



Universidad  
de Alcalá

# GUÍA DOCENTE

## Electrónica de Potencia para aplicaciones de tracción

**Máster Universitario en Ingeniería Electrónica**

**Universidad de Alcalá**

---

**Curso Académico 2019/2020**

**Cuatrimestre 1º**

## GUÍA DOCENTE

Nombre de la asignatura:	<b>Electrónica de Potencia para aplicaciones de tracción</b>
Código:	<b>202579</b>
Titulación en la que se imparte:	<b>Máster Universitario en Ingeniería Electrónica</b>
Departamento y Área de Conocimiento:	<b>Departamento:</b> Electrónica <b>Áreas:</b> Tecnología Electrónica
Carácter:	<b>Optativo</b>
Créditos ECTS:	<b>4,5</b>
Curso y cuatrimestre:	<b>Cuatrimestre 2º</b>
Profesorado	<b>Consultar página web del Dpto de Electrónica</b>
Horario de Tutoría:	<b>Consultar página web del Dpto de Electrónica</b>
Idioma en el que se imparte:	<b>Español</b>

### 1a. PRESENTACIÓN

Esta asignatura optativa está ubicada en el módulo “Sistemas Electrónicos de Potencia y Gestión de Energía”.

La asignatura está orientada a proporcionar una formación teórico-práctica sobre los sistemas de Electrónica de Potencia y el control de los mismos dentro de las aplicaciones actuales más relevante de tracción eléctrica.

Para ello, se realiza un exhaustivo estudio sobre máquinas eléctricas y el control de las mismas. Se revisará conceptos básicos sobre baterías. Y después se plantearán diferentes topologías de convertidores electrónicos de potencia empleados en sistemas de tracción eléctrico, así como en sistemas de recarga eléctrica rápida. Por último, se revisarán diferentes aplicaciones, centrándose en los vehículos híbridos y completamente eléctricos y la tracción ferroviaria.

### 1b. COURSE SUMMARY

This optional subject is located in the module "Electronic Power Systems and Energy Management".

The course is aimed at providing theoretical and practical training on Power Electronics systems and their control within the most relevant current applications of electric traction.

For this, an exhaustive study on electrical drives is carried out. Basic concepts about batteries will be reviewed. And then, different topologies of electronic power converters used in electric traction systems will be considered, as well as fast electric recharging systems. Finally, different applications of electrical powertrain will be reviewed, focusing on hybrid and all-electric vehicles and railway traction.

## 2. COMPETENCIAS y RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Esta asignatura contribuye a adquirir las competencias Básicas, Generales y Específicas que se detallan a continuación:

<b>Competencias básicas</b>	
CB6	Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
CB7	Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
CB8	Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
CB9	Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones –y los conocimientos y razones últimas que las sustentan– a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
CB10	Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

<b>Competencias generales</b>	
CG1	Elaborar documentación concisa, clara y razonada, especificando los trabajos a realizar para el desarrollo, integración y aplicación de sistemas electrónicos complejos y de alto valor añadido
CG2	Concebir, diseñar, poner en práctica y mantener un sistema electrónico en una aplicación específica.
CG3	Adquirir capacidades para la comprensión de nuevas tecnologías de uso en sistemas electrónicos y su adecuada utilización e integración para la resolución de nuevos problemas o aplicaciones.
CG4	Adquirir capacidades de trabajo en equipo integrando enfoques multidisciplinares.
CG5	Adquirir capacidades de comunicación pública de los conceptos, desarrollos y resultados, relacionados con actividades en Ingeniería Electrónica, adaptada al perfil de la audiencia.

CG6	Adoptar el método científico como herramienta de trabajo fundamental a aplicar tanto en el campo profesional como en el de investigación.
-----	---

<b>Competencias específicas</b>	
CE1	Capacidad de diseñar sistemas electrónicos tanto a nivel conceptual, partiendo de unas especificaciones concretas, como a nivel sistema, utilizando herramientas de modelado y simulación, como a nivel subsistema utilizando entre otros lenguajes de descripción hardware.
CE2	Conocer las capacidades de nuevos componentes electrónicos analógicos, fotónicos y de potencia para mejorar las prestaciones de sistemas o aplicaciones actuales.
CE3	Capacidad para manejar herramientas, técnicas y metodologías avanzadas de diseño de sistemas o subsistemas electrónicos y fotónicos.
CE4	Capacidad para diseñar un dispositivo, sistema o aplicación que cumpla unas especificaciones dadas, empleando un enfoque sistémico y multidisciplinar e integrando los módulos y herramientas avanzadas que son propias del campo de la Ingeniería Electrónica.
CE5	Capacidad de diseñar, implementar y gestionar un conjunto de pruebas y medidas experimentales para evaluar el funcionamiento de un sistema electrónico, microelectrónico y fotónico.
CE6	Capacidad de participar en un equipo de trabajo técnico multidisciplinar en el ámbito de Ingeniería Electrónica, con capacidad de reaccionar a las dificultades técnicas y operativas en el marco de desarrollo de un proyecto tecnológico.
CE7	Capacidad para verificar experimentalmente en el laboratorio el cumplimiento de las especificaciones requeridas a un nuevo sistema electrónico y fotónico tras su diseño
CE8	Capacidad de resolver problemas prácticos derivados de la interacción de elementos dentro de un sistema electrónico y con agentes externos, con efectos tales como las interferencias de señal, compatibilidad electromagnética o la gestión térmica, en las fases de diseño, prefabricación y en situaciones de rediseño
CE9	Capacidad de identificar los factores de mérito y las técnicas de comparación eficaces para obtener las mejores soluciones a retos científicos y tecnológicos en el ámbito de la Ingeniería Electrónica y sus aplicaciones.
CE10	Capacidad de aplicar las técnicas de optimización para el desarrollo de circuitos y subsistemas electrónicos
CE11	Capacidad de realizar búsquedas de información eficaces así como de identificar el estado de la técnica de un problema tecnológico en el ámbito de los sistemas electrónicos y fotónicos, así como su posible aplicación al desarrollo de nuevos sistemas
CE12	Conocer el estado de la técnica actual y las tendencias futuras en algunos de los siguientes ámbitos: electrónica de potencia, electrónica de control, microelectrónica y fotónica.
CE13	Capacidad de identificar desde un punto de vista conceptual, pero también práctico, cuáles son los principales retos científicos y tecnológicos en diferentes aplicaciones de los sistemas electrónicos, así como en su integración y uso.
CE14	Planificar el desarrollo de un producto electrónico, desde la fase de diseño hasta su preparación para la comercialización, cumpliendo la normativa vigente aplicable a

	sistemas electrónicos en materia de seguridad eléctrica, compatibilidad electromagnética y medioambiente.
--	---

Por otro lado, los resultados de aprendizaje esperados con esta asignatura son los siguientes:

RAP1. Afianzar aspectos avanzados, teóricos y prácticos, de electrical drives.

RAP2. Profundizar en el conocimiento de los sistemas electrónicos de potencia y el control de los mismos empleados en sistemas de tracción eléctrica.

RAP3. Analizar todos los aspectos relacionados con la recarga rápida de vehículos eléctricos.

### 3. CONTENIDOS

La asignatura incluye los siguientes contenidos:

#### Breve descripción de sus contenidos

Bloques de contenido (se pueden especificar los temas si se considera necesario)	Total horas
<b>Bloque 1. Introducción a los sistemas de tracción eléctrica</b>	• <b>3 horas</b>
Tema 1: Introducción a la electro-movilidad, dinámica de vehículos y conceptos básicos sobre máquinas eléctricas. (3horas)	
<b>Bloque 2. Máquinas eléctricas y su control</b>	• <b>15 horas</b>
Tema 2: Máquinas brushless, asíncronas y síncronas. Operación en régimen permanente y modelos dinámicos (6horas)	
Tema 3: Control de máquinas eléctricas (6 horas)	
Tema 4: Electrónica de Potencia para interface con máquinas eléctricas y su control (3horas)	
<b>Bloque 3. Cargadores rápidos de vehículos eléctricos con funcionalidad V2G</b>	• <b>12 horas</b>
Tema 5: Revisión de baterías eléctricas. (2 horas)	

Tema 6: Estado del arte de la recarga de vehículos eléctricos y revisión de las necesidades futuras (3horas)	
Tema 7: Convertidores de electrónica de Potencia empleada como interface de baterías eléctricas. (3horas)	
Tema 8: Introducción a la recarga rápida. (4horas)	
<b>Bloque 4. Aplicaciones</b>	
Tema 9: Vehículos eléctricos (6horas)	
Tema 10: Tracción ferroviaria (6horas)	• <b>15 horas</b>
Tema 11: Otras aplicaciones de sistemas de transporte más eléctricos. (3horas)	
	<b>45 horas</b>

## 4. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.-ACTIVIDADES FORMATIVAS

### 4.1. Distribución de créditos (especificar en horas)

Número de horas presenciales:	45 h
Número de horas del trabajo propio del estudiante:	67 h
<b>Total horas</b>	<b>112 h</b>

### 4.2. Estrategias metodológicas, materiales y recursos didácticos

En el proceso de enseñanza-aprendizaje se realizarán las siguientes actividades formativas:

- Clases teóricas y resolución de ejemplos.
- Clases prácticas: laboratorio y resolución de ejercicios y problemas.
- Tutorías: individuales y/o grupales.

Además se podrán utilizar, entre otros, los siguientes recursos complementarios:

- Trabajos individuales o en grupo: conllevando además de su realización, la correspondiente exposición pública ante el resto de compañeros para propiciar el debate.
- Asistencia a conferencias, reuniones o discusiones científicas relacionadas con la materia.

A lo largo del curso al alumno se le irán proponiendo actividades y tareas para que pueda experimentar y afianzar los conceptos adquiridos.

Para la realización de las prácticas, el alumno dispondrá en el laboratorio de un puesto con un ordenador y los elementos necesarios para la experimentación de técnicas de diseño de sistemas electrónicos de control.

Durante todo el proceso de aprendizaje de la asignatura, el alumno deberá hacer uso de distintas fuentes y recursos bibliográficos o electrónicos, de manera que se familiarice con los entornos de documentación que utilizará en el ámbito de investigación o profesional.

## **5. EVALUACIÓN: Procedimientos, criterios de evaluación y de calificación**

Preferentemente se ofrecerá a los alumnos un sistema de evaluación continua que tenga características de evaluación formativa, de manera que sirva de realimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte del alumno. Para ello se establecen los siguientes:

### **5.1 Procedimientos de Evaluación**

El proceso de evaluación propuesto está inspirado en la evaluación continua, si bien, respetando la normativa de la Universidad de Alcalá, el alumno podrá acogerse a la evaluación final<sup>1</sup>.

### **5.2. Criterios de Evaluación**

Los Criterios de Evaluación deben atender al grado de adquisición de las competencias por parte del estudiante. Para ello se definen los siguientes.

---

<sup>1</sup> Los alumnos tendrán un plazo de 15 días para solicitar por escrito al Director de la EPS su intención de acogerse al modelo de evaluación final aduciendo las razones que estimen convenientes según lo indicado en la normativa reguladora de los procesos de evaluación de los aprendizajes (aprobada en Consejo de Gobierno de 5 de mayo de 2016).

- CE1: Que el alumno sea capaz de resolver correctamente problemas relacionados con el diseño de sistemas electrónicos de control.
- CE2: El alumno integra los conocimientos explicados en los distintos temas de teoría para poder resolver de manera creativa y original los problemas que se le planteen.
- CE3: Que el alumno implemente en la práctica sistemas electrónicos de control que den solución a los problemas planteados integrando los conocimientos adquiridos, haciendo uso de los recursos bibliográficos y herramientas informáticas a su alcance.
- CE4: El alumno es capaz de generar documentación correctamente redactada, clara y precisa sobre el trabajo realizado en el laboratorio.
- CE5: El alumno expone y defiende de manera clara y razonada sus propuestas para la resolución de los problemas planteados.

### 5.3. Instrumentos de calificación

Instrumentos de evaluación que serán aplicados:

1. Test de conocimientos básicos que constará de una serie de preguntas de respuesta múltiple abordando los aspectos teóricos básicos de los temas impartidos.
2. Cuestiones relativas al diseño de sistemas de control electrónico en forma de problemas prácticos.
3. Prácticas de laboratorio. Consiste en el diseño, simulación e implementación de aplicaciones prácticas de sistemas de control. Se presentará una memoria del trabajo realizado y se defenderá individualmente.

El sistema de evaluación de las competencias adquiridas incluye las siguientes componentes:

Evaluación de la parte teórica (PT)	50%
Prueba escrita de respuesta abierta (cuestiones)	30%
Prueba objetiva (tipo test)	20%
Evaluación de parte práctica en laboratorio (PP)	50%

La calificación global de la asignatura será la nota ponderada con los porcentajes indicados siempre que en cada conjunto de pruebas evaluado (teoría y práctica) se haya alcanzado al menos el 40% de la nota máxima.



## 5.4. Criterios de calificación

### 5.4.1. Modelo de Evaluación Continua:

- a) **Convocatoria Ordinaria.** Los estudiantes serán evaluados de forma continuada mediante pruebas distribuidas a lo largo del periodo lectivo. Los porcentajes de peso de tales pruebas sobre la calificación final así como la relación entre los criterios y instrumentos de evaluación de la asignatura es el siguiente:

Resultados de aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de calificación	Peso en la calificación
RAP1, RAP2, RAP3	CE1, CE2, CE5	PT	50%
	CE3, CE4, CE5	PP	50%

Se considerará que un alumno ha participado en el proceso enseñanza-aprendizaje y por tanto **se ha presentado en la convocatoria ordinaria** si se presenta a alguna de las pruebas programadas de la parte teórica (PT) o de la parte práctica (PP).

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** si logran una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre todos los instrumentos de calificación, habiendo obtenido una nota mínima en cada una de las partes (PT y PL) de al menos el 40% de la nota máxima.

- b) **Convocatoria Extraordinaria.** Aquellos alumnos que no superen la convocatoria ordinaria tendrán derecho a una convocatoria extraordinaria. La parte teórica se evaluará mediante ejercicio con test y cuestiones, y la parte práctica mediante un examen práctico de laboratorio. Los porcentajes de peso de tales pruebas sobre la calificación final así como la relación entre los criterios, instrumentos de evaluación y los resultados de aprendizaje de la asignatura es el siguiente:

Resultados de aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de calificación	Peso en la calificación
RAP1, RAP2, RAP3	CE1, CE2, CE5	PT	50%
	CE3, CE4, CE5	PP	50%

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** si logran una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre todos los instrumentos de calificación, habiendo obtenido una nota mínima en cada una de las partes (PT y PL) de al menos el 40% de la nota máxima.

## 5.4.2. Modelo de Evaluación Final:

### Convocatoria Ordinaria y Extraordinaria.

Aquellos alumnos que opten por el modelo de evaluación final, tanto en la convocatoria ordinaria como extraordinaria, deberán superar: la parte teórica mediante un ejercicio con test y cuestiones, y la parte práctica mediante un examen práctico de laboratorio. Los porcentajes de peso de tales pruebas sobre la calificación final así como la relación entre los criterios, instrumentos de evaluación y los resultados de aprendizaje de la asignatura es el siguiente:

Resultados de aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de calificación	Peso en la calificación
RAP1, RAP2, RAP3	CE1, CE2, CE5	PT	50%
	CE3, CE4, CE5	PP	50%

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** si logran una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre todos los instrumentos de calificación, habiendo obtenido una nota mínima en cada una de las partes (PT y PL) de al menos el 40% de la nota máxima.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 Bibliografía Básica

- Documentación elaborada por los profesores de la asignatura,
- Manuales de equipos, instrumentación y herramientas software utilizadas en laboratorio de Electrónica de Potencia.
- “Analysis of Electric Machinery and Drive Systems”. 3ª Edición. Autores: Paul Krause, Oleg Wasynczuk, Scott Sudhoff, Steven Pekarek. Editorial: IEEE Press Wiley.
- “Electric Powertrain. Energy Systems, Power Electronics and Drives for Hybrid, Electric and Fuel Cell Vehicles”. Autores: John G. Hayes, G. Abas Goodarzi. Editorial: IEEE Press Wiley.
- “Power Electronics and Electric Drives for Traction Applications”. Edited by Gonzalo Abad. Editorial: IEEE Press Wiley.

### 6.2 Bibliografía Complementaria

- “Power Conversion and Control of Wind Energy Systems”. Autores: Bin Wu, Yongqiang Lang, Navid Zargari, Samir Kouro. Editorial: IEEE Press Wiley.
- “Advanced Electric Drive Vehicles”, Autor: Ali Emadi. Editorial: CRC-Press.