

1. Información de la asignatura

Nombre de la asignatura: Biomecatrónica

Código de la asignatura: PREDAR16006

Créditos académicos: 3

Semestre: 2025–I

Horario de clases: Martes 16:00 – 18:00 (3.6C) / Viernes 16:00 – 18:00 (2.5C)

Profesor: Andrés Quintero Zea

Correo electrónico: andres.quintero27@eia.edu.co

Horario de asesorías: Se ofrecerán dos opciones para atender dudas y consultas:

- **Puertas abiertas:** Lunes y Miércoles de 10:00 a 12:00. Puedes pasar por mi oficina en el horario establecido sin necesidad de cita previa.
- **Con cita previa:** Si no puedes asistir en los horarios de puertas abiertas o necesitas más tiempo para tratar un tema específico, puedes agendar una cita enviándome un mensaje mediante correo electrónico o Teams.

Nota: En caso de que necesites cambiar tu cita o confirmar mi disponibilidad, avísame con al menos 24 horas de anticipación.

2. Descripción de la asignatura

2.1. Introducción al Curso

Este es esencialmente un curso de Control Analógico con el que adquirirás una comprensión de los fundamentos y aplicaciones prácticas de los sistemas de control en el ámbito analógico. Desde los conceptos básicos hasta las aplicaciones avanzadas, explorarás cómo diseñar, analizar y optimizar sistemas de control en tiempo continuo.

2.2. Contenido del Curso

A lo largo del semestre abordaremos temas clave, incluyendo la teoría de modelado e identificación de sistemas dinámicos, la respuesta en tiempo y frecuencia, la estabilidad y la compensación de sistemas. Realizaremos ejercicios prácticos que te permitirán aplicar conceptos teóricos en entornos del mundo real. Además, exploraremos técnicas avanzadas de diseño de control, tales como la síntesis de controladores y la implementación de filtros analógicos para optimizar el rendimiento del sistema.

Calendario

Clase	Tema a abordar	Lecturas
1	Introducción a los sistemas de control	[KO] 1.1 – 1.4
2	Números complejos	[NC]
3	Solución de ODEs: $y_{zi}(t), y_{zs}(t)$	[NC]
4	Transformada de Laplace	[NC]
5	Función de transferencia – SAC	[KO] 2-2, 2-3
6	Representación en el espacio de estados	[KO] 2-4, 2-5
7	Linealización de modelos no lineales	[KO] 2-7
8	Modelado de sistemas mecánicos	[KO] 3-2
9	Modelado de sistemas eléctricos	[KO] 3-3
10	Modelado de sistemas de nivel de líquido y neumáticos	[KO] 4-2, 4-3
11	Modelado de sistemas hidráulicos y térmicos	[KO] 4-4, 4-5
12	Sistemas dinámicos de primer y segundo orden	[KO] 5-2, 5-3
13	Especificaciones de respuesta transitoria de segundo orden	[KO] 5-3
14	Criterio de estabilidad de Routh	[KO] 5-6
15	Acciones de control – Error de estado estacionario	[KO] 5-7, 5-8
—	Examen parcial	Clases 1 a 15

Clase	Tema a abordar	Lecturas
16	Gráfica del lugar geométrico de raíces	[KO] 6-2
17	Diseño de sistemas de control mediante el LGR	[KO] 6-5
18	Compensaciones de adelanto y atraso	[KO] 6-6, 6-7
19	Compensaciones de atraso–adelanto y paralela	[KO] 6-8, 6-9
20	Diagramas de Bode	[KO] 7-2
21	Diseño de SAC usando respuesta en frecuencia	[KO] 7-10
22	Compensaciones de adelanto, atraso y atraso–adelanto	[KO] 7-11 a 7-13
23	Reglas de sintonía PID de Ziegler–Nichols	[KO] 8-2
24	Esquemas PID modificados	[KO] 8-5 a 8-7
25	Formas canónicas de la SSR	[KO] 9-2
26	Solución de la ecuación de estados	[KO] 9-4
27	Controlabilidad y Observabilidad	[KO] 9-6, 9-7
28	Diseño por asignación de polos	[KO] 10-2
29	Diseño de servosistemas	[KO] 10-4
30	Sistemas con observadores de estado	[KO] 10-5 a 10-7
—	Examen final	

[KO] = Ogata, K. (2010) Ingeniería de Control Moderna. 5ª edn. Madrid: Pearson Educación.

[NC] = Notas de clase.

2.3. Metodología

El curso se desarrollará mediante una combinación equilibrada de clases teóricas, sesiones prácticas y un proyecto de diseño. Utilizaremos simulaciones y herramientas de software especializadas que te facilitarán la comprensión de conceptos abstractos y la aplicación práctica de conocimientos. Además, tendrás la oportunidad de trabajar en un proyecto práctico que te permitirá desarrollar habilidades de resolución de problemas y colaboración en equipo.

Introducción al tema del día (10–15 minutos)

- Breve repaso de conceptos previos clave.
- Motivación y aplicación biomecatrónica del tema.

Presentación teórica del concepto (20–30 minutos)

- Explicación matemática y física del concepto central.
- Relación con aplicaciones biomecatrónicas.

Resolución de problemas guiados (15–20 minutos)

- Problemas concretos de análisis de sistemas dinámicos.
- Ejercicios tipo.

Demostración de herramientas o software (15–20 minutos)

- Uso de herramientas computacionales (MATLAB/Simulink).
- Simulación de sistemas dinámicos.

Trabajo práctico (20–30 minutos)

- Ejercicio aplicado: resolución de un problema concreto con enfoque biomecatrónico.
- Trabajo en papel o simulación en software.

Discusión y conclusión (5–10 minutos)

- Reflexión sobre los resultados del ejercicio o simulación.
- Resolución de dudas y conexión con aplicaciones prácticas.
- Introducción al tema de la próxima clase.

2.4. Evaluación

La evaluación del curso se llevará a cabo a través de exámenes teóricos, evaluaciones prácticas y un proyecto de diseño.

Evaluación	Ponderación	Fecha
Examen Parcial	20 %	Marzo 18
Examen final	30 %	Mayo 26 – junio 3
Quizzes	20 %	<ul style="list-style-type: none"> •Semanales sobre el tema de la semana anterior •En total son 12 <i>quizzes</i> •Antes de parcial 10 % y después de parcial 10 % •Se promedia sobre los mejores 5 de cada grupo
Propuesta	5 %	Febrero 14
Construcción e identificación	10 %	Abril 25
Automatización	10 %	Mayo 22 y/o 23
Informe final	5 %	Máximo junio 4

2.5. Recursos de apoyo

El material de clase lo podrás encontrar en un repositorio en [GitHub](#) que he creado para tal fin. Los recursos los iré actualizando a medida que avancemos en el desarrollo del semestre, por lo que es importante que revises la vigencia de los mismos en la columna Last commit message, en el cual aparecerá Rev.2025-1.

3. Bibliografía

Con el fin de adquirir los conocimientos necesarios para cumplir con nuestros objetivos exploraremos una amplia gama de conceptos desde la introducción a los sistemas de control hasta técnicas avanzadas de diseño. Los diferentes temas se estructuran para proporcionar una comprensión sólida de los fundamentos del control analógico. Utilizaremos el libro de **Ogata** como nuestra guía principal, proporcionando una base teórica robusta respaldada por aplicaciones prácticas en el proyecto final. Además, existe una serie de libros de otros autores que también puede resultar interesante revisar. Puedes acceder al PDF de cada libro dando click sobre la imagen de cada portada.

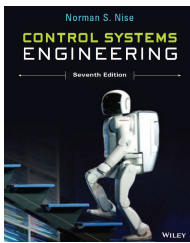
Texto guía:



Katsuhiko Ogata

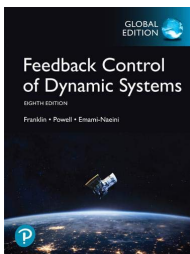
Ingeniería de Control Moderna, 5ª edición, Pearson, 2010.

Textos de referencia:



Norman S. Nise

Control Systems Engineering, 7th Edition, Wiley, 2015.



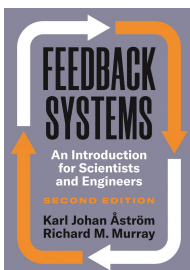
Gene F. Franklin, J. David Powell, and Abbas Emami-Naeini

Feedback Control of Dynamic Systems, 8th Edition, Pearson, 2020.



Richard C. Dorf and Robert H. Bishop

Modern Control Systems, 13th Edition, Pearson, 2017.



Karl Johan Åström and Richard M. Murray

Modern Control Systems, 13th Edition, Pearson, 2017.

4. Proyecto final

El proyecto final consiste en el diseño, construcción e implementación de un sistema de control de posición para un motor DC, aplicado a una solución práctica en el ámbito de la ingeniería biomédica. Los estudiantes deberán formular un anteproyecto proponiendo una aplicación relevante, construir un modelo físico a escala e identificar la planta mediante técnicas de modelado matemático y, finalmente, automatizar el sistema con un controlador funcional. Este proyecto integra teoría y práctica, fomentando el aprendizaje activo y permitiendo a los estudiantes desarrollar competencias en simulación, programación y hardware para resolver problemas reales.

4.1. Objetivos del Proyecto

1. Diseñar un sistema de control de posición para un motor DC mediante técnicas clásicas o modernas de control.
2. Implementar el sistema de control utilizando hardware y software.
3. Analizar el desempeño del sistema mediante simulaciones y pruebas experimentales.
4. Presentar un informe técnico y una demostración práctica del sistema.

4.2. Fases del Proyecto

El proyecto estará dividido en tres fases que se desarrollan a lo largo del semestre.

Fase 1: Formulación del anteproyecto

- Los estudiantes deberán proponer una aplicación práctica en ingeniería biomédica donde el control de posición de un motor DC sea relevante.
- El anteproyecto debe incluir:
 - Descripción detallada de la aplicación seleccionada.
 - Justificación de su relevancia en el ámbito biomédico.
 - Objetivos específicos del sistema a desarrollar.
 - Diagrama conceptual o boceto del sistema propuesto.
- **Fecha de entrega:** 14 de febrero.

Fase 2: Construcción a escala e identificación de la planta

- Los estudiantes deberán construir un modelo físico a escala de la aplicación seleccionada.
- Esta etapa incluye la identificación de la planta, lo cual implica:
 - Modelado matemático del motor DC (ecuaciones diferenciales o función de transferencia).
 - Determinación experimental de los parámetros del sistema (resistencia, inductancia, constante de torque, etc.).
- Los resultados deberán ser validados mediante simulaciones en MATLAB/Simulink o software equivalente.
- **Fecha de entrega:** 25 de abril.

4.2.1 Fase 3: Planta automatizada

- Los estudiantes deberán implementar un controlador funcional (PID u otro método) para automatizar la planta desarrollada.
- Se evaluará:
 - Precisión y desempeño del sistema automatizado.
 - Integración entre hardware y software.
 - Calidad de la presentación en la feria de proyectos.
- Los resultados deberán incluir gráficos comparativos entre las simulaciones y las pruebas experimentales.
- **Fecha de entrega:** Feria de proyectos, 22 y/o 23 de mayo.

4.3. Requisitos del Informe Final

El informe final debe consolidar todas las etapas del proyecto e incluir:

1. **Introducción:** Descripción del problema y su relevancia en aplicaciones reales.
2. **Marco Teórico:** Explicación de los conceptos de control utilizados (modelado, diseño de controladores).
3. **Metodología:** Pasos seguidos para el diseño, simulación, construcción e implementación.

4. **Resultados:** Gráficas de simulación, datos experimentales y análisis del desempeño.
5. **Conclusiones:** Reflexión sobre el aprendizaje, limitaciones y posibles mejoras.

4.4. Evaluación del Proyecto

El proyecto completo tiene una ponderación del 30 % de la nota final del curso, la evaluación se distribuye de la siguiente manera:

- Formulación del anteproyecto: 5 %.
- Construcción a escala e identificación de la planta: 10 %.
- Planta automatizada para la feria de proyectos: 10 %.
- Informe final: 5 %.

4.5. Materiales Sugeridos

- Motor DC (con encoder o potenciómetro para medición de posición).
- Microcontrolador.
- Fuente de alimentación.
- Componentes electrónicos básicos (resistencias, transistores, diodos, etc.).
- Software de simulación (MATLAB/Simulink, Python).