



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

613000115 - Sistemas De Tiempo Real Distribuidos

PLAN DE ESTUDIOS

61AG - Master Universitario En Software De Sistemas Distribuidos Y Empotrados

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo 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.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	613000115 - Sistemas de Tiempo Real Distribuidos
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	61AG - Master Universitario en Software de Sistemas Distribuidos y Empotrados
Centro responsable de la titulación	61 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieria De Sistemas Informaticos
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Javier Garcia Martin (Coordinador/a)	D-4419	javier.garciam@upm.es	Sin horario. Se establecerán al inicio del semestre y se publicarán en los canales oficiales de la ETSISI

Jose Carlos Gamazo Real	4307	josecarlos.gamazo@upm.es	Sin horario. Se establecerán al inicio del semestre y se publicarán en los canales oficiales de la ETSISI
-------------------------	------	--------------------------	--

* 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

El plan de estudios Master Universitario en Software de Sistemas Distribuidos y Empotrados no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Programación Concurrente
- Sistemas Operativos

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE01 - Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios del software de Sistemas Distribuidos y Empotrados en contextos multidisciplinares.

CE07 - Capacidad de diseñar y desarrollar aplicaciones y servicios informáticos en sistemas móviles, de tiempo real, empotrados y ubicuos.

CG04 - Organización y planificación.

CG10 - Resolución de problemas.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA2 - RA60 Conocer el estado del arte actualizado en el ámbito de los sistemas distribuidos y empotrados

RA13 - Trabajando en equipo, propone y construye soluciones a problemas en diferentes campos desde una perspectiva global

RA15 - El alumno utiliza las herramientas de programación que permiten que los procesos de un sistema centralizado o distribuido cumplan restricciones de tiempo real

RA17 - El alumno interviene en cualquiera de las etapas del ciclo de vida de un proyecto de un sistema distribuido y empotrado

RA14 - Identifica y define eficazmente las metas, objetivos y prioridades de una tarea o proyecto complejo a desempeñar a medio o largo plazo. Utiliza herramientas como diagramas de Gantt y/o Pert para planificar actividades y plazos, dimensiona el uso de recursos en el plazo establecido, prioriza las tareas y describe planes de contingencia

RA16 - El alumno aplica los métodos más relevantes de planificación de sistemas de tiempo real, centralizados y distribuidos

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Los sistemas de tiempo real (STR) son aquellos en los que existen unos requisitos específicos que limitan el tiempo de respuesta del sistema, de manera que si el sistema se retarda se considera que ha fallado. En muchas ocasiones los STR forman parte de un sistema empotrado que se encarga del control de un entorno físico o un sistema más complejo, de forma que el incumplimiento de un límite en el tiempo de respuesta puede acarrear el deterioro del sistema controlado. Por este motivo el aspecto de seguridad adquiere una relevancia especial en estos sistemas. Con la proliferación de los sistemas distribuidos en los entornos industriales surge una nueva problemática para los STR, debiendo asegurar el cumplimiento de las restricciones temporales en entornos en los que colaboran varias unidades de procesamiento y las correspondientes comunicaciones. Esta asignatura se enfoca hacia el estudio de las tecnologías, metodologías y estándares actuales que permiten el desarrollo de este tipo de sistemas.

La impartición de la asignatura se apoyará en el desarrollo de un proyecto multidisciplinar compartido con otras asignaturas del mismo máster. En particular, se abordará el desarrollo del software del sistema que necesita cumplir las restricciones de tiempo real estricto. Este desarrollo servirá para debatir y estudiar los diferentes aspectos incluidos en el temario.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción

- 1.1. Características y necesidades de los STR
- 1.2. Entornos de desarrollo. Núcleos de tiempo real
- 1.3. Introducción a los STR distribuidos

2. Programación de STR

- 2.1. Estructura de un STR y herramientas para la programación
- 2.2. Programación de un STR basado en un sistema operativo de tiempo real (RTOS)
- 2.3. Esquemas de tareas en un STR

3. Planificación

- 3.1. Ejecutivo cíclico
- 3.2. Algoritmos de planificación estática
- 3.3. Análisis de planificabilidad de un sistema
- 3.4. Algoritmos de planificación dinámica

4. STR distribuidos

- 4.1. Arquitectura de un STR distribuido
- 4.2. Comunicaciones de tiempo real
- 4.3. Programación de STR distribuidos en varios nodos
- 4.4. Planificación y análisis temporal

5. Seguridad en los STR

- 5.1. Conceptos y técnicas de fiabilidad y seguridad
- 5.2. Sistemas de Alta Integridad
- 5.3. Estándares de seguridad: DO-178, EN-50128, ARP4754
- 5.4. Perfiles seguros de lenguajes

6. Tecnologías para el desarrollo de STR

- 6.1. Comparativa de lenguajes de programación para STR
- 6.2. Sistemas operativos de tiempo real: Posix para TR; FreeRTOS, VxWorks, RTEMS, linuxRT, MaRTE OS, PikeOS

7. Modelado de los STR

7.1. Lenguajes de modelado: UML, SysML

7.2. Modelado de la estructura de un sistema (SysML- Enterprise Architect)

7.3. Modelado del comportamiento de un sistema (SysML- Enterprise Architect)

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Introducción Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Programación de STR (I) Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Programación de un STR sobre FreeRTOS y tarjetas STM32F407 Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Desarrollo y tutorías del proyecto Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación	Entrega de resolución de ejercicios sobre concurrencia. (Prueba sólo para alumnos que no tengan una formación previa en programación concurrente) TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00
2	Programación de STR (II) Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Desarrollo del proyecto multidisciplinar (compartido con ISS) Duración: 03:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Desarrollo y tutorías del proyecto Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación	
3	Planificación de STR: Introducción y Análisis de tiempo de respuesta Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Desarrollo del proyecto multidisciplinar (compartido con ISS) Duración: 03:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Desarrollo y tutorías del proyecto Duración: 02:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Planificación de STR: Análisis generalizado (Clase virtual; material de teoría y ejercicios online) Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Resolución de ejercicios de planificación Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Resolución de problemas de planificación de STR Distribuidos (I) (RA15, RA16) TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00
4	Sistemas de Tiempo Real Distribuidos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Desarrollo del proyecto multidisciplinar (compartido con ISS) Duración: 03:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Desarrollo y tutorías del proyecto Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Resolución de ejercicios de planificación de un STR distribuido Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Resolución de problemas de planificación de STR Distribuidos (II) (RA15, RA16) TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00
5	Modelado de STR con SysML-Enterprise Architect Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Desarrollo del proyecto multidisciplinar (compartido con ISS) Duración: 03:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Desarrollo y tutorías del proyecto Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Ejercicios de Modelado (Clase virtual; Material online) Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Entrega de Modelado de un STR TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00

6	Seguridad en STR Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Estándares de seguridad Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	Desarrollo y tutorías del proyecto Duración: 01:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Visualización de las presentaciones orales virtuales de estudiantes sobre tecnologías para STR Duración: 01:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Aplicación de estándares de seguridad al proyecto multidisciplinar (RA17) Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	Entrega de la presentación oral (RA2) TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00 Trabajo escrito sobre los conceptos teóricos estudiados OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:30
7				Entrega del proyecto multidisciplinar (RA13, RA14, RA15, RA16, RA17) TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				Examen final (RA2, RA13, RA14, RA15, RA16, RA17) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global No presencial Duración: 03:00 Verificación de las prácticas REALIZADAS DURANTE EL PERIODO LECTIVO OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Global No presencial Duración: 00:10
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.

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
1	Entrega de resolución de ejercicios sobre concurrencia. (Prueba sólo para alumnos que no tengan una formación previa en programación concurrente)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	0%	5 / 10	CE07
3	Resolución de problemas de planificación de STR Distribuidos (I) (RA15, RA16)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	10%	4 / 10	CG10 CE07
4	Resolución de problemas de planificación de STR Distribuidos (II) (RA15, RA16)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	10%	4 / 10	CG10 CE07
5	Entrega de Modelado de un STR	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	15%	4 / 10	CG10 CE01 CE07
6	Entrega de la presentación oral (RA2)	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	0 / 10	CE01 CE07
6	Trabajo escrito sobre los conceptos teóricos estudiados	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:30	10%	4 / 10	CE01 CE07
7	Entrega del proyecto multidisciplinar (RA13, RA14, RA15, RA16, RA17)	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	45%	5 / 10	CG10 CE01 CE07 CG04

7.1.2. Prueba evaluación global

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

16	Examen final (RA2, RA13, RA14, RA15, RA16, RA17)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	03:00	40%	4 / 10	CG04 CG10 CE01 CE07
16	Verificación de las prácticas REALIZADAS DURANTE EL PERIODO LECTIVO	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:10	60%	4 / 10	CG04 CG10 CE01 CE07

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen extraordinario (40%) // Verificación de las prácticas REALIZADAS DURANTE EL PERIODO LECTIVO (Peso 60%) (RA2, RA13, RA14, RA15, RA16, RA17)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG04 CG10 CE01 CE07

7.2. Criterios de evaluación

- EVALUACIÓN CONTIUA

El estudiante que supere una nota final mayor o igual a 5 mediante las pruebas de evaluación progresiva especificadas en el cronograma no tendrá que presentarse al examen global.

Durante la evaluación progresiva se controlará la asistencia. Para superar la asignatura se deberá haber asistido al menos al 75% de las clases de laboratorio, salvo causas de fuerza mayor y debidamente justificadas.

La actividad de evaluación (a) Entrega del proyecto multidisciplinar corresponde a las prácticas de laboratorio de la asignatura. Estas prácticas se deberán realizar exclusivamente durante el periodo docente y es obligatorio superarlas para aprobar la asignatura.

- CONVOCATORIA GLOBAL

La semana 17 se corresponde con la semana marcada en el calendario y horario publicado en la web del máster para la realización de pruebas de evaluación global de la asignatura. La fecha, hora y lugar de realización de la prueba de evaluación global están publicadas en la web del máster y han sido aprobadas por la comisión de ordenación académica del máster.

El estudiante que no haya superado la evaluación progresiva tendrá la posibilidad de aprobar la asignatura en la convocatoria global completando las actividades: (b) Entrega de Modelado de un STR, (c) Trabajo escrito sobre los conceptos teóricos estudiados; (d) Resolución de ejercicios; (e) Entrega de la presentación oral. Se deberá tener en cuenta que la actividad (a) es obligatoria para superar la asignatura y se deberá haber realizado durante las sesiones de laboratorio.

- CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

La convocatoria extraordinaria de julio consistirá en un examen escrito en el que el alumno se podrá evaluar de las partes: (b), (c) y (d).

Para superar la asignatura en la convocatoria extraordinaria, se deberá tener en cuenta que la actividad (a) es obligatoria para superar la asignatura y se deberá haber realizado durante el cuatrimestre lectivo.

- PRERREQUISITOS SOBRE PROGRAMACIÓN CONCURRENTE

Los estudiantes que no tengan una formación previa demostrada en programación concurrente, bien por su formación de grado o por su experiencia profesional, deberán entregar la resolución de unos ejercicios de forma previa a la impartición de la asignatura. Para ello los profesores se pondrán en contacto con estos estudiantes y les facilitarán un material de estudio junto a los ejercicios que deben resolver. La obtención de la nota mínima indicada en el apartado anterior será prerequisite para la superación de la asignatura.

Estos contenidos permitirán a los estudiantes abordar la realización de las prácticas de laboratorio y alcanzar con mayor éxito los resultados de aprendizaje previstos en la guía de aprendizaje.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Real-Time Systems and Programming Languages	Bibliografía	Alan Burns and Andy Wellings Fourth Edition. 2009. Addison Wesley Longman
Real Time Systems	Bibliografía	J.S.W.Liu. Prentice Hall, 2000.
Real-Time Systems, Distributed Embedded Applications	Bibliografía	Kopetz, H., Klower Academic Publishers, 1997, Chpt. 10-11.
Developing Real-time Systems with UML	Bibliografía	Douglass B. P. Addison Wesley, 1999.
Moodle de la UPM	Recursos web	https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=6954
Laboratorio I-4401	Equipamiento	Laboratorio L-4401 del departamento de Sistemas Informáticos con capacidad para 18 puestos de trabajo
Analysable Real-time Systems Programmed in ADA	Bibliografía	Alan Burns, Andy Wellings. Addison Wesley. 2016

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

1.- COMPETENCIAS TRANSVERSALES

Esta asignatura tiene asignadas las competencias genéricas CG4 (organización y planificación) y CG10 (resolución de problemas).

Además se propone abordar el sub-resultado de aprendizaje 6.2 del sello EuroInf: "Identificar las competencias necesarias para trabajar en equipo y liderar equipos compuestos de personas de distintas disciplinas y distintos niveles de cualificación".

Para desarrollar estas competencias se planteará un problema que esté integrado en el proyecto multidisciplinar. En concreto los alumnos tendrán que desarrollar una parte del proyecto relacionada con la materia de los sistemas de tiempo real.

Los alumnos tendrán que demostrar su capacidad para organizar y planificar el tiempo, las tareas y los recursos necesarios para la resolución de dicho problema, así como explicar la estrategia seguida. Además deberán demostrar las destrezas necesarias para el trabajo en equipo y el liderazgo. La documentación correspondiente a estas competencias formará parte de la memoria del proyecto. La evaluación se llevará a cabo mediante plantillas de evaluación (o rúbricas)

2.- ACTIVIDADES SEMIPRESENCIALES

El máster en el que se imparte esta asignatura se ha calificado como semipresencial. Por este motivo algunas de las tutorías del proyecto se ofrecerán para ser realizadas "online".

Los estudiantes tendrán que resolver diferentes problemas en horas de trabajo personal. Para este trabajo se

ofrecerán también tutorías "online" y su entrega forma parte de las actividades de evaluación, tal y como está especificado en la sección 7.1.

Las presentaciones orales (consistentes en el desarrollo de un trabajo de documentación y estudio por parte de los estudiantes) se podrán realizar mediante la grabación de la presentación en horas de trabajo personal. Posteriormente la presentación se subirán a una plataforma virtual, donde será visualizada y puntuada por el resto de los estudiantes.

Durante la semana se ofrecen algunas sesiones virtuales para la resolución de problemas.

3.- PREVISIÓN DE SUSPENSIÓN DE CLASES PRESENCIALES

En previsión de posibles recidivas de la epidemia de COVID, la presente guía contempla la impartición de la asignatura en formato bimodal: todas las actividades formativas planificadas inicialmente como actividades presenciales, en caso de ser necesario pasarán a desarrollarse a través de plataformas online

Para las actividades de teleformación se utilizará alguna de las plataformas ofrecidas por la UPM en general o por el CiC de la ETSISI (actualmente Zoom o Teams).

4.- OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Las asignaturas que participan en el proyecto multidisciplinar, intentan que dicho proyecto aborde algún problema relacionado con alguno de los objetivos de desarrollo sostenible.