



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Informáticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**103000609 - Sistemas Empotrados Y Ubicuos**

### PLAN DE ESTUDIOS

10AN - Master Universitario En Ingenieria Informatica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	3
5. Cronograma.....	6
6. Actividades y criterios de evaluación.....	9
7. Recursos didácticos.....	13
8. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	103000609 - Sistemas Empotrados y Ubicuos
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	10AN - Master Universitario en Ingeniería Informática
<b>Centro responsable de la titulación</b>	10 - E.T.S. De Ingenieros Informáticos
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Fernando Perez Costoya (Coordinador/a)	4201	fernando.perez@upm.es	Sin horario.
Fco Javier Rosales Garcia	4204	francisco.rosales@upm.es	Sin horario.
Jose Luis Pedraza Dominguez	4105	joseluis.pedraza@upm.es	Sin horario.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 3.1. Competencias

CE11 - Capacidad de diseñar y desarrollar sistemas, aplicaciones y servicios informáticos en sistemas empotrados y ubicuos.

CE16 - Habilidad para hacer conexiones entre los deseos y necesidades del consumidor o cliente y lo que la tecnología puede ofrecer

CE17 - Capacidad para decidir entre adquirir, desarrollar o aplicar tecnología a lo largo de la amplia gama de categorías de procesos, productos y servicios de una empresa o institución

CE18 - Capacidad para comprender el mercado, sus hábitos y necesidades de productos o servicios tecnológicos

CE19 - Capacidad para desarrollar e implantar una solución informática en un entorno empresarial

CE4 - Capacidad para modelar, diseñar, definir la arquitectura, implantar, gestionar, operar, administrar y mantener aplicaciones, redes, sistemas, servicios y contenidos informáticos.

### 3.2. Resultados del aprendizaje

RA88 - Seleccionar una plataforma hardware que cumpla los requisitos para un sistema dado.

RA90 - Realizar la parametrización y adaptación de un sistema operativo para alcanzar objetivos específicos: algoritmos de planificación de procesador y de otros recursos, tanto a nivel local como distribuido

RA87 - Seleccionar un sistema operativo que cumpla los requisitos no funcionales para un sistema dado.

RA91 - Realizar el diseño de aplicaciones y sistemas ubicuos.

RA89 - Analizar al comportamiento temporal de un sistema de tiempo real.

RA86 - Realizar el diseño arquitectónico de aplicaciones empotradas teniendo en cuenta requisitos no funcionales.

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

Un sistema empotrado es un sistema informático que se encuentra físicamente incluido en un sistema de ingeniería más amplio al que supervisa o controla. Los sistemas empotrados se encuentran en multitud de aplicaciones, desde la electrónica de consumo hasta el control de complejos procesos industriales.

Están presentes en prácticamente todos los aspectos de nuestra sociedad como, teléfonos móviles, automóviles, control de tráfico, ingenios espaciales, procesos automáticos de fabricación, producción de energía, aeronaves, etc. Además, el número de sistemas empotrados está en constante aumento, ya que cada vez más máquinas se fabrican incluyendo un número mayor de sistemas controlados por computador. Un ejemplo cercano es la industria del automóvil, ya que un turismo actual de gama media incluye alrededor de dos docenas de estos automatismos (ABS, airbag, etc.).

Otro ejemplo cotidiano son los electrodomésticos de nueva generación, que incluyen sistemas empotrados para su control y temporización. Hoy día son tantas las aplicaciones de estos sistemas que son mucho más numerosos que los sistemas informáticos "convencionales" o de propósito general. Actualmente estos sistemas están en "todas partes" dando lugar a los llamados sistemas ubicuos. Las funciones de supervisión, control y adquisición de datos son cada vez más complejas y ya no interaccionan únicamente con el mundo físico mediante sensores y actuadores sino con otros computadores a través de líneas de comunicación dando lugar a lo que se conoce como sistemas ciberfísicos (CSP) que son la fuente de datos del escenario llamado internet de las cosas (IoT).

La omnipresencia de la Internet de las cosas en nuestra sociedad es imparable. Como consecuencia de esta tremenda explosión, en los próximos años, una parte significativa del Big Data estará dedicado al procesamiento de datos de dispositivos IoT. Este tipo de análisis de datos presenta retos específicos, al tratarse de un enorme volumen de información que se genera en tiempo real, que se estudiarán en esta asignatura.

## 4.2. Temario de la asignatura

1. Introducción y conceptos básicos
  - 1.1. Visión general
  - 1.2. Características principales
  - 1.3. Arquitectura genérica de un sistema empotrado
  - 1.4. Ejemplos de dominios de aplicación
2. Diseño y desarrollo de sistemas empotrados
  - 2.1. Herramientas
  - 2.2. Lenguajes de programación
  - 2.3. Sistemas operativos y núcleos de ejecución
  - 2.4. Desarrollo cruzado
3. Programación de dispositivos
  - 3.1. Modos de operación de los dispositivos
  - 3.2. Modelo de memoria de los dispositivos
  - 3.3. Configuración de los dispositivos
  - 3.4. Aspectos de sincronización
  - 3.5. Manejadores de dispositivos
  - 3.6. Módulos del núcleo en Linux
4. Sistemas operativos para sistemas empotrados
  - 4.1. Sistemas operativos empotrados
  - 4.2. Sistemas operativos de tiempo real
  - 4.3. Hipervisores empotrados
5. Sistemas de tiempo real
  - 5.1. Introducción
  - 5.2. Características
  - 5.3. Planificación y acceso a recursos compartidos
  - 5.4. Casos de estudio
6. Hardware para sistemas empotrados

- 6.1. Componentes hardware
- 6.2. Entradas/Salidas/Convertidores de señal
- 6.3. Procesadores
- 6.4. Computadores modulares
- 7. Computación ubicua y la Internet de las cosas
  - 7.1. La visión de Mark Weiser
  - 7.2. Computación "context-aware"
  - 7.3. Espacios inteligentes de interacción
  - 7.4. Sistemas de localización
  - 7.5. Internet de las cosas (IoT)
  - 7.6. Arquitectura de los sistemas IoT
  - 7.7. Plataformas Cloud para IoT
  - 7.8. Aspectos de seguridad y privacidad

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Presentación de la asignatura</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Introducción</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Diseño y desarrollo de sistemas empotrados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p><b>Diseño y desarrollo de sistemas empotrados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Programación de dispositivos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
5	<p><b>Programación de dispositivos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6	<p><b>Programación de dispositivos</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
7	<p><b>Sistemas operativos para sistemas empotrados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p><b>Sistemas operativos para sistemas empotrados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Sistemas operativos para sistemas empotrados</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
9	<p><b>Sistemas operativos para tiempo real</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

10	<b>Sistemas operativos para tiempo real</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Hardware para sistemas empotrados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>Hardware para sistemas empotrados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	<b>Computación ubicua e IoT</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>Computación ubicua e IoT</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	<b>Computación ubicua e IoT</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
16				<p><b>Entrega del proyecto</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p> <p><b>Evaluación programación de dispositivos</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:20</p> <p><b>Evaluación sistemas operativos para sistemas empotrados</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:20</p> <p><b>Evaluación sistemas operativos de tiempo real</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:20</p> <p><b>Evaluación hardware para sistemas empotrados</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:20</p> <p><b>Evaluación computación ubicua e IoT</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:20</p>

17				
----	--	--	--	--

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Entrega del proyecto	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	40%	4 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación programación de dispositivos	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación sistemas operativos para sistemas empuotrados	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación sistemas operativos de tiempo real	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación hardware para sistemas empuotrados	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación computación ubicua e IoT	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19

#### 6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Entrega del proyecto	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	40%	4 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación programación de dispositivos	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación sistemas operativos para sistemas empotrados	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación sistemas operativos de tiempo real	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación hardware para sistemas empotrados	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
16	Evaluación computación ubicua e IoT	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19

### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Entrega del proyecto	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	00:00	40%	4 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
Evaluación de programación de dispositivos	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
Evaluación sistemas operativos para sistemas empotrados	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
Evaluación de hardware para sistemas empotrados	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
Evaluación de sistemas operativos de tiempo real	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:20	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19
Evaluación de computación ubicua e IoT	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:00	12%	0 / 10	CE4 CE11 CE16 CE17 CE18 CE19

## 6.2. Criterios de evaluación

La asignatura consta de dos partes: evaluación de los temas, con un peso del 60%, y proyecto, con un peso del 40%. Para aprobar la asignatura se debe alcanzar un 5 en el promedio ponderado de las dos partes, según se detalla a continuación.

### Evaluación de los temas:

Está organizada en 5 partes independientes, una por cada tema objeto de evaluación, con un peso cada una del 12% sobre la nota total: programación de dispositivos, sistemas operativos para sistemas empotrados, hardware para sistemas empotrados, sistemas operativos de tiempo real y computación ubicua. Cada una de estas partes se evaluará, en principio, con un ejercicio escrito, que se realizará tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria, teniéndose en cuenta la mejor nota obtenida. Alternativamente, para algunas de estas partes, este ejercicio puede sustituirse por un trabajo de carácter individual. No existe una nota mínima en cada parte, pero la nota total de este bloque, que corresponde a la media de las 5 partes, tiene que ser mayor o igual que 4.

### Evaluación del proyecto:

Es de desarrollo en pareja con un peso del 40% sobre la nota total. Se podrá entregar en ambas convocatorias. Requiere una nota mínima mayor o igual a 4.

Cualquier actividad superada se convierte en un bloque liberado de forma indefinida.

## 7. Recursos didácticos

---

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Jonathan Corbet, Alessandro Rubini, and Greg Kroah-Hartman. Linux Device Drivers. O'Reilly.	Bibliografía	
Alan Burns and Andy Wellings. Real-Time Systems and Programming Languages. Addison-Wesley.	Bibliografía	
Distributed Systems: Concepts and Design. G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, Addison-Wesley.	Bibliografía	
John Barnes, High Integrity Software: The SPARK Approach to Safety and Security. Addison Wesley.	Bibliografía	
A. S. Berger. Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools and Techniques. Lawrence, KA: CMP Books.	Bibliografía	
Moodle de la asignatura	Recursos web	Página web de la asignatura

## 8. Otra información

---

### 8.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura tiene un enfoque claramente práctico basado en proyectos: los estudiantes tienen que realizar un proyecto práctico que consiste en el desarrollo de un componente en un contexto empotrado.

Los sistemas empotrados y ubicuos son la base del llamado "Internet de las cosas" (IoT) y tienen un impacto considerable en varios de los objetivos de desarrollo sostenible como el 3 "Salud y bienestar", 6 "Agua limpia y saneamiento", 9 "Industria, innovación e infraestructuras", 11 "Ciudades y comunidades sostenibles" y 12 "Producción y consumo responsable".