



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

1. INFORMACIÓN DEL CURSO¹

Denominación: Control Clásico	Tipo: Curso-taller	Nivel: Pregrado
Área de formación: Básica particular obligatoria	Modalidad: X <input type="checkbox"/> Mixta <input type="checkbox"/> En línea	Prerrequisitos: Sistemas dinámicos
Horas: <u>40</u> Teoría; <u>40</u> Práctica; <u>80</u> Totales	Créditos: 8	Clave:
Elaboró: Dr. Juan Pablo Morán Lázaro		Fecha de actualización o elaboración: 28 de febrero de 2017

Relación con el perfil de egreso

Instrumentación y Control, Robótica

Relación con el plan de estudios

Sistemas Dinámicos, Control Avanzado, Control Digital, Control Difuso

Campo de aplicación profesional de los conocimientos que promueve el desarrollo de la unidad de Aprendizaje

Obtener competencias para el diseño de sistemas robóticos, electromecánicos, de automatización de procesos industriales y/o instrumentación para el control de estos.

2. DESCRIPCIÓN

Objetivo general del curso

Aplicar los conceptos y las herramientas matemáticas básicas de Control Clásico para el modelado, análisis y diseño de sistemas de control lineales e invariantes en el tiempo.

Objetivos parciales o específicos

- *Comprender los componentes básicos de sistemas de control, la transformada de Laplace y la transformada inversa de Laplace como herramientas para la solución de modelos matemáticos de sistemas dinámicos.*
- *Interpretar la estabilidad y la respuesta de un sistema de primer y segundo orden para el análisis de los sistemas control.*
- *Comprender el lugar de las raíces con herramientas computacionales para el diseño de controladores.*

¹ Este formato se trabajó con base en los términos de referencia del artículo 21 del Reglamento General de Planes de Estudio de la Universidad de Guadalajara.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Contenido temático

UNIDAD I: Introducción a los sistemas de control
UNIDAD II: Fundamentos matemáticos
UNIDAD III: Modelado matemático de sistemas de control
UNIDAD IV: Estabilidad
UNIDAD V: Respuesta en el tiempo
UNIDAD VI: Lugar de las raíces
UNIDAD VII: Diseño de compensadores
UNIDAD VIII: Espacio de estado

Estructura conceptual del curso

Unidad I. *Introducción a los sistemas de control*

- 1.1 Componentes básicos de un sistema de control
- 1.2 Definiciones básicas: sistemas de control en lazo abierto y de lazo cerrado.
- 1.3 Clasificación de los sistemas de control

Unidad II. *Fundamentos matemáticos*

- 2.1 La transformada de Laplace y sus propiedades
- 2.2 Transformada inversa de Laplace
- 2.3 Desarrollo de fracciones simples con MATLAB
- 2.4 Resolución de ecuaciones diferenciales utilizando la transformada de Laplace

Unidad III. *Modelado matemático de sistemas de control*

- 3.1 Función de transferencia
- 3.2 Diagramas de bloques y su álgebra
- 3.3 Obtención de funciones de transferencia con MATLAB
- 3.4 Modelado de sistemas mecánicos
- 3.5 Modelado de sistemas eléctricos

Unidad IV. *Estabilidad*

- 4.1 Estabilidad
- 4.2 Criterio de Routh-Hurwitz
- 4.3 Criterio de Routh-Hurwitz: casos especiales
- 4.4 Aplicación a sistemas de control

Unidad V. *Respuesta en el tiempo*

- 5.1 Polos, ceros y respuesta de un sistema
- 5.2 Sistema de primer orden
- 5.3 Sistemas de segundo orden
- 5.4 Análisis de las respuestas en MATLAB
- 5.5 Identificación de parámetros

Unidad VI. *Lugar de las raíces*



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

- 6.1 Definición de lugar de las raíces
- 6.2 Trazado del lugar de las raíces en MATLAB
- 6.3 Interpretación del lugar de las raíces

Unidad VII. Diseño de compensadores

- 7.1 Tipos de compensadores: adelanto, atraso, adelanto-atraso, PID.
- 7.2 Interpretación de parámetros de desempeño y respuesta transitoria
- 7.3 Diseño de compensadores den MATLAB
- 7.4 Diseño de controladores PID: método analítico

Unidad VIII. Espacio de estados

- 8.1 Introducción al control en espacio de estados
- 8.2 Modelado de sistemas en espacio de estado
- 8.3 Estabilidad
- 8.4 Controlabilidad
- 8.5 Observabilidad
- 8.6 Diseño de controladores por retroalimentación de estados
- 8.7 Diseño de observadores de estado

Modalidad de evaluación

Convencionales: Reportes de lectura	10%
Desempeño: Trabajo en equipo	40%
Desempeño: Proyecto	50%
Total	100%

Elementos del desarrollo de la unidad de aprendizaje (asignatura)

Conocimientos	<ul style="list-style-type: none">• <i>Sistemas de control y su clasificación</i>• <i>Transformada de Laplace</i>• <i>Estabilidad de un sistema de control</i>• <i>Sistemas de primer y segundo orden</i>• <i>Método de lugar de las raíces</i>• <i>Controladores y observadores</i>
Habilidades y Destrezas	<ul style="list-style-type: none">• <i>Aplicación de la transformada de Laplace y la transformada inversa de Laplace como una herramienta para la teoría de control así como obtener funciones de transferencia de diagramas a bloques.</i>• <i>Solución de modelos matemáticos de sistemas dinámicos.</i>• <i>Análisis de la estabilidad de sistemas de control mediante la aplicación del criterio de Routh-Hurwitz.</i>• <i>Interpretación de un sistema de primer y segundo orden.</i>• <i>Análisis del lugar de las raíces de sistemas dinámicos.</i>• <i>Diseño de compensadores en adelanto, atraso y PID para sistemas lineales basados en parámetros de desempeño.</i>
Valores y Actitudes	<ul style="list-style-type: none">• <i>Pensamiento crítico</i>• <i>Toma de decisiones</i>• <i>Solución de problemas</i>• <i>Tolerancia</i>• <i>Responsabilidad</i>• <i>Solidaridad</i>



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

- Trabajo en equipo
- Ética

3. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Autor(es)	Título	Editorial	Año	URL o biblioteca digital donde está disponible (en su caso)
Katsuhiko Ogata	Ingeniería de Control Moderna	Pearson	2010	http://wdg.biblio.udg.mx/
Nise Norman S.	Sistemas de Control para Ingeniería	CECSA	2002	
Richard C. Dorf, Robert H. Bishop	Sistemas de Control Moderno	Pearson Prentice-Hall	2008	
F. Reyes	MATLAB - aplicado a robótica y mecatrónica.	Alfaomega	2012	http://wdg.biblio.udg.mx/

4. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Autor(es)	Título	Editorial	Año	URL o biblioteca digital donde está disponible (en su caso)
Bolton W.	Control Engineering	Longman	1998	
Charles M. Close, Dean K. Frederick, Jonathan C. Newell	Modeling and Analysis of Dynamic Systems	John Wiley & Sons	2002	
William J. Palm III	Modeling, Analysis and Control of Dynamic Systems	John Wiley & Sons	2000	

5 PLANEACIÓN POR SEMANAS

Semana	Tema	Contenidos	Actividades para su movilización	Recursos	Evaluación	Temas transversales
1	UNIDAD I: Introducción a los sistemas de control	1.1 Componentes básicos de un sistema de control	Presentación del curso por parte del profesor. - Profesor: exposición y revisión de	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura)	Reporte de solución de ejercicios resueltos en clase (este reporte se deposita en	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

		<p>1.2 Definiciones básicas: sistemas de control en lazo abierto y de lazo cerrado.</p> <p>1.3 Clasificación de los sistemas de control</p>	<p>conceptos básicos (temas 1.1 al 1.3)</p> <p>- Inicio de un proyecto práctico: control de un motor de corriente continua utilizando amplificadores operacionales</p> <p>- Trabajo en equipo: solución de ejercicios de los temas vistos en clase.</p>	<p>páginas 1-10).</p>	<p>el repositorio del curso en Moodle)</p> <p>Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle</p>	<p>Desarrollo científico y tecnológico</p>
2	Unidad II. Fundamentos matemáticos	<p>2.1 La transformada de Laplace y sus propiedades</p> <p>2.2 Transformada inversa de Laplace</p> <p>2.3 Desarrollo de fracciones simples con MATLAB</p>	<p>- Estudiante: reporte de lectura de la transformada de Laplace.</p> <p>- Ejemplos de fracciones parciales usando MATLAB (profesor)</p> <p>- Trabajo en equipo: solución de problemas de aplicación de la transformada de Laplace.</p>	<p>- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 859-866).</p>	<p>Reporte de solución de problemas resueltos en clase (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle)</p> <p>Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle</p>	<p>Excelencia académica en la sociedad del conocimiento.</p> <p>Desarrollo científico y tecnológico</p>
3	Unidad II. Fundamentos matemáticos	<p>2.4 Resolución de ecuaciones diferenciales utilizando la transformada de Laplace</p>	<p>- Estudiante: ejemplo práctico de la solución de ecuaciones diferenciales usando Laplace.</p> <p>- Trabajo individual: solución de ejercicios de aplicación.</p>		<p>Reporte de solución de ejercicios resueltos en clase (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle)</p> <p>Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle</p>	<p>Excelencia académica en la sociedad del conocimiento.</p> <p>Desarrollo científico y tecnológico</p>
4	Unidad III. Modelado matemático de sistemas de control	<p>3.1 Función de transferencia</p> <p>3.2 Diagramas de bloques y su álgebra</p>	<p>- Estudiante: exposición y revisión de los temas 3.1-3.3.</p> <p>- Trabajo en equipo: solución de funciones de</p>	<p>- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 13-17).</p>	<p>Reporte de solución de ejercicios resueltos en clase (este reporte se deposita en el repositorio</p>	<p>Excelencia académica en la sociedad del conocimiento.</p>



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

		3.3 <i>Obtención de funciones de transferencia con MATLAB</i>	<i>transferencia usando MATLAB</i>		<i>del curso en Moodle)</i> <i>Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle</i>	<i>Desarrollo científico y tecnológico</i>
5	<i>Unidad III. Modelado matemático de sistemas de control</i>	3.4 <i>Modelado de sistemas mecánicos</i>	<p>- Estudiante: reporte de lectura de los componentes básicos de un sistema mecánico.</p> <p>- Trabajo en equipo: análisis y modelado de un sistema masa-resorte usando MATLAB.</p>	- Libro: <i>Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 63-71).</i>	<p><i>Reporte del análisis y modelado del sistema masa-resorte (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle)</i></p> <p><i>Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle</i></p>	<p><i>Excelencia académica en la sociedad del conocimiento.</i></p> <p><i>Desarrollo científico y tecnológico</i></p>
6	<i>Unidad III. Modelado matemático de sistemas de control</i>	3.5 <i>Modelado de sistemas eléctricos</i>	<p>- Profesor: exposición y revisión de los componentes básicos de un sistema eléctrico.</p> <p>- Trabajo en equipo: obtención de la ecuación diferencial de un circuito RLC y su modelado usando MATLAB.</p>	- Libro: <i>Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 72-85).</i>	<p><i>Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle)</i></p> <p><i>Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle</i></p>	<p><i>Excelencia académica en la sociedad del conocimiento.</i></p> <p><i>Desarrollo científico y tecnológico</i></p>
7	<i>Unidad IV. Estabilidad</i>	<p>4.1 <i>Estabilidad</i></p> <p>4.2 Criterio de Routh-Hurwitz</p> <p>4.3 Criterio de Routh-Hurwitz: casos especiales</p>	<p>-Estudiante: reporte de lectura de conceptos de estabilidad</p> <p>- Trabajo en equipo: análisis de estabilidad en sistemas de control</p>	- Libro: <i>Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 212-217).</i>	<p><i>Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle)</i></p> <p><i>Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle</i></p>	<p><i>Excelencia académica en la sociedad del conocimiento.</i></p> <p><i>Desarrollo científico y tecnológico</i></p>



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

8	Unidad IV. Estabilidad	4.3 Criterio de Routh-Hurwitz: casos especiales 4.4 Aplicación a sistemas de control	- Trabajo en equipo: Diseño de estabilidad de un sistema de control mediante el criterio de Routh.	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 212-217).	Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle) Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico
9	Unidad V. Respuesta en el tiempo	5.1 Polos, ceros y respuesta de un sistema 5.2 Sistema de primer orden	- Estudiante: análisis de los conceptos polos y ceros. - Trabajo en equipo: deducción de la función de transferencia de un sistema de primer orden y su interpretación mediante el estudio de su respuesta usando MATLAB.	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 161-163).	Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle) Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico
10	Unidad V. Respuesta en el tiempo	5.3 Sistemas de segundo orden 5.4 Análisis de las respuestas en MATLAB 5.5 Identificación de parámetros	- Estudiante: revisión de las diferentes tipos de respuesta en sistemas de segundo orden. - Trabajo en equipo: deducción de la función de transferencia de un sistema de segundo orden y su interpretación mediante el estudio de su respuesta usando MATLAB. - Revisión de avance de proyecto (Diseño, modelado y simulación del sistema de control PID)	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 164-178).	Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle) Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico
11	Unidad VI. Lugar de las raíces	6.1 Definición de lugar de las raíces	- Estudiante: análisis de la	- Libro: Ingeniería de Control	Reporte del trabajo en equipo (este reporte se	Excelencia académica en la sociedad



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

		6.2 Trazado del lugar de las raíces en MATLAB 6.3 Interpretación del lugar de las raíces	técnica del lugar de las raíces. - Trabajo en equipo: Obtención e interpretación de las gráficas del lugar de las raíces de sistemas de control, usando MATLAB.	Moderna, Ogata (lectura páginas 269-290).	deposita en el repositorio del curso en Moodle) Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle	del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico
12	Unidad VII. Diseño de compensadores	7.1 Tipos de compensadores: adelanto, atraso, adelanto-atraso, PID. 7.2 Interpretación de parámetros de desempeño y respuesta transitoria	- Profesor: exposición de los procedimientos para el diseño de compensadores. - Trabajo en equipo: diseño de un controlador PID usando las reglas de Ziegler-Nichols - Revisión de avance de proyecto (Implementación del controlador PID con amplificadores operacionales)	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 311-330, 568-576).	Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico
13	Unidad VII. Diseño de compensadores	7.3 Diseño de compensadores en MATLAB 7.4 Diseño de controladores PID: método analítico	Trabajo en equipo: diseño de un compensador basado en el método del lugar de las raíces y simularlo en MATLAB	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 311-330).	Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle) Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico
14	Unidad VIII. Espacio de estados	8.1 Introducción al control en espacio de estados 8.2 Modelado de sistemas en espacio de estado	- Estudiante: exposición y revisión de conceptos de los temas 8.1-8.2 - Trabajo en equipo: obtención de espacio de estados a partir de funciones de transferencia.	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 648-682).	Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle) Ejercicios propuestos en la	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

					plataforma de Moodle	
15	Unidad VIII. Espacio de estados	8.3 Estabilidad 8.4 Controlabilidad 8.5 Observabilidad	- Estudiante: Exposición de conceptos de los temas 8.3-8.5. - Trabajo en equipo: encontrar la controlabilidad y observabilidad de sistemas de control.	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 648-682).	Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle) Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico
16	Unidad VIII. Espacio de estados	8.6 Diseño de controladores por retroalimentación de estados 8.7 Diseño de observadores de estado	- Profesor: Exposición de los procedimientos para el diseño de controladores y observadores por realimentación de estados. - Trabajo en equipo: diseño de un controlador y un observador usando el método de Ackermann.	- Libro: Ingeniería de Control Moderna, Ogata (lectura páginas 722-792).	Reporte del trabajo en equipo (este reporte se deposita en el repositorio del curso en Moodle) Ejercicios propuestos en la plataforma de Moodle	Excelencia académica en la sociedad del conocimiento. Desarrollo científico y tecnológico
17	Calificación final	No aplica	-Presentación del proyecto	No aplica	Presentación y reporte del proyecto	No aplica

Perfil del profesor:

Docente con formación académica en Ingeniería Electrónica o afín, con especialidad en Control, de preferencia con grado de doctor.