (versión continua) y con algún sistema digital (versión discreta), para comprobar su comportamiento con mediciones prácticas, con creatividad y responsabilidad.	Realiza el modelo de un sistema dinámico de tercer orden por medio del método de variables de estado, se realizarán las ecuaciones diferenciales y en diferencias para modelar en tiempo continuo y en tiempo discreto. Se usará software para simular la respuesta en el caso continuo y discreto resolviendo las ecuaciones de estado para distintos tipos de entrada. Se armarán circuitos equivalentes al sistema continuo por medio de OpAmps y se realizará código para generar las señales discretas por medio de tarjeta de adquisición o microcontrolador para realizar mediciones que corroboren los modelos simulados. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	Computadora con Software Matlab, Octave o similar, computadora con Software Multisim, KiCad o Similar, circuitos integrados 7741 o similares, tarjeta de adquisición de datos, microcontrolador o sistema digital similar y computadora con Software Labview o Similar.	8 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 expondrá de forma ordenada y clara cada tema en clase, establecerá las prácticas de taller y laboratorio guiando a los estudiantes en la medida de lo posible y respondiendo cualquier duda de los mismos.

Estrategia de aprendizaje (alumno)

El alumno desarrollará las competencias del curso mediante la elaboración de solución de problemas de taller, prácticas de laboratorio, reporte de prácticas de laboratorio, investigación, trabajo en equipo.

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

- | | |
|---------------------------------|-----|
| - 3 evaluaciones escritas | 35% |
| - Reportes de taller | 20% |
| - Reportes de laboratorio | 20% |
| - Evidencia de desempeño..... | 25% |
| (proyecto final: prototipo) | |

Total..... 100%

IX. REFERENCIAS

Básicas	Complementarias
Dorf, R. y Bishop, R. (2017). <i>Modern Control Systems</i> (13th ed.). Global Edition. E.U.: Pearson. Lobontiu, N. (2018). <i>Systems Dynamics for Engineering Students</i> (2th ed.). Lodon, UK: Elsevier Academic Press. Recovered from: https://libcon.rec.uabc.mx:4432/book/9780128045596/system-dynamics-for-engineering-students Ogata, K. (1995). <i>Discrete-time control systems</i> (2^a ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. [clásica] Ogata, K. (2010). <i>Ingeniería de control moderna</i> (5^a ed.). Madrid: Pearson/Prentice Hall. [clásica] Ogata, K. (2013). <i>System Dynamics: Pearson New International Edition</i> (4th ed.). Global Edition: Pearson Education Limited.	Chen, C. (2012). <i>Linear Systems Theory and Design</i> (4th ed.). E.U.: Oxford University Press. [clásica] Sánchez, E. González, J. y Gutiérrez, J. (2014). <i>Sistemas dinámicos: una introducción a través de ejercicios</i>. (5^a ed.). Madrid: DEXTRA. Zill, D. (2015). <i>Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado</i> (10^a ed.). México: Cengage Learning.

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparta esta asignatura debe contar con título en Ingeniería en alguna de las siguientes áreas: Mecatrónica, Electrónica, Mecánica, Eléctrica o en ciencias exactas preferentemente con Posgrado (Maestría y/o Doctorado). Se sugiere contar con experiencia docente y/o profesional mínima de un año, además de tener un dominio de TIC. Debe ser una persona, puntual honesta y responsable, con facilidad de expresión, motivador en la participación de los estudiantes, tolerante y respetuoso de las opiniones.