



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

Programa de

## SISTEMAS Y CONTROL

### 1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

SISTEMAS Y CONTROL

### 2. CRÉDITOS

12 Créditos

### 3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

El objetivo general de la unidad curricular es introducir al estudiante en conceptos básicos de sistemas y teoría de control en tiempo continuo, tales como modelado de fenómenos físicos, experimentación, realimentación, análisis y diseño de sistemas de control.

Al aprobar el curso se espera que los estudiantes sean capaces de:

- aplicar con solvencia técnicas de modelado e identificación de fenómenos físicos con no linealidades simples;
- describir la relación entre un sistema físico y el modelo matemático usado para su análisis;
- calcular la respuesta de sistemas lineales a condiciones iniciales y a excitaciones externas;
- describir y aplicar en forma solvente modelos lineales de sistemas en el espacio de estados y en el dominio de la frecuencia;
- describir, para sistemas lineales de bajo orden, la relación entre características de la respuesta temporal y los coeficientes del modelo y aplicarla en el análisis de un sistema sencillo;
- describir cómo la realimentación puede ser usada para modificar propiedades cualitativas y cuantitativas de los sistemas, y su aplicación a fenómenos físicos de interés;
- encontrar fenómenos de realimentación en procesos del mundo físico;
- analizar y diseñar sistemas realimentados con control proporcional;
- analizar y diseñar sistemas realimentados con control proporcional e integral;

Al aprobar la unidad curricular se espera que los estudiantes, además, sean capaces de:

- describir y aplicar técnicas de diseño de sistemas realimentados que satisfagan restricciones en su comportamiento temporal;

- aplicar técnicas de la respuesta en frecuencia para el análisis de las propiedades cualitativas de sistemas realimentados tales como la estabilidad;
- diseñar lazos de control en problemas típicos de la Ingeniería de Procesos.
- abordar íntegramente un problema de control: modelado, análisis en lazo abierto, análisis del sistema realimentado, diseño de controladores.

#### **4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

El curso está organizado en grandes bloques:

- Clases teóricas,
- Clases de ejercicios
- Laboratorio
- Horas de estudio personales no presenciales.

Semanalmente se dictarán clases teóricas con una mayor dedicación inicial, de modo que estas culminen varias semanas antes de finalizar el semestre, y 2 horas de clases de ejercicio. Habrá clases de consulta y foro de discusión a lo largo del semestre.

La dedicación estimada es:

##### **Curso teórico y ejercicios 150 hs**

- 51 horas clases teóricas.
- 24 horas clases de ejercicios
- 75 horas de estudio personal.

##### **Laboratorio 28 hs**

- |  |          |
|--|----------|
| 2 sesiones de laboratorio no presencial. | 12 horas |
| Informe final                            | 16 horas |

Los laboratorios serán no presenciales.

Las clases teóricas y de ejercicios serán presenciales.

Las clases de consulta serán presenciales, sin perjuicio de que podrán coordinarse algunas en forma remota a pedido.

## 5. TEMARIO

### 1. Introducción.

Señales y sistemas. Problemas estándar de la Teoría de Control. Realimentación. Control en Lazo Abierto y en Lazo Cerrado. Propiedades de sistemas realimentados, efectos sobre: la ganancia, la sensibilidad frente a cambios en los parámetros, y la estabilidad.

Realimentación y tecnología.

### 2. Sistemas.

Entradas, salidas, función del sistema. Estados. Variables de estado. Propiedades de los sistemas: linealidad, invariancia en el tiempo, determinismo. Complejidad de la Dinámica.

### 3. Modelado de fenómenos físicos.

Modelado simplificado. Leyes de elemento y de conjunto. Modelos simplificados de fenómenos mecánicos, eléctricos, térmicos, hidráulicos. Analogías entre modelos.

### 4 Sistemas lineales de parámetros concentrados: descripción en variables de estado.

Solución general de la evolución del estado y la salida. Ley de evolución del estado. Matriz de transición de estados. Matriz de transferencia. Matriz de respuesta a impulso. Métodos de cálculo.

### 5. Respuesta transitoria y asintótica. Diseño con especificaciones en el tiempo.

Señales de prueba. Especificaciones de respuesta transitoria. Respuestas de los sistemas de orden 1 y 2. Relación entre los parámetros de la respuesta y los parámetros del sistema.

Respuesta asintótica. Tipos de sistema. Coeficientes de error asintótico.

Diseño de sistemas con especificaciones en la respuesta temporal, (primera parte).

### 6. Estabilidad.

Estabilidad entrada-salida. Estabilidad en sistemas lineales. Criterios de estabilidad en sistemas lineales variantes e invariantes en el tiempo. Criterio de Routh-Hurwitz. Criterio de Kharitonov. Teoría de estabilidad y evolución tecnológica.

### 7. Método del lugar de las raíces (Root - Locus).

Reglas de construcción. Diseño de controladores con especificación en la respuesta temporal, transitoria y en régimen.

### 8. Métodos basados en la respuesta en frecuencia.

Respuesta en frecuencia. Representación (diagramas de Bode y Nyquist).

Relación entre la respuesta transitoria, en régimen, y la respuesta en frecuencia.

Métodos de análisis de estabilidad: Criterio de estabilidad de Nyquist. Robustez de la estabilidad: márgenes de estabilidad.

Relación entre el comportamiento de la respuesta en frecuencia del lazo abierto y el lazo cerrado. Compensación por adelanto y retraso de fase.

### 9. Implementación de controladores industriales.

Controladores PID. Reglas de Ziegler-Nichols. Evolución histórica.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
1. Introducción.	1, 2, 3 o 4	
2. Sistemas.	1, 2, 3 o 4	
3. Modelado de fenómenos físicos.	1, 2, 3 o 4	
4. Sistemas lineales de parámetros concentrados: descripción en variables de estado.	4	6
5. Respuesta transitoria y asintótica. Diseño con especificaciones en el tiempo.	1, 2, 3 o 4	
6. Estabilidad.	1, 2, 3 o 4	
7. Método del lugar de las raíces (Root - Locus).	1, 2, 3 o 4	
8. Métodos basados en la respuesta en frecuencia.	1, 2, 3 o 4	5
9. Implementación de controladores industriales.	1, 2, 3 o 4	

### 6.1 Básica

- Ogata, Katsuhiko - *"Ingeniería de Control Moderna"*, Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2011 ISBN 1283573873, 9781283573870  
PEARSON EDUCACIÓN, Madrid, 2010, ISBN: 978-84-8322-660-5
- Kuo, Benjamin C. - *"Sistemas de Control Automático"* - 7 Ed., Prentice Hall (1997) ISBN 10: 9688807230 ISBN 13: 9789688807231
- Gene F. Franklin, J Powell, Abbas Emami-Naeini - *"Feedback Control of Dynamic Systems"*. Pearson Education Limited, 2015
- Canales, R.; Barrera, R. - *"Sistemas Dinámicos Y Control Automático"*, Limusa-Wiley, 1977.

### 6.2 Complementaria

- Nyquist, H. - *"Regeneration theory"*, Bell System Technical Journal ( Volume: 11 , Issue: 1 , Jan. 1932 ) , Bell Labs, 1932  
DOI: 10.1002/j.1538-7305.1932.tb02344.x
- Canetti, R. - *"Sistemas Dinámicos de Parámetros Concentrados"*. Notas para el curso, Facultad de Ingeniería.

## **7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS**

### **7.1 Conocimientos Previos Exigidos:**

Número complejo. Álgebra Lineal, Ecuaciones diferenciales ordinarias. Nociones básicas de Señales y Sistemas: respuesta a impulso, función de transferencia, respuesta en frecuencia. Teoría de Circuitos. Modelado de fenómenos físicos.

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:** Mecánica del punto y del rígido, transferencia térmica, electrónica básica(transistores, amplificadores).

## ANEXO A

### Para todas las Carreras

#### A1) INSTITUTO

Instituto de Ingeniería Eléctrica, IIE

#### A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

semana	temas teórico
Semana 1	1 -2
Semana 2	2 -3
Semana 3	3
Semana 4	4
Semana 5	5
Semana 6	5-6
Semana 7	6-7
Semana 8	7-8
Semana 9	8
Semana 10	8-9
Semana 11	9
Semana 12	Laboratorio 1
Semana 13	Laboratorio 1
Semana 14	Laboratorio 2
Semana 15	Laboratorio 2

#### A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Habrá una prueba parcial durante el semestre, que aportará hasta 65 puntos.

Se evaluará el desempeño en el Laboratorio, que aportará hasta 35 puntos con nota mínima de aprobación 1 punto.

De acuerdo a los resultados obtenidos en ambas instancias, el estudiante podrá:

- ganar el curso**, si obtiene al menos 30 puntos totales, al menos 10 puntos en el parcial y haber aprobado el Laboratorio .
- exonerar el examen escrito**, si obtiene al menos 65 puntos totales y ganó el curso
- reprobar el curso**, si no llega a las condiciones de ganar el curso .

El examen constará de una prueba escrita con ejercicios y una prueba oral.

La aprobación de la prueba escrita habilita el pasaje a la prueba oral. En caso de exonerar el examen escrito, el estudiante pasará directamente a la prueba oral.

#### A4) CALIDAD DE LIBRE

No corresponde

#### A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

No tiene

## **ANEXO B para la carrera Ingeniería en Sistemas de Comunicación**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:

- Curso de Laboratorio de Medidas Físicas o Física Experimental 1;
- Curso de Ecuaciones Diferenciales;
- Curso de Teoría de Circuitos;
- Curso de Señales y Sistemas;
- Curso de Funciones de Variables Complejas;
- 38 créditos en el área Física;
- 59 créditos en el área Matemática;
- 8 créditos en el área Fundamentos de Ingeniería Eléctrica.

Examen:

- Curso de Sistemas y Control.







## **ANEXO B para la carrera Ingeniería Eléctrica, plan 1997 y 2023**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

4 créditos en el área Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

8 créditos en el área Control

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:

45 créditos en Física

59 créditos en Matemática

5 créditos en Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

curso de Señales y Sistemas

curso de Teoría de Circuitos

curso de Introducción a las Ecuaciones Diferenciales

curso de Funciones de Variable compleja

aprobación de Física Experimental 1

Examen: el curso de la asignatura





## **ANEXO B para la carrera Ingeniería Físico-Matemática**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Modelado Físico-matemático

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:

- 45 créditos en Física
- 59 créditos en Matemática
- examen aprobado de Teoría de circuitos
- curso aprobado de Señales y sistemas
- curso aprobado de Introducción a las ecuaciones diferenciales
- examen aprobado de Física experimental 1
- curso aprobado de Funciones de variable compleja

Examen:

- curso aprobado de Sistemas y control

