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

Nombre de la Asignatura: CONTROL ANALÓGICO					
Clave: 4649	**Créditos:** 6	**Horas totales:** 64	**Horas Teoría:** 2	**Horas Práctica:** 1	**Horas Semana:** 4
Modalidad: Presencial			**Eje de Formación:** Profesionalizante		
Elaborado por: VÍCTOR HUGO BENITEZ BALTAZAR					
Antecedente: Dinámica de Sistemas, Álgebra Superior			**Consecuente:** Control Digital		
Carácter: Obligatoria			**Departamento de Servicio**: Electrónica		

Propósito:
La materia de Control Analógico es una asignatura fundamental que brinda el marco teórico del diseño de los sistemas de control. En este curso el alumno aprende las bases del análisis de sistemas de control aplicando técnicas analógicas en el dominio de la frecuencia y del tiempo. El curso también incluye la enseñanza de técnicas de diseño; por tal razón, se requiere que el alumno tenga bases matemáticas sólidas en el área del álgebra lineal, debido a que los sistemas que se estudian en esta asignatura son de tipo lineal e invariante en el tiempo. Se imparte en el semestre VI, se ubica en el eje profesionalizante.

I. Contextualización

Introducción:

El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. En efecto, los avances en la teoría del control automático ofrecen los medios para lograr el funcionamiento óptimo de sistemas dinámicos, esto significa que los sistemas de control son sistemas dinámicos que constituye una base para entender el comportamiento de tales sistemas. En este sentido, la teoría de control automático no es sino una pequeña parte de una teoría más general que estudia el comportamiento de todos los sistemas dinámicos.

En todos los sistemas de control se usan con frecuencia componentes de distintos tipos, por ejemplo, componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos y combinaciones de estos. Un ingeniero que trabaje con control debe estar familiarizado con las leyes físicas fundamentales que rigen estos componentes.

Algunas mediciones se pueden representar en forma analógica, otras en forma digital. Los sistemas digitales tienen importancia en la tecnología moderna, especialmente en la computación y sistemas de control automático. La tecnología digital se puede ver en diferentes ámbitos a saber: electromecánico, hidráulico, neumático y electrónico.

Control analógico se refiere a las magnitudes o valores que varían con el tiempo en forma continua como la distancia, temperatura, velocidad, que pueden variar muy lento o muy rápido. Por ejemplo el tiempo se representa en forma analógica por relojes (de agujas), y en forma discreta (digital) por displays digitales. Este curso está enfocado a la tecnología analógica.

En la asignatura de Control Analógico el alumno adquiere las habilidades y conocimientos necesarios para analizar los sistemas lineales invariantes en el tiempo (LTI) por medio de técnicas en el dominio de la frecuencia (función de transferencia) y del dominio del tiempo (Espacio de estados). Así mismo, se desarrollarán los conocimientos

para diseñar controladores tipo PID analógicos y su aplicación en la industria de procesos fundamentalmente.

En la unidad didáctica I se inicia con el análisis de la respuesta en el tiempo de los sistemas, el cual es un tema importante para distinguir la parte transitoria de la estable en la salida de un sistema LTI y ayuda además, a comprender los aspectos cualitativos de la estabilidad de un sistema tales como la estabilidad absoluta y relativa

En la unidad didáctica II aborda el tema de las diferentes acciones de control que existen en los sistemas industriales. Se detalla desde el control on-off hasta las acciones de control proporcional, integral y derivativa y sus combinaciones

En la unidad didáctica III se lleva a cabo el análisis de los sistemas por medio de la técnica llamada lugar geométrico de las raíces (LGR). Se parte de la función de transferencia para determinar el comportamiento de un sistema al variar la ganancia K u otro parámetro de interés

En la unidad didáctica IV se usan los conocimientos aprendidos en la unidad III para diseñar sistemas de control a partir del lugar geométrico de las raíces. El uso de simulaciones permitirá diseñar controladores y/o compensadores adecuados a una especificación de respuesta en el tiempo

En la unidad didáctica V se comienza a usar una técnica adicional bastante poderosa en términos de diseño como lo es las gráficas de Bode. También se dan los lineamientos necesarios para diseñar sistemas de control por medio de la respuesta senoidal empleando los conceptos de ganancia y fase

En la unidad didáctica VI se presentan los actuadores neumáticos que son dispositivos de amplio uso en sistemas de automatización.

En la unidad didáctica VII se dedica exclusivamente al análisis y diseño de controladores tipo P, D, I, PI, PD y PID, se hace uso extensivo de la simulación computacional para determinar los parámetros de diseño de controladores diseñados bajo especificación.

En la unidad didáctica VIII trata de los sistemas de control en el dominio del tiempo, en donde, se parte de una respuesta interna de los sistemas por medio del concepto de variables de estado.

Perfil del(los) instructor(es):	Doctor en Ciencias o Maestro en Ingeniería con formación en el área de la mecatrónica y/o la electrónica. Poseer licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería Eléctrica o Ingeniería Electrónica. Con experiencia docente y profesional comprobada de al menos dos años en las áreas de la automatización y control.

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
  - Construir sistemas de computación diseñados para realizar funciones en tiempo real para efectuar necesidades específicas. Estructurar un sistema embebido con componentes que se encuentran incluidos en la placa base asociada a una computadora. Diseñar sistemas para dispositivos sencillos y elaborar la electrónica que lo controle.
- HABILIDAD PARA DESARROLLAR SISTEMAS DE CONTROL Y DE AUTOMATIZACIÓN
  - Analizar y simular los sistemas de control por técnicas clásicas y modernas donde las variables sean de naturaleza digital. Aplicará los conocimientos aprendidos en control analógico para realizar la conversión digital y construir controladores digitales.

Objetivo General:

Obtener los conocimientos necesarios para el análisis y diseño de sistemas de control empleando técnicas en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia con apoyo en tecnología de simulación computacional. Relacionar los conocimientos de control con aplicaciones industriales y tecnológicas de la actualidad.

Objetivos Específicos:

1. Entender los aspectos principales del control.
2. Analizar y diseñar sistemas de control.
3. Analizar y diseñar sistemas de control mediante el lugar de las raíces.
4. Usar técnicas de simulación computacional para analizar y diseñar sistemas de control.
5. Analizar y diseñar sistemas de control por medio de la respuesta en la frecuencia.
6. Comprender el funcionamiento de actuadores neumáticos.
7. Comprender el funcionamiento de los controladores PID.
8. Entender el control mediante el espacio de estados e integrar los conocimientos aprendidos en un proyecto final.

Unidades Didácticas:

Unidad Didáctica I – ANÁLISIS DE LA RESPUESTA EN EL TIEMPO.
Unidad Didáctica II – ACCIONES DE CONTROL.
Unidad Didáctica III – ANÁLISIS DEL LUGAR DE LAS RAÍCES.
Unidad Didáctica IV – DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL MEDIANTE SIMULACIÓN.
Unidad Didáctica V- DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL MEDIANTE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA.
Unidad Didáctica VI – ACTUADORES NEUMÀTICOS.
Unidad Didáctica VII – CONTROLADORES PID.
Unidad Didáctica VIII – ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL EN EL ESPACIO DE ESTADOS.

III. Didáctica del programa

Unidades Didácticas:

Unidad didáctica I. Análisis de la respuesta en el tiempo
En la unidad I el alumno adquiere los conocimientos relacionados el análisis de la respuesta de los sistemas ante estímulos en su entrada por medio de señales simples. De igual manera, el alumno entiende que la respuesta de los sistemas depende de su orden.

- Respuesta de sistemas de primer orden.
- Respuesta de sistemas de segundo orden.
- Análisis de la respuesta por medio de Matlab.
- Criterio de estabilidad de Routh.
- Error en estado estacionario.

Unidad didáctica II. Acciones de control
En la unidad II el alumno aprende los fundamentos de la respuesta de las acciones de control proporcional integral y derivativa. Conoce las características e influencia de dichas acciones de control en el desempeño de un sistema.

- Control on off.
- Control P.
- Control I.
- Control D.
- Control PI.
- Control PD.
- Control PID.

Unidad didáctica III. Análisis del lugar de las raíces
En la unidad III el alumno aprende a graficar la respuesta en el plano complejo de un sistema LTI al modificar la ganancia K. Comprende desde el punto de vista del plano complejo la estabilidad de un sistema. Usa MATLAB como herramienta de apoyo dada la complejidad de la técnica. Pasos para obtener manualmente el LGR.

- Comandos en MATLAB.
- Ejemplos y casos de estudio.

Unidad didáctica IV. Diseño de sistemas mediante simulación
En esta unidad el alumno usa las habilidades aprendidas en la unidad III para diseñar sistemas de control utilizando la técnica LGR bajo especificaciones de desempeño. La unidad incluye simulaciones numéricas.

- Consideraciones preliminares de diseño.
- Compensadores en adelanto.
- Compensadores en atraso.
- Compensadores en atraso-adelanto.

Unidad didáctica V. Análisis y diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia
En esta unidad el alumno adquiere los conocimientos necesarios para analizar y diseñar sistemas de control

usando la técnica de Bode; empleando señales de tipo senoidal se analiza la respuesta de un sistema en términos de ganancia y fase. Estas técnicas le permiten diseñar sistemas de control que modifiquen la respuesta senoidal de un sistema en base a especificaciones deseadas.

- Principios de operación de los actuadores hidráulicos.
- Casos de aplicación.

Unidad didáctica VI. Actuadores neumáticos
En esta unidad el alumno conoce los aspectos generales de la operación de actuadores de tipo neumático, así como las aplicaciones en las cuales se requiere este tipo de actuación.

- Diagramas de Bode.
- Uso de MATLAB.
- Diseño de compensadores.
- Casos de estudio.
- Problemas.

Unidad didáctica VII. Controladores PID
En la unidad VI el alumno adquiere los conocimientos para diseñar controladores PID con sus diferentes variantes y arquitecturas.

- Reglas de sintonía.
- Método computacional para obtener valores óptimos.
- Esquemas de control PID.
- Asignación de ceros para mejorar la respuesta de un sistema.

Unidad didáctica VIII. Análisis y diseño de sistemas de control en el espacio de estados
En la unidad VII el alumno adquiere los conocimientos necesarios para analizar y diseñar sistemas de control empleando el concepto de la variable de estado, lo cual, le permite entender la dinámica interna de un sistema.

- Representación en el espacio de estado.
- Técnicas para transformar sistemas definidos en término de la función de transferencia.
- Solución de la ecuación de estado.
- Asignación de polos.
- Diseño de servosistemas.
- Controlabilidad y Observabilidad.
- Diseño de observadores.

Criterios de desempeño:

1. Elaboración de tareas en fechas establecidas.
2. Elaboración de prácticas de laboratorio.
3. Entrega de reportes de prácticas bajo formato pre establecido por el profesor.
4. Asistencia de acuerdo con el reglamento.
5. Presentar los exámenes en las fechas programadas.
6. Trabajo en equipo.

Experiencias de Enseñanza / procesos y objetos de aprendizaje requeridos:

1. Exposición del profesor de los temas teóricos.
2. Exposición de casos.
3. Actividades en el laboratorio de Electrónica.
4. Demostraciones por medio de simulación computacional

Experiencias de aprendizaje:

1. Lecturas complementarias.
2. Resúmenes críticos de artículos de revistas y/o memorias de congresos.
3. Tareas.
4. Prácticas de laboratorio.
5. Proyecto final en equipo.

Recursos didácticos y tecnológicos (material de apoyo):

1. Laptop del participante y del instructor.
2. Cañón.
3. Pintarrón.
4. Conexión a internet.
5. Bases de datos de biblioteca.
6. Prototipos didácticos del laboratorio de Electrónica.

Bibliografía	***Básica/ Complementaria***
Katsuhiko Ogata. (2009). Modern Control Engineering. 5ta edition. Edit. Pearson.	***Básica***
John Dorsey. (2005). Sistemas de control continuo y discreto: Modelado, identificación, diseño, implementación. 1ra edición. Edit. McGraw-Hill.	***Básica***
Joseph Distefano III, Allen R. Stubberud, Ivan J. Williams. (2013). Schaum's Outline of Feedback and Control Systems. 2da edition. Edit. McGraw-Hill Education.	***Complementaria***
Bernard Friedland. (2005). Control System Design: An Introduction to State-Space Methods. Edit. Dover Publications.	***Complementaria***
Norman S. Nise. (2015). Control Systems Engineering. 7a edition. Edit. Wiley.	***Complementaria***

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 las unidades I, II y III	Examen escrito	20 %
2	C	Examen parcial	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades IV y V	Examen escrito	20 %

#	Tipo (C,H,A)	Evidencias a evaluar	Criterios de evaluación	Técnicas e Instrumentos de Evaluación	Ponderación %
3	C	Examen parcial	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades VI y VII	Examen escrito	20 %
4	H, A	Tareas entregadas en tiempo sin prorroga	Las tareas se revisarán en fecha específica sin haber prorroga a su entrega	Evidencia de tarea entregada	10 %
5	C, H, A	Prácticas de laboratorio	Se evaluarán los conocimiento, habilidades y actitudes en la realización de prácticas de laboratorio	Práctica en fecha específica en laboratorio sin prórroga para su realización	15 %
6	C, H, A	Proyecto final	Se evaluarán los conocimiento, habilidades y actitudes en la realización del proyecto final a realizarse en equipo	Se revisará el proyecto final en fecha específica en laboratorio sin prórroga para su realización	15 %
Total					**100 %**

C: Conocimientos H: Habilidades A: Actitudes