

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 Moderno
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

David Isaías Rosas Almeida
Jován Oseas Mérida Rubio
Juan Francisco Flores Reséndiz
Carlos Alberto Chávez Guzmán
Iván Olaf Hernández Fuentes

Firma

A collection of handwritten signatures in black ink, corresponding to the names listed in the "Equipo de diseño de PUA" section.

Vo.Bo. de Subdirectores de
Unidades Académicas

Alejandro Mungaray Moctezuma
Angélica Reyes Mendoza
María Cristina Castañón Bautista

Firma

A collection of handwritten signatures in black ink, corresponding to the names listed in the "Vo.Bo. de Subdirectores de Unidades Académicas" section.

Fecha: 01 de junio de 2018

II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

El propósito del curso es que el estudiante adquiera herramientas y habilidades para diseñar e implementar sistemas de control, basados en la representación en variables de estado, para sistemas dinámicos lineales e invariantes en el tiempo, tanto para sistemas continuos y discretos, y de esta manera lograr la automatización de procesos productivos de forma responsable, colaborativa, creativa y con respeto al medio ambiente.

Esta unidad de aprendizaje es obligatoria de la etapa terminal, 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 continuos y discretos, basados en la representación en variables de estado, para automatizar en forma eficiente procesos industriales, en forma responsable, creativa y con respeto al medio ambiente.

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. Representación en variables de estado de sistemas lineales continuos y discretos

Competencia:

Formular la representación en variables de estado de sistemas lineales en tiempo continuo y discreto, utilizando leyes físicas y procesos analíticos, para establecer modelos matemáticos que permitan su análisis y su control, en forma creativa.

Contenido:**Duración:** 2 horas

- 1.1. Representación en variables de estados de sistemas continuos
- 1.2. Representación en variables de estado de sistemas discretos
- 1.3. Representación a bloques
- 1.4. Transformaciones lineales
- 1.5. Simulación de sistemas en variables de estado utilizando herramientas de software
- 1.6. Estrategias para transformar funciones de transferencia a una representación en variables de estado

UNIDAD II. Análisis de sistemas en variables de estado

Competencia:

Analizar la solución de la representación en variables de estado, así como sus principales propiedades, aplicando las herramientas analíticas, para determinar la estabilidad, controlabilidad y observabilidad del sistema, en forma creativa y trabajo en equipo.

Contenido:**Duración:** 3 horas

- 2.1. Solución de la ecuación de estado
- 2.2. Estabilidad de puntos de equilibrio en el sentido de Lyapunov
- 2.3. Controlabilidad
- 2.4. Observabilidad
- 2.5. Estabilizabilidad

UNIDAD III. Diseño de controladores por retroalimentación lineal de estado

Competencia:

Diseñar e implementar sistemas de control en lazo cerrado, utilizando la técnica de retroalimentación lineal de estados en sistemas continuos y discretos, para satisfacer los objetivos de control de estabilización, regulación y seguimiento de trayectorias, con una actitud colaborativa y creativa.

Contenido:**Duración:** 5 horas

- 3.1. Control por retroalimentación lineal de estado
- 3.2. Diseño de controladores para estabilización de equilibrios inestables
- 3.3. Diseño de controladores para regulación
- 3.4. Diseño de controladores para seguimiento de trayectorias

UNIDAD IV. Observadores de estado

Competencia:

Diseñar e implementar observadores de estado para sistemas continuos y discretos, utilizando las técnicas de Luemberger, que permitan la implementación de controladores por retroalimentación de estado, con una actitud de trabajo en equipo y creativa.

Contenido:**Duración:** 3 horas

- 4.1. El problema de la medición del vector de estado
- 4.2. El observador de Luemberger
- 4.3. Estabilidad del observador
- 4.4. Estabilidad del sistema en lazo cerrado considerando la incorporación de un observador de estado
- 4.5. Implementación de observadores en sistemas en lazo abierto
- 4.6. Implementación de observadores en sistemas en lazo cerrado
- 4.7. Diseño de observadores robustos

UNIDAD V. El PID en variables de estado y su aplicación a sistemas mecánicos

Competencia:

Diseñar e implementar sistemas de control en sistemas mecánicos, para resolver el problema de regulación, basados en el control PID y observadores de estado, con una actitud de trabajo en equipo, creativa y responsable.

Contenido:

Duración: 3 horas

- 5.1. Modelado de sistemas mecánicos de nGDL
- 5.2. Diseño de observadores de estado para sistemas mecánicos de nGDL
- 5.3. Definición del PID en variables de estado
- 5.4. Aplicación del PID en sistemas mecánicos

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Aplicar herramientas de software, para obtener y analizar la solución de la representación en variables de estado, tanto en tiempo continuo como discreto, con una actitud creativa, responsable y de trabajo en equipo.	Resuelve en forma numérica la ecuación de estado en tiempo continuo, utilizando herramientas de software.	Computadora y software para simular sistemas dinámicos.	2 horas
2		Resuelve en forma numérica la ecuación de estado en tiempo discreto, utilizando herramientas de software.	Computadora y software para simular sistemas dinámicos.	2 horas
3	Evaluar en forma numérica, el desempeño de los sistemas de control, basados en retroalimentación lineal de estados, para sintonizar adecuadamente las ganancias de los controladores, con una actitud creativa y de trabajo en equipo.	Simula el desempeño de sistemas de control, basados en retroalimentación lineal de estados, que permitan resolver los objetivos de estabilización, regulación y seguimiento de trayectorias.	Computadora y software para simular sistemas dinámicos.	8 horas
4	Evaluar en forma numérica, el desempeño de observadores de estado, considerando plantas con y sin incertidumbres paramétricas, para sintonizar adecuadamente las ganancias de los observadores, con una actitud creativa y de trabajo en equipo.	Simula el desempeño de un observador de estado de Luemberger para un sistema lineal, considerando el conocimiento exacto de los parámetros de la planta y considerando incertidumbres en dichos parámetros.	Computadora y software para simular sistemas dinámicos.	8 horas
5	Aplicar observadores de estado, en forma numérica, mediante la implementación de sistemas de control, para resolver el problema de medición parcial del vector de estado, con actitud creativa.	Simula el desempeño de sistemas de control incorporando un observador de estado.	Computadora y software para simular sistemas dinámicos.	4 horas
6	Implementar un sistema de control, en forma numérica, basados en el controlador PID en	Simula el control, para regulación, de un mecanismo de dos grados de libertad, incluyendo un	Computadora y software para simular sistemas dinámicos.	8 horas

	su forma de variables de estados, para resolver el problema de regulación en sistemas mecánicos, con una actitud de trabajo en equipo.	observador de estado y un controlador PID.		
--	--	--	--	--

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Construir modelos de sistemas físicos, utilizando la representación en variables de estado, para analizar el comportamiento de sus soluciones en el espacio de estado, con una actitud creativa y de trabajo en equipo.	Utilizando uno de los sistemas que cuente el laboratorio, realiza su representación en variables de estado, y utilizando una plataforma para la adquisición de señales, dibuja el retrato de fase del sistema considerando trayectorias para diferentes condiciones iniciales. Reporta el desarrollo analítico del modelo del sistema, su retrato de fase y un análisis del tipo de soluciones que presenta el sistema y el comportamiento de las mismas.	Plantas a las que se les pueda medir el vector de estado completo, de preferencia de segundo orden, plataforma de adquisición de señales y software para procesamiento de datos.	2 horas
2	Comprender los conceptos de puntos de equilibrio y su estabilidad, aplicando los criterios de estabilidad de Lyapunov, para ser utilizados en la solución de problemas de control, en forma creativa y trabajo en equipo.	Encuentra, en forma experimental, los puntos de equilibrio de diferentes sistemas y estudia su estabilidad en el sentido de Lyapunov. Comprueba sus observaciones analizando la estabilidad de dicho equilibrio a través del modelo lineal correspondiente. Reporta el desarrollo analítico para encontrar los puntos de equilibrio del sistema, así como el proceso para	Plantas a las que se les pueda medir el vector de estado completo, de preferencia de segundo orden, plataforma de adquisición de señales y software para procesamiento de datos.	2 horas

		definir su estabilidad y lo sustentará con los resultados experimentales.		
3	Implementar en forma experimental controladores por retroalimentación de estado, considerando la medición completa del vector de estado, para la solución de los problemas de regulación y seguimiento de trayectorias, en forma creativa y trabajo en equipo.	Implementa controladores por retroalimentación de estado, en tiempo continuo y discreto, para resolver el problema de regulación y seguimiento de trayectorias, utilizando plantas que permitan la medición completa del vector de estado. Reporta el diseño analítico del controlador, la prueba de estabilidad en lazo cerrado, los resultados numéricos y experimentales del sistema en lazo cerrado, así como un análisis de su desempeño.	Plantas a las que se les pueda medir el vector de estado completo, de preferencia de segundo orden, plataforma de adquisición de señales y software para procesamiento de datos.	6 horas
4	Implementar en forma experimental, observadores de estado, utilizando las técnicas de Luenberger, que permitan la implementación de controladores en plantas con medición parcial del vector de estado y resuelvan los problemas de control de regulación y de seguimiento de trayectorias, en forma creativa y trabajo en equipo.	Implementa observadores de estado de Luenberger en lazo abierto en plantas reales. Hacer el proceso de ajuste de ganancias para lograr la mejor convergencia del estado del observador al estado de la planta. Reporta el diseño analítico del observador, su prueba de estabilidad y los resultados experimentales de su desempeño.	Plantas a las que se les pueda medir el vector de estado completo o parcial, de preferencia de segundo orden, plataforma para la implementación de sistemas de control en tiempo continuo y discreto y software para programación de controladores y observadores.	4 horas
5	Implementar en forma experimental, sistemas de control, utilizando la técnica por retroalimentación de estado en planta que no cuentan con la medición completa del vector de estado, para resolver los problemas de regulación y seguimiento de trayectorias, en forma creativa y trabajo en equipo.	Implementa sistemas de control en lazo cerrado, basados en controladores por retroalimentación lineal de estado y observadores de estados que permitan resolver los problemas de regulación y seguimiento de trayectorias. Reporta el diseño del observador de estado, del controlador y la prueba de	Plantas con medición parcial del vector de estado, de preferencia de segundo orden, plataforma para la implementación de sistemas de control en tiempo continuo y discreto y software para programación de controladores y observadores.	10 horas

		estabilidad del sistema en lazo cerrado considerando la planta, el observador y el controlador. También incluye los resultados experimentales que muestren el desempeño de todos los elementos que forman el sistema de control.		
6	Implementar en forma experimental controladores para sistemas mecánicos, basados en controladores PID en su forma de variables de estado y observadores de estado, para resolver el problema de regulación, en forma creativa y trabajo en equipo.	Implementa sistemas de control en sistemas mecánicos, basados en controladores PID en su forma de variables de estado y de observadores de estado robustos para sistemas mecánicos, que resuelva el problema de regulación y seguimiento de trayectorias. Reporta el diseño del observador de estado, del controlador y la prueba de estabilidad del sistema en lazo cerrado considerando la planta, el observador y el controlador. También incluye los resultados experimentales que muestren el desempeño de todos los elementos que forman el sistema de control.	Sistemas mecánicos con medición parcial del vector de estado, de preferencia de segundo orden, plataforma para la implementación de sistemas de control en tiempo continuo y discreto y software para programación de controladores y observadores.	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 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

- 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

- Al menos 2 exámenes	40 %
- Tareas.....	20 %
- Prácticas.....	30%
- Evidencia de desempeño.....	10 %
(Portafolio de evidencias)	
Total.....	100%

IX. REFERENCIAS

Básicas	Complementarias
Atkinson, P. (2012). <i>Feedback control theory for engineers</i>. U.K.: Springer Science & Business Media. [clásica] Levine, W. S. (Ed.). (2018). <i>The Control Systems Handbook: Control System Advanced Methods</i>. USA: CRC Press. Ogata, K. (1996). <i>Sistemas de Control en Tiempo Discreto</i>. México: Prentice Hall. [clásica] Ogata, K. (2003). <i>Ingeniería de control moderna</i>. México: Pearson Educación. [clásica] Rohrs, C. E., Melsa, J., Schultz, D. G. y Torres, P. R. (1994). <i>Sistemas de control lineal</i>. México: McGraw-Hill. [clásica] Siciliano, B. & Khatib, O. (Eds.). (2016). <i>Springer handbook of robotics</i>. Germany: Springer. Zhu, Q. & Azar, A. T. (Eds.). (2015). <i>Complex system modelling and control through intelligent soft computations</i> (Vol. 319). U.K.: Springer.	Dulhoste, J. F. (2016). <i>Teoría de control</i>. Colombia: Universidad de los Andes. Liu, J. (2004). <i>Advanced PID control and MATLAB simulation</i>. China: Publishing House of electronics industry. [clásica] Ogata, K. y Sanchez, G. L. (1987). <i>Dinámica de sistemas</i>. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. [clásica] Åström, K. J. & Wittenmark, B. (2013). <i>Computer-controlled systems: theory and design</i>. USA: Courier Corporation.

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparta 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 cursos de control automático a nivel licenciatura al menos un año y que haya recibido cursos pedagógicos. Además es deseable que cuente con habilidades para propiciar la participación activa del estudiante, fomentar el pensamiento crítico y responsable.