



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería de  
Sistemas Informáticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**615000492 - Sistemas de Tiempo Real**

### PLAN DE ESTUDIOS

61CI - Grado En Ingeniería De Computadores

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	615000492 - Sistemas de Tiempo Real
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	61CI - Grado En Ingeniería De Computadores
<b>Centro responsable de la titulación</b>	61 - Escuela Tecnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Javier Garcia Martin (Coordinador/a)	D-4419	javier.garciam@upm.es	M - 10:00 - 13:00 M - 17:00 - 20:00 El horario de tutorías definitivo está pendiente del horario que se establezca para la asignatura, aún sin determinar

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

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Sistemas Operativos
- Programación Concurrente Y Avanzada

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

- Programación

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CB02 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CB04 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

CE5 - Capacidad de analizar, evaluar y seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empujadas y de tiempo real.

CT4 - Comunicación escrita: Relacionarse eficazmente con otras personas a través de la expresión clara de lo que se piensa, mediante la escritura y los apoyos gráficos

OB01 - Capacidad para concebir, redactar, organizar, planificar, desarrollar y firmar proyectos en el ámbito de la ingeniería en informática que tengan por objeto la concepción el desarrollo o la explotación de sistemas, servicios y aplicaciones informáticas, según lo establecido en el apartado 5 del anexo II de la resolución de la Secretaría General de Universidades de 8 de junio de 2009 (BOE-A-2009-12977).

OB05 - Capacidad para concebir, desarrollar y mantener sistemas, servicios y aplicaciones informáticas empleando los métodos de la ingeniería del software como instrumento para el aseguramiento de su calidad, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 del anexo II de la resolución de la Secretaría General de Universidades de 8 de junio de 2009 (BOEA-2009-12977).

OB06 - Capacidad para concebir, desarrollar y mantener sistemas o arquitecturas informáticas centralizadas o distribuidas integrando hardware, software y redes de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 del anexo II de la resolución de la Secretaría General de Universidades de 8 de junio de 2009 (BOE-A-2009-12977).

OB09 - Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, autonomía y creatividad. Capacidad para saber comunicar y transmitir los conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA132 - Desarrolla los componentes HW y SW de un sistema empujado

RA359 - Aplica metodologías y técnicas para mejorar la fiabilidad y seguridad de un sistema

RA133 - Desarrolla sistemas de tiempo real utilizando las técnicas adecuadas para garantizar el respeto de las restricciones planteadas

RA365 - Utiliza las herramientas de programación adecuadas para Implementar sistemas multitarea que siguen la estructura de un sistema de tiempo real crítico

RA358 - Utiliza lenguajes de modelado para especificar y diseñar un sistema empujado con restricciones de tiempo real

RA140 - Escribe documentos con estructura compleja para documentar algún trabajo o estudio realizado. Organiza las distintas partes del texto siguiendo alguna estructura de texto científico: formulación de hipótesis, contexto, objetivos, justificación del trabajo, método utilizado, resultados obtenidos, conclusiones y referencias bibliográficas. Se expresa de manera eficaz mediante la escritura y los apoyos gráficos

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

En los Sistemas de Tiempo Real (STR), a diferencia de gran parte de los sistemas informáticos, un retardo en la generación de una salida puede tener consecuencias graves en el entorno en el que trabaja, y por lo tanto, se considera que el sistema ha tenido un fallo inaceptable. Este tipo de sistemas requiere unas herramientas, metodologías y análisis específicas para asegurar el cumplimiento de las restricciones de tiempo en cualquier circunstancia. Además, los STR están directamente relacionados con los sistemas empotrados, sistemas industriales, sistemas multimedia y sistemas de alta integridad, aquellos en los que la seguridad y la fiabilidad son aspectos muy importantes.

Esta asignatura aborda todos los aspectos relacionados con el desarrollo de los STR: especificación, diseño, análisis, tecnologías e implementación. La impartición se lleva cabo mediante las metodologías de Aprendizaje Basado en Casos y Aprendizaje Basado en Proyectos. De esta forma, mediante la resolución de ejemplos prácticos el estudiante adquiere los conocimientos y las destrezas necesarias para desarrollar este tipo de sistemas.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Características de los STR;
- 1.2. STR críticos;
- 1.3. Entornos de desarrollo y entornos de ejecución;
- 1.4. Introducción al lenguaje Ada;
- 1.5. Programación concurrente en lenguaje Ada

#### 2. PROGRAMACIÓN DE ASPECTOS DE TIEMPO REAL

- 2.1. Representación del tiempo y tipos de datos;
- 2.2. Retardos, Time-Outs, Transferencia asíncrona de control;
- 2.3. Procesos periódicos;
- 2.4. Introducción a las prioridades de procesos;

2.5. Procesos aperiódicos y servidores esporádicos

### 3. PLANIFICACIÓN DE STR

3.1. Introducción al problema de la planificación;

3.2. Ejecutivos cíclicos;

3.3. Planificación con prioridades fijas (RMS y DMS);

3.4. Protocolos de acceso a recursos;

3.5. Análisis de tiempo de respuesta;

3.6. Otros métodos de planificación: DMS, dinámicos (EDF)

### 4. MODELADO DE STR y SISTEMAS EMPOTRADOS

4.1. Análisis de requisitos en STR

4.2. Diseño arquitectónico y detallado de un sistema empotrado de tiempo real

4.3. Un caso de estudio

### 5. TOLERANCIA A FALLOS

5.1. Conceptos básicos;

5.2. Métodos de recuperación de errores;

5.3. Excepciones como soporte a la tolerancia de fallos;

5.4. Tolerancia a fallos en restricciones de tiempo

### 6. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE ALTA INTEGRIDAD

6.1. Conceptos básicos de los Sistemas de Alta Integridad;

6.2. Introducción a los Estándares de Seguridad;

6.3. Técnicas de Verificación;

6.4. Lenguaje ADA en Sistemas de Alta Integridad;

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>Introducción a los STR</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Introducción al lenguaje Ada y al entorno de desarrollo</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2	<b>Presentación del Caso Práctico</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Programación en Ada sobre el Caso Práctico</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  <b>Programación en Ada sobre el Caso Práctico</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	<b>Programación Concurrente en Ada</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Programación concurrente sobre el Caso Práctico: comunicación y sincronización de tareas</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas		
4	<b>Programación de aspectos de tiempo real</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Programación del Caso Práctico: tareas periódicas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>Programación de tareas esporádicas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Programación del Caso Práctico: tareas esporádicas</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6		<b>Programación completa del Caso Práctico</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  <b>Programación completa del Caso Práctico</b> Duración: 01:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación del Caso Práctico (RA: 132, 133, 365)</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:15

7	<p><b>Planificación de STR (Introducción)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Algoritmos de planificación óptimos</b> Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p><b>Planificación de STR (Análisis de Tiempos de Respuesta y protocolos de acceso a recursos)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8		<p><b>Análisis de planificabilidad del Caso Práctico (Estimación de tiempos de cómputo)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Análisis de planificabilidad del Caso Práctico (Cálculo de los tiempos de respuesta)</b> Duración: 01:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Análisis de planificabilidad del Caso Práctico (RA: 133)</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:15</p>
9	<p><b>Modelado de STR: análisis de requisitos</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p><b>Análisis de requisitos de un caso práctico</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Cuestiones sobre conceptos teóricos básicos (RA: 132, 365)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p><b>Resolución de problemas (RA: 133, 365)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30</p>
10	<p><b>Modelado de STR: diseño arquitectónico</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p><b>Diseño arquitectónico de un caso práctico</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
11	<p><b>Modelado de STR: diseño detallado</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p><b>Diseño detallado de un caso práctico</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
12	<p><b>Tolerancia a Fallos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Desarrollo de un proyecto para el diseño e implementación de un STR</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>		
13	<p><b>Sistemas de alta integridad</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Desarrollo de un proyecto para el diseño e implementación de un STR</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Resolución de un caso de STR (RA: 133, 359, 358)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30</p> <p><b>Cuestiones sobre conceptos teóricos básicos (RA: 133, 359, 358)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>

14		<b>Desarrollo de un proyecto para el diseño e implementación de un STR</b> Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas		
15		<b>Desarrollo de un proyecto para el diseño e implementación de un STR</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas		
16				<b>Presentación del proyecto (RA: 359, 133, 358, 140)</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 00:20
17				<b>Examen final (solo para aquellos alumnos que no han seguido o superado la evaluación continua) (RA: Todos)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Evaluación del Caso Práctico (RA: 132, 133, 365)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	20%	4 / 10	OB01 OB06 CE5
8	Análisis de planificabilidad del Caso Práctico (RA: 133)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:15	10%	4 / 10	CB02
9	Cuestiones sobre conceptos teóricos básicos (RA: 132, 365)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	15%	4 / 10	CT4 CB04 CE5
9	Resolución de problemas (RA: 133, 365)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	20%	4 / 10	CB02 CE5
13	Resolución de un caso de STR (RA: 133, 359, 358)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	10%	4 / 10	OB09 CB02 OB05
13	Cuestiones sobre conceptos teóricos básicos (RA: 133, 359, 358)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	5%	4 / 10	CT4 CE5
16	Presentación del proyecto (RA: 359, 133, 358, 140)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	00:20	20%	5 / 10	OB01 OB09 CT4 OB05 CB04

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

17	Examen final (solo para aquellos alumnos que no han seguido o superado la evaluación continua) (RA: Todos)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	OB01 OB09 OB06 CB02 CT4 OB05 CB04 CE5
----	--	-------------------------------------	------------	-------	------	--------	--

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

El estudiante que supere una nota final mayor o igual a 5 mediante las pruebas de evaluación continua no tendrá que presentarse al examen final.

El estudiante que decida no seguir la evaluación continua tendrá la posibilidad de aprobar la asignatura en la convocatoria de enero mediante un examen final que contabilizará el 100% de la nota final. Para ello deberá solicitar dicha posibilidad a los profesores de la asignatura antes del transcurso de 2 meses desde el inicio del cuatrimestre en el que se imparte la asignatura.

La convocatoria final de julio consistirá en un examen final que contabilizará el 100% de la nota final.

En estos exámenes finales el estudiante deberá demostrar las mismas capacidades que las exigidas en la evaluación continua.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
"Real-Time Systems and their programming languages", 4ª Edición. BURNS AND WELLINGS. Addison-Wesley, 2009.	Bibliografía	Libro que desarrolla en detalle los conceptos fundamentales de los STR que se exponen y trabajan en la asignatura.
"Concurrency in Ada", 2ª Edición. ALAN BURNS AND ANDY WELLINGS. Cambridge University Press, 1998.	Bibliografía	Libro de apoyo a la implementación del Caso Práctico y del Proyecto
"Modeling and Analysis of Real-Time and Embedded Systems with UML and MARTE". Bran Selic, Sebastian Gérard. Ámsterdam, Elsevier. 2014	Bibliografía	Libro sobre la utilización de UML en la modelización de STR y sistemas empotrados. Esta modelización se aplicará al caso práctico y al proyecto.
"Ada95 Reference Manual". S. TUCKER TAFT, ROBERT A. DUFF. Lectures Notes in Computer Science. Springer, 1997.	Bibliografía	Manual de referencia del lenguaje Ada95. Explica con claridad detalles de la programación en Ada95.
"Real-Time Systems" Jane W.S. Liu. Prentice Hall, 2000.	Bibliografía	Libro que profundiza en aspectos relacionados con la planificación de STR
"A Practitioners Handbook for Real-Time Analysis: Guide to rate monotonic analysis for real-time systems". M.H. KLEIN, T. RALYA, B. POLLAK, R. OBENZA and M. GONZALEZ. KAP, 1993.	Bibliografía	Libro que profundiza en los algoritmos de planificación de STR
"Real-Time Systems". C.M. KRISHNA, KANG G. SHIN. McGrawHill, 1997.	Bibliografía	Libro que trata aspectos genéricos de los STR

"Programming in Ada95", 2ª Edición. JOHN BARNES. Addison-Wesley, 1998.	Bibliografía	Libro de apoyo a la implementación del Caso Práctico y del Proyecto
<a href="http://c3po.eui.upm.es">http://c3po.eui.upm.es</a>	Recursos web	Servidor Moodle del departamento
<a href="http://ocw.upm.es/arquitectura-y-tecnologia-de-computadores">http://ocw.upm.es/arquitectura-y-tecnologia-de-computadores</a>	Recursos web	Curso de Introducción a los STR en OCW de la UPM
L-4401 ó L-4406	Equipamiento	Laboratorios del departamento

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura, además de la CT de Comunicación Escrita, tiene asignada la competencia CT9, Responsabilidad social y medioambiental: Conocimientos, habilidades y actitudes para integrar en la actividad profesional, de forma responsable y equilibrada, los aspectos sociales, ambientales y éticos inherentes a la ingeniería informática.

Para cubrir esta competencia se define el siguiente RA: Comprende las interrelaciones entre tecnología (en particular de las TIC) y sociedad, en distintos ámbitos (económico, bienestar social, derechos humanos, medioambiente) y es capaz de reflexionar de forma crítica sobre las mismas.

Para la parte de formación de la competencia se tienen previstas las siguientes actividades. En primer lugar se facilitará material de lectura a los estudiantes para analizar, de una forma general, la interrelación entre el mundo de la ingeniería, el medioambiente y la responsabilidad social. En segundo lugar, se debatirá sobre el impacto social y medioambiental del caso práctico implementado en la primera práctica de la asignatura, así como su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

El RA se evaluará dentro de la actividad "Presentación del proyecto", en el que los estudiantes tendrán que incorporar, dentro del informe escrito final, un análisis y una reflexión sobre el impacto del sistema que han desarrollado en alguno de los ámbitos de la sociedad (económico, bienestar social, derechos humanos, medioambiente). Esta parte tendrá un peso del 20% en la nota final del proyecto.