



# Grado en Ingeniería Electrónica y Automática 29823 - Ingeniería de control

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 3, Semestre: 1, Créditos: 6.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Gonzalo López Nicolás** gonlopez@unizar.es
- **Carlos Sagüés Blázquez** csagues@unizar.es
- **María del Rosario Aragüés Muñoz** raragues@unizar.es
- **Marta Salas García** msalasg@unizar.es
- **Álvaro Marco Marco** amarco@unizar.es

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

En esta asignatura se presentan conceptos y técnicas de control por computador para tratar con sistemas de una y varias variables. Al finalizar, el estudiante será capaz de modelar sistemas, analizar su comportamiento, diseñar esquemas de control y estimación, e implementarlos usando un lenguaje convencional y con controladores industriales comerciales.

Por razones pedagógicas y de contenidos es recomendable haber cursado las materias **Matemáticas I, II, III, Física I, II, Fundamentos de Electrotecnia, Fundamentos de Electrónica, Fundamentos de Informática, Señales y Sistemas y Sistemas Automáticos**. El estudio previo de estas materias proporciona al estudiante las herramientas básicas necesarias para desarrollar, analizar, simular, controlar un sistema real y conseguir su funcionamiento automático.

El estudio y trabajo continuado, desde el primer día del curso, son fundamentales para superar con el máximo aprovechamiento la asignatura. Es importante resolver cuanto antes las dudas que puedan surgir, para lo cual el estudiante cuenta con la asistencia del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a ello.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

El calendario detallado de las diversas actividades a desarrollar se establecerá una vez que la Universidad y el Centro hayan aprobado el calendario académico (el cual podrá ser consultado en la página web del centro).

La relación y fecha de las diversas actividades, junto con todo tipo de información y documentación sobre la asignatura, se publicará en el Anillo Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza.

A título orientativo:

- Cada semana hay programadas 3h de clases en aula.
- Aproximadamente cada dos semanas el estudiante realizará una práctica de laboratorio.

- Las actividades adicionales que se programen (trabajos, pruebas, seminarios...) se anunciarán con suficiente antelación, tanto en clase como en el ADD.
  - Las fechas de los exámenes y pruebas de convocatoria oficial las fijará la dirección del Centro.
- 

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Conoce y sabe aplicar las técnicas básicas de diseño de control de sistemas muestreados
- 2:** Sabe aplicar las técnicas de diseño al control por computador
- 3:** Conoce y sabe aplicar las técnicas básicas de control borroso.
- 4:** Conoce y sabe aplicar las técnicas básicas de diseño basado en el espacio de estados. Sistemas continuos y muestreados.
- 5:** Conoce y sabe utilizar los controladores industriales comerciales
- 6:** Sabe diseñar una arquitectura de control y elegir la tecnología más adecuada para cada componente

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Ingeniería de control es una asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS, que equivalen a 150 horas, correspondientes a 60 horas presenciales (clases de teoría, problemas, laboratorio...) y 90 horas no presenciales de trabajo personal (resolución de ejercicios, estudio...). Es una asignatura que está dentro del marco de la Automática. El Diccionario de la Real Academia Española define la Automática como: "la disciplina que trata de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada". Cuando esta sustitución tenga como objetivo el control de un sistema, de forma que este funcione de una manera autónoma, hablaremos de sistemas de control automático. Los ingenios y dispositivos diseñados con este fin se denominarán de regulación y mando.

Ingeniería de control profundiza en el estudio del control de sistemas, en el que ya ha sido introducido del estudiante mediante la asignatura de Sistemas Automáticos. Esta asignatura aborda el análisis de sistemas, y el diseño y concepción de control por computador para sistemas continuos de una o varias variables. Conocidas las técnicas de análisis y diseño de sistemas de control para sistemas monovariantes continuos contempladas en dicha asignatura, en Ingeniería de Control se aborda el modelado de sistemas multivariantes, su análisis y el diseño y concepción del control por computador para sistemas continuos de una o varias variables. Se utilizará tanto la representación externa, basada en funciones de transferencia, como la interna basada en variables de estado.

El estudiante mediante el uso de las herramientas matemáticas adecuadas será capaz de interpretar el comportamiento dinámico de los sistemas continuos. Además, los modelos y herramientas de análisis empleados le permiten construir controladores que pueden ser implementados en computadores convencionales o industriales para conseguir que se obtenga el comportamiento deseado en las variables controladas. Se incidirá especialmente en los sistemas discretizados en el tiempo y en los sistemas multivariantes.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Los objetivos de la asignatura son de dos tipos:

1) Teóricos: Se persigue que el alumno conozca y maneje con soltura contenidos teóricos que sustentan el control de sistemas usando el computador. Al finalizar la asignatura el alumno será capaz de:

- Comprender el papel del computador como elemento de control.
- Representar el comportamiento de sistemas y señales continuas en dominio de tiempo discreto, así como la transformación entre uno y otro dominio.
- Analizar en el dominio de tiempo discreto el comportamiento de sistemas de una o varias variables.
- Diseñar e implementar algoritmos de control.
- Diseñar e implementar algoritmos de estimación de variables.
- Comprender y aplicar las técnicas de control borroso para sistemas continuos.

2) Prácticos: Se persigue que el alumno sepa desenvolverse con soltura en un entorno real de control, aplicando y analizando el alcance práctico de los contenidos teóricos aprendidos. Al finalizar la asignatura el alumno será capaz de:

- Simular sistemas discretizados de una y varias variables.
- Programar controladores y estimadores de sistemas de una y varias variables.
- Experimentar con los sistemas a controlar y sus modelos.
- Conocer experimentar y utilizar controladores industriales.

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Ingeniería de control es una asignatura de la rama de tecnologías específica. En este contexto se presentan los conceptos avanzados del control de sistemas continuos abordando aspectos teóricos, de implementación y de su implantación y aplicación práctica. Los estudiantes han cursado en semestres anteriores asignaturas de Matemáticas, Física, Electrónica, Informática, Señales y Sistemas y Sistemas Automáticos necesarias para comprender los principios básicos utilizados en la asignatura.

El estudiante aprende en esta asignatura a analizar y diseñar sistemas de control por computador de sistemas continuos con técnicas basadas tanto en la representación externa como en la interna. Al finalizar la asignatura el estudiante será capaz de comprender la trascendencia y ventajas del control de sistemas, su importancia en los procesos industriales desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, así como de realizar su análisis y diseño.

#### Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:** Conocimientos de regulación automática y técnicas de control y su aplicación a la automatización industrial
- 2:** Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización industrial
- 3:** Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de Ingeniería
- 4:** Capacidad para combinar los conocimientos básicos y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional
- 5:** Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico

- 6:** Capacidad para aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería
- 7:** Capacidad para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano
- 8:** Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma
- 9:** Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe
- 10:** Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Los conocimientos que el estudiante adquiere en Ingeniería de control le sumergen en los aspectos avanzados del control y automatización de sistemas y procesos. Actualmente en los procesos se ha alcanzado a un alto grado de automatización. El control de las operaciones es realizado mediante reguladores industriales, computadores industriales, autómatas programables, controladores específicos, robots...La comprensión avanzada de los procesos y las técnicas para controlarlos de forma automática pueden aportar grandes mejoras en las condiciones de trabajo, en el medio ambiente, en la calidad del producto y en la competitividad del sector que se trate. Con esta asignatura el estudiante será capaz de analizar y diseñar sistemas de control complejos, en los que intervienen diversas variables que interaccionan entre sí.

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura dotan al estudiante de capacidad de análisis de situaciones reales de control de procesos industriales y le capacitan para proponer esquemas y calcular los parámetros de control adecuados que permitan cumplir con unos requisitos de funcionamiento dados. Estos resultados, y las capacidades y habilidades de ellos derivadas, tienen una gran importancia en el entorno industrial, donde el control de procesos y sistemas es una pieza clave y fundamental para el desarrollo del producto, permitiendo reducir costes, tanto económicos como ambientales, y aumentar la calidad final del producto.

---

## **Evaluación**

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** De acuerdo con la normativa de la Universidad de Zaragoza la evaluación de esta asignatura se establece como de "Tipo global".

Dada la relevancia que en la asignatura tiene la adquisición de competencias prácticas, mediante el uso de entornos informáticos y en el laboratorio, a lo largo del curso irá siendo evaluado también el trabajo, en base al estudio previo, desarrollo del trabajo práctico, elaboración de una memoria y resolución de las cuestiones planteadas.

En cada convocatoria, la evaluación comprenderá dos partes:

- 1. Prueba escrita individual (80%).** Calificada entre 0 y 10 puntos (CT). Se realizará en periodo de exámenes. En ella se evaluará al estudiante del conjunto de resultados de aprendizaje desde el punto de vista teórico y de resolución de problemas.
- 2. Evaluación del trabajo práctico (20%).** Calificada entre 0 y 10 puntos (CP), podrá superarse a lo largo del curso (Prueba gradual). En cualquier caso se realizará una prueba individual específica durante el periodo de evaluación para los estudiantes que no la hayan superado durante el curso. En ella se evaluará al estudiante del conjunto de resultados de aprendizaje desde el punto de vista del trabajo práctico.

Para la superación de la asignatura es condición imprescindible obtener una calificación CT mayor o igual que 4 puntos sobre 10. Sólo en ese caso, la calificación global de la asignatura será  $(0.20*CP + 0.80*CT)$ . En otro caso, la calificación global será la mínima entre 4 y el resultado de aplicar la fórmula anterior. La asignatura se supera con una calificación global de 5 puntos sobre 10.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

El proceso de enseñanza se desarrollará en tres niveles principales: clases de teoría, problemas y laboratorio. Se establecen mecanismos para analizar el seguimiento de la asignatura y su trabajo personal.

- En las clases de teoría se expondrán los fundamentos y base teórica de la asignatura ilustrado con ejemplos prácticos.
- En las clases de problemas se desarrollarán problemas y casos tipo, con la participación de los estudiantes.
- Se desarrollarán prácticas de laboratorio individualmente o en grupos de dos alumnos, donde el estudiante pone en práctica los conceptos de interés, implementando en simulación y en sistema reales los esquemas de control diseñados.
- Asimismo, para motivar al estudiante se llevarán a cabo actividades de aprendizaje relacionadas con ejemplos de aplicación industrial con la tecnología actualmente disponible.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1: ACTIVIDADES PRESENCIALES:**

**1) Clase presencial (tipo T1) (30 horas presenciales).**

Sesiones de presentación magistral de contenidos teóricos y prácticos. Se presentan los conceptos y fundamentos del control por computador y su trascendencia ilustrándolos con ejemplos reales. Se fomenta la participación del estudiante a través de preguntas y breves debates.

**PROGRAMA DE LA ASIGNATURA**

Los contenidos que se desarrollan son los siguientes:

- Tema 1: Introducción.
- Tema 2: Muestreo y reconstrucción de señales. Análisis de sistemas en tiempo discreto.
- Tema 3: Diseño de controladores digitales. Tecnologías.
- Tema 4: Identificación de sistemas.
- Tema 5: Descripción interna. Sistemas multivariables continuos y muestreados. Análisis. Controlabilidad y observabilidad.
- Tema 6: Control basado en la descripción interna.
- Tema 7: Observadores. Diseño de sistemas de control con observadores.
- Tema 8: Control borroso

## 2) Clases de problemas y resolución de casos (tipo T2) (15 horas presenciales).

Se desarrollan problemas y casos de estudio con la participación de los estudiantes, coordinados en todo momento con los contenidos teóricos. Se fomenta que el estudiante trabaje previamente los problemas.

## 3) Prácticas de laboratorio (tipo T3) (15 horas presenciales).

El estudiante realiza la simulación, puesta en marcha y análisis de sistemas de automatización y control reales. Dispone de un guión de la práctica, compuesto de estudio previo y apartados de realización práctica en laboratorio. El estudio previo debe realizarse previamente a la práctica. Las prácticas a realizar son:

- Análisis de sistemas discretos y diseño de un controlador digital.
- Control por computador de una maqueta.
- Identificación paramétrica de sistemas
- Modelado y análisis de un sistema basado en descripción interna.
- Diseño e implementación de un controlador en el espacio de estados.
- Diseño e implementación de un controlador con observador.

2:

### ACTIVIDADES NO PRESENCIALES:

## 4) Estudio (tipo T7) (86 horas no presenciales).

Estudio personal del estudiante de los conceptos teóricos y realización de problemas. Se fomenta el trabajo continuo del estudiante mediante la distribución homogénea a lo largo del semestre de las diversas actividades de aprendizaje. Se incluyen aquí las tutorías, como atención directa al estudiante, identificación de problemas de aprendizaje, orientación sobre la asignatura, atención a ejercicios y dudas.

## 5) Pruebas de evaluación (tipo T8) (4 horas).

Además de la función calificadora, la evaluación también es una herramienta de aprendizaje con la que el alumno comprueba el grado de comprensión y asimilación alcanzado.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las clases magistrales y de problemas y las sesiones de prácticas en el laboratorio se imparten según horario establecido por el centro (horarios disponibles en su página web).

Cada profesor informa de su horario de atención de tutoría.

El resto de actividades se planifica en función del número de estudiantes y se da a conocer con la suficiente antelación. Puede consultarse en <http://add.unizar.es>

## Bibliografía y recursos

### Bibliografía y recursos

1. **Transparencias y apuntes de la asignatura.** Disponibles en <http://add.unizar.es>.
2. **Hojas de problemas y Guiones de prácticas.** Disponibles en <http://add.unizar.es>.
3. **Libros recomendados:** Comentados al inicio del curso y disponibles en <http://add.unizar.es>.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna / Katsuhiko Ogata ; traducción Sebastián Dormido Canto, Raquel Dormido Canto ; revisión técnica Sebastián Dormido Bencomo ; revisión técnica para Latinoamérica Amadeo Mariani ... [et al.] . - 5ª ed. Madrid : Pearson Educación, D.L. 2010
- Ogata, Katsuhiko. Sistemas de control en tiempo discreto / Katsuhiko Ogata ; traducción, José Guillermo Aranda Pérez...[et al.] . - 2a ed. México [etc.] : Prentice Hall Hispanoamericana, cop. 1996
- Valera Fernández, Angel. Modelado y control en el espacio de estados / Ángel Valera Fernández [Valencia] : Editorial Universidad Politécnica de Valencia, D.L. 2002