



UNIVERSIDAD DE SONORA
Unidad Regional Centro
División de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial
LICENCIATURA INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

Nombre de la Asignatura: CONTROL ROBUSTO

Clave:	Créditos: 6	Horas totales: 80	Horas Teoría: 1	Horas Práctica: 4	Horas Semana: 5
---------------	-----------------------	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------	---------------------------

Modalidad: Presencial **Eje de formación:** Especializante

Elaborado por: GPE. ARACELI TORRES VALVERDE

Antecedente: **Consecuente:**

Carácter: Optativa **Departamento de Servicio:** Ingeniería industrial

Propósito:

La asignatura pertenece al eje especializante y es de carácter optativa. El principal propósito es proporcionar al alumno los elementos de la teoría del control y su aplicación para modelar sistemas inciertos y diseñar controladores robustos es decir que tienen la característica de con el empleo de la herramienta control robusto de MATLAB que garanticen un adecuado desempeño del sistema.

I. Contextualización

Introducción:

La asignatura de Control Robusto provee al alumno el dominio de los conceptos básicos de control, la introducción a las técnicas de análisis y diseño para sistemas de control. Prepara al estudiante para la investigación y la aplicación en teoría de control.

El primer paso en el diseño de un sistema de control es la obtención de un modelo matemático de una planta física. En ciertos casos el modelo puede ser no lineal (casi siempre), de parámetros distribuidos y de alto orden. Un modelo de orden elevado y complejo desde el punto de vista de la dinámica no es viable, ya que complica demasiado el proceso de diseño, dando además como resultado controlador de alto orden. Por estos motivos, se busca obtener un modelo lo más simple posible, pero que al mismo tiempo tenga las características del sistema físico. Este modelo puede tener error de modelado y su disminución con lleva que el controlador diseñado con base al modelo obtenido, funciona satisfactoriamente para la planta real.

Se ha desarrollado una teoría de control conocida como control robusto desde el año 1980. En Control Robusto, en particular, se busca aproximar el modelo por uno lineal de coeficientes constantes, asumiendo que se existe un error de modelado. Este error es considerado como incertidumbre del modelo frente a la planta física real, y utiliza esta incertidumbre para modelar y acotar a cada problema, en el proceso de diseño del controlador. Las unidades académicas se describen a continuación.

En la Unidad didáctica I se presentan los antecedentes matemáticos de algebra lineal y el concepto de robustez. Comprender que los sistemas reales incluyen incertidumbre y perturbaciones.

En la Unidad didáctica II se abordan las transformaciones fraccionales lineales, desempeño de sistemas SISO (single input, single output) y la solución a problemas de robustez.

En la Unidad didáctica III se presenta la parametrización del controlador para un sistema. Aprender a estabilizar robustamente una planta con incertidumbre.

En la Unidad didáctica IV se trata la evaluación de la estabilidad robusta y el desempeño del sistema bajo incertidumbre. Aprender a diseñar controladores robustos empleando la metodología denominada “loop shaping” en el dominio de la frecuencia. También se busca aprender a estabilizar robustamente una planta.

En la Unidad didáctica V se tienen técnicas de análisis asistidas por computadora para el empleo de la herramienta de control robusto de MATLAB. Conocer y trabajar con las estructuras de incertidumbre más generales en modelos de sistemas

En la Unidad didáctica VI se abordan técnicas de control robusto en el dominio de la frecuencia para el diseño de controles robustos. Familiarizarse con algunas técnicas de control robusto en el dominio de la frecuencia para diseñar controladores robustos.

Perfil del(los) instructor(es):

Poseer Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica o Eléctrica, con especialidad en control automático.
 Preferentemente con grado académico de maestría o especialidad.
 Con experiencia docente y desarrollo profesional comprobada cuando menos de dos años en el campo de la materia.

II. Competencias a lograr

Competencias genéricas a desarrollar:

- **Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.** Articula saberes de diversos campos y establece relaciones entre ellos y su vida cotidiana.
- **Trabajo colaborativo.** Asume una actitud constructiva, congruente con los conocimientos y habilidades con los que cuenta dentro de distintos equipos de trabajo.
- **Capacidad para la toma de decisiones.** Evalúa y sopesa información importante para identificar los aspectos relevantes. Define la prioridad para la solución del problema en términos de impacto y urgencia.
- **Capacidad para realizar investigación básica y aplicada.** Identifica los sistemas y reglas o principios medulares que subyacen a una serie de fenómenos.
- **Competencia Digital.** Aplica herramientas digitales para el pensamiento reflexivo, la creatividad y la innovación.

Competencias específicas:

- **HABILIDAD PARA DESARROLLAR SISTEMAS DE CONTROL Y DE AUTOMATIZACIÓN.**
 - Describir los controladores para procesos acoplados fuertemente, tales como sistemas de aire acondicionado, columnas de destilación, plantas de generación de energía eléctrica, calderas de vapor o aviones.

Objetivo General:

Comprender que los sistemas robustos se caracterizan por poseer la capacidad de mantener sus condiciones esenciales de desempeño pese a recibir perturbaciones, es decir entender que la robustez es la capacidad de un sistema de absorber las fallas y tener la oportunidad de detectar y corregir para seguir un funcionamiento óptimo.

Objetivos Específicos:

1. Comprender que los sistemas reales incluyen incertidumbre y perturbaciones.
2. Aplicar técnicas de respuesta en frecuencia en el diseño de sistemas.
3. Aprender a estabilizar robustamente un sistema bajo incertidumbre.
4. Diseñar controladores robustos empleando la metodología denominada “loop shaping” en el dominio de la frecuencia.
5. Conocer las herramientas asistidas por computadora de control robusto de MATLAB, tanto para el análisis del sistema como para el diseño del controlador.
6. Conocer las técnicas de control en el dominio de la frecuencia para diseñar controladores robustos.

Unidades Didácticas:**Unidad Didáctica I – INTRODUCCIÓN****Unidad Didáctica II – EL PROBLEMA DE ROBUSTEZ****Unidad Didáctica III – ESTABILIZACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL****Unidad Didáctica IV – ESTRATEGIAS DE CONTROL ROBUSTO****Unidad Didáctica V – TÉCNICAS DE ANÁLISIS BASADAS EN LA HERRAMIENTA CONTROL ROBUSTO DE MATLAB****Unidad Didáctica VI – CONTROL ÓPTIMO EN H_2 Y H_∞**

III. Didáctica del programa

Unidades Didácticas:**Unidad didáctica I. Introducción**

En la unidad 1, el alumno revisa los conocimientos matemáticos como requisito para afrontar el problema de control general y comprende que los sistemas reales incluyen incertidumbre y perturbaciones.

- Antecedentes matemáticos que incluyen normas para vectores, matrices, señales y sistemas
- Problema general de control
- Acciones básicas de control
- Introducción a los conceptos de incertidumbre del modelo, incluyendo incertidumbre paramétrica y dinámica
- Concepto fundamental de robustez y relación entre sistemas físicos y modelos matemáticos
- La descomposición de valores singulares (SVD) y su aplicación al análisis de perturbaciones.

Unidad didáctica II. El problema de robustez

En la unidad 2, el alumno adquiere los conocimientos para aplicar técnicas de respuesta en frecuencia en el diseño de sistemas.

- Transformaciones fraccionales lineales (LFT) y formas canónicas
- Desempeño de SISO en dominio de frecuencia
- Estabilidad robusta y desempeño robusto
- Límites de rendimiento de los sistemas de retroalimentación
- Teorema integral de Bode

- Solución a problemas de robustez SISO.

Unidad de didáctica III. Estabilización de sistemas de control

En la unidad 3, el alumno aprende a estabilizar robustamente un sistema bajo incertidumbre.

- Parametrización del controlador para sistema estable
- Parametrización del controlador para sistema general
- Propiedades asintóticas
- Restricciones de diseño.

Unidad de didáctica IV. Estrategias de control robusto

En la unidad 4, el alumno aprende a diseñar controladores robustos empleando la metodología denominada "loop shaping" en el dominio de la frecuencia.

- Loopshaping
- Diseño en tiempo y frecuencia
- Modelando sistemas inciertos usando LFT
- Valor singular estructurado (μ)
- Evaluar la estabilidad robusta y el desempeño del peor caso para sistemas inciertos.

Unidad de didáctica V. Técnicas de análisis basadas en la herramienta control robusto de MATLAB

En la unidad 5, el alumno se familiariza con herramientas asistidas por computadora de control robusto de MATLAB, tanto para el análisis del sistema como para el diseño del controlador.

- Introducción al valor singular estructurado (μ) para el análisis de robustez de sistemas MIMO
- Conversión de problemas de robustez a la forma canónica M- Δ
- El teorema de ganancia pequeña y cálculo aproximado de μ a través de eficientes límites superior e inferior
- Herramientas asistidas por ordenador para análisis μ basadas en MATLAB Robust Control Toolbox.

Unidad didáctica VI. Control óptimo en h_2 y h_∞

En La unidad VI, el alumno conoce técnicas de control en el dominio de la frecuencia para diseñar controladores robustos.

- Regulador óptimo cuadrático (LQR)
- Regulador óptimo en H_∞ .
- Control óptimo en H_2
- Control óptimo en H_∞
- Problemas de control óptimo H_∞ -escalado y μ -síntesis.

Criterios de desempeño

1. Participación activa en clase.
2. Ser puntuales.
3. Asistencia. Es muy importante. Tomar en cuenta el Reglamento Escolar.
4. Cumplir cabal y puntualmente con todas las actividades y trabajos.
5. Calificación de los exámenes efectuados en las fechas programadas.
6. Trabajar en equipo los proyectos.
7. Realizar prácticas en laboratorio de cómputo.

Experiencias de Enseñanza / procesos y objetos de aprendizaje requeridos

1. Exposición del maestro del desarrollo teórico-matemático.
2. Exposición de alumnos de problemas particulares.
3. Actividades en laboratorios de cómputo.

Experiencias de aprendizaje.

1. Lectura de artículos en revistas de ciencia y tecnología del problema de control.
2. Exposición de proyectos.

Recursos didácticos y tecnológicos (material de apoyo):

1. Laptop del instructor.
2. Cañón.
3. Pintarrón.
4. Conexión a internet.
5. Software MATLAB.

<i>Bibliografía</i>	<i>Básica/ Complementaria</i>
Zhou K., Doyle, J.C. and Glover K. (1995). Robust and Optimal Control. Edit. Prentice Hall.	<i>Básica</i>
Sigurd Skogestad and Ian Postlethwaite. (2005). Multivariable Feedback Control - Analysis and Design. 2 nd edition. Edit. Wiley.	<i>Básica</i>
Da-Wei Gu, Petko Petkov, Mihail M. Konstantinov. (2013). Robust Control Design with MATLAB. 2 nd edition. Edit. Springer.	<i>Básica</i>

Franklin, Gene.F., J. Da Powell and Abbas Emami-Naeini. (2015). Feedback Control of Dynamic Systems. 7 th edition. Edit. Pearson.	<i>Básica</i>
R. S. Sánchez Peña. (1992). Introducción a la Teoría de Control Robusto. Argentina: Edit. AADECA.	<i>Básica</i>
Kundur P. (1994). Power System Stability and Control. Edit. McGraw-Hill.	<i>Complementaria</i>
Gahinet P., Nemirovski A., Laub A.J. and Chilali M. (1995). LMI Control Toolbox. Edit. The MathWorks Inc.	<i>Complementaria</i>
MATLAB/Simulink, Robust Control Toolbox.	<i>Complementaria</i>

IV. Evaluación Formativa de las Competencias

#	Tipo (C,H,A)	Evidencias a evaluar	Criterios de evaluación	Técnicas e Instrumentos de Evaluación	Ponderación %
1	C	Examen parcial	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades I y II	Examen escrito	20 %
2	C, H, A	Exposiciones de proyectos	Se evaluará la capacidad, habilidades y actitudes en relación a trabajo en equipo, lectura y análisis de proyectos, exposición, organización de ideas.	Diseño, debate, organización y presentación de proyectos	25 %
3	C	Examen parcial	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades III y IV	Examen escrito	20 %
4	C	Examen parcial	Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades V y VI	Examen escrito	20 %

5	A	Asistencia y Participación	Se evaluarán las habilidades de comunicación, organización y actitudes de trabajo y compromiso del alumno	Participación en clases y asistencia	5%
				Total	100 %

C: Conocimientos H: Habilidades A: Actitudes