PROGRAMA DE CURSO
FUNDAMENTOS DE CONTROL DE SISTEMAS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Eléctrica (DIE)					
Nombre del curso	Fundamentos de control de sistemas	Código	EL4113	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	*Fundamentals of Control Systems*					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X	Electivo			
Requisitos	EL3203: Análisis de señales, EL3204: Análisis de sistemas dinámicos y estimación					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes diseñen controladores los cuales permiten a un sistema operar de acuerdo a un conjunto de especificaciones. Para ello, analizan y modelan sistemas lineales continuos y discretos. Además, emplean métodos y técnicas básicas de control para sistemas dinámicos lineales, tanto de tiempo continuo como discreto, utilizando herramientas analíticas y/o computacionales.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE2: Concebir y aplicar conocimientos de ciencias físicas y matemáticas para el desarrollo de soluciones tecnológicas a problemáticas de la Ingeniería Eléctrica y áreas afines.

CE3: Analizar, usar experimentos e interpretar sus resultados para la verificación y validación de desarrollos tecnológicos.

CE5: Resolver problemas y optimizar soluciones en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, utilizando conceptos, enfoques y metodologías apropiadas.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE2	RA1: Modela sistemas lineales continuos y discretos, considerando transformadas de Laplace, frecuencia, mediante el uso de métodos multivariables, para describir el comportamiento del sistema físico modelado bajo ciertas condiciones.
CE5	RA2: Utiliza métodos (clásicos y avanzados) y técnicas básicas de control para controlar sistemas dinámicos lineales (de tiempo continuo y discreto), considerando su desempeño en términos del tiempo de establecimiento y sobre - oscilaciones y estabilidad.
	RA3: Simula plantas, sistemas reales y las estrategias de control diseñadas, mediante el uso de herramientas analíticas y/o computacionales, evaluando su desempeño en términos de estabilidad, del tiempo de establecimiento y sobre – oscilaciones.
CE2, CE3	RA4: Propone soluciones a un problema de control que opera bajo condiciones de operación de cada sistema y que sufre perturbaciones, considerando aspectos teórico - prácticos, de modelación, implementación y simulación.
	RA5: Diseña controladores en el dominio de la frecuencia, Laplace, transformada Z, mediante métodos multivariables, que permitan al sistema operar, considerando el uso de herramientas computacionales de diseño y simulación.
Competencias genéricas	**Resultados de aprendizaje**
CG1	RA6: Produce, con claridad y según formato solicitado, textos breves sobre la solución a un problema de control que opera bajo las condiciones especificadas, considerando el análisis de cambios y perturbaciones, así como aspectos teórico-prácticos, de modelación, implementación y simulación.
CG4	RA7: Trabaja de manera colaborativa con su equipo, en diversas actividades, considerando en su quehacer: el plantear objetivos comunes, iniciativa y organización para el desarrollo de diversas tareas.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA3, RA5	Introducción al diseño de controladores	2,5 semanas
Contenidos		**Indicador de logro**	
1.1. Estructuras básicas de los esquemas de control. 1.2. Configuraciones típicas: control en lazo abierto, control prealimentado, control en lazo cerrado. 1.3. Especificaciones en el dominio del tiempo para sistemas de tiempo continuo y de tiempo discreto. 1.4. Sistemas de primer y segundo orden y su aplicación al diseño de controladores. 1.5. Principio del modelo interno – aplicaciones.		El/la estudiante: 1. Identifica el modelo de la planta y de otros componentes pertenecientes al sistema de control, considerando las ecuaciones, según el sistema. 2. Utiliza las ecuaciones del sistema en la determinación de las funciones de transferencia correspondientes al lazo de control. 3. Analiza la respuesta de un sistema de primer y segundo orden, en estado estacionario y operación dinámica. 4. Propone un diseño preliminar de controlador (lazo abierto, prealimentado, lazo cerrado y modelo interno), considerando especificaciones de estado estacionario y operación dinámica.	
Bibliografía de la unidad		[1] Cap. 1, 2, 5	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Diseño de controladores mediante Lugar Geométrico de la raíz (LGR)	5 semanas
Contenidos		**Indicador de logro**	
2.1. Elementos básicos del Lugar Geométrico de la raíz (LGR) para sistemas continuos y discretos. 2.2. Estabilidad mediante la técnica de Routh Hurwitz. 2.3. Diseño de controladores utilizando Lugar Geométrico de la raíz (LGR) para sistemas continuos y discretos. 2.4. Proporcional Integrador Derivativo (PID), redes en adelanto, redes en atraso de fase, en del Lugar Geométrico de la raíz LGR, entre otros. 2.5. Aspectos prácticos de implementación en sistemas reales analógicos y digitales: retardo de las señales, límites de los parámetros y ruidos.		El/la estudiante: 1. Aplica la técnica del LGR (Lugar Geométrico de las Raíces) en el diseño de controladores continuos y discretos. 2. Diseña controladores PID en el dominio del tiempo, considerando las especificaciones de estado estacionario y operación dinámica de un sistema real dado. 3. Determina la aplicabilidad en sistemas reales de las redes de adelanto y atraso, considerando cuándo deberían ser utilizadas según su función. 4. Verifica y analiza la estabilidad de los sistemas, usando la técnica de Routh Hurwitz. 5. Analiza las ventajas y aplicabilidad del esquema de control PID, redes de compensación (adelanto–atraso, atraso–adelanto), entre otros, en distintas aplicaciones reales. 6. Simula plantas y controladores, mediante	

	herramientas computacionales y analíticas, verificando el funcionamiento de los controladores propuestos. 7. Compara resultados de las simulaciones computacionales con los obtenidos analíticamente, considerando similitudes entre estos. 8. Resuelve un problema complejo de control considerando aspectos prácticos de implementación, cuyos resultados reporta con claridad, según un formato preestablecido. 9. Trabaja de manera colaborativa con su equipo, en diversas actividades, considerando el planteamiento de objetivos comunes, iniciativa y organización.
Bibliografía de la unidad	[1] Cap. 6, 8

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Diseño de controladores en dominio de la Frecuencia	4,5 semanas

Contenidos	Indicador de logro
3.1. Teorema de Nyquist y su aplicación; análisis de estabilidad en el dominio de la frecuencia. 3.2. Diagramas de Bode. Margen de ganancia y fase. 3.3. Diseño de controladores (Proporcional Integrador Derivativo (PID), redes en adelanto, redes en atraso) para sistemas continuos y discretos en el dominio de la frecuencia. 3.4. Especificaciones de controladores en el dominio de la frecuencia y su relación con especificaciones en el dominio del tiempo. 3.5. Aspectos prácticos de implementación en sistemas reales analógicos y digitales: retardo de las señales en el dominio de la frecuencia.	El/la estudiante: 1. Aplica la técnica del diagrama de Bode para el diseño de controladores continuos y discretos. 2. Verifica y estudia la estabilidad de los sistemas, usando diagramas de Nyquist y de Bode 3. Diseña controladores PID y de adelanto – atraso, en el dominio de la frecuencia. 4. Relaciona las especificaciones de controladores en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo, considerando que ambos no son dominios independientes. 5. Simula plantas y controladores, mediante herramientas computacionales y analíticas para verificar el funcionamiento de los controladores propuestos. 6. Verifica aspectos teóricos y prácticos del diseño y simulación de controladores, mediante la toma de datos. 7. Elabora, de manera concisa, textos que integran a ejercicios y tareas, con los cuales justifica e interpreta los resultados de diseño o simulación de controladores en el dominio de la frecuencia. 8. Trabaja con su equipo, en actividades asignadas, considerando el planteamiento de objetivos comunes, iniciativa y organización.

Bibliografía de la unidad	[1] Cap. 7, 8

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3, RA4, RA5, RA7	Diseño de controladores en variables de estado	3 semanas

Contenidos	Indicador de logro
4.1. Diseño de controladores multivariables (MIMO) basado en técnicas monovariables (SISO), tales como ubicación de polos. 4.2. Observabilidad y controlabilidad. 4.3. Diseño de observadores de estado continuo y discreto. 4.4. Diseño de controladores en variables de estado: control óptimo lineal cuadrático (LQR).	El/la estudiante: 1. Modela una planta real en variables de estado o multivariable, analizando su observabilidad y controlabilidad. 2. Diseña controladores multivariables, mediante técnicas monovariables que consideran especificaciones de estado estacionario y operación dinámica. 3. Diseña observadores de orden completo y orden reducido, considerando variables que busca medir. 4. Simula plantas y controladores en variable de estado, mediante herramientas computacionales, considerando aplicaciones reales. 5. Diseña controladores, utilizando control óptimo lineal cuadrático. 6. Elabora, de manera concisa, textos que integra a tareas y ejercicios con los cuales justifica e interpreta los resultados obtenidos en sistemas de ecuaciones de estado.
Bibliografía de la unidad	[1] Cap. 9, 10

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso puede considerar el uso de diversas estrategias de enseñanza tales como:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas.
- Simulación y laboratorios computacionales.
- Trabajo de Laboratorio.

F. Estrategias de evaluación:

El curso presenta distintas instancias de evaluación tales como:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
• Controles (2)	Control 1 evalúa RA1, RA2, RA3 Control 2 evalúa RA3, RA4
• Tareas con sus respectivos reportes	Tarea 1: Evalúa RA1, RA2, RA3, RA5, RA6 Tarea 2: evalúa RA1, RA2, RA4, RA5, RA6 Tarea 3: evalúa el RA3 y RA6, RA7
• Examen	Evalúa RA1- RA4

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía básica:

[1] OGATA, K. (2009). *Modern Control Engineering*. Prentice Hall: quinta Edición.

Bibliografía complementaria:

[2] OGATA, K. (1994) *Discrete-Time Control Systems*. Prentice Hall.
[3] OGATA, K. (1999). Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall.
[4] BROGAN, W. (1991). *Modern Control Theory*. Prentice Hall.
[5] ASTRÖM, K., HÄGGLUND, T. (1995). PID Controllers: Theory, Design, and Tuning. ISA.
[6] ASTRÖM, K., WITTENMARK, B. (1997). *Computer-Controlled Systems, Theory and Design. Prentice Hall*.
[7] BLEVINS, T., MCMILLAN, G., WOJSZNIS, W., BROWN M. (2003). *Advanced Control Unleashed. ISA*.
[8] DORF, R., BISHOP, R. Modern Control Systems. Decimoprimera Edición. Prentice Hall, 2007.
[9] DORF, R. (1996). Sistemas Modernos de Control. Addison Wesley, 1996.
[10] KUO, B. (2002). Automatic Control Systems. Prentice Hall.
[11]KUO, B. (1997). Sistemas de Control Automático. Prentice Hall.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2021
Elaborado por:	Roberto Cárdenas
Validado por:	CTD ampliado de Eléctrica, Constanza Ahumada (ajuste postvalidación)
Revisado por:	Área de Gestión Curricular