

## 30025 - Ingeniería de control

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2021/22

**Asignatura:** 30025 - Ingeniería de control

**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura

**Titulación:** 436 - Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 3

**Periodo de impartición:** Segundo semestre

**Clase de asignatura:** Obligatoria

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos 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 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.

**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.
- Comprender las ventajas sociales, ambientales, económicas e industriales del control automático.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

- Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
  - Meta 3.6: Para 2020, reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo.
  - Meta 3.9: Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.
- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
  - Meta 7.3: De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
- Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
  - Meta 8.2: Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la

modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra.

- Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructuras.
  - Meta 9.4: De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.

## 1.2. 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, todas ellas necesarias para comprender los principios básicos utilizados en la asignatura. En esta última asignatura (Sistemas Automáticos), los alumnos han aprendido a modelar sistemas lineales y a diseñar controladores analógicos en el dominio temporal y frecuencial. En Ingeniería de Control los alumnos aprenden a analizar sistemas continuos muestreados en el tiempo y a diseñar algoritmos de control por computador, con técnicas basadas tanto en la representación externa como en la interna.

Por otro lado, en la ya citada Sistemas Automáticos los alumnos también 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. En este sentido, en la asignatura de Ingeniería de Control se estudian dos formalismos de modelado de sistemas de eventos discretos, los autómatas finitos deterministas y las redes de Petri, y se ven las ventajas de estas últimas con respecto al modelado y control de procesos concurrentes.

Al finalizar la asignatura el alumno es 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.

## 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

En esta asignatura se presentan conceptos y técnicas de control por computador de sistemas continuos 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 continuos y discretos, 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, Fundamentos de Electrotecnia, Fundamentos de Electrónica, Fundamentos de Informática, y 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.

# 2. Competencias y resultados de aprendizaje

## 2.1. Competencias

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

Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (C4).

Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma (C7).

Capacidad para aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería (C5).

Capacidad para adquirir los conocimientos de los principios de la regulación automática y su aplicación a la automatización industrial (C35).

## 2.2. Resultados de aprendizaje

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

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

Aplica técnicas de identificación de sistemas con el objeto de extraer modelos matemáticos adecuados para su uso en control.

Simula el comportamiento de sistemas dinámicos utilizando herramientas informáticas adecuadas para tal fin.

Diseña una jerarquía de control distribuido, resolviendo tanto las necesidades de comunicación entre los diferentes

elementos del control como la supervisión informatizada del conjunto.

### 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Los conocimientos que el alumno adquiere en Ingeniería de control le sumergen en los aspectos avanzados del control y automatización de sistemas y procesos. 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.

Actualmente ya se ha alcanzado un alto grado de automatización en una buena parte de los procesos industriales. El control de las operaciones es realizado, entre otros, mediante reguladores industriales, computadores industriales, autómatas programables, controladores específicos, robots, etc. La comprensión avanzada de los procesos y las técnicas para controlarlos de forma automática pueden aportar grandes mejoras a la industria. La automatización permite, por ejemplo, mejorar las condiciones de trabajo, sustituyendo a los operarios en tareas repetitivas o peligrosas o realizando labores de supervisión para evitar que estos cometan errores que comprometan su seguridad. Permite también mejorar la productividad y la competitividad, así como la calidad del producto final, contribuyendo de ese modo al desarrollo económico de los sectores implicados. Además, es también un factor clave en aspectos medioambientales, pues un correcto diseño de cualquier proceso automatizado siempre tendrá como objetivo la reducción del consumo energético.

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, así como 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 aumentando la calidad final del producto.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

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

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 (60%).** 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 (40%).** 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 las dos calificaciones CP y CT mayores o iguales que 4 puntos sobre 10. Sólo en ese caso, la calificación global de la asignatura será  $(0.40 \cdot CP + 0.60 \cdot CT)$ . 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.

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. 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.

Entre otros, se contará para el proceso de aprendizaje con los recursos didácticos siguientes:

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>.

## 4.2. Actividades de aprendizaje

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

### **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.

### **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.

### **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.

### **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.

### **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.

## 4.3. Programa

Los contenidos del curso son los siguientes:

- Tema 1: Introducción
- Tema 2: Control por computador de sistemas continuos
  - Introducción. Señales en tiempo discreto
  - Muestreo y reconstrucción
  - Transformada Z: definición, propiedades, tablas
  - Descripción de sistemas muestreados
  - Discretización de sistemas continuos
  - Análisis de sistemas muestreados
  - Diseño de reguladores
- Tema 3: Descripción interna de sistemas
  - Descripción interna de sistemas continuos
  - Descripción interna de sistemas muestreados
  - Operaciones básicas en el espacio de estados
  - Polos del sistema
  - Respuesta estacionaria
  - Controlabilidad y observabilidad
  - Control por realimentación del estado
- Tema 4: Sistemas de eventos discretos
  - Consideraciones previas y definición
  - Formalismos para representar los SED e interés en ingeniería
  - Autómatas de Estados Finitos Deterministas (AFD)
    - Modelos de Mealy y Moore. Transformaciones y minimización
    - Limitaciones de los AFD
  - Redes de Petri
    - Concepto, estructuras típicas y metodología de modelado
    - Algunas propiedades, técnicas de análisis e implementación

Se realizarán cinco prácticas de laboratorio relacionadas con los temas de clases de teoría.

#### **4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave**

##### **Calendario de sesiones 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>

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 magistrales.
- Aproximadamente cada dos semanas el estudiante realizará una práctica de laboratorio.
- Las actividades adicionales que se programen (trabajos, pruebas, seminarios, etc.) 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.

#### **4.5. Bibliografía y recursos recomendados**

La bibliografía de la asignatura se podrá consultar en este enlace:

[http://biblos.unizar.es/br/br\\_citas.php?codigo=30025&year=2019](http://biblos.unizar.es/br/br_citas.php?codigo=30025&year=2019)