

## **Grado en Ingeniería Eléctrica**

### **29624 - Ingeniería de control**

**Guía docente para el curso 2015 - 2016**

**Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0**

---

## **Información básica**

---

### **Profesores**

- **Andrés Abellanas Sánchez** andresas@unizar.es

- **Cristian Florentín Mahulea** cmahulea@unizar.es

### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

En esta asignatura se presentan conceptos y técnicas de control por computador de sistemas de una o varias variables de estado. Asimismo, se estudian los sistemas discretos y dos formalismos de modelado para estos: autómatas finitos deterministas y redes de Petri. Al finalizar, el alumno es capaz de modelar sistemas, analizar su comportamiento, diseñar esquemas de control, 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, Electrotecnia y Análisis de circuitos eléctricos, Fundamentos de Electrónica, Informática, Sistemas Automáticos. El estudio previo de estas materias proporciona al alumno 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:**

1. Diseña e implementa el control por computador de un sistema, seleccionando la técnica más adecuada en función de los requisitos de control y del contexto en el que se plantean.
2. Aplica técnicas de identificación de sistemas con el objeto de extraer modelos matemáticos adecuados para su uso en control.
3. Simula el comportamiento de sistemas dinámicos utilizando herramientas informáticas adecuadas para tal fin.
4. Diseña una jerarquía de control distribuido, resolviendo, tanto las necesidades de comunicación entre los diferentes elementos del control, como la supervisión informatizada del conjunto.

## 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 alumno mediante la asignatura de Sistemas Automáticos. Conocidas las técnicas de análisis y diseño de sistemas de control para sistemas monovariables continuos, en Ingeniería de Control se aborda el modelado de sistemas, su análisis y el diseño y concepción del control por computador para sistemas de una o varias variables. Se utiliza tanto la representación externa, basada en funciones de transferencia, como la interna basada en variables de estado.

El alumno 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 multivariados.

Por otra parte, esta asignatura aborda las tecnologías que permiten la automatización distribuida de procesos productivos. Hoy en día no se concibe una solución de automatización que no tenga en cuenta la jerarquía en el control de la producción: desde los niveles más bajos (dispositivos de campo), pasando por los autómatas programables, hasta el enlace con la parte de gestión de la empresa (utilizando sistemas SCADA y MES). Para ello es imprescindible el intercambio de información entre las entidades que componen el control, por lo que es necesario estudiar las redes industriales, desde sus fundamentos hasta las diversas implementaciones existentes en la actualidad.

---

### 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:

**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 discreto, así como la transformación entre uno y otro dominio.
- Analizar y simular en el dominio discreto el comportamiento de sistemas de una o varias variables.
- Diseñar e implementar algoritmos de control y estimación de variables.
- Comprender la importancia de los sistemas de automatización y control distribuido.
- Comprender las arquitecturas, buses y redes de comunicación industrial.

**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 alumnos han cursado en semestres anteriores asignaturas de Matemáticas, Física, Electrotecnia, Informática, y Sistemas Automáticos necesarias para comprender los principios básicos utilizados en la asignatura. El alumno aprende en la 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 alumno es capaz de comprender la transcendencia 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. En la ya citada Sistemas automáticos los alumnos han aprendido a modelar sistemas de eventos discretos sencillos, y a implementar su control usando autómatas programables. Cuentan con la base para enfrentarse a problemas de automatización de la producción de mayor envergadura, que requieren control distribuido e intercambio de información. Sin embargo, desconocen el funcionamiento de las redes de datos, y de las redes industriales en particular. En esa asignatura se les introduce en los sistemas de supervisión y control (SCADA) y en los sistemas de control de manufactura (MES), como puente, desde los sistemas de producción en planta, hacia los sistemas de gestión empresarial (tipo ERP y similares).

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

**1:**

### **Competencias genéricas:**

1. *Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (C4)*
2. *Capacidad para aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la ingeniería Eléctrica (C5)*
3. *Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la ingeniería Eléctrica necesarias para la práctica de la misma (C7)*

### **Competencias específicas:**

1. *Capacidad para conocer y comprender los conceptos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería (C14)*
2. *Capacidad para comprender los principios de la regulación automática y su aplicación a la automatización industrial (C37).*

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

Los conocimientos que el alumno 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 alumno 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 alumno 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 alumno 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 alumnos que no la hayan superado durante el curso. En ella se evaluará al alumno 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:**

### **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 transcendencia ilustrándolos con ejemplos reales. Se fomenta la participación del estudiante a través de preguntas y breves debates.

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: Descripción interna de sistemas continuos.
- Tema 5: Sistemas industriales de automatización: Sistemas de Eventos Discretos (Autómatas finitos deterministas y redes de Petri).

### **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 digital de un servomecanismo.
- Control digital de un circuito electrónico.
- Simulación de sistemas de eventos discretos en MATLAB
- Control de una célula de fabricación flexible.
- Análisis de sistemas discretos en MATLAB

### **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 presenciales).**

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 alumnos y se da a conocer con la suficiente antelación. Puede consultarse en <http://add.unizar.es>

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- Balcells Sendra, Josep. Autómatas programables / Josep Balcells, José Luis Romeral. Barcelona : Marcombo Boixareu, D.L. 1997
- Bolton, W.. Ingeniería de control / W. Bolton . - 2a. ed. México : Alfaomega ; Barcelona : Marcombo, cop. 2001
- Franklin, Gene F.. Feedback control of dynamic systems / Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini . 6th ed. Upper Saddle River (New Jersey) : Pearson Prentice Hall, cop. 2010
- Lewis, Paul H.. Sistemas de control en ingeniería / Paul H. Lewis, Chang Yang . - 1a ed. en español Madrid : Prentice Hall, cop. 1999
- 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.] . - 5<sup>a</sup> 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