

INGENIERIA  
7 0 MAY 2013

# Programa de Teoría de Control



Código/s: A17

## Identificación y características de la Actividad Curricular

|                      |                          |                     |  |
|----------------------|--------------------------|---------------------|--|
| Carreras/s:          | Ingeniería Electrónica   |                     |  |
| Plan de Estudios:    | 2014                     | Carácter:           | Obligatoria                                  |
| Bloque/Campo:        | Tecnologías Aplicadas    | Área:               | Instrumentación,<br>Automatización y Control |
| Régimen de cursado:  | Cuatrimestral            |                     |  |
| Cuatrimestre:        | 8º [ECA]                 |                     |  |
| Carga horaria:       | 96 hs. / 6 hs. semanales | Formato curricular: | Asignatura                                   |
| Escuela:             | Ingeniería Electrónica   | Departamento:       | Control                                      |
| Docente responsable: | NACHEZ, Juan Carlos      |                     |  |

## Programa Sintético

Introducción. Estructura de los Sistemas de Control. Modelo matemático de sistemas lineales Función transferencia. Métodos de cálculo de sistemas de control en el dominio frecuencial. Precisión. Estabilidad. Especificaciones y métodos de diseño de controladores en el dominio frecuencial. Control PD, PI y PID. Correctores en cascada y en reacción. Influencia de perturbaciones y retardos. Diseño de controladores "feedforward". Diseño de control con múltiples lazos. Ajuste práctico de controladores. Aplicaciones industriales, Control de sistemas lineales en tiempo discreto. La transformada Z en sistemas muestreados. Discretización de controladores continuos. Especificaciones del control digital y síntesis de controladores. Aplicaciones industriales.


## Asignaturas Relacionadas

Previas: A7 - Sistemas y Señales II, A12 - Dinámica de Sistemas Físicos

Simultaneas Recomendadas:


Posteriores:

## Vigencia desde 2017

  
Firma Profesor

26/03/15  
Fecha

Con el aval del Consejo Asesor:

  
Firma Aprob. Escuela  
Ing. VICTOR CULASSO  
Director  
Esc. Ing. Electrónica

27/3/15  
Fecha

5  
7 0 MAR 2015

## Características generales

En el desarrollo de la asignatura, el aprendizaje de los conceptos básicos, involucra el conocimiento necesario para su aplicación en modelos dinámicos de sistemas físicos reales, continuos y discretos. En este contexto, se estudian las metodologías de diseño de controladores en el dominio frecuencial y temporal, haciendo especial énfasis en la síntesis de controladores PID y el diseño de lazos de anticipo. Se dan los fundamentos del control avanzado tradicional para sistemas multivariables y se aborda el control en tiempo discreto, aplicado al cálculo de controladores digitales.

Se complementa el dictado con la realización de trabajos prácticos, basados en la simulación de sistemas físicos reales, considerando la temática desarrollada en las clases teóricas.

## Objetivos

1. Se pretende que el alumno adquiera las nociones básicas en los aspectos teóricos y tecnológicos vinculados al control automático como una herramienta que garantice el funcionamiento seguro y rentable de un sistema o planta en su punto operativo deseado.
2. Que el alumno conozca y comprenda los principios básicos del control de sistemas dinámicos lineales, continuos y discretos, aplicando técnicas clásicas en el dominio frecuencial y temporal.
3. Que aplique estos principios al diseño de controladores convencionales continuos y a controladores digitales,
4. Que conozca y comprenda los principios del funcionamiento de los lazos de control y su efecto sobre las variables involucradas.
5. Que sea capaz de analizar casos de complejidad creciente y extraer conclusiones a partir de ellos.
6. Que adquiera los conceptos fundamentales del control clásico a fin de abordar en el futuro las temáticas vinculadas al control avanzado sin mayores dificultades.

## Contenido Temático

### Unidad 1. Introducción a los Sistemas de Control

- 1.1. Estructura de un Sistema de Control.
- 1.2. Modelo matemático de sistemas lineales de control.
- 1.3. Sistemas continuos y sistemas discretos.
- 1.4. Matriz transferencia. Función transferencia.
- 1.5. Representaciones de la función transferencia.
- 1.6. Función transferencia en lazo abierto y en lazo cerrado.
- 1.7. Relación entre respuesta temporal y respuesta en frecuencia.
- 1.8. Precisión (estática y dinámica).
- 1.9. Estabilidad (lazo abierto y lazo cerrado).
- 1.10. Criterio de Nyquist (criterio del inverso).
- 1.11. Margen de fase y margen de ganancia.

### Unidad 2. Síntesis de Controladores continuos en el dominio temporal

- 2.1. Estudio analítico del efecto en el comportamiento dinámico y estacionario de los sistemas realimentados frente a cambios en la referencia (servo comportamiento) y en la carga (comportamiento regulador).
- 2.2. Definición de controladores y reguladores en un lazo de control.
- 2.3. Estructura de un controlador PID.
- 2.4. Estudio analítico del aporte de cada parámetro del controlador PID en la respuesta dinámica y de estado estacionario del sistema.
- 2.5. Comparación con las respuestas del sistema sin controlar.
- 2.6. Índices como medida del desempeño de los controladores seleccionados (ISE, IAE, ITAE).
- 2.7. Ajuste de controladores en el dominio temporal: Método de Cohen-Coon o curva de reacción. Método de Ziegler Nichols. Método de minimización de ITAE. Método de ajuste por analogía con el control por modelo

INGENIERIA  
0 MAR 2015  
SA US

interno (IMC).

- 2.8. Diseño de controladores con realimentación anti wind-up.
- 2.9. Diseño de controladores con realimentación y set point ponderados.
- 2.10. Metodologías para la selección de un controlador.

Unidad 3. Síntesis de controladores continuos en el dominio frecuencial

- 3.1. Métodos de cálculo de sistemas de control en el dominio frecuencial.
- 3.2. Criterios utilizados en la síntesis de controladores en el dominio frecuencial.
- 3.3. Diseño de controladores en el dominio frecuencial a partir de la función transferencia en lazo abierto.
- 3.4. Corrección por adelanto de fase (Control PD).
- 3.5. Corrección por retraso de fase (Control PI).
- 3.6. Corrección por acción combinada (Control PID).
- 3.7. Cálculo de correctores en cascada.
- 3.8. Cálculo de correctores en reacción.
- 3.9. Influencia de perturbaciones y retardos.

Unidad 4. Control avanzado tradicional en sistemas continuos

- 4.1. Diseño de controladores en avance o "feedforward".
- 4.2. Ventajas y desventajas del uso de control en avance.
- 4.3. Comparación con el control realimentado.
- 4.4. Control por relación (Ratio control) como un caso especial del control en avance.
- 4.5. Diseño de control realimentado con compensación de tiempo muerto y respuesta inversa.
- 4.6. Diseño de Control con múltiples lazos: Control en cascada. Control de rango dividido. Control fuera de rango (Uso de Low y High Switch Selectors).
- 4.7. Análisis de interacciones en sistemas de múltiples lazos.
- 4.8. Diseño de desacopladores.

Unidad 5. Control de sistemas lineales en tiempo discreto

- 5.1. Sistemas de control muestreados.
- 5.2. Aplicaciones de la transformada Z en Sistemas de control muestreados.
- 5.3. Función transferencia en Z: Sistema en lazo abierto. Sistema en lazo cerrado. Respuesta temporal. Respuesta en frecuencia.
- 5.4. Relación entre el dominio S y el dominio Z: Ábacos. Ubicación de polos. Estabilidad.
- 5.5. Equivalentes discretos de controladores continuos.
- 5.6. Respuesta en frecuencia del equivalente discreto.
- 5.7. Aplicación al cálculo de controladores digitales.

Unidad 6. Síntesis de Controladores discretos utilizando técnicas de transformación

- 6.1. Especificaciones del Control digital.
- 6.2. Cálculo de controladores digitales.
- 6.3. Método del equivalente discreto.
- 6.4. Método de la transformada W.
- 6.5. Método de Ragazzini (Control IMC).
- 6.6. Sistemas que incluyen retardos.
- 6.7. Algoritmos de control.
- 6.8. Aplicación al diseño de controladores PID discretos.

### Modalidades de enseñanza-aprendizaje

Las estrategias empleadas para garantizar la adquisición de conocimientos, está fundamentada en el desarrollo de clases teóricas por tema, planteo de problemas tipos (clases grupales) y una inmediata aplicación de los conceptos teóricos presentados en clases de formación experimental donde el alumno trabaja individualmente guiado por un docente. A través de un sistema de evaluación continua se va verificando la evolución del proceso enseñanza –aprendizaje. Además se brinda un amplio horario de clases de consulta.

### Actividades de Formación Práctica

Se realizarán tres trabajos prácticos utilizando el modelo simulado de una planta de biodiesel. Los mismos consisten en el diseño de controladores en el dominio temporal, en el dominio frecuencial y en el dominio discreto (controles digitales).

| Nº | Título   | Descripción  |
|----|--|--|
| 1  | Diseño de controladores PID y feedforward en el dominio temporal | <p>El Trabajo Práctico 1 tiene por objetivo el diseño de controladores en el dominio temporal, utilizando la nueva herramienta PCS'7. El sistema a controlar es un reactor de biodiesel, el cual será identificado previamente.</p> <p>Se diseñarán controladores P, PI, PID y Feedforward en el dominio temporal, mediante distintos métodos, con el objetivo de comparar el desempeño de los mismos. Los ensayos sobre la planta se llevarán a cabo mediante el software PCS'7 y el diseño de los controladores se realizará por medio de MatLab.</p> <p>Se espera que el alumno se familiarice con el software PCS'7 y a la vez pueda adquirir criterios para el diseño de controladores.</p> |
| 2  | Diseño de controladores en el dominio frecuencial                | <p>El Trabajo Práctico 2 tiene por objetivo el diseño de controladores en el dominio frecuencial, utilizando Matlab y la interfaz gráfica SISOTool. El sistema a controlar es el mismo reactor de biodiesel ya utilizado en el TP 1.</p> <p>Se diseñarán controladores PD y PI en el dominio frecuencial, mediante los métodos desarrollados en teoría, con el objetivo de comparar el desempeño de los mismos.</p> <p>Se espera que el alumno verifique en la misma planta los conceptos desarrollados en clase y se familiarice con herramientas gráficas de diseño y simulación.</p>  |
| 3  | Diseño de controladores en el dominio discreto                   | <p>El Trabajo Práctico 3 tiene por objetivo el diseño de controladores en el dominio discreto, utilizando Matlab y la interfaz gráfica SISOTool. El sistema a controlar es el mismo reactor de biodiesel ya utilizado en el TP 1 y en el TP 2.</p> <p>Se diseñarán controladores mediante las técnicas de Equivalente Discreto y Transformada W, resaltando las diferencias entre ambos métodos, con el objetivo de comparar el desempeño de los mismos.</p> <p>Se espera que el alumno verifique en la misma planta los conceptos desarrollados en clase y se familiarice con herramientas gráficas de diseño y simulación.</p>   |

## Evaluación

La materia será evaluada mediante 2 parciales teórico-prácticos, los cuales serán considerados en forma independiente por medio de la siguiente calificación:

- I: Insuficiente (El alumno no alcanza los conocimientos básicos esperados)
- A: Aprobado (El alumno demuestra conocimientos generales de la materia)
- P: Promovido (El alumno demuestra sólidos conocimientos de la materia)

Promoción directa: La condición de Promoción General de la materia será alcanzada por aquellos alumnos que posean todos los trabajos prácticos aprobados y los dos parciales con calificación Promovido.

Promoción con coloquio: Esta condición será alcanzada por aquellos alumnos que posean todos los trabajos prácticos aprobados y los dos parciales con calificación no menor a Aprobado. El coloquio final de la materia se focalizará fundamentalmente en aquellos temas de la asignatura no promovidos en los parciales, y a criterio del docente. La fecha límite para rendir el coloquio es la primera mesa desdoblada del año subsiguiente inclusive.

Condición Intermedia: Esta condición será alcanzada por aquellos alumnos que posean todos los trabajos prácticos aprobados y no cumplan con las condiciones restantes de promoción. Deberán rendir un examen de práctica y uno de teoría en las mesas programadas. La fecha límite para rendir los exámenes de práctica y teoría es la última mesa del turno julio del año subsiguiente inclusive.

El examen para los alumnos en Condición Intermedia consistirá en: a) Práctica: Se deberán rendir el o los parciales no aprobados. b) Teoría: Completa de toda la asignatura. c) Coloquio de los TPs: A criterio de la cátedra se podrá evaluar en cada caso el contenido de alguno de los TPs. Se rendirá TODO el mismo día.

Condición Libre: Deberán realizar los TPs de manera presencial y entregar los informes correspondientes, rendir un coloquio sobre los mismos, rendir un examen de práctica y uno de teoría en las mesas programadas.

Recuperatorios: El alumno puede recuperar un parcial calificado con Insuficiente o con Aprobado para acceder a las condiciones de promoción mencionadas. El día del recuperatorio será el mismo para los dos parciales.

## Distribución de la carga horaria

### Presenciales

|  |   |               |
|--|---|---------------|
| Teóricas                               |   | 46 Hs.        |
| Prácticas                              | Experimental de Laboratorio   | 25 Hs.        |
|  | Experimental de Campo   | 0 Hs.         |
|  | Resolución de Problemas y Ejercicios                                | 25 Hs.        |
|  | Problemas Abiertos de Ingeniería                                    | 0 Hs.         |
|  | Actividades de Proyecto y Diseño                                    | 0 Hs.         |
|  | Práctica Profesional Supervisada                                    | 0 Hs.         |
|  | <b>Total</b>  | <b>96 Hs.</b> |
| Evaluaciones                           |   | 6 Hs.         |
| Dedicadas por el alumno fuera de clase |   |               |
|  | Preparación Teórica   | 24 Hs.        |
|  | Preparación Práctica  | 24 Hs.        |
|  | Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc. | 6 Hs.         |
|  | <b>Total</b>  | <b>54 Hs.</b> |

INGENIERIA  
0 MAR 2015

**Bibliografía básica**


| Título   | Autores                              | Editorial                   | Año  | Ejem. |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|------|-------|
| "Ingeniería de Control Moderna"  | Ogata, K.                            | Prentice-Hall International | 2003 | 3     |
| "Sistemas de Control en tiempo discreto"   | Ogata, K.                            | Prentice-Hall International | 2003 | 2     |
| "Designing Linear Control systems with MATLAB"                                   | Ogata, K.                            | Matlab C. Series            | 2003 | 1     |
| Sistemas Automáticos de Control  | Kuo B.                               | Prentice-Hall International | 2000 | 2     |
| Control de sistemas dinámicos con realimentación"                                | Franklin G., Powell J. y Enami-Naemi | Addison Wesley              | 2000 | 1     |
| "Digital control of dynamic systems"   | Franklin G., Powell J. y Workman M., | Addison Wesley              | 2000 | 3     |
| "Process Control: Designing Process and Control Systems for Dynamic Performance" | Marlin T.                            | McGraw-Hill Inc             | 1995 | 1     |
| "Process Dynamics, Modeling and Control"   | Ogunnaike B. y Ray H.                | Oxford University Press     | 1994 | 1     |

**Bibliografía complementaria**

| Título                                       | Autores                                  | Editorial                                | Año  | Ejem. |
|--|--|--|------|-------|
| "The Control Handbook"                       | Levine W., (editor)                      | CRC Press, IEEE Press                    | 2000 | 1     |
| "Discrete time and computer control systems" | Cadzow J. y Martens H.                   | Prentice-Hall                            | 2001 | 1     |
| "Process, Dynamics and Control"              | 8.Seborg D., Edgar T., y Mellichamp D. A | 8.Seborg D., Edgar T., y Mellichamp D. A | 1999 | 1     |

**Recursos web y otros recursos**

Se utiliza el campo virtual de la Escuela de Ingeniería Electrónica para incorporar a los alumnos en el dictado interactivo de la asignatura, incluyendo toda la información necesaria para su cursado, como apuntes de clase, guía de trabajos prácticos, problemas resueltos y sugeridos, así como la posibilidad de contactarse directamente con los docentes a través del correo electrónico de la cátedra, en el envío y recepción de mensajes e informes. Las clases de teoría y la explicación de los trabajos prácticos se realizan utilizando proyecciones y/o mostrando aplicaciones directamente desde la red.

  
 0 MAR 2010  
 UNIVERSIDAD

**Cronograma de actividades**

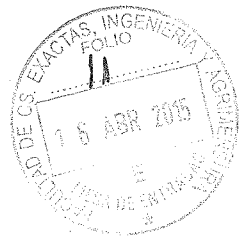
| Semana | Unidad | Tema  | Actividad   |
|--------|--------|---|---|
| 1      | _1     | _Introducción a los Sistemas de Control                                     | _ Clases de teoría  |
| 2      | _1     | _Introducción a los Sistemas de Control                                     | _ Resolución de problemas y ejercicios  |
| 3      | _2     | -Síntesis de Controladores continuos en el dominio temporal                 | _ Clases de teoría  |
| 4      | _2     | _ Síntesis de Controladores continuos en el dominio temporal                | _ Clases de teoría<br>Resolución de problemas y ejercicios                                |
| 5      | _2     | _ Síntesis de Controladores continuos en el dominio temporal                | _ Resolución de problemas y ejercicios<br>Experimental de Laboratorio                     |
| 6      | _3     | _ Síntesis de controladores continuos en el dominio frecuencia              | _ Clases de teoría  |
| 7      | _3     | _ Síntesis de controladores continuos en el dominio frecuencia              | _ Clases de teoría<br>Resolución de problemas y ejercicios                                |
| 8      | _3     | _ Síntesis de controladores continuos en el dominio frecuencia              | _ Resolución de problemas y ejercicios<br>Experimental de Laboratorio                     |
| 9      | _4     | _ Control avanzado tradicional en sistemas continuos                        | _ Clases de teoría<br>Experimental de Laboratorio   |
| 10     | _4     | _ Control avanzado tradicional en sistemas continuos                        | _ Clases de teoría<br>Experimental de Laboratorio   |
| 11     | _5     | _ Control de sistemas lineales en tiempo discreto                           | _ Clases de teoría  |
| 12     | _5     | _ Control de sistemas lineales en tiempo discreto                           | _ Clases de teoría<br>Resolución de problemas y ejercicios                                |
| 13     | _5     | _ Control de sistemas lineales en tiempo discreto                           | _ Clases de teoría<br>Resolución de problemas y ejercicios                                |
| 14     | _6     | _ Síntesis de Controladores discretos utilizando técnicas de transformación | _ Clases de teoría  |
| 15     | _6     | _ Síntesis de Controladores discretos utilizando técnicas de transformación | _ Clases de teoría<br>Resolución de problemas y ejercicios<br>Experimental de Laboratorio |
| 16     | _6     | _ Síntesis de Controladores discretos utilizando técnicas de transformación | _ Resolución de problemas y ejercicios<br>Experimental de Laboratorio                     |

DUPLICADO



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,  
INGENIERIA Y AGRIMENSURA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

"2015-Año del Bicentenario del Congreso de los Pueblos Libres"



Expediente N° 58081 S/R 064.-

Rosario, 1° de abril de 2015.-

VISTO que Secretaría Académica eleva para su aprobación el programa de la asignatura A17 "Teoría de Control", vigente a partir del año 2017, correspondiente al Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Electrónica, aprobado por Resolución C.S. N° 372/14.-

CONSIDERANDO:

Que el mismo responde a los lineamientos establecidos en la Resolución N° 869/14 – C.D. (Formulario de Programas de asignaturas de las distintas carreras que se cursan en esta Facultad).-

Que el tema fue tratado y aprobado en la reunión del Consejo Directivo del día de la fecha.-

Por ello,

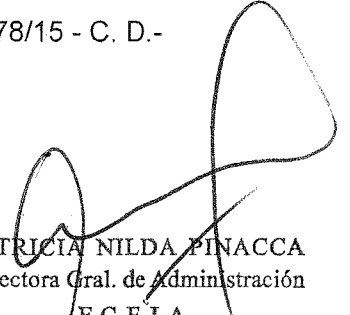
EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA  
RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: Aprobar el programa de la asignatura A17 "Teoría de Control", vigente a partir del año 2017, correspondiente al Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Electrónica, aprobado por Resolución C.S. N° 372/14, cuyas fotocopias autenticadas forman parte de la presente resolución.-


ARTICULO 2°: Regístrese, comuníquese, sáquese copia, tome nota Dirección General de Administración a sus efectos, pase a conocimiento de Secretaría Académica, del Departamento Registro de Alumnos y de la Escuela de Ingeniería Electrónica, cumplido, agréguese a sus antecedentes.-

RESOLUCION N° 178/15 - C. D.-

|    |
|----|
| CO |
| JH |
| JH |
| JH |

  
PATRICIA NILDA PINACCA  
Directora Gral. de Administración  
F.C.E.I.A.

  
Ing. OSCAR E. PEIRE  
Decano - FCEIA

  
SUSANA B. MIGLIORANZZA  
Directora Operativa  
Consejo Directivo - F.C.E.I.A.