

PROGRAMA DE CURSO LABORATORIO DE CONTROL AVANZADO

A. Antecedentes generales del curso:

| | | | | | |
|----------------------------|--|--------|--------|------------------|---|
| Departamento | Ingeniería Eléctrica (DIE) | | | | |
| Nombre del curso | Laboratorio de control avanzado | Código | EL5205 | Créditos | 6 |
| Nombre del curso en inglés | <i>Advanced Control Laboratory</i> | | | | |
| Horas semanales | Laboratorio | | 6 | Trabajo personal | 4 |
| Carácter del curso | Electivo: Laboratorio de línea de especialización | | | | |
| Requisitos | EL4113: Fundamentos de control de sistemas | | | | |

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que el estudiantado use equipos de laboratorio para verificar estrategias de control, considerando las características y funcionamiento de diferentes elementos de hardware y software, tales como tiempos de muestreo del sensor y controlador, tiempos de respuesta de la planta y tipo de señal (continua o discreta).

Asimismo, se espera que el estudiantado sea capaz de elaborar un diseño previo del sistema en estudio, mediante simulación y uso de algoritmos, comprobando experimentalmente que se cumpla la teoría de control en base a criterios como cuantificación del error y si se obtiene la respuesta esperada, dentro de rangos o parámetros preestablecidos.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE3: Analizar, usar experimentos e interpretar sus resultados para la verificación y validación de desarrollos tecnológicos.

CE4: Concebir, diseñar y evaluar, dispositivos, sistemas y desarrollos científico- tecnológicos para la solución de problemas en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, considerando especificaciones técnicas, así como requerimientos económicos, ambientales, sociales y éticos.

CE5: Resolver problemas y optimizar soluciones en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica utilizando conceptos, enfoques y metodologías apropiadas.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

C. Resultados de aprendizaje:

| Competencias específicas | Resultados de aprendizaje |
|--------------------------|---|
| CE4 | RA1: Usa equipos de laboratorio para verificar estrategias de control, considerando las características y funcionamiento de elementos de hardware y software, tales como tiempos de muestreo de sensores y controladores, tiempos de respuesta de la planta y tipo de señal (continua o discreta). |
| CE4 | RA2: Elabora un diseño previo del sistema en estudio, mediante simulaciones y uso de algoritmos, comprobando experimentalmente que se cumpla la teoría de control en base a criterios como cuantificación del error y si se obtiene la respuesta esperada, dentro de rangos o parámetros preestablecidos. |
| CE5 | RA3: Propone soluciones para resolver problemas de control aplicables a procesos multivariables y no-lineales, utilizando herramientas computacionales (por ejemplo, Matlab) y analíticas (identificación de sistemas, control óptimo, predictivo, difuso y/o adaptativo). |
| Competencias genéricas | Resultados de aprendizaje |
| CG1 | RA4: Comunica de forma oral y escrita los resultados de la experiencia de laboratorio, considerando una estructura adecuada que permita una correcta comunicación de las ideas. |
| CG4 | RA5: Trabaja en las actividades de laboratorio, en forma grupal, respetando normas de conducta dentro del laboratorio, así como el cumplimiento de plazos en términos de la entrega de sus tareas y/o trabajos. |

D. Unidades temáticas:

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|-------------------|---|---------------------|
| 1 | RA1, RA4, RA5 | Identificación de sistemas experimentales | 5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| <p>1.1. Modelos fenomenológicos dinámicos de plantas del Laboratorio y estimación de sus parámetros.</p> <p>1.2. Estructuras y estimación de parámetros en modelos de sistemas dinámicos lineales o no lineales en las variables medidas (mínimos cuadrados, ARX, NARX y otros) en plantas de laboratorio.</p> | | <p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Toma y registra datos de operación del equipo (entrada y salida) con equipos computacionales de adquisición de datos. 2. Estima parámetros de modelos de sistemas dinámicos lineales o no lineales en las variables medidas, basados en plantas experimentales, utilizando para su análisis tanto herramientas analíticas como computacionales. 3. Analiza experimentalmente el comportamiento de diferentes algoritmos utilizados para la estimación de parámetros de varios modelos de sistemas dinámicos. 4. Expone en forma oral resultados preliminares y propuesta de los pasos a seguir para seleccionar estrategias de estimación. 5. Analiza los resultados de la estimación de la planta y los presenta en la redacción del informe. 6. Trabaja con su equipo en la actividad de laboratorio, respetando normas de conducta dentro del laboratorio (respetar las ideas del otro, participación de todos los miembros del grupo, responsabilidad en los plazos y tareas asignadas). | |
| Bibliografía de la unidad | | [1],[2] | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|-------------------------|---|---------------------|
| 2 | RA1, RA2, RA3, RA4, RA5 | Control de sistemas en variables de estado | 5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 2.1. Sistemas en variables de estado de plantas lineales/no lineales. 2.2. Estrategias de control de ubicación por polos. 2.3. Estrategias de control óptimo. 2.4. Estrategias de control predictivo con consideración de restricciones. 2.5. Diseño de observadores de estado. | | El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica la estructura de control en lazo cerrado a diferentes estrategias de control en un sistema experimental. 2. Utiliza herramientas computacionales (por ejemplo, Matlab) en la implementación de estrategias de control (ubicación de polos, óptimos y predictivos), considerando restricciones de las plantas experimentales. 3. Implementa experimentalmente observadores de estado, verificando que se cumpla el valor esperado. 4. Compara los resultados obtenidos mediante simulación y ejecución de experimentos, cuantificando el error y verificando que se cumplan las restricciones dadas para un sistema dinámico. 5. Expone en forma oral resultados preliminares y propuesta de los pasos a seguir para implementar estrategias de control 6. Analiza los resultados de la estrategia de control de la planta y los presenta en la redacción del informe. 7. Trabaja con su equipo en la actividad de laboratorio, respetando normas de conducta dentro del laboratorio (respetar las ideas del otro, participación de todos los miembros del grupo, responsabilidad en los plazos y tareas asignadas). | |
| Bibliografía de la unidad | | [3] | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|-------------------------|--|---------------------|
| 3 | RA1, RA2, RA3, RA4, RA5 | Control de sistemas con múltiples entradas y salidas MIMO | 5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| <p>3.1. Controladores de sistemas con múltiples entradas y salidas (MIMO) con acoplamiento entre variables y/o en lazos anidados: sintonización.</p> <p>3.2. Estrategias de control adaptativas, de control droop, de control basado en modelos difusos y en modelos neuronales, para aplicación a plantas de laboratorio.</p> <p>3.3. Análisis de comportamiento del sistema, considerando sobreoscilaciones, tiempo de establecimiento, error permanente y sensibilidad a perturbaciones.</p> | | <p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Distingue distintos niveles de control y acoplamientos entre lazos de control de plantas experimentales/equipos de laboratorio, y su interrelación. 2. Utiliza herramientas computacionales (por ejemplo, Matlab) en la implementación de alguna de las estrategias de control (adaptativas/droop/difuso/modelos neuronales) en plantas con variables acopladas o múltiples niveles de control, considerando características de las plantas experimentales. 3. Compara resultados, mediante simulación y experimentos, distinguiendo el efecto del acoplamiento en el comportamiento de los controladores y verificando que se cumpla los requerimientos (por ejemplo, tiempo de estabilización, sobre nivel máximo). 4. Expone en forma oral resultados preliminares y propuesta de los pasos a seguir para seleccionar estrategias de control. 5. Analiza los resultados de las estrategias de control de la planta y los presenta en la redacción del informe. 6. Trabaja con su equipo en la actividad de laboratorio, respetando normas de conducta dentro del laboratorio (respetar las ideas del otro, participación de todos los miembros del grupo, responsabilidad en los plazos y tareas asignadas). | |
| Bibliografía de la unidad | | [4],[5] | |

E. Estrategias de enseñanza -aprendizaje:

El curso considera el uso de diversas estrategias de enseñanza:

- **Clase expositiva** cada tres semanas aproximadamente: donde se explica la experiencia a realizar y presenta la teoría a utilizar en cada experiencia. Se entregan instrucciones.
- **Exposiciones:** cada tres semanas se solicita al equipo de trabajo que presente sus resultados en forma oral y escrita.
- **Laboratorios:** se desarrolla el trabajo experimental según horario que el grupo elige, con supervisión de encargados de laboratorio (ayudante)
- **Simulaciones:** el cuerpo académico presenta propuesta que es trabajada de forma autónoma por el grupo de trabajo en las simulaciones de los sistemas de control.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera las siguientes instancias de evaluación:

| Tipo de evaluación | Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación |
|---|--|
| • Presentaciones (30%): | Se evalúa cada experiencia y cómo exponen en sí: claridad en lo que exponen, manejo del tiempo, uso de recursos de apoyo en la presentación. Evalúan RA2, RA4, RA5. |
| • Informes de las actividades de laboratorio (60%) | Evalúan los RA1, RA3, RA4. |
| • Coevaluación y autoevaluación del trabajo desarrollado en el semestre (4): 10%. | Evalúa RA5. |

Al inicio de cada semestre el académico o académica informará a los y las estudiantes sobre los tipos y cantidad de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía básica:

- [1] L. Ljung. (1999), System Identification: Theory for the User. Prentice Hall PTR, 2nd edition.
- [2] G.Pillonetto, T. Chen, A. Chiuso, G. De Nicolao, L. Ljung (2022), Regularized System Identification Learning Dynamic Models from Data, 1st edition, Springer.
- [3] E. Camacho, C. Bordons (2007), Model Predictive Control. Springer-Verlag, 2nd edition.
- [4] H. Nguyen, N. Prasad, C. Walker, E. Walker, E (2002), A First Course in Fuzzy and Neural Control. CRC.
- [5] K.J. Aström, B. Wittenmark (1998), Adaptive Control. Addison Wesley, 2nd edition.

Bibliografía complementaria:

Apuntes del curso.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

| | |
|-----------------|---|
| Vigencia desde: | Primavera, 2022 |
| Elaborado por: | Constanza Ahumada, Doris Sáez |
| Validado por: | Enviado a validación académicos pares: Marcos Orchard Validación CTD ampliado de Eléctrica |
| Revisado por: | Área de Gestión Curricular |