

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:** Control Clásico
5. **Clave:**
6. **HC:** 02 **HL:** 02 **HT:** 01 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 07
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:** Modelado y Simulación de Sistemas



Equipo de diseño de PUA

David Isaías Rosas Almeida
Jesús David Avilés Velázquez
Jován Oseas Mérida Rubio
Carlos Alberto Chávez Guzmán

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

El propósito del curso es que el estudiante adquiera herramientas que le permitan diseñar e implementar sistemas de control para sistemas dinámicos lineales basados en la representación de función de transferencia, tanto en el dominio de tiempo continuo como en tiempo discreto. El curso ofrece al alumno las bases para lograr la automatización de procesos productivos de forma responsable, colaborativa y creativa.

Esta unidad de aprendizaje es obligatoria de la etapa disciplinaria, corresponde al área ciencias de la ingeniería y se considera predominantemente práctica.

III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Operar sistemas de control para sistemas dinámicos lineales, basados en la representación de función de transferencia, tanto en el dominio de tiempo continuo como en tiempo discreto, para automatizar en forma eficiente procesos productivos, en forma responsable, colaborativa y creativa.

IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Portafolio de evidencias que incluya, entre otros documentos, exámenes parciales, tareas, trabajos de investigación y prácticas de laboratorio, incorporando una portada, índice y un ensayo en donde se expongan las experiencias del curso.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

UNIDAD I. Función de transferencia y álgebra de bloques

Competencia:

Formular funciones de transferencia en tiempo continuo y discreto, utilizando leyes físicas y resultados experimentales, para establecer modelos matemáticos que permitan el análisis y control de sistemas lineales, en forma creativa.

Contenido:**Duración:** 5 horas

- 1.1. Elementos que forman un sistema de control
- 1.2. Definición de sistemas de control en lazo abierto y en lazo cerrado
- 1.3. Definición de la función de transferencia de sistemas continuos y discretos
- 1.4. Representación a bloques de las funciones de transferencia
- 1.5. Identificación de funciones de transferencia a través de datos experimentales
- 1.6. Álgebra de bloques

UNIDAD II. Respuesta en el dominio del tiempo de sistemas lineales de primer orden continuos y discretos

Competencia:

Analizar la respuesta en el dominio del tiempo de sistemas dinámicos lineales de primero y segundo orden, continuos y discretos, aplicando las herramientas de la transformada de Laplace y la transformada Z, para comprender el comportamiento dinámico de esta clase de sistemas, en forma creativa y en trabajo en equipo.

Contenido:**Duración:** 7 horas

- 2.1. Análisis de la respuesta en el tiempo de sistemas de primer orden continuos y discretos
- 2.2. Análisis de la respuesta en el tiempo de sistemas de segundo orden continuos y discretos
- 2.3. Análisis de la respuesta en tiempo de sistemas de alto orden, predominantes de primero y segundo orden
- 2.4. Error en estado estable

UNIDAD III. Criterios de estabilidad de sistemas lineales continuos y discretos representados por su función de transferencia

Competencia:

Probar la estabilidad de sistemas dinámicos lineales, continuos y discretos, utilizando herramienta analíticas y la función de transferencia, para determinar el comportamiento de la salida del sistema, con responsabilidad y disposición para el trabajo colaborativo.

Contenido:**Duración:** 7 horas

- 3.1. Análisis de estabilidad en el plano S
- 3.2. Análisis de estabilidad en el plano Z
- 3.3. Criterio de Routh-Hurwitz

UNIDAD IV. Análisis en el dominio de la frecuencia utilizando herramientas de software

Competencia:

Analizar la respuesta en el dominio de la frecuencia de sistemas dinámicos lineales continuos, utilizando herramientas analíticas y de software, para determinar la estabilidad relativa y absoluta de los sistemas en base a gráficos, en forma creativa.

Contenido:**Duración:** 4 horas

- 4.1. Respuesta en estado estable de sistemas lineales invariantes en el tiempo a entradas senoidales
- 4.2. Descripción analítica de las gráficas de Bode
- 4.3. Generación y análisis de las gráficas de Bode utilizando Matlab
- 4.4. Descripción analítica de las gráficas de Nyquist
- 4.5. Generación y análisis de las gráficas de Nyquist utilizando Matlab
- 4.6. Márgenes de magnitud y de fase utilizando Matlab

UNIDAD V. Diseño de controladores

Competencia:

Diseñar e implementar sistemas de control continuos y discretos en lazo abierto y en lazo cerrado, para satisfacer el objetivo de regulación, utilizando redes de atraso-adelanto y controladores PID, con una actitud colaborativa y creativa.

Contenido:

Duración: 9 horas

- 5.1. Definición de objetivos de control
- 5.2. Efectos de añadir polos y ceros a la función de transferencia
- 5.3. Redes de adelanto y atraso
- 5.4. El controlador PID en tiempo continuo
- 5.5. Implementación de sistemas de control en tiempo continuo
- 5.6. El control PID en tiempo discreto
- 5.7. Implementación de sistemas de control en tiempo discreto

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Aplicar herramientas de software, para implementar una metodología de identificación de la función de transferencia de sistemas lineales, mediante datos experimentales, con una actitud creativa, responsable y de trabajo en equipo.	A partir de datos experimentales, aplica una metodología, basada en herramientas de software, para obtener una función de transferencia de un sistema dinámico real.	Computadoras, software Matlab con la toolbox de identificación de sistemas y datos experimentales de experimentos previamente realizados.	3 horas
2	Utilizar herramientas de software, para simular y comprender la respuesta en el dominio del tiempo de sistemas dinámicos lineales de primero y segundo orden, utilizando simuladores de sistemas dinámicos, con una actitud creativa y de trabajo en equipo.	Utilizando simuladores de sistemas dinámicos, analiza la respuesta en el dominio del tiempo de sistemas dinámicos, continuos y discretos, de primer y segundo orden.	Computadoras, software Matlab, Simulink, LabVIEW u otro software equivalente.	3 horas
3	Usar herramientas de software, mediante la simulación y análisis de la respuesta en el dominio de la frecuencia de sistemas dinámicos lineales continuos, para determinar la estabilidad de los sistemas en base a las gráficas de Bode y Nyquist, en forma creativa.	Realiza un análisis numérico de la respuesta en frecuencia de sistemas continuos lineales de alto orden utilizando herramientas de software. Teniendo como resultado las gráficas de Bode y Nyquist y su respectivo análisis de estabilidad.	Computadoras, software Matlab y Simulink.	2 horas
4	Aplicar herramientas de software, mediante el diseño y la simulación de sistemas de control continuos en lazo cerrado, para satisfacer el objetivo de regulación, con una actitud colaborativa y creativa.	Diseña y simula con herramientas de software sistemas de control en lazo cerrado basados en controladores PID continuos, realizar una sintonización adecuada y evaluar su desempeño.	Computadoras, software Matlab y Simulink.	4 horas
5	Aplicar herramientas de software, mediante el diseño y la simulación	Diseña y simula con herramientas de software sistemas de control en	Computadoras, software Matlab y Simulink.	4 horas

	de sistemas de control en tiempo discreto en lazo cerrado, para satisfacer el objetivo de regulación, con una actitud colaborativa y creativa.	lazo cerrado basados en controladores PID discretos, realizar una sintonización adecuada y evaluar su desempeño.		
--	--	--	--	--

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Identificar y caracterizar, en forma práctica, los elementos que forman un sistema de control, utilizando los equipos que se encuentran en el laboratorio, para familiarizarse con los sistemas y elementos con los que se va a trabajar a lo largo del curso, con una actitud responsable y de trabajo en equipo.	Identifica las partes que forman un sistema de control, como la planta, sensores, acondicionamiento de señales, controlador, etapas de potencia y actuadores. Entrega un reporte con la descripción individual y dentro del sistema de control de cada uno de los elementos.	Sistema de control en donde se puedan identificar y caracterizar cada uno de sus elementos.	2 horas
2	Aplicar una metodología de identificación de sistemas, basada en datos experimentales, para identificar la función de transferencia de un sistema real, con una actitud creativa, responsable y de trabajo en equipo.	Aplica un proceso de Identificación de una función de transferencia utilizando datos experimentales a un sistema físico. Reporta lo realizado en cada paso del proceso y la función de transferencia identificada y su validación.	Computadora, Matlab con toolbox de identificación de sistemas, sistema de adquisición de datos que permita una ejecución en tiempo real y sistema a identificar.	4 horas
3	Analizar la respuesta en el dominio del tiempo de sistemas dinámicos lineales de primer orden, mediante la experimentación, para comprender el comportamiento dinámico de esta clase de sistemas, en forma creativa y en trabajo en equipo.	Realiza experimentos para analizar la respuesta en el tiempo de sistemas dinámicos de primer orden. En el reporte incluye una descripción detallada de los experimentos realizados y las principales características de la respuesta del sistema a entradas tipo escalón.	Computadora, Matlab, sistema de adquisición de datos y sistema predominantemente de primer orden.	2 horas

4	<p>Analizar la respuesta en el dominio del tiempo de sistemas dinámicos lineales de segundo orden, mediante la experimentación, para comprender el comportamiento dinámico de esta clase de sistemas, en forma creativa y en trabajo en equipo.</p>	<p>Realiza experimentos para analizar la respuesta en el tiempo de sistemas dinámicos de segundo orden. En el reporte incluye una descripción detallada de los experimentos realizados y las principales características de la respuesta del sistema a entradas tipo escalón, se deben incluir todos los casos posibles para el factor de amortiguamiento.</p>	<p>Computadora, Matlab, sistema de adquisición de datos y sistema predominantemente de segundo orden.</p>	2 horas
5	<p>Comprender la respuesta en el dominio de la frecuencia de sistemas dinámicos lineales continuos, utilizando herramientas analíticas y de software, para determinar la estabilidad de los sistemas en base a gráficos, en forma creativa.</p>	<p>Realiza experimentos que le permitan realizar las gráficas de bode de un sistema dinámico. En el reporte incluye una descripción detallada de los experimentos realizados, así como de las gráficas de magnitud y fase. Así como el análisis de su estabilidad relativa.</p>	<p>Computadora, Matlab, sistema de adquisición de datos, sistema predominantemente de segundo orden.</p>	2 horas
6	<p>Implementar experimentalmente sistemas de control continuos y discretos en lazo cerrado, mediante su diseño, implementación y sintonización, para satisfacer el objetivo de regulación en procesos productivos, con una actitud colaborativa y creativa.</p>	<p>Diseña, implementa y sintoniza controladores PID y sus variantes P, PD y PI en tiempo continuo para un sistema del laboratorio. Realiza la identificación de la planta, el diseño del controlador, el cálculo analítico de las ganancias del controlador, la simulación del sistema en lazo cerrado y la implementación práctica del controlador diseñado. En el reporte presenta una comparación del desempeño del sistema en lazo cerrado numérico y el experimental.</p>	<p>Plataforma para implementar controladores, de preferencia en tiempo real, planta a controlar y software para el procesamiento de datos.</p>	10 horas
7		<p>Diseña, implementa y sintoniza controladores PID y sus variantes P, PD y PI en tiempo discreto para</p>	<p>Plataforma para implementar controladores, de preferencia en tiempo real, planta a controlar y</p>	10 horas

	<p>un sistema del laboratorio. Realiza la identificación de la planta, el diseño del controlador, el cálculo analítico de las ganancias del controlador, la simulación del sistema en lazo cerrado y la implementación práctica del controlador diseñado. En el reporte presenta una comparación del desempeño del sistema en lazo cerrado numérico y el experimental.</p>	<p>software para el procesamiento de datos.</p>	
--	--	---	--

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 entregará el contenido del curso en la primera clase y establecerá un calendario de actividades. En cada clase se abrirá una discusión de cada tema abordando los aspectos analíticos y enfatizando su aplicación práctica. En todo momento motivará la participación de los estudiantes para que ellos mismos sean los que generen las soluciones a diferentes problemas de control.

Estrategia de aprendizaje (alumno)

El alumno debe de leer y estudiar previamente el material que se va a abordar en cada clase, debe hacer un resumen y anotar las dudas sobre dicho tema para abordarlas en la clase. En lo que respecta al laboratorio el alumno debe de leer su práctica con al menos una semana de anticipación para preparar todos sus materiales que necesitará para desarrollarla.

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

- | | |
|----------------------------------|-------------|
| - Al menos 2 exámenes | 40% |
| - Tareas..... | 10% |
| - Prácticas de laboratorio | 40% |
| - Evidencia de desempeño..... | 10% |
| (Portafolio de evidencias) | |
| Total..... | 100% |

IX. REFERENCIAS

Básicas

- Atkinson, P. (2012). *Feedback control theory for engineers*. Springer Science & Business Media. [clásica]
- Avilés, A. C., Domínguez, M. O. y Muños-Sánchez, Y. (2018). *Ingeniería de control moderna. Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior de Cd. Sahagún, 5(10)*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. México: Pearson Educación. [clásica]
- Rohrs, C. E., Melsa, J., Schultz, D. G. y Torres, P. R. (1994). *Sistemas de control lineal*. México: McGraw-Hill. [clásica]

Complementarias

- Dulhoste, J. F. (2016). *Teoría de control*. Colombia: Universidad de los Andes.
- Liu, J. (2004). *Advanced PID control and MATLAB simulation*. China: Publishing House of electronics industry, 9. [clásica]
- Ogata, K. y Sanchez, G. L. P. (1987). *Dinámica de sistemas*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. [clásica]
- Åström, K. J. & Wittenmark, B. (2013). *Computer-controlled systems: theory and design*. E.U: Courier Corporation.

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparte esta asignatura debe contar con título en Ingeniero o Licenciado en ciencias exactas, de preferencia con posgrado en dichas áreas; se sugiere experiencia en la implementación de sistemas de control y experiencia en la impartición de cursos de control automático a nivel licenciatura al menos un año y que haya recibido cursos pedagógicos; presentar las siguientes cualidades: proactivo, facilidad para transmitir el conocimiento y responsable.