



# Grado en Ingeniería Electrónica y Automática 29817 - Sistemas automáticos

Guía docente para el curso 2011 - 2012

Curso: 2, Semestre: 2, Créditos: 6.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Cristian Florentín Mahulea** cmahulea@unizar.es
- **Eduardo Gil Herrando** edugilh@unizar.es
- **Ramón Piedrafita Moreno** piedrafi@unizar.es
- **José Ramón Asensio Diago** jrasensi@unizar.es

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Por razones pedagógicas y de contenidos es recomendable haber cursado las materias **Matemáticas, Física**, así como las asignaturas de **Fundamentos de Electrotecnia, Electrotecnia y Señales y Sistemas**. El estudio previo de estas materias proporciona al alumno las herramientas básicas necesarias para desarrollar, analizar y simular sistemas de control industrial.

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 asesoría 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 <http://add.unizar.es/>.

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 <http://add.unizar.es/>.

- 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 las propiedades de la realimentación y las acciones básicas de control.
- 2:** Conoce y sabe aplicar las técnicas de diseño de control de sistemas continuos monovariantes, en el dominio temporal.
- 3:** Conoce y sabe aplicar las técnicas de diseño de control de sistemas continuos monovariantes, en el dominio frecuencial.
- 4:** Conoce y sabe seleccionar esquemas básicos de control.
- 5:** Sabe diseñar automatismos lógicos basados en autómatas de estados finitos y redes de Petri.
- 6:** Conoce y sabe aplicar las técnicas básicas de programación de automatismos en autómatas programables.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Sistemas Automáticos es una asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS, que equivalen a **150h totales de trabajo**, correspondientes a 60 horas presenciales (clases de teoría, problemas, laboratorio...) y 90 no presenciales (resolución de ejercicios, estudio...).

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.

Sistemas Automáticos es la disciplina que se ocupa del diseño, realización y utilización de los dispositivos de regulación y mando automático, aplicados al control de sistemas continuos y de sistemas de eventos discretos. Esta disciplina de la Ingeniería no tiene como fin el desarrollo de nuevas máquinas, sino la obtención de un comportamiento autónomo de estas.

El alumno mediante el uso de las herramientas matemáticas adecuadas será capaz de interpretar el comportamiento dinámico de los sistemas continuos, analizándolos tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia. Además, los modelos y herramientas de análisis empleados le permiten construir controladores para conseguir que, con distintos esquemas de control, fundamentalmente el de realimentación, se obtenga el comportamiento deseado en las variables controladas.

Adicionalmente comprende el comportamiento de los sistemas de eventos discretos, que tienen un alto impacto en el sector industrial. Se abordan los automatismos lógicos secuenciales y concurrentes y la programación de autómatas programables industriales, con los que se controlan dichos sistemas.

---

## 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 Sistemas Automáticos son los siguientes:

- Asimilar la estructura del bucle clásico de regulación.
- Comprender la función del regulador, de los accionadores y de los sensores.
- Describir la relación que existe entre las acciones proporcional, integral y derivada con la respuesta en régimen permanente y transitorio de un proceso.
- Comprender y asimilar la técnica de diseño de reguladores en el dominio del tiempo por el método de cancelación de polos y del lugar de las raíces.
- Comprender y asimilar las técnicas de diseño de reguladores en el dominio de la frecuencia.
- Asimilar y comprender las diferentes formas constructivas o arquitecturas de los autómatas programables.
- Iniciación a la programación de Autómatas
- Asimilar y comprender el proceso de modelado de Sistemas de Eventos discretos mediante redes de Petri.
- Adquirir capacidad de diseño de sistemas de control y regulación.
- Adquirir capacidad de utilización de autómatas programables en el control de procesos continuos.
- Adquirir capacidad de modelado y programación de sistemas de eventos discretos.

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

Sistemas automáticos es una asignatura de la rama de tecnologías industriales. En este contexto se presentan los conceptos básicos del control de sistemas.

Los alumnos han cursado en semestres anteriores asignaturas de **matemáticas, física, electrotecnia y Señales y Sistemas** necesarias para comprender los principios básicos utilizados en la asignatura. El alumno aprende en la asignatura a analizar y diseñar bucles de control clásico y otras estructuras de control. También se le introduce en el control por computador.

Al finalizar la asignatura el alumno es capaz de comprender la transcendencia del control de sistemas y su importancia en los procesos industriales desde el punto de vista técnico, económico y ambiental. Los conocimientos adquiridos sirven de base para asignaturas como **Ingeniería de Control y Automatización Industrial**.

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

- 1:** Aplicar los fundamentos de automatismos y métodos de control.
- 2:** Combinar los conocimientos básicos y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional.
- 3:** Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.

**4:** Aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería.

**5:** Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.

**6:** 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 alumno adquiere en Sistemas Automáticos le inicia en el control y automatización de gran cantidad de tareas de fabricación. Una gran parte de esas tareas o procesos se engloban dentro de dos grupos principales:

- El conocimiento sobre Sistemas continuos le permite abordar tareas como: Control de velocidad de motores, control de temperatura, control de par, control de caudal.
- El conocimiento sobre Sistemas de Eventos Discretos le permite abordar tareas como: Control de operaciones de fabricación, de ensamblaje, de mantenimiento, de almacenaje...

Actualmente en estos procesos se ha alcanzado a un alto grado de automatización. El control de las operaciones es realizado mediante reguladores industriales, computadores industriales, autómatas programables, robots...

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura dotan al alumno de capacidad de análisis de situaciones reales de control de accionamientos y 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 es 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 dicho trabajo en cada sesión, en base al estudio previo, desarrollo del trabajo, elaboración de memorias, resolución de cuestiones, etc.

**2:** En cada **convocatoria oficial**, la evaluación comprenderá dos partes:

1. **Prueba escrita individual** (80%). Calificada entre 0 y 10 puntos (CT).
2. **Evaluación del trabajo práctico** (20%). Calificada entre 0 y 10 puntos (CP), podrá superarse a lo largo del curso. 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, o que deseen subir nota.

Para la superación de la asignatura es condición imprescindible obtener una calificación CP mayor o igual que 4 puntos. 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, con creciente nivel de participación del estudiante.

- En las clases de teoría se expondrán las bases teóricas de los sistemas automáticos, ilustrándose con numerosos ejemplos.
- En las clases de problemas se desarrollarán problemas y casos tipo con la participación de los estudiantes.
- Se desarrollarán prácticas de laboratorio en grupos reducidos, donde el estudiante realizará la simulación, puesta en marcha y análisis de sistemas de automatización y control reales.
- Asimismo, para incentivar el trabajo continuo y autónomo del estudiante, se llevarán a cabo actividades de aprendizaje adicionales a realizar a lo largo del semestre.

### 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: **TRABAJO PRESENCIAL: 2.4 ECTS (60 horas)**

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

Sesiones expositivas de contenidos teóricos y prácticos. Se presentaran los conceptos y fundamentos de los sistemas automáticos, ilustrándolos con ejemplos reales. Se fomentará la participación del estudiante a través de preguntas y breves debates.

Los contenidos que se desarrollan son los siguientes:

**Tema 0** Presentación de la asignatura. Introducción histórica

**Tema 1** Control de Sistemas de eventos discretos

Introducción a los sistemas de Automatización Industrial. Autómatas Programables Industriales. Entradas/salidas digitales y Analógicas. Captadores y Accionadores. Programación de Sistemas de eventos discretos.

**Tema 2** Sistemas Realimentados

Propiedades de sistemas realimentados. Respuesta en régimen permanente. Precisión. Lugar de las raíces. Margen de fase y margen de ganancia. Relación entre respuesta temporal y frecuencial. Criterio de Nyquist caso simplificado.

**Tema 3** Control de Sistemas Continuos

Propiedades de sistemas realimentados. Respuesta en régimen permanente. Precisión. Acciones básicas de control. Diseño de controladores. Cancelación de polos y ceros. Lugar de las raíces. Diseño de controladores en el dominio de la frecuencia 5 horas

**Tema 4** Estructuras de control

Modificaciones control PID. Prealimentación. Servopropulsor. Control en cascada.

**Tema 5** Control Industrial

---

Reguladores PID industriales. Tecnología del Control PID. Control feedforward. Control de ratio.

Acción PWM. Acción Servo. Acción Calor Frío. Ajuste empírico.

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

Se desarrollarán problemas y casos con la participación de los estudiantes, coordinados en todo momento con los contenidos teóricos. Se fomenta que el estudiante trabaje previamente los problemas. Parte de estas horas podrán dedicarse a las **actividades de aprendizaje evaluables** que se especifiquen en cada curso.

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

El estudiante realizará la simulación, puesta en marcha y análisis de sistemas de automatización y control reales. Dispondrá de un guión de la práctica, compuesto de estudio previo y apartados de realización práctica en laboratorio. El estudio previo deberá realizarse previamente a la práctica. Cada práctica será calificada en el propio laboratorio.

Las prácticas a realizar serán:

- Introducción a la programación de Autómatas.
- Control de sistemas de eventos discretos. Control de estaciones de la célula de fabricación.
- Control de posición y velocidad de un accionamiento servomotor.
- Control de la maqueta de una minicentral
- Implementación de reguladores PID en Autómatas Programables.

2:

## TRABAJO NO PRESENCIAL: 3.6 ECTS (90 horas)

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

Estudio personal del estudiante de la parte teórica y realización de problemas. Se fomentará 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 en la asignatura, atención a ejercicios y trabajos...

### 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 informará de su horario de atención de tutoría.

El resto de actividades se planificará en función del número de alumnos y se dará a conocer con la suficiente antelación. Podrá consultarse en <http://add.unizar.es>

## 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:**

P. H. Lewis, C. Yang: Sistemas de control en ingeniería (Prentice-Hall)

B. Kuo: Sistemas de control automático (Prentice-Hall)

B. Kuo, F. Golnaraghi: Automatic Control Systems, 9th Edition (2009, Wiley)

Montano Gella, L., y Villarroel Salcedo, J. L.: Regulación automática : análisis y diseño en el dominio de la frecuencia, 1ª ed. Universidad de Zaragoza, Secretariado de Publicaciones, 1991

G. F. Franklin, J. D. Powell, M. L. Workman: Digital control of dynamic systems (Ellis-Kagle Press, 3rd Ed., 2006)

Ogata, Katsuhiko. Sistemas de control en tiempo discreto / Katsuhiko Ogata; 2a. ed., Prentice Hall, 1996

Ogata, Katsuhiko : Ingeniería de control moderna; traducción Sebastián Dormido Canto, Raquel Dormido Canto ; revisión técnica Sebastián Dormido Bencomo; 5ª ed. Pearson Educación, 2010

Piedrafita Moreno, Ramón. Control de sistemas industriales continuos / Ramón Piedrafita Moreno . Zaragoza : Kronos, 2002

Piedrafita Moreno, Ramón. Ingeniería de la Automatización Industrial. Editorial Ra-Ma. 2004

Silva, M. (1985). *Las Redes de Petri en la Automática y la Informática*. AC, Madrid, 1985

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

### Escuela de Ingeniería y Arquitectura

- 1. Lewis, Paul H.. Sistemas de control en ingeniería / Paul H. Lewis, Chang Yang . 1a ed. en español Madrid : Prentice Hall, cop. 1999
- 2. Kuo, Benjamin C.. Sistemas de control automático / Benjamin C. Kuo ; traducción, Guillermo Aranda Pérez ; revisor técnico, Francisco Rodríguez Ramírez . 1ª ed. en español México [etc.] : Prentice Hall Hispanoamericana, cop. 1996
- 3. Golnaraghi, Farid. Automatic control systems / Farid Golnaraghi, Benjamin C. Kuo . 9th ed. New York : John Wiley & Sons, cop. 2010
- 4. Montano Gella, Luis. Regulación automática : análisis y diseño en el dominio de la frecuencia / Luis Montano Gella, José Luis Villarroel Salcedo . [1a. ed.] Zaragoza : Universidad, Secretariado de Publicaciones, D.L.1991
- 5. Franklin, Gene F.. Digital Control of Dynamic Systems / Gene F. Franklin, J. David Powell, Michael L. Workman . - 2a. ed. Reading, Massachusetts [etc.] : Addison-Wesley Publishing, cop. 1990
- 6. Ogata, Katsuhiko. Sistemas de control en tiempo discreto / Katsuhiko Ogata ; traducción, José Guillermo Aranda Pérez...[et al.] . [1a. ed. en español] México [etc.] : Prentice Hall Hispanoamericana, cop. 1996
- 7. 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
- 8. Piedrafita Moreno, Ramón. Control de sistemas industriales continuos / Ramón Piedrafita Moreno . Zaragoza : Kronos, 2002
- 9. Piedrafita Moreno, Ramón. Ingeniería de la automatización industrial / Ramón Piedrafita Moreno . 2a ed. amp. y act. Madrid : Ra-Ma, D.L. 2003 [cop. 2004]
- Silva Suárez, Manuel. Las redes de Petri : en la automática y la informática / Manuel Silva . 1a ed. 1985, 1a reimpr. 2002 Madrid : Editorial AC, 2002

### Escuela Universitaria Politécnica

- Franklin, Gene F.. Digital Control of Dynamic Systems / Gene F. Franklin, J. David Powell, Michael L. Workman . - 2a. ed. Reading, Massachusetts [etc.] : Addison-Wesley Publishing, cop. 1990
- Golnaraghi, Farid. Automatic control systems / Farid Golnaraghi, Benjamin C. Kuo . - 9th ed. New York : John Wiley & Sons, cop. 2010
- Kuo, Benjamin C.. Sistemas de control automático / Benjamin C. Kuo ; traducción, Guillermo Aranda Pérez ; revisor técnico, Francisco Rodríguez Ramírez . - 1ª ed. en español México [etc.] : Prentice Hall Hispanoamericana, cop. 1996
- Lewis, Paul H.. Sistemas de control en ingeniería / Paul H. Lewis, Chang Yang . - 1a ed. en español Madrid : Prentice Hall, cop. 1999
- Montano Gella, Luis. Regulación automática : análisis y diseño en el dominio de la frecuencia / Luis Montano Gella, José Luis Villarroel Salcedo . - [1a. ed.] Zaragoza : Universidad, Secretariado de Publicaciones, D.L.1991
- Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna / Katsuhiko Ogata ; traducción Miguel Ángel Martínez Sarmiento ; Rev. técnica Francisco José Rodríguez Ramírez . - 3a ed. México[etc.] : Prentice-Hall Hispanoamericana, cop.1998
- 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

- Piedrafita Moreno, Ramón. Control de sistemas industriales continuos / Ramón Piedrafita Moreno Zaragoza : Kronos, 2002
- Piedrafita Moreno, Ramón. Ingeniería de la automatización industrial / Ramón Piedrafita Moreno . - 2a ed. amp. y act. Madrid : Ra-Ma, D.L. 2003 [cop. 2004]
- Silva Suárez, Manuel. Las redes de Petri : en la automática y la informática / Manuel Silva . - 1a ed. 1985, 1a reimp. 2002 Madrid : Editorial AC, 2002