

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
LICENCIATURA DE INGENIERÍA MECÁNICA



PROGRAMA DE ESTUDIOS

CONTROL CLÁSICO

Elaboró:	M. en I. Christian Castro Martínez	Facultad de Ingeniería
	Dr. CIE Jaime García García	Facultad de Ingeniería
	M. en I. Judith Moreno Jiménez	Facultad de Ingeniería
	M. en I. Iván Osvaldo Rossano Díaz	Facultad de Ingeniería
	M. en D. Marcela Margarita Vargas Peña	Facultad de Ingeniería

Asesoría técnica:	Lic. Araceli Rivera Guzmán	Dirección de Estudios Profesionales
--------------------------	----------------------------	-------------------------------------

Fecha de aprobación:	H. Consejo Académico 10 de enero de 2022	H. Consejo de Gobierno 12 de enero de 2022
-----------------------------	--	--

Facultad de Ingeniería



Índice

	Pág.
I. Datos de identificación.	3
II. Presentación del programa de estudios.	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.	5
IV. Objetivos de la formación profesional.	9
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.	10
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.	11
VII. Acervo bibliográfico.	12



I. Datos de identificación.

Espacio académico donde se imparte **Facultad de Ingeniería
Unidad Académica Profesional Tianguistenco**

Estudios profesionales **Licenciatura de Ingeniería Mecánica, 2019**

Unidad de aprendizaje **Control clásico** Clave

Carga académica

2	1	3	5
Horas teóricas	Horas prácticas	Total de horas	Créditos

Carácter **Obligatoria** Tipo **Curso** Periodo escolar **Séptimo**

Área curricular **Ciencias de la Ingeniería** Núcleo de formación **Sustantivo**

Seriación **Dinámica de sistemas** **Ninguna**

UA Antecedente

UA Consecuente

Formación común

No presenta



II. Presentación del programa de estudios.

La formación académica del Ingeniero Mecánico debe evolucionar y actualizarse conforme a los continuos cambios de la tecnología, la automatización de los procesos industriales, nuevas plataformas educativas y aplicación de software especializado.

Los contenidos temáticos, actividades, simulaciones y experimentos de la Unidad de Aprendizaje de Control clásico están dirigidos a desarrollar en el alumno su capacidad de análisis y síntesis de los métodos de control analógico, comprendiendo los elementos que conforman un sistema de control en lazo abierto y cerrado, agregando en el lazo de control de lazo cerrado, compensadores de adelanto o atraso o controladores proporcional, integral o derivativo, para modificar el sistema y mejorar respuestas en estado estable, factor de amortiguamiento, porcentaje de sobre impulso y estabilidad.

Esta Unidad de Aprendizaje consta en total de tres unidades temáticas; en la primera unidad se utilizan herramientas matemáticas para analizar sistemas de control, analizar la estabilidad de un sistema para encontrar los rangos en donde un sistema es estable, marginalmente estable o inestable, se analiza y se realiza la simulación para comprender el efecto de los controladores proporcional, integral o derivativo de forma independiente o con sus combinaciones, se utilizan métodos para sintonizar controladores con apoyo de herramientas de software. En la segunda unidad se analiza el método del lugar de las raíces que por medio del conocimiento del trazado y la interpretación geométrica se puede conocer los efectos del comportamiento de los sistemas de control y su implementación o diseño anexando compensadores o controladores. En la tercera unidad temática se estudian los métodos de análisis en frecuencia, para conocer los diferentes efectos que produce la frecuencia en el comportamiento de los sistemas, los métodos de respuesta en frecuencia en los sistemas de control proveen un conjunto de análisis y herramientas gráficas para analizar sistemas de cualquier orden y complejidad.

Para analizar los sistemas de control en lazo cerrado es necesario utilizar estrategias para lograr la habilidad de manejo de equipo de laboratorio, para la medición de variables eléctricas que se encuentran en la retroalimentación del sistema. En esencia, la formación práctica y con simuladores favorece la verificación objetiva del análisis y síntesis de sistemas de control. La finalidad de este programa de estudios es dotar al alumno de la Licenciatura de Ingeniería Mecánica de herramientas y habilidades para la mejor comprensión de las Unidades de Aprendizaje consecuentes y sobre todo, para su exitoso desempeño profesional; ya que esta UA contribuye también al desarrollo, análisis, optimización y diseño de sistemas de control eficientes que permitan un manejo automático y sustentable de la energía eléctrica.



III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA DE INGENIERÍA MECÁNICA, 2019

	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10	
O B L I G A T O R I A S	El ingeniero y su entorno socioeconómico 3 1 4 7	Epistemología 3 1 4 7	Cultura y comunicación 2 1 3 5	Métodos numéricos 1 3 4 5	Problemas socioeconómicos de México 1 2 3 4	Investigación de operaciones 3 2 5 8	Administración industrial 1 3 4 5	Administración de la producción 1 3 4 5	Ética en ingeniería 2 2 4 6		
	Álgebra superior 3 1 4 7	Álgebra lineal 3 1 4 7	Probabilidad y estadística 3 1 4 7	Mecánica del medio continuo 3 2 5 8	Ciencia de materiales II 1 3 4 5	Dinámica de sistemas 1 2 3 4	Control clásico 2 1 3 5	Automatización de procesos industriales 2 4 6 8	Informes técnicos en ingeniería 3 2 5 8		
	Geometría analítica 3 1 4 7	Cálculo II 3 1 4 7	Cálculo III 3 1 4 7	Electricidad y magnetismo 3 2 5 8	Metrología eléctrica y electrónica 1 2 3 4	Máquinas eléctricas 1 4 5 6	Instalaciones eléctricas industriales 1 3 4 5	Diseño de elementos de máquinas 2 3 5 7	Diseño de herramental 1 3 4 5		
	Cálculo I 3 1 4 7	Ecuaciones diferenciales 3 1 4 7	Dinámica 3 1 4 7	Vibraciones mecánicas 2 1 3 5	Circuitos eléctricos 1 3 4 5	Electrónica 1 3 4 5	Ingeniería económica 1 3 4 5	Proyectos de ingeniería 1 2 3 4	Gestión empresarial 1 3 4 5		
	Mecánica de la partícula 3 2 5 8	Estática 3 1 4 7	Mecánica de materiales 3 2 5 8	Microeconomía 2 2 4 6	Termodinámica 3 2 5 8	Ingeniería térmica 2 3 5 7	Transferencia de calor 2 2 4 6	Diseño de equipo térmico 1 4 5 6	Control ambiental 1 3 4		
	Programación básica 2 2 4 6	Dibujo mecánico I 1 3 4 5	Química 3 1 4 7	Ciencia de materiales I 1 2 3 4	Procesos de manufactura 1 4 5 6	Desarrollo de habilidades directivas 1 2 3 4	Mecánica de fluidos 3 2 5 8	Turbomaquinaria 1 3 4 5			
		Metrología dimensional 0 3 3	Dibujo mecánico II 0 2 3 5	Análisis de mecanismos 2 3 5 7	Diseño de transmisiones 1 2 3 4	Manufactura aplicada 0 4 4 4					
	Inglés 5 2 2 4 6	Inglés 6 2 2 4 6	Inglés 7 2 2 4 6	Inglés 8 2 2 4 6	Integrativa profesional* -- -- -- 8	Termoquímica 1 3 4 6					
O P T A T I V A S							Optativa 1 0 4 4 4	Optativa 3 0 4 4 4			
							Optativa 2 0 4 4 4	Optativa 4 0 4 4 4			
								Optativa 5 0 4 4 4			
	HT 17 HP 8 TH 25 CR 42	HT 18 HP 10 TH 28 CR 46	HT 19 HP 12 TH 31 CR 50	HT 14 HP 19 TH 33 CR 47	HT 12 HP 21 TH 33 CR 45	HT 10 HP 18** TH 28** CR 46	HT 11 HP 21 TH 32 CR 43	HT 8 HP 27 TH 35 CR 43	HT 8 HP 24 TH 32 CR 40	HT -- HP ** TH ** CR 30	





DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS

	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10	
O P T A T I V A S							A d m i n i s t r a t i v a	Calidad y normatividad			
								Contabilidad administrativa		World class manufacturing	
								Mantenimiento industrial		Proyectos industriales	
								Psicología industrial			
								Producción automatizada			
								Análisis de tolerancias		Dies and mold design	
								Diseño de mecanismos		Método del elemento finito	
								Diseño mecánico especializado			
								Tribología			
										Diseño de experimentos	Calibración automotriz
								Ingeniería de manufactura automotriz	Diseño de sistemas de transmisión		
								Engineering in the automotive industry			
								Sistemas automotrices			
							D i s e ñ o m e c á n i c o				
							I A n t e n i o n e r r i z a z				





Proyecto curricular de la Licenciatura de Ingeniería Mecánica
Reestructuración, 2019
Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales



PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10				
O P T A T I V A S							P m l á n s t i a c c o t s u r y a	Materiales poliméricos	0 4 4 4	Diseño de sistemas de manufactura	0 4 4 4		
								E l é c t r i c o n t r o l y	Tecnologías para el reciclado de plásticos	0 4 4 4	Computer aided manufacturing	0 4 4 4	
									T e r m o f l u i d o s	Tecnologías de procesamiento de plásticos	0 4 4 4	Procesos de formado de metales	0 4 4 4
										Ahorro de energía eléctrica	0 4 4 4	Automatización avanzada	0 4 4 4
							Control de sistemas de potencia			0 4 4 4	Diseño mecatrónico	0 4 4 4	
							Control digital	0 4 4 4		Instalaciones electromecánicas	0 4 4 4		
							Robotics ¹	0 4 4 4					
							Acondicionamiento de aire	0 4 4 4	Diseño de generadores de vapor	0 4 4 4			
							Ciclos de potencia avanzados	0 4 4 4	Thermal engine design	0 4 4 4			
							Diagnósticos energéticos	0 4 4 4	Diseño de turbomáquinas	0 4 4 4			
							Máquinas de desplazamiento positivo	0 4 4 4					





SIMBOLOGÍA

Unidad de aprendizaje	HT: Horas Teóricas
	HP: Horas Prácticas
	TH: Total de Horas
	CR: Créditos

➔ 28 líneas de seriación.

Créditos mínimos 22 y máximos 54 por periodo escolar.

*Actividad académica.

**Las horas de la actividad académica.

¡ UA optativa que debe impartirse, cursarse y acreditarse en el idioma inglés.

	Núcleo básico obligatorio.
	Núcleo sustantivo obligatorio.
	Núcleo integral obligatorio.
	Núcleo integral optativo

PARÁMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Núcleo básico obligatorio: cursar y acreditar 21 UA	53
	30
	83
	136

Total del núcleo básico:
acreditar 21 UA para cubrir
136 créditos

Núcleo sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 27 UA	44
	66
	110
	154

Total del núcleo sustantivo
acreditar 27 UA para
cubrir 154 créditos

Núcleo integral obligatorio: cursar y acreditar 15 UA + 2*	20
	44+**
	64+**
	122

Núcleo integral optativo: cursar y acreditar 5 UA	0
	20
	20
	20

Total del núcleo integral
acreditar 20 UA + 2* para
cubrir 142 créditos

TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS	
UA obligatorias	63 + 2 Actividades académicas
UA optativas	5
UA a acreditar	68 + 2 Actividades académicas
Créditos	432



IV. Objetivos de la formación profesional.

Objetivos del programa educativo:

Son objetivos de los estudios profesionales de la Licenciatura de Ingeniería Mecánica formar profesionales con alto sentido de responsabilidad, críticos, creativos y con vocación de servicio para la solución de problemas relacionados con la conversión de energía en sus diversas formas con la finalidad de favorecer a la sociedad para contribuir al desarrollo social, económico, tecnológico y sustentable del país.

Generales

- Ejercer el diálogo y el respeto como principios de la convivencia con sus semejantes, y de apertura al mundo.
- Reconocer la diversidad cultural y disfrutar de sus bienes y valores.
- Adquirir los valores de cooperación y solidaridad.
- Participar activamente en su desarrollo académico para acrecentar su capacidad de aprendizaje y evolucionar como profesional con autonomía.
- Asumir los principios y valores universitarios, y actuar en consecuencia.
- Aprender los modelos, teorías y ciencias que explican el objeto de estudio de su formación.
- Emplear habilidades lingüístico-comunicativas en una segunda lengua.
- Tomar decisiones y formular soluciones racionales, éticas y estéticas.
- Comprender y aplicar los principios subyacentes a los métodos, técnicas e instrumentos empleados en la intervención profesional.
- Emplear las habilidades técnicas y tecnológicas para evolucionar en el campo laboral.
- Desarrollar un juicio profesional basado en la responsabilidad, objetividad, credibilidad y la justicia.

Particulares

- Diseñar sistemas y procesos de control, en tiempo continuo y discreto empleando conocimientos de electricidad y magnetismo, circuitos eléctricos y electrónicos, máquinas eléctricas, control clásico, dinámica de sistemas, metrología eléctrica y electrónica; y automatización de procesos industriales para la automatización de procesos y sistemas industriales que contribuyan al aumento de la calidad y cantidad de la producción.



- Diseñar sistemas térmicos convencionales y alternativos utilizando los conocimientos de la termodinámica, mecánica de fluidos, termoquímica, transferencia de calor; turbomaquinaria, diseño térmico y control ambiental para contribuir a la disminución de: costos de producción, emisiones de contaminantes al ambiente utilizando la energía de manera eficiente y sustentable.
- Crear sistemas y procesos de control, en tiempo continuo y discreto empleando conocimientos de electricidad y magnetismo, circuitos eléctricos y electrónicos, máquinas eléctricas, control clásico, dinámica de sistemas, metrología eléctrica y electrónica; y automatización de procesos industriales para automatizar procesos y sistemas industriales que contribuyan al aumento de la calidad y cantidad de la producción.
- Evaluar proyectos de producción y manufactura utilizando los principios del valor de la inversión a través del tiempo, el tiempo de retorno de inversión, microeconomía, investigación de operaciones, administración industrial y de la producción, así como gestión empresarial para seleccionar de manera óptima los recursos humanos, materiales, técnicos y económicos de la producción industrial.

Objetivos del núcleo de formación:

Desarrollará en el alumno el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.

Comprenderá unidades de aprendizaje sobre los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para dominar los procesos, métodos y técnicas de trabajo; los principios disciplinares y metodológicos subyacentes; y la elaboración o preparación del trabajo que permita la presentación de la evaluación profesional.

Objetivos del área curricular o disciplinaria:

Analizar los problemas relacionados con fluidos, transferencia de calor, circuitos eléctricos y de la dinámica a través del estudio de la mecánica de fluidos, la termodinámica, las ciencias de los materiales y los circuitos eléctricos y electrónicos para la explicación de sus condiciones, propiedades y limitaciones en relación con el entorno.

V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Diseñar esquemas de control mediante técnicas clásicas de respuesta en frecuencia para la regulación de sistemas mecánicos, neumáticos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos.



VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización.

Unidad temática 1. Acciones básicas de control

Objetivo: Examinar las herramientas matemáticas utilizadas en el contexto del desarrollo de sistemas de control de ingeniería, mediante la identificación de los factores distintivos de cada acción, para diseñar y aplicar estrategias de control.

Temas:

- 1.1 Introducción a los sistemas de control.
- 1.2 Concepto de estabilidad
 - 1.2.1 Estabilidad absoluta
 - 1.2.2 Criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz
- 1.3 Acciones de control.
 - 1.3.1 Acción de control Proporcional
 - 1.3.2 Acción de control Integral
 - 1.3.3 Acción de control Derivativa
- 1.4 Reglas de Ziegler-Nichols para la sintonía de controladores PID.
- 1.5 Diseño de controladores PID mediante el método de optimización computacional

Unidad temática 2. Método del lugar de las raíces

Objetivo: Analizar el método del lugar de las raíces, por medio del trazado e interpretación geométrica, para conocer los diferentes efectos en el comportamiento de los sistemas de control y su implementación.

Temas:

- 2.1 El lugar de las raíces.
 - 2.1.1 Concepto e interpretación.
 - 2.1.2 Procedimiento para la obtención del lugar de las raíces.
- 2.2 Diseño de compensadores aplicando el método del lugar de las raíces.
 - 2.2.1. Compensadores de adelanto
 - 2.2.2 Compensadores de atraso
 - 2.2.3 Compensadores de adelanto-atraso
- 2.3 Diseño y sintonización de controladores PID mediante el método del lugar de las raíces.



Unidad temática 3. Análisis de respuesta en frecuencia.

Objetivo: Analizar los métodos de análisis en frecuencia, mediante el conocimiento y aplicación de los criterios de revisión, para conocer los diferentes efectos de la frecuencia en el comportamiento de los sistemas de control y su implementación.

Temas:

- 3.1 Conceptos básicos de análisis en frecuencia
- 3.2 Parámetros de desempeño en el dominio de la frecuencia
- 3.3 Gráficas de respuesta en frecuencia
 - 3.3.1. Diagramas de Bode
 - 3.3.2. Introducción a los diagramas de Nyquist
- 3.4 Diseño de compensadores en el dominio de la frecuencia
 - 3.4.1. Compensadores de adelanto
 - 3.4.2. Compensadores de atraso
 - 3.4.3. Compensadores de adelanto-atraso
- 3.5 Controladores PID en el dominio de la frecuencia

VII. Acervo bibliográfico

Básico:

- Bolton, W., (2001), *Ingeniería de Control*, 2ª ed., Alfaomega.
- Dorf R. C. y Bishop R.H., (2004), *Sistemas de Control Moderno*, 10a ed., Prentice Hall.
- Kuo, B. C., (1996), *Sistemas Automáticos de Control*, 7a ed., Prentice Hall.
- Nise, Norman., (2019), *Control Systems Engineering*, 8ª ed., Editorial Wiley
- Ogata, K., (2010), *Ingeniería de Control Moderna*, 5ª ed., Pearson.
- Pinto E. y María F., (2010), *Fundamentos de Control Con Matlab*. Editorial Pearson

Complementario:

- Dukkipati, R., (2014), *Matlab for control system engineers*, 2ª ed. New Academic Science.
- Franklin G., Powel J. y Emami-Naeini A., (2014), *Feedback Control of Dynamic Systems*, 7ª ed. Editorial Pearson.