



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Informaticos

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

2020/21 - 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..... | 8 |
| 7. Recursos didácticos..... | 10 |
| 8. Otra información..... | 11 |

BORRADOR

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|--|
| Nombre de la asignatura | 103000609 - Sistemas Empotrados y Ubicuos |
| No de créditos | 4.5 ECTS |
| Carácter | Obligatoria |
| Curso | Primer curso |
| Semestre | Primer semestre |
| Período de impartición | Septiembre-Enero |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 10AN - Master Universitario en Ingeniería Informática |
| Centro responsable de la titulación | 10 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informaticos |
| Curso académico | 2020-21 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|---|----------|----------------------------|--|
| Fernando Perez Costoya | 4201 | fernando.perez@upm.es | L - 11:30 - 12:30 X - 11:00 - 13:00 J - 11:30 - 13:30 |
| Juan Rafael Zamorano Flores (Coordinador/a) | 4202 | juanrafael.zamorano@upm.es | L - 10:00 - 11:00 L - 15:00 - 17:00 M - 15:00 - 17:00 V - 11:00 - 12:00 |

| | | | |
|--------------------------------|------|--------------------------|---|
| Fco Javier Rosales Garcia | 4204 | francisco.rosales@upm.es | M - 10:30 - 13:30 X - 17:00 - 20:00 |
| Jose Luis Pedraza Dominguez | 4105 | joseluis.pedraza@upm.es | M - 11:00 - 13:00 X - 17:00 - 19:00 J - 11:00 - 13:00 |

* 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

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.

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.

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 de sistemas empotrados
 - 2.1. Herramientas
 - 2.2. Lenguajes de programación
 - 2.3. Sistemas operativos y núcleos de ejecución
 - 2.4. Desarrollo cruzado
 - 2.5. Clases prácticas
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
 - 3.7. Clases prácticas

4. Sistemas operativos para sistemas empotrados

- 4.1. Sistemas operativos empotrados
- 4.2. Sistemas operativos de tiempo real
- 4.3. Hipervisores empotrados
- 4.4. Clases prácticas

5. Hardware para sistemas empotrados

- 5.1. Procesadores
- 5.2. Computadores modulares
- 5.3. Redes industriales
- 5.4. Tecnología de almacenamiento
- 5.5. Codiseño Hw/Sw

6. Sistemas de tiempo real

- 6.1. Introducción
- 6.2. Características
- 6.3. Planificación y acceso a recursos compartidos
- 6.4. Casos de estudio

7. Computación ubicua

- 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. Interfaces de usuario ubicuas
- 7.6. Internet de las cosas (IoT)
- 7.7. Arquitectura de los sistemas IoT
- 7.8. IoT Edge
- 7.9. Plataformas Cloud para IoT
- 7.10. Aspectos de seguridad y privacidad

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad presencial en aula | Actividad presencial en laboratorio | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|--|--|--|--|
| 1 | Presentación de la asignatura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Explicación contenidos del Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Presentación de la asignatura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Explicación contenidos del Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 2 | Explicación contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 3 | Explicación contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Explicación contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | |
| 4 | Explicación contenidos del Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Clases prácticas del Tema 2 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio | | |
| 5 | Explicación contenidos tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | |
| 6 | Explicación contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 7 | Explicación contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 8 | Explicación contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Explicación contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | Examen parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00 |
| 9 | Explicación contenidos del Tema 5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 10 | Explicación contenidos del Tema 5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 11 | Explicación contenidos del Tema 5 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Explicación contenidos del Tema 5 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | |
| 12 | Explicación contenidos del Tema 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |

| | | | | |
|----|--|--|--|---|
| 13 | Explicación contenidos del Tema 6 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Explicación contenidos del Tema 6 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | |
| 14 | Explicación contenidos del Tema 7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 15 | Explicación contenidos del Tema 7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Explicación contenidos del Tema 7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 16 | Explicación contenidos del Tema 7 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | Explicación contenidos del Tema 7 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | Desarrollo y presentación de un proyecto PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00 |
| 17 | | | | Segundo examen parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00 Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00 |

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.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación continua

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|--|--|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 8 | Examen parcial | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 25% | 0 / 10 | CE19 CE11 CE4 CE18 CE16 CE17 |
| 16 | Desarrollo y presentación de un proyecto | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 01:00 | 50% | 4 / 10 | CE4 CE19 CE11 CE18 CE16 CE17 |
| 17 | Segundo examen parcial | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 25% | 0 / 10 | CE4 CE19 CE11 CE18 CE16 CE17 |

6.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|--|--|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 16 | Desarrollo y presentación de un proyecto | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 01:00 | 50% | 4 / 10 | CE4 CE19 CE11 CE18 CE16 CE17 |
| 17 | Examen final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00 | 50% | 4 / 10 | CE4 CE19 CE11 CE18 CE16 |

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|--|--|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| Desarrollo y presentación de un proyecto | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 00:00 | 50% | 4 / 10 | CE4 CE19 CE11 CE18 CE16 CE17 |
| Examen final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 00:00 | 50% | 4 / 10 | CE4 CE19 CE11 CE18 CE16 |

6.2. Criterios de evaluación

La calificación de esta asignatura consta incluye la parte teórica, tres prácticas de laboratorio y un proyecto.

Evaluación de la parte teórica mediante sólo examen final: Se realizará un examen final en la fecha fijada en el Plan Docente dentro del periodo de exámenes, que será publicada por Jefatura de Estudios. El examen final consistirá en una serie de preguntas cortas, y una parte de problemas. Para su realización no se permitirá ningún tipo de documentación. La nota de este examen será la **nota de teoría**.

Evaluación de la parte teórica por parciales:

Se realizará un examen parcial de la primera parte de la asignatura en la semana 8. Se realizará un examen parcial de la segunda parte de la asignatura en la fecha fijada en el Plan Docente dentro del periodo de exámenes, que será publicada por Jefatura de Estudios. Adicionalmente se dará la oportunidad de examinarse de nuevo de la primera parte de la asignatura a todos los alumnos que lo consideren necesario o conveniente para superar la parte teórica. Para ello se realizará un nuevo examen parcial de la primera parte al finalizar el correspondiente a la segunda parte. En estos casos, la nota que prevalecerá para la primera parte de la asignatura será la de este examen parcial. Los exámenes parciales consistirán en una serie de preguntas cortas, y una parte de problemas. Para su realización no se permitirá ningún tipo de documentación. La media aritmética de ambos exámenes parciales será la **nota de teoría**.

Evaluación de las prácticas de laboratorio:

La evaluación de cada una de las prácticas se realizará teniendo en cuenta la asistencia y la memoria que han de entregar los alumnos. La nota de estas prácticas constituye el **20% de la nota de prácticas**. Con los siguientes pesos: 6.7% la práctica de sistemas empotrados, 6.7% la de programación de dispositivos y 6.7% la de computación ubicua.

Evaluación del proyecto:

Se realizará a partir de los resultados obtenidos por el alumno que se reflejarán en una memoria que han de entregar los alumnos. La nota del proyecto constituye el **80% de la nota de prácticas**.

Cálculo de la Nota final:

La **nota final** de la asignatura se calcula según la siguiente fórmula, siempre y cuando la **nota de teoría y la nota del prácticas sean mayores o iguales a 4** puntos sobre 10:

$$\text{nota final} = 0,5 * \text{nota de teoría} + 0,5 * \text{nota de prácticas}$$

Para aprobar la asignatura será necesario que la nota final sea mayor o igual a 5 puntos sobre 10. Las fechas de publicación de notas y revisión se notificarán en el enunciado del correspondiente examen. La revisión de exámenes se realizará mediante solicitud previa (según se indica en la página web de la asignatura), en las fechas que se determinen.

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 | |
| http://www.datsi.fi.upm.es/docencia/S EUM | Recursos web | Página web de la asignatura |
| Laboratorio de sistemas empotrados | Equipamiento | |
| Aula informática. | Equipamiento | Aula informática para clases prácticas |

8. Otra información

8.1. Otra información sobre la asignatura

Plataformas de tele-enseñanza.

Se usará preferentemente Teams para las clases y tutorías no presenciales. Se recomienda a los alumnos establecer una cita previa con el profesor mediante correo electrónico para las tutorías.

Objetivos de desarrollo sostenible.

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".

Particularizando en el 11 "Ciudades y comunidades sostenibles" son fundamentales en cuanto supervisan y

controlan diversos aspectos de las ciudades y sus áreas metropolitanas, tales como suministros, transportes y, en general, todas sus infraestructuras. Concretando en alguna de sus metas:

11.2 De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad

11.5 De aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad

11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per capita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo