



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**95000033 - Sistemas Digitales II**

### PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado En Ingenieria De Tecnologias Y Servicios De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000033 - Sistemas Digitales II
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Teona Mirea	B-304	teona.mirea@upm.es	Sin horario. Concertar por email
Fernando Fernandez Martinez	B-109	fernando.fernandezm@upm. es	X - 15:00 - 16:00 Para otros horarios, concertar por email

Alberto Bosca Mojena	B-308	alberto.bosca@upm.es	Sin horario. Concertar por email
Luis Fernando D'haro Enriquez	B-108	luisfernando.dharo@upm.es	Sin horario. Concertar por email
Josue Pagan Ortiz (Coordinador/a)	C-201.B	j.pagan@upm.es	Sin horario. Concertar por email
Manuel Gil Martin	B-111	manuel.gilmartin@upm.es	Sin horario. Concertar por email
Amadeo De Gracia Herranz	C203	amadeo.degracia@upm.es	Sin horario. Concertar por email
Roman Cardenas Rodriguez	B-038	r.cardenas@upm.es	Sin horario. Concertar por email
Jose Manuel Carmona Cejas	B-304	jm.carmona@upm.es	Sin horario. Concertar por email
Raul Izquierdo Lopez	C-206	raul.izquierdo@upm.es	Sin horario. Concertar por email

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

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Cordero Grande, Lucilio	lucilio.cordero@upm.es	Pagan Ortiz, Josue

## 3. Conocimientos previos recomendados

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Programacion
- Electronica Digital
- Circuitos Electronicos
- Sistemas Digitales I

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Manejo de plataformas de desarrollo y depuración de errores
- Conocimientos de programación
- Conocimientos básicos de la línea de comandos de Linux
- Programación en C/C++

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE-SE4 - Capacidad para aplicar la electrónica como tecnología de soporte en otros campos y actividades, y no sólo en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

CE-SE5 - Capacidad de diseñar circuitos de electrónica analógica y digital, de conversión analógico-digital y digital-analógica, de radiofrecuencia, de alimentación y conversión de energía eléctrica para aplicaciones de telecomunicación y computación

CE-SE8 - Capacidad para especificar y utilizar instrumentación electrónica y sistemas de medida

CG10 - Creatividad

CG12 - Organización y planificación

CG7 - Trabajo en equipo

CG8 - Comunicación oral y escrita

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA75 - Capacidad de especificar, implementar, documentar y utilizar equipos y sistemas electrónicos.

RA70 - Conocimientos de dispositivos, circuitos, equipos y sistemas electrónicos.

RA73 - Conocimientos de instrumentación electrónica y sistemas de medida.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El curso está organizado en **sesiones de laboratorio** orientadas a la **implementación de un sistema digital**.

#### Metodología

La asignatura se imparte con una [metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos](#). Los alumnos tienen como objetivo realizar el **desarrollo de un sistema electrónico complejo basado en un sistema empujado microcontrolador de bajas prestaciones partiendo de una descripción y unas especificaciones básicas**.

Este aprendizaje requiere por parte de los estudiantes, el **manejo de distintas fuentes de información** y disciplinas necesarias para resolver problemas. **El papel del alumno es activo, con un compromiso y responsabilidad por su propio aprendizaje**. Los alumnos trabajan en parejas desde el principio y desarrollan un proyecto planificando la actuación, distribuyendo tareas, evaluando las posibles consecuencias y previendo los éxitos.

Como indica la [Guía de Aprendizaje Basado en Proyectos del Servicio de Innovación Educativa-UPM](#), y a modo de resumen, las características más relevantes a las que el alumno debe atender son:

- **No existe una única solución correcta**
- Se presenta la situación y **los alumnos tienen que ampliar la información** para avanzar en el proyecto
- **El papel del profesor es supervisar y revisar el plan de trabajo** y evolución de cada pareja, utilizando las clases de laboratorio y las tutorías para ayudar a resolver dudas. El profesor tiene también el papel de **evaluar** el progreso y trabajo final
- La interacción con el alumno es en las **sesiones de laboratorio, orientación a las dudas y problemas**

**encontrados para seguir el progreso de los estudiantes para evitar equivocaciones, corregir errores conceptuales y orientar el aprendizaje.** Se realiza un seguimiento de cada pareja

- **El lugar de trabajo es el laboratorio y fuera de este. El proyecto no se puede completar solo con las sesiones de laboratorio sin un trabajo de búsqueda de información previa y de trabajo fuera del horario de clase. 3 ECTS son unas 81 horas de esfuerzo. El laboratorio son solo 32.5, por lo que en casa el alumno ha de trabajar tanto o más que las horas de laboratorio.**
- El producto resultante son las entregas que han ido haciendo los alumnos a lo largo del proyecto y el proyecto como tal

## Planificación

Las sesiones plantean al alumno la consecución de **hitos** que corresponderán a ciertos **niveles de desarrollo o madurez (funcionalidad)** alcanzado por el prototipo. El proyecto propuesto se divide en versiones con una serie de **requisitos de funcionalidad impuestos. Para completar el proyecto, las parejas implementan funcionalidades de su elección.**

Las primeras sesiones, en las que se presentarán los conceptos y las herramientas básicas necesarias para el desarrollo del proyecto propuesto, permitirán al alumno conseguir una primera versión simplificada pero funcional del sistema (versión 1.0).

Posteriormente, la consecución de cada nuevo hito, aplicando las herramientas y fundamentos adquiridos, significará la implementación de una nueva versión del prototipo (2.0, 3.0, ...) al que se le irán añadiendo nuevos elementos hardware (pulsadores, displays,...) y software (nuevos eventos y estados, temporización,...) que completarán y mejorarán su funcionalidad. Finalmente, el alumno dispondrá de sesiones para implementar funcionalidades de su elección.

Durante el transcurso de la asignatura, **el alumno hará frente a un caso real de diseño e implementación de un sistema electrónico basado en microcontrolador** de bajas prestaciones, empleando para ello los medios disponibles en el **laboratorio B-043**. Habitualmente, el equipo docente se suele complementar con la participación de colaboradores docentes en tareas de atención a dudas y problemas en el laboratorio.

**El laboratorio está abierto durante 3 horas.** Si se quiere hacer una analogía con las clases teóricas, las horas con profesor son  $3 \times 50' = 2h30'$ ; **son horas de trabajo puramente dicho. El resto del tiempo es para que los alumnos inicien las máquinas, preparen los montajes, y recojan ordenadamente al finalizar.** El acceso al

laboratorio está controlado por los maestros de laboratorio. Habrá siempre un profesor o persona responsable.

## Qué no es Sistemas Digitales II

Como ya se ha mencionado, **esta asignatura se desarrolla en un laboratorio y tiene una metodología de Aprendizaje continuo basado en proyectos. Las sesiones de laboratorio NO SON COMO LAS DE OTRAS ASIGNATURAS DE LABORATORIO** en las que cada día es una práctica temática. En SDG2 **los alumnos gestionan su tiempo** dentro y fuera del laboratorio en la dedicación a su proyecto. **En esta asignatura existe un objetivo final organizado por fases y el alumno, siendo proactivo, debe prever y prepararse para el trabajo que va a hacer cada día en el laboratorio.** Aunque existe un calendario orientativo, cada pareja avanzará a un ritmo. Los profesores estarán para ayudar a resolver dudas que la pareja plantee sobre el problema al que se están enfrentando.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Sesión 1: Familiarización con el laboratorio y las herramientas básicas disponibles
2. Sesiones 2, 3 y 4: implementación en C de la versión 1.0 del sistema (versión mínimamente funcional).
3. Sesiones 5, 6, y 7: nueva versión 2.0 funcional del sistema.
4. Sesiones 8, 9 y 10: versión 3.0 del sistema. HW periférico.
  - 4.1. Diseño, implementación y verificación del montaje HW de presentación requerido (e.g. LEDs, displays, DAC...)
  - 4.2. Incorporación del HW al sistema, implementación de los mecanismos de temporización necesarios y verificación
  - 4.3. Diseño, implementación y verificación del montaje HW de adquisición y control requerido (e.g. pulsadores, interruptores, ADC, teclados matriciales...)
  - 4.4. Incorporación del HW al sistema, implementación de los mecanismos de interrupción necesarios y verificación
5. Sesión 11: versión 4.0 funcional del sistema. Visualización
6. Sesiones 12 y 13: versión 5.0 del sistema con funcionalidades a elección del alumno



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Clase teórica de introducción y descripción del proyecto a realizar</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Familiarización con el laboratorio y las herramientas básicas disponibles</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2		<b>Implementación en C de la primera versión mínimamente funcional del sistema (V1 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3		<b>Implementación en C de la primera versión mínimamente funcional del sistema (V1 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4		<b>Implementación en C de la primera versión mínimamente funcional del sistema (V1 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5		<b>Implementación en C de la segunda versión funcional del sistema (V2 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6		<b>Implementación en C de la segunda versión funcional del sistema (V2 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7		<b>Implementación en C de la segunda versión funcional del sistema (V2 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
8		<b>Implementación en C de la tercera versión funcional del sistema (V3 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación final de requisitos funcionales (impuestos) del sistema (V1-V2)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:00

9		<p><b>Implementación en C de la tercera versión funcional del sistema (V3 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
10		<p><b>Implementación en C de la tercera versión funcional del sistema (V3 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
11		<p><b>Implementación en C de la cuarta versión funcional del sistema (V4 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
12		<p><b>Puesta a punto del sistema final e implementación de funcionalidades de libre disposición (V5 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
13		<p><b>Puesta a punto del sistema final e implementación de funcionalidades de libre disposición (V5 del sistema)</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
14				
15				
16				
17				<p><b>Evaluación final de requisitos funcionales (impuestos) del sistema (V3-V4)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p> <p><b>Evaluación final de requisitos funcionales (libre elección) del sistema (V5)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:15</p> <p><b>Prueba práctica individual de laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00</p> <p><b>Evaluación final de los nuevos requisitos del sistema (V1-V4)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 00:00</p>

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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Evaluación final de requisitos funcionales (impuestos) del sistema (V1-V2)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	25%	5 / 10	CG7 CG12 CG8 CE-SE4 CE-SE5 CE-SE8
17	Evaluación final de requisitos funcionales (impuestos) del sistema (V3-V4)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	25%	5 / 10	CG7 CG12 CG8 CE-SE4 CE-SE5 CE-SE8
17	Evaluación final de requisitos funcionales (libre elección) del sistema (V5)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:15	20%	5 / 10	CG7 CG10 CG12 CG8 CE-SE4 CE-SE5 CE-SE8
17	Prueba práctica individual de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	5 / 10	CE-SE4 CE-SE5

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Evaluación final de requisitos funcionales (libre elección) del sistema (V5)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:15	20%	5 / 10	CG7 CG10 CG12 CG8 CE-SE4 CE-SE5 CE-SE8

17	Prueba práctica individual de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	5 / 10	CE-SE4 CE-SE5
17	Evaluación final de los nuevos requisitos del sistema (V1-V4)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	50%	5 / 10	CG7 CG12 CE-SE4 CE-SE5

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Evaluación final de requisitos funcionales (impuestos) del sistema (V1-V2 y V3-V4)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	50%	5 / 10	CG7 CG12 CE-SE4 CE-SE5
Evaluación final de requisitos funcionales del sistema (libre elección, V5)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:15	20%	5 / 10	CG7 CG10 CG12 CG8 CE-SE4 CE-SE5
Examen individual de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	5 / 10	CE-SE4 CE-SE5

## 7.2. Criterios de evaluación

### Criterios de evaluación

La asignatura tiene **2 grandes bloques de evaluación: (i) el proyecto (70%) y (ii) la prueba práctica individual de laboratorio (30%)** que se pueden liberar hasta la evaluación extraordinaria del mismo curso. El proyecto se realiza y evalúa en parejas (aunque es posible hacerlo de forma individual). La prueba práctica individual mide el rendimiento de cada alumno de forma separada.

#### Evaluación progresiva

Al tratarse de una asignatura con una metodología de aprendizaje basada en proyecto, la modalidad de evaluación progresiva es la más recomendable. El calendario orientativo sirve para no cargar todo el trabajo al final, se puede entregar conforme se completan los hitos. Las fechas son fechas límite.

- **V1-V2: 25%** (sin nota mínima per sé). **FECHA LÍMITE DE ENTREGA:** en la semana de exámenes intermedios (**viernes 22 de marzo**).
- **V3-V4: 25%** (sin nota mínima per sé). **FECHA LÍMITE DE ENTREGA:** al finalizar el periodo lectivo (**viernes 24 de mayo**).
- **V5: 20%** (sin nota mínima per sé). **FECHA LÍMITE DE ENTREGA:** al finalizar el periodo lectivo (**viernes 24 de mayo**).
- **Prueba práctica individual de laboratorio: 30%** (con nota mínima 5/10). **FECHA DE EXAMEN:** día marcado por el calendario (**lunes 10 de junio**).

**¡Atención!** *V1-V2, V3-V4, V5, no tiene nota mínima aunque la tabla lo indique. Lo que sí tiene nota mínima es la suma del bloque "proyecto", que ha de ser mayor de 5/10 para poder liberar el bloque "proyecto". El código del sistema debe compilar y las funcionalidades de la V5 elegidas por el alumno deben ser consistentes dentro de un proyecto V1-V4 que funcione con las especificaciones básicas.*

## Evaluación global

En la modalidad de evaluación global se han de superar las **mismas actividades** que en la evaluación progresiva y tienen los **mismos pesos y criterios**.

- El estudiante que no ha hecho la entrega de V1-V2 puede optar a un 7.5 en el total de la asignatura siempre que se cumplan los criterios anteriores

## Evaluación extraordinaria

En la evaluación extraordinaria se han de superar las **mismas actividades** que en la evaluación progresiva y global, con los **mismos pesos y criterios**. Para esta evaluación se puede tener un bloque liberado y examinarse solo del restante. En particular, se deberá:

- **Recuperar todo:** cuando la nota de V1-V5 es menor que 5/10, y la nota de la "prueba práctica individual de laboratorio" es menor de 5/10.
- **Recuperar "prueba práctica individual de laboratorio":** se tiene el "proyecto" liberado si la suma de las versiones V1-V5 tienen una nota igual o superior a 5/10.
- **Recuperar "proyecto":** se tiene la "prueba práctica individual de laboratorio" liberada si se obtuvo una nota igual o superior a 5/10.

**Las funcionalidades básicas del bloque "proyecto" podrán incluir modificaciones sobre las de la evaluación progresiva o global.**

## **Soluciones**

Al tratarse de un proyecto PBL no existe una solución única, además de que las propuestas de V5 de cada pareja son diferentes. Por tanto, **no se liberará una solución del proyecto.**

**La solución del examen final estará disponible en Moodle desde los dos días hábiles siguientes a la finalización de la prueba por la totalidad del estudiantado, y permanecerá publicada durante siete días hábiles** o hasta la fecha prevista para la revisión. No se publicará, si lo hubiese, el código completo del ejercicio de examen.

## **Adelanto de convocatoria extraordinaria**

Será necesario realizar las mismas actividades que en la convocatoria extraordinaria del curso, con los mismos pesos. Se realizará en periodo de exámenes habilitado por Jefatura de Estudios.

***Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de Inteligencia Artificial.***

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Documentación disponible en el Moodle de la asignatura	Recursos web	Documentación del curso: Enunciado de la práctica, documentación, ejemplos, tutoriales, programas de prueba, etc.
Embedded Systems with ARM Cortex-M Microcontrollers in Assembly Language and C (Fourth Edition)	Bibliografía	Explicaciones y ejemplos de uso programación de microcontroladores ARM con CMSIS.
Programming with STM32: Getting Started with the Nucleo Board and C/C++	Bibliografía	Explicaciones y ejemplos sobre STM32 usando la HAL de ST.
"El lenguaje de programación C"	Bibliografía	Brian W. Kernighan ; Dennis M Ritchie 2ª ed.
Aspectos prácticos de diseño y medida en Laboratorios de Electrónica	Bibliografía	Aspectos prácticos de diseño y medida en Laboratorios de Electrónica
Nucleo Boards Programming with th STM32CubeIDE	Bibliografía	Libro con ejemplos de código y montaje usando el IDE Cube



## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se relaciona con los siguientes ODS:

4.4 Aumentar el número de personas con las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo, al trabajo decente y al emprendimiento.

4.7 Asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible.

9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica industrial.

17.6 Mejorar la cooperación en materia de ciencia, tecnología e innovación y su acceso, y aumentar el intercambio de conocimientos en condiciones mutuamente convenidas.

17.7 Promover el desarrollo de tecnologías ecológicamente racionales y su transferencia, divulgación y difusión a los países en desarrollo en condiciones favorables.