

## Guía docente

### 820321 - CSEEN - Control de Sistemas Energéticos

Última modificación: 04/06/2026

**Unidad responsable:** Escuela de Ingeniería de Barcelona Este  
**Unidad que imparte:** 707 - ESAII - Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial.  
710 - EEL - Departamento de Ingeniería Electrónica.

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2009). (Asignatura obligatoria).

**Curso:** 2026      **Créditos ECTS:** 6.0      **Idiomas:** Catalán, Castellano

#### PROFESORADO

**Profesorado responsable:** ARIEL MEDERO BORRELL - SERGIO GIRALDO MUÑOZ - ROBERT PIQUÉ LOPEZ - ABEL TORRES CEBRIAN

**Otros:** Primer quadrimestre:  
ROBERT PIQUÉ LOPEZ - Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13, Grup: T14  
FRANCESC XAVIER ROSET JUAN - Grup: T11, Grup: T12  
ABEL TORRES CEBRIAN - Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13, Grup: T14

Segon quadrimestre:  
SERGIO GIRALDO MUÑOZ - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M16  
ARIEL MEDERO BORRELL - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M16

#### CAPACIDADES PREVIAS

Sistemas Electrónicos, Sistemas Eléctricos, Sistemas Mecánicos, Cálculo Numérico y Ecuaciones Diferenciales, Control Industrial y Automatización, Introducción a la Conversión Estática de Energía Eléctrica.

#### REQUISITOS

CONTROL INDUSTRIAL I AUTOMATITZACIÓ - Prerequisit  
SISTEMES ELECTRÒNICS - Prerequisit

#### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

##### Específicas:

CEENE-17. Realizar métodos de ensayo, interpretación de curvas características y métodos de regulación.  
CEENE-02. Realizar proyectos energéticos en la industria.  
CEENE-43. Conocer los criterios de selección de componentes del sistema de control.  
CEENE-44. Conocimiento de los sistemas SCADA.

##### Transversales:

1. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 3: Aplicar los conocimientos alcanzados en la realización de una tarea en función de la pertinencia y la importancia, decidiendo la manera de llevarla a cabo y el tiempo que es necesario dedicarle y seleccionando las fuentes de información más adecuadas.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura, de 6 ECTS, utiliza el aprendizaje presencial en el aula y en el laboratorio (40% del tiempo total de la asignatura) y fuera del aula y laboratorio el aprendizaje autónomo guiado, individual o en grupo (60% del tiempo total).

En el aula la metodología expositiva se utiliza durante un 60% del tiempo, y el trabajo individual o por pares de iguales en un 40%. Las prácticas están basadas en el trabajo de grupos colaborativos.

Fuera del aula/laboratorio se utiliza una aproximación metodológica al aprendizaje basado en proyectos (PBL).

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al finalizar la asignatura el estudiante será capaz de:

1. Adquirir competencias básicas en el análisis y diseño de sistemas de control automático.
2. Aprender a identificar los diferentes bloques que forman parte de un sistema de control, determinar su estructura, y su regulación.
3. Conocer la tecnología electrónica actual para implementar los sistemas de adquisición de datos y control dentro del ámbito de la Ingeniería Industrial, especialmente de la energía y eléctrica.
4. Conocer y explicar el concepto de sistema energético concretando el caso de energía eléctrica.
5. Describir el sistema microrred inteligente y sus posibles aplicaciones.
6. Conocer las diversas aproximaciones a la modelización de los sistemas energéticos.
7. Comprender las posibilidades del control de sistemas energéticos y el planteamiento básico de un sistema de gestión de energía eléctrica.
8. Trabajar en equipo.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

| Tipo                       | Horas | Porcentaje |
|----------------------------|-------|------------|
| Horas aprendizaje autónomo | 90,0  | 60.00      |
| Horas grupo grande         | 45,0  | 30.00      |
| Horas grupo pequeño        | 15,0  | 10.00      |

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### 1. Introducción a los sistemas de control .

#### Descripción:

Definició de diferents tipus de sistemes. Classificació dels sistemes. Definició de sistemes dinàmics. Sistemes en anell obert i anell tancat. Propietats dels sistemes.

#### Actividades vinculadas:

Sessions presencials, exemples de sistemes.

#### Dedicación: 4h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

## 2. Models matemàtics de sistemes.

### Descripció:

Linealització dels sistemes físics. Funció de transferència de sistemes lineals. Modelització de sistemes energètics, mecànics, elèctrics, hidràulics, tèrmics. Simulació de sistemes.

### Objetivos específicos:

- Aplicar les lleis físiques per a obtenir un model matemàtic d'un sistema.
- Expressar aquest model en la forma de funció de transferència o de espai d'estat.
- Convertir el model d'un sistema donat com una funció de transferència a un model de variable d'estat, i viceversa.

### Actividades vinculadas:

Sessions presencials, exemples de models matemàtics dels sistemes físics.  
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

### Dedicación: 12h 30m

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 8h

## 3. Anàlisi temporal de sistemes lineals.

### Descripció:

Anàlisi temporal de sistemes lineals. Obtenció de respostes dels sistemes de primer i segon ordre. Error en estat estacionari i tipus de sistema de control. Sistemes amb mes d'una entrada: perturbacions. Estabilitat: criteri d'estabilitat de Routh

### Objetivos específicos:

- Analitzar d'una forma sistemàtica la resposta de sistemes de primer i segon ordre.
- Classificar les respostes d'aquests sistemes en funció d'especificacions prèviament definides.
- Analitzar la resposta transitòria.
- Calcular l'error en estat estacionari en un sistema de control.
- Resoldre l'equació d'estat d'un sistema dinàmic.
- Definir índexs d'error per a poder expressar de forma quantitativa les prestacions d'un sistema.

### Actividades vinculadas:

Sessions presencials, exemples dels presentats.  
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

### Dedicación: 21h

Grupo grande/Teoría: 7h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 12h

#### 4. Anàlisi freqüencial de sistemes lineals.

**Descripció:**

Anàlisi freqüencial de sistemes lineals. Representació de la resposta freqüencial. Diagrames de Bode. Estabilitat: criteri d'estabilitat de Nyquist. Marge de guany i fase.

**Objetivos específicos:**

- Utilitzar els mètodes de resposta freqüencial per a poder aplicar el criteri general de estabilitat: diagrames de Bode i diagrames polars
- Comprendre el significat i determinar especificacions en el domini de la freqüència: freqüència de ressonància, ample de banda. Marges de guany i de fase.
- Determinar la estabilitat de sistemes amb retards purs.

**Actividades vinculadas:**

Sessions presencials, exemples.  
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

**Dedicación:** 20h 30m

Grupo grande/Teoría: 6h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 12h

#### 5. Disseny de Reguladors.

**Descripció:**

Compensació. Accions bàsiques de control tipus P, I, PI, PD, PID. Reguladors no lineals. Tècnica de compensació per avançament / retard de fase. Discretització de controladors

**Objetivos específicos:**

- Definir les accions bàsiques de control, P, I i D, així com les accions de control combinades.
- Identificar quines són les accions de control més apropiades per a un tipus de procés en particular.
- Saber sintonitzar un regulador PID per a un procés donat, per mètodes empírics i analítics.
- Aplicar les tècniques de compensació mitjançant mètodes freqüencials per avanç i retard de fase. Conèixer les avantatges, inconvenients i limitacions d'aquests mètodes de compensació.
- Disseny de controladors digitals: blocs bàsics en els sistemes discrets, discretització de controladors continus

**Actividades vinculadas:**

Sessions presencials, exemples.  
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

**Dedicación:** 17h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

## 6. Sistemas energéticos.

### Descripción:

Definició de "Sistema energètic". El sistema energètic com enllaç i adequació entre generació i consum. Importància de l'energia elèctrica. Generació distribuïda. Concepte de microxarxa. Escalabilitat. Capes o nivells dels sistemes energètics. Contextualització dels sistemes energètics: marc físic i marc conceptual o lògic. Parts operativa i de control dels elements i subsistemes d'un sistema energètic. Sistemes de Gestió d'Energia. Concepte de diagrama d'estats.

### Actividades vinculadas:

Sessions presencials, exemples.

Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Treball en equip.

### Dedicación: 4h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

## 7. Micro-redes.

### Descripción:

Energia. Les transicions de la Unió Europea (H2040). La cadena d'energia elèctrica. El perquè dels Sistemes energètics descentralitzats. Generació, distribució, processament i alimentació. Concepte de microxarxa. Aproximació estructural. Aproximació funcional. Blocs de les microxarxes. Fluxos de potència (energia). Sistema de Gestió d'Energia.

Exemple: Microxarxa híbrida MEDSOLAR.

### Actividades vinculadas:

Sessions presencials, exemples.

Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Treball en equip.

### Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 5h

## 8. Modelización de sistemas energéticos por componentes y bloques.

### Descripción:

Visió horitzontal: Modelització causal i acausal. Grafs informacionals de causalitat (GIC). Control per inversió. Representació energètica macroscòpica (REM). Estructura maximal de control. Modelització i simulació multifísica acausal orientada a objectes. Modelica. (Annex) Altres mètodes: Bond graph, Power-oriented graphs, Energetic puzzles.

Visió vertical: Representació Energètica Macroscòpica (REM) i Control Basat en Inversió (CBI). Exemples d'aplicació.

### Actividades vinculadas:

Sessions presencials, exemples.

Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Treball en equip.

### Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 11h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 10h

## 9. Modelización de sistemas energéticos y su control por eventos. Redes de Petri.

### Descripción:

Xarxes de Petri discretes i marcades de transicions instantànies. Definició formal. Places, arcs i transicions. Propietats. Tipus. Equació d'estat. Xarxes de Petri temporitzades. Arcs d'inhibició. Xarxes de Petri contínues. Xarxes de Petri híbrides. Xarxes jeràrquiques. Xarxes interconnectades. Extensions de les xarxes de Petri. Programaris per treballar amb xarxes de Petri.

### Actividades vinculadas:

Sessions presencials, exemples.

Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Treball en equip.

### Dedicación: 5h

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 30m

Aprendizaje autónomo: 3h

## 10. Control de sistemas energéticos basados en micro-red.

### Descripción:

Microxarxes i Sistemes de Gestió d'Energia (EMS, Energy Management System). Visió estructural i Funcional. Capes o nivells físics i lògics. Introducció al disseny sistemàtic de Sistemes de Gestió d'Energia.

Microxarxes de corrent altern. Estructures. Sistema de Gestió de la Microxarxa (MGMS, Micro-Grid Management System). Control jeràrquic.

Microxarxes de corrent continu. Estructures. Microxarxes incrustades. Control en temps real de microxarxes de CC.

Exemples d'estudi. Propostes de solució. Discussió sobre les mateixes.

### Actividades vinculadas:

Sessions presencials, exemples.

Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Treball en equip.

Xerrada sobre el TFG d'un exestudiant

### Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 2h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 3h 30m

## Proyecto en grupo

### Descripción:

Treball específic en grups reduïts, emmarcat en el context de Control de Sistemes Energètics.

### Dedicación: 23h

Grupo pequeño/Laboratorio: 21h

Actividades dirigidas: 2h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

---

Cualquier acto de fraude académico, plagio o uso o mera tenencia al alcance de medios no autorizados en cualquier actividad de evaluación comportará la calificación de cero (0) en la prueba o entrega afectada. Además, de acuerdo con la normativa de la Universidad, la posible derivación de los hechos para la apertura de un expediente disciplinario implicará que la asignatura quede en el estado provisional de "pendiente de evaluación" hasta la resolución del expediente. La gestión de estas incidencias se lleva a cabo de acuerdo con el **Marco de actuación para la integridad académica en la evaluación de la UPC**.

La evaluación se llevará a cabo mediante 6 pruebas programadas de diferente naturaleza, que evaluarán el temario completo, incluyendo la teoría (tres pruebas escritas), el trabajo en grupos (apartado 11 del temario), y las prácticas, tanto de la primera parte (Regulación) como de la segunda (Sistemas Energéticos):

Evaluación de la primera parte: Una prueba escrita escrita, ET1, de peso 25% Evaluación de las prácticas de la primera parte (EP1) con un peso del 12,5%. Ejercicios entregables (LE) con un peso del 12,5%.

Evaluación de la segunda parte: Una prueba escrita, ET2, de peso 20%; El Entregable de Teoría, LT, de peso 17,5%, y la evaluación de las prácticas, EP2, de peso 12,5%.

Las pruebas escritas ET (Examen de Teoría) se realizan individualmente, y las evalúa directamente el profesor.

La evaluación del trabajo en grupo se realizará directamente por parte del profesor. Su calificación se dará por el 75% de la calificación del trabajo escrito y el 25% de la calificación de la exposición en el aula del trabajo realizado. Si por causa justificada no se realizan las presentaciones, el 100% de la calificación del LT se corresponderá con la calificación del trabajo escrito.

Las prácticas se evalúan de acuerdo con los criterios de preparación, realización y, en su caso, presentación de un informe de prácticas.

La realización de las prácticas (trabajo en el laboratorio, realización de informes y, en su caso, preparaciones previas de las prácticas) es condición necesaria para superar la asignatura. Si no se realizan las prácticas la calificación de la asignatura será, como máximo, de Suspenso 3,5.

Además de las pruebas programadas indicadas anteriormente se pueden realizar, dentro del horario de clase y sin aviso previo, pruebas complementarias no programadas, como aspectos de evaluación formativa (teoría, ejercicios), resolución de problemas, etc., las cuales pueden modular al alza las calificaciones de las pruebas inicialmente programadas.

Por el número de pruebas de evaluación de la asignatura, y sus pesos, y de acuerdo con la Normativa de evaluación y permanencia de los estudios de grado y máster de la EEBE, esta asignatura se considera de marcada metodología de evaluación continuada y, por lo tanto, está exenta de reevaluación.

No hay una última prueba en el sentido clásico de examen final.

Si la calificación obtenida es igual o superior a 5,0 se alcanza el apto de la asignatura. En caso contrario se debe volver a cursar la asignatura en su totalidad, a menos que la misma no pueda compensarse.

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

---

Las acciones irregulares que pueden conducir a una variación significativa de la calificación de uno o más estudiantes constituyen una realización fraudulenta de un acto de evaluación. Esta acción conlleva la calificación descriptiva de suspenso y numérica de 0 del acto de evaluación y de la asignatura, sin perjuicio del proceso disciplinario que se pueda derivar como consecuencia de los actos realizados. (Normativa Académica de los Estudios de Grado y Máster de la UPC. Apartado 3.1.2.)

De acuerdo con el apartado 3.1.3 de la Normativa Académica de los Estudios de Grado y Máster de la UPC, la realización de las prácticas de laboratorio es obligatoria para optar al apto de la asignatura.

Por normativa, se debe disponer de un identificador personal válido (DNI, pasaporte o carnet de estudiante).

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna [en línea]. 5ª edición. Madrid [etc.]: Pearson Educación, S.A, 2010 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: [https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC\\_UPC/11q3oqt/alma991001521449706711](https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/11q3oqt/alma991001521449706711). ISBN 9788483229552.
- Otter, Martin. Modeling, simulation and control with Modelica 3.0 and Dymola 7 [en línea]. 2009 [Consulta: 20/05/2020]. Disponible a: <https://manualzz.com/doc/6681346/modeling--simulation-and-control-with-modelica-3.0-and-dy>.
- Dorf, Richard C.; Bishop, Robert H.. Sistemas de control moderno. 10a ed. Madrid [etc.]: Prentice Hall, cop, 2005. ISBN 8420544019.
- Phillips, Charles L.; Nagle, H. Troy. Sistemas de control digital : análisis y diseño. 2a ed. Barcelona [etc.]: Gustavo Gili, 1993. ISBN 8425213355.
- Alciatore, David G.; Hstand, Michael B. Introducción a la mecatrónica y los sistemas de medición. 3a ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2007. ISBN 9701063856.

### Complementaria:

- Kuo, Benjamin C. Sistemas automáticos de control. 9ª ed. México: Compañía Editorial Continental, 1991. ISBN 9682611393.
- Åström, Karl J.; Wittenmark, Björn. Sistemas controlados por computador. Madrid: Paraninfo, 1988. ISBN 8428315930.
- Kilian, Christopher T. Modern control technology : components and systems. Clifton Park: Delmar/Thomson Learning, 2006. ISBN 1401858066.
- Kals, Johannes. ISO 500001 : energy management systems. New York: Business Expert Press, 2015. ISBN 9781631570094.
- Rekioua, Djamil; Matagne, Ernest. Optimization of photovoltaic power systems : modelization, simulation and control [en línea]. London: Springer, 2012 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: [https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC\\_UPC/19srfpi/cdi\\_springer\\_books\\_10\\_1007\\_978\\_1\\_4471\\_2403\\_0](https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/19srfpi/cdi_springer_books_10_1007_978_1_4471_2403_0). ISBN 9781447123484.
- Strzelecki, Ryszard; Benysek, Grzegorz, editors. Power electronics in smart electrical energy networks [en línea]. London: Springer, 2008 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: [https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC\\_UPC/19srfpi/cdi\\_askewsholts\\_vlebooks\\_9781848003187](https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/19srfpi/cdi_askewsholts_vlebooks_9781848003187). ISBN 9781848003187.
- Keyhani, Ali; Narwali, Mohammad; Dai, Min. Integration of green and renewable energy in electric power systems. Hoboken, NJ: Wiley, 2010. ISBN 9780470187760.
- Mihet-Popa, Lucian (editor). Energy management of distributed generation systems. Rijeka: InTech, 2016. ISBN 9789535124733.