

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ANTECEDENTES GENERALES

Carrera	INGENIERÍA CIVIL ELECTRICA			
Nombre de la asignatura	CONTROL AUTOMATICO			
Código de la asignatura	IEIE 82			
Año/Semestre	4º AÑO VIII SEMESTRE			
Coordinador Académico	Marcos Crutchik Norambuena			
Equipo docente	Marcos Crutchik-Fernando Guerra			
Área de formación	PROFESIONAL			
Créditos SCT	5 CRÉDITOS			
Horas de dedicación	Actividad presencial	4TP	Trabajo autónomo	4,5C
Fecha de inicio	Comienzo 2º Semestre del 4º Año			
Fecha de término	Término 2º Semestre del 4º Año			

DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Asignatura de naturaleza profesional, obligatoria y teórica y de laboratorio. Tributa a la competencia específica Domina un cuerpo distintivo y fundamental de conocimientos y técnicas de las Ciencias Aplicadas basado en: Sistemas de energía eléctrica, Maquinas eléctricas Y mecánica, Teoría de Redes, que le permite resolver problemas asociados al área de control y automatización de la ingeniería, en su nivel intermedio.

Además, el estudiante, domina un cuerpo distintivo y fundamental de conocimientos y técnicas de las Ciencias Aplicadas basado en: Sistemas de energía eléctrica, Maquinas eléctricas, Electrónica, Teoría de Redes, que le permite resolver problemas asociados al área de control automático la ingeniería eléctrica. Es una asignatura teórico práctica en la que, tras la conceptualización, los estudiantes realizan numerosos ejercicios prácticos, fundamentalmente sobre las técnicas de análisis y diseño sistemas industriales, así como de experimentación en laboratorio

OBJETIVOS

Este curso está orientado a los estudiantes de Ingeniería, para lograr un primer contacto con el control automático y por lo tanto, esta asignatura desarrolla los conocimientos básicos necesarios tanto para el estudio de asignaturas posteriores como para su posterior ejercicio profesional, concretamente en el campo del control de sistemas industriales.

Conocer y aplicar los métodos clásicos y modernos, para resolver el problema de control en sistemas lineales invariantes en el tiempo, monovariantes, de tiempo continuo y de tiempo discreto. Analizar y diseñar sistemas de control automático en tiempo continuo y discreto.

El principal objetivo en la aplicación de esta guía docente es que el alumno sea capaz de interpretar, plantear y resolver problemas reales relacionados con el control automático de sistemas industriales para lo cual debe:

- Capacidad para comprender el funcionamiento de un sistema de control automático y de los dispositivos que lo forman.
- Saber modelar y analizar sistemas de control por computador, y evaluar la estabilidad de los mismos.
- Tener conocimientos básicos sobre la metodología de espacio de estado y su aplicación al control automático.
- Determinar los parámetros un controlador en base a un análisis previo de la planta a controlar.
- Capacidad de aplicar un computador para procesar y controlar señales de magnitudes físicas reales.
- Proyectos de control automático con diseños basados en computadores o sistemas empujados.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Los resultados de aprendizaje establecidos en el rediseño curricular de la carrera es el son los siguientes:

1.3.2.3 interpreta los fundamentos y conceptos de la teoría de Control Automático clásico, necesarios para representar problemas de control básico en aplicaciones a sistemas SISO y lineales, asociados a la ingeniería eléctrica.

1.3.2.4 Aplicar técnicas de diseño de control automático para resolver problemas de control considerando los requerimientos de comportamiento y aplicando control continuo y discreto.

OBJETIVOS GENERALES

Conocer y aplicar los métodos clásicos y modernos, para resolver el problema de control en sistemas SISO lineales invariantes en el tiempo, monovariantes, de tiempo continuo y de tiempo discreto. Analizar y diseñar sistemas de control automático en tiempo continuo y discreto.

UNIDAD I: CONCEPTOS BASICOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

OBJETIVOS

Conocer y manejar los conceptos de control automático, tanto en lo que corresponde a la definición de las variables y equipos asociados, como también respecto los distintos esquemas de control existentes, como también las razones que justifican la automatización de un proceso.

CONTENIDO

- 1.1.- Definiciones Básicas: ¿Por qué se automatiza un proceso?, definición y conocimiento de las variables y el equipamientos asociados.
- 1.2.- Los distintos esquemas de control existentes: Control Manual (Humano), Automatización de Procesos, y Control de Procesos.
 - Planteamiento de los sistemas de control de Lazo Abierto y de Lazo Cerrado
- 1.3.- Las etapas para un desarrollo de un proceso de automatización.
- 1.4.- Proyección futura de la automatización de procesos: Big Data, Data Analytics, Machine Learning, Machine to Machine, sistemas neuronales.

UNIDAD II: MODELOS Y ANALISIS DE LA RESPUESTA DE SISTEMAS

OBJETIVOS

Haciendo énfasis en los sistemas mecánicos, térmicos, de fluidos, y eléctricos, plantear modelos matemáticos para sistemas industriales, de modo que a partir de ellos se pueda las características de su respuesta temporal y de estabilidad operacional ante cambios producidos en alguna de sus entradas.

CONTENIDO

- 2.1.- Concepto Básicos: El concepto de modelos matemáticos dinámicos y estáticos, y determinación de los parámetros que se quieren conocer (M_p , T_s , T_r , Ess), y planteamiento de los conceptos básicos de estabilidad operacional.
- 2.2.- Conceptos básicos sobre las metodologías para el planteamiento de modelos matemáticos: Métodos Analíticos, Métodos Empíricos.
- 2.3.- Modelos matemáticos analíticos de procesos:
 - Modelos de Sistemas mecánicos.
 - Modelos de Sistemas térmicos.
 - Sistemas hidráulicos.
 - Repaso de modelos Sistemas eléctricos.
- 2.4.- Respuesta a de sistemas a entradas tipo escalón:
 - Análisis en el Plano del Tiempo, determinación de los parámetros M_p , T_s , T_r , y Ess para sistemas de 1° y 2° orden.

- Análisis en el Plano de la Frecuencia: El concepto de la Función de Transferencia, herramientas para el cálculo de la Función de Transferencia, los planos de amplitud y fase, cálculo de la respuesta del sistema a una entrada tipo escalón.
- 2.5.- Métodos Empíricos de Modelación de Sistemas de 1° y 2° Orden
- Métodos para sistemas de 1° orden
 - Métodos para sistemas de 2° orden

UNIDAD III: ANALISIS DE ESTABILIDAD OPERACIONAL DE SISTEMAS

OBJETIVOS

Conocer y aplicar los conceptos de estabilidad para determinar las respuesta operacional de un sistema, aplicando para ello técnicas en el dominio del tiempo y en el plano de la frecuencia (Diagramas de Bode, Nyquist, y Nichols, como también de Lugar Geométrico de las Raíces.

CONTENIDO

- 3.1.- Conceptos básicos de Estabilidad: Estabilidad Absoluta y Estabilidad Relativa, aplicación para sistemas de control de Lazo Cerrado y Abierto
- 3.2.- Análisis de estabilidad en el dominio del tiempo:
- Ubicación de polos en el Semiplano Derecho de Laplace.
- 3.3.- Análisis de estabilidad en el dominio de la frecuencia.
- Análisis mediante el Lugar Geométrico de las Raíces.
 - Análisis con diagrama de Bode, Nyquist y Nichols.
 - Relaciones entre los parámetros del dominio de la frecuencia y los del dominio del tiempo.

UNIDAD IV: ANALISIS DE SISTEMAS EN TIEMPO DISCRETO

OBJETIVOS

Recordar la definición de la ecuación de diferencias y su aplicación al análisis de los sistemas de control mediante computador digital. Aplicar la transformada Z al análisis de sistemas de control discretos.

CONTENIDO

- 4.1.- Conceptos básicos de Sistemas Discretos y sus diferencias con los Sistemas Continuos
- 4.2.-Ecuación de diferencias, su estructura y soluciones matemáticas.
- 4.3.- Repaso de la Transformada Z.
- Definición de la Transformada Z, la transformada Z inversa.
- 4.4.- Aplicación de la Transformada Z a la solución de ecuaciones de diferencias lineales como herramienta para el análisis de sistemas discretos.

UNIDAD V: CONFIGURACION Y SINTONIA DE CONTROLADORES EN SISTEMAS DE LAZO CERRADO

OBJETIVOS

Conocer los diferentes tipos de controladores continuos y digitales usados en los lazos de control de procesos. Aplicar los criterios de ajuste de los controladores. Sintonizar analítica y empíricamente los controladores seleccionando el método más adecuado según sea el caso. Sintonizar los controladores aplicando los distintos métodos utilizados en la industria.

CONTENIDO

5.1.- El controlador industrial continuo tipo PID.

- Las características de los Controladores P, I, D, PI, PD, y PID.

5.2.- Criterios de ajuste y sintonía de controladores PID.

- Ajuste mediante métodos analíticos
- Ajuste mediante métodos empíricos: Cuarticos, De Función de Comportamiento (IAE, ISE, ITAE), Tanteo Sistemático.
- Método de cancelación de polos y ceros, otros

5.3.- Métodos de ajuste de controladores digitales.

UNIDAD VI: INTRODUCCION AL CONTROL DE SISTEMAS NO LINEALES TIPO CONTROL ON OFF

OBJETIVOS

Conocer los sistemas de control de sistemas no lineales, particularizando el caso del Control On Off, que es un esquema que, por su simplicidad y bajo costo, es ampliamente utilizado en multiples equipamiento de uso cotidiano.

CONTENIDOS

6.1.- Introducción y conocimientos básicos de esquemas de control de sistemas no lineales

6.2.- Estructuras de Control On Off con y sin histéresis y definición de parámetros de control

- Definición de parámetros característicos: el Ciclo Limite, El Error de Estado Estacionario
- La Función Descriptiva como elemento de análisis del funcionamiento de un sistema de control On Off

6.3.- Análisis de funcionamiento y de estabilidad de sistemas de control On Off con la ayuda de la Función Descriptiva

UNIDAD VII: PROYECCION FUTURA DEL CONTROL AUTOMATICO

OBJETIVOS

Conocer los sistemas de control de sistemas la evolución que tiene, y tendrá, los sistemas de control automático en el mediano y largo plazo, y los efectos que ello podría tener sobre la sociedad del futuro.

7.1. Big Data, Machine to Machine, Machine Learning, Control Fuzzy, Control Experto.

7.2. Sistemas Neuronales, Centros Integrados de Operación (CIO)

7.3. Ejemplos en la Industria Regional

METODOLOGÍA PEDAGÓGICA

PARTE TEORICA: Para desarrollar las capacidades que el curso plantea y trabajar sobre los contenidos que permitan formarlas, se empleará la didáctica de clases expositivas a cargo del profesor, combinada con actividades formativas que motiven la discusión de ejemplos reales, de modo de lograr generar en los alumnos una capacidad de análisis y la generación de soluciones y planes de mejora que nazcan del análisis realizado. Se desarrollarán además 3 Talleres grupales, en donde los alumnos trabajarán en clases en la solución de un problema planteado por el profesor. En la clase siguiente cada Grupo tendrá que hacer una exposición

oral, de no más de 10 minutos, en donde entregarán los principales resultados obtenidos en el desarrollo del Taller.

EXIGENCIAS DE LA ASIGNATURA

1. La asistencia a clases teóricas es obligatoria en un 75% según reglamento del estudiante.
2. La asistencia a los Talleres es obligatoria en 100%.
3. Presentación de trabajos en fecha y hora estipulada. La asistencia, entrega y presentación de trabajos ya sea individual o en grupo son de carácter de obligatorias y exigibles. La no presentación se califica con la nota mínima (1,0). Un entrega tardía de los trabajos tendrá una "multa" en nota, la cual ascenderá a una disminución de 0.5 puntos en la calificación por cada día de atraso.

EVALUACIÓN

1. PARTE TEÓRICA: Se realizan tres evaluaciones escritas, y varios Talleres Grupales.

EVALUACION	CONTENIDOS	FECHA
Prueba 1 (P1)	Modelos matemáticos y análisis de respuesta de sistemas	Semana 7 23-27/9
Prueba 2 (P2)	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Estabilidad en el Dominio de la Frecuencia • Análisis de la respuesta de Sistemas Discretos 	Semana 11 21-25/10
Prueba 3 (P3)	Configuración y Sintonía de controladores PID en lazo cerrado	Semana 15 8-22/11
Talleres (T)	<p>Se realizarán 3 Talleres, en donde los alumnos trabajaran en Grupo resolviendo en clases un problema entregado en forma previa, en la clase siguiente. En la clase siguiente cada Grupo tendrá que exponer brevemente en forma oral sus resultados.</p> <p>La nota correspondiente, T, será el promedio de los 3 Talleres.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taller 1: Planteo de modelo matemático fenomenológico, simulación en Simulink, y determinación de M_p, T_s, y respuesta a consultas operacionales • Taller 2: Análisis de Estabilidad usando Diagramas de Bode, simulación en Matlab, cálculo de M_f y M_g, respuestas y conclusiones. • Taller 3: Configuración y sintonía de un lazo de control, elección del Controlador, y su sintonía empírica. Probar funcionamiento ante diferentes tipos de perturbaciones. 	Se realizarán en forma dinámica a medida que transcurren las clases

La evaluación de cada uno de los Talleres de realizará en base a la siguiente Rúbrica:

INFORME ESCRITO DEL TALLER 60%		EXPOSICION ORAL 40%		NOTA TALLER
Calidad del Informe 20%	Calidad del Análisis y las conclusiones 40%	Calidad del PPT 20%	Calidad de la Exposición Oral 20%	

Observación: Si alguno de los Grupos, voluntariamente, realiza su Exposición Oral en el idioma inglés, entonces su nota en la Exposición Oral subirá 1.5 puntos.

La Nota Final se determinará a partir de la siguiente expresión:

$$NF = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + T}{4}$$

REMEDIALES:

Los Remediales se asocian solo a las Pruebas, y se entienden en dos contextos:

- Para aquellos alumnos que obtengan en alguna de las Pruebas una nota inferior a 4.0, deberán realizar un Remedial. El Remedial consistirá en que, a partir de las correcciones hechas en clases por el Profesor, y los comentarios insertos en la corrección de la Prueba, el alumno, en un plazo no mayor a una semana del momento de recibir la corrección, debe entregar la misma prueba, en donde se hayan corregido todos los errores cometidos en la prueba original. Si el Remedial se entrega sin errores, entonces la calificación final de la prueba será 4.0.
- Para aquellos alumnos que, habiendo sacado una nota superior a 4.0, quieran mejorar su calificación, podrán entregar la misma prueba hecha, en donde se hayan corregido todos los errores cometidos en la Prueba original. Si el Remedial se entrega sin errores, entonces la calificación final subirá en un punto (1.0)

IMPORTANTE: Todas las actividades representan Resultados de Aprendizaje diferentes, por lo que en teoría deben ser aprobadas en forma independiente.

PLANIFICACION DE ACTIVIDADES

SEMANA	CLASE	MATERIAS Y/O ACTIVIDADES
Semana 1 12-16/8	Clase 1	Presentación del Profesor, del curso, metodología pedagógica, y actividades de evaluación
	Clase 2	Definiciones básicas, Definición Variables, Justificación de Automatización (Económica, Seguridad) Desarrollo de ejemplo de justificación económica de automatización de un proceso.
Semana 2 19-23/8	Clase 1	Esquemas de Control: Manual, Automático, Control de Procesos, características de cada uno de ellos

	Clase 2	Esquemas de Control de Procesos: Lazo Abierto, Lazo Cerrado Etapas del Desarrollo de un Proceso s Automatización
Semana 3 26-30/8	Clase 1	Proyección Futura de la Automatización: Big Data, Machine Learning, Machine to Machine (M2M), Sistemas Neuronales
	Clase 2	Modelos Matemáticos de Procesos: Definiciones básicas, modelos dinámicos y estáticos, parámetros que se quieren conocer, concepto de Estabilidad Métodos para el desarrollo de modelos matemáticos de procesos: Fenomenológicos, Empíricos
Semana 4 2-6/9	Clase 1	Modelos Fenomenológicos : Sistemas mecánicos
	Clase 2	Modelos Fenomenológicos : Sistemas térmicos
Semana 5 9-13/9	Clase 1	Modelos Fenomenológicos : Sistemas de Fluidos
	Clase 2	Respuesta de Sistema LI a Entradas Singulares: Escalón, Rampa, Impulso Análisis en el Plano del Tiempo: Definición de variable: M_p , T_s , T_r , V_F Análisis en e Plano de la Frecuencia: Concepto de Función de Transferencia, Uso de la FT para resolver la respuesta de un sistema
Semana 6 16-20/9	Clase 1	FIESTAS PATRIAS
	Clase 2	
Semana 7 23-27/9	Clase 1	Respuesta de Sistemas de 1° Orden
	Clase 2	Respuesta de Sistemas de 2° Orden Modelos matemáticos basados e Métodos Empíricos: Métodos de FT de 1° Orden, Métodos de FT de 2° Orden PROFESOR ENTREGA DE PRUEBA 1
Semana 8 30/9-3/10	Clase 1	Análisis de Estabilidad Operacional de Sistemas: Estabilidad Absoluta, Estabilidad Relativa ALUMNO ENTREGA PRUEBA 1
	Clase 2	Análisis de Estabilidad en el Plano del Tiempo: Ubicación de Polos en el SPI de Laplace Análisis de Estabilidad en el Plano de la Frecuencia: Método de Routh
Semana 9 7-11/10	SEMANA SALUD MENTAL	
Semana 10 14-18/10	Clase 1	Análisis de Estabilidad en el Plano de la Frecuencia: Método de Lugar Geométrico de las Raíces
Semana 11 21-25/10	Clase 2	Análisis de Estabilidad en el Plano de la Frecuencia: Método de Diagramas de Bode y de Diagramas de Nichols
	Clase 2	Ecuaciones de Diferencia: Estructura y Soluciones Repaso de Transformada Z; Cálculo y la Transformada Inversa de Z PROFESOR ENTREGA PRUEBA 2

Semana 12 28/10-1/11	Clase 1	Aplicaciones de la Transformada Z para la resolución de Ecuaciones de Diferencias y Análisis de Sistema
	Clase 2	Configuración y Sintonía de Controladores PID en Lazos: El PID Continuo y Discreto. Otros Controladores Digitales ALUMNO ENTREGA PRUEBA 2
Semana 13 4-8/11	Clase 1	Características de un Controlador: P, PI, PD, PD
	Clase 2	Métodos de Sintonía de Controladores PID: Los Métodos Empíricos (Cuarticos, Función de Comportamiento, Tanteo Sistemático)
Semana 14 11-15/11	Clase 1	Métodos de Sintonía de Controladores PID: Los Métodos Analítico: Gestión de Mf y Mg, Método de Cancelación de Polos Indeseables
	Clase 2	Desarrollo de ejemplos de Configuración y Sintonía de Controladores PID
Semana 15 18-22/11	Clase 1	Conocimientos básicos de sistemas No Lineales Estructura de un Control ON-OFF: Ventajas, Desventajas PROFESOR ENTREGA PRUEBA 3
	Clase 2	Parámetros característicos de sistemas de control ON-OFF Definición y planteamiento de la Función Descriptiva ALUMNO ENTREGA PRUEBA3
Semana 16 25-29/11	Clase 1	Análisis de la respuesta de Sistemas ON-OFF
		Otros conceptos asociados a los sistemas no lineales
	Clase 2	

BIBLIOGRAFÍA.

1. OGATA KATSUHIKO. "Modern Control Engineering"., Prentice Hall.
2. DORF R. C. "Modern Control Systems", Editorial Addison-Wesley.
3. KUO BENJAMIN C. "Sistemas automáticos de Control", Prentice Hall, Inc. 1962.
4. RAVEN F. H. "Automatic Control Engineering", McGraw-Hill, 1961.

Bibliografía Complementaria :

1. MARCOS CRUTCHIK NORAMBUENA, 2001, "Control de Procesos Industriales", Universidad de Antofagasta
2. MARCOS CRUTCHIK NORAMBUENA, 2023, "Apuntes PPT Curso Control Automático", Plataforma TEAMS, U. Antofagasta
3. BEN ZEINES, 1972, "Automatic Control Systems", Prentice Hall
4. W. L. LUYBEN, 1971, "Process Modeling Simulation, and Control for Chemical Engineers", McGraw Hill