



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

**615000665 - Sistemas De Control**

### PLAN DE ESTUDIOS

61CI - Grado En Ingeniería De Computadores

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - 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.....	9
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	615000665 - Sistemas de Control
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<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>	61CI - Grado en Ingeniería de Computadores
<b>Centro responsable de la titulación</b>	61 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería De Sistemas Informáticos
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Norberto Cañas De Paz (Coordinador/a)	4410	norberto.canas@upm.es	Sin horario. Las horas de tutorías se publicarán al comienzo del curso.

\* 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

- Algebra
- Programacion Concurrente Y Avanzada
- Analisis Matematico

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

El plan de estudios Grado en Ingeniería de Computadores no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE2 - Capacidad de desarrollar procesadores específicos y sistemas empuotrados, así como desarrollar y optimizar el software de dichos sistemas.

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA500 - Analiza el comportamiento en régimen permanente de sistemas SISO y LTI.

RA499 - Analiza el comportamiento en régimen transitorio de sistemas de primer y segundo orden con coeficientes constantes.

RA497 - Obtiene la función de transferencia, en el plano de Laplace y Z, para componentes (SISO y LTI) descritos con ecuaciones diferenciales.

RA498 - Realiza el análisis de estabilidad de sistemas SISO y LTI.

RA503 - Entiende, plantea y simplifica diagramas de bloques de sistemas SISO y LTI.

RA501 - Diseña sistemas de control para sistemas estables SISO y LTI.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Una parte muy significativa de los **sistemas informáticos empotrados** son **sistemas de control**. En esencia un sistema empotrado de control es un sistema informático que controla a otro sistema. El ámbito de intervención, para los especialistas en la materia, es de un tamaño inmenso y abarca escenarios tan *sencillos* como controlar las diferentes actividades de una lavadora a situaciones más *complejas* como aterrizar de forma automática un avión.

Los sistemas de control no admiten desarrollos planteados sin rigor formal, por verse abocados ineludiblemente al fracaso (salvo en situaciones triviales). Ello justifica la necesidad de formar específicamente a los ingenieros que tienen interés por esta línea de desarrollo profesional.

La asignatura introduce al estudiante en el análisis de sistemas y en el diseño de controladores discretos que deberán ejecutarse en dispositivos programables.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Introducción

- 1.1. Definición de sistema de control
- 1.2. Sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado
- 1.3. Sistemas SISO y sistemas MIMO
- 1.4. Clasificación de estrategias de control

#### 2. Transformada de Laplace

- 2.1. Definición
- 2.2. Propiedades
- 2.3. Tabla de transformadas
- 2.4. Transformada inversa
- 2.5. Respuesta en frecuencia de sistemas estables

#### 3. Transformada Z

- 3.1. Definición

- 3.2. Propiedades
- 3.3. Tabla de transformadas
- 3.4. Obtención de la transformada Z por medio de la integral de convolución
- 3.5. Ecuación en diferencias asociada a una función de transferencia en Z
- 3.6. Principio de causalidad
- 3.7. Simulación de sistemas y programación de controladores
- 4. Diagramas de bloques y diagramas de flujo de señal
  - 4.1. Diagramas de bloques
    - 4.1.1. Introducción
    - 4.1.2. Teoremas de transformación
    - 4.1.3. Reglas de reducción
  - 4.2. Diagramas de flujo de señal
    - 4.2.1. Introducción
    - 4.2.2. Regla de Mason
- 5. Régimen transitorio de sistemas discretos
  - 5.1. Sistemas de primer orden
  - 5.2. Sistemas de segundo orden
- 6. Régimen permanente de sistemas discretos
  - 6.1. Estabilidad
  - 6.2. Error
  - 6.3. Sensibilidad
- 7. Herramientas y entornos de desarrollo para sistemas de control
  - 7.1. Herramientas de simulación
  - 7.2. Herramientas de cálculo simbólico
  - 7.3. Entornos de programación
- 8. Métodos de diseño de sistemas de control para sistemas SISO-LTI
  - 8.1. Diseño directo
  - 8.2. Introducción a métodos clásicos de control para sistemas SISO-LTI
- 9. Introducción a sistemas de control multivariable

- 9.1. Representación en espacio de estados
- 9.2. Obtención de ecuación de estado y salida de sistemas SISO-LTI a partir de su función de transferencia
- 9.3. Solución de la ecuación de estado de sistemas lineales continuos
- 9.4. Solución de la ecuación de estado de sistemas lineales discretos
- 9.5. Modelado discreto en espacio de estados de un sistema continuo
- 9.6. Estabilidad asintótica
- 9.7. Estabilidad en el sentido de Lyapunov
- 9.8. Diseño de controladores en espacio de estados para sistemas LTI por realimentación del estado y realimentación de la salida

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Presentación de una herramienta de cálculo simbólico (WxMaxima)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica de obtención de transformada de Laplace con una herramienta de cálculo simbólico.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación práctica. Transformada de Laplace. RA497.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:30
5	<b>Tema 3</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Evaluación teoría. Diagramas de bloques. RA503.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
6	<b>Tema 5.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica de obtención de transformada Z con una herramienta de cálculo simbólico.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación práctica. Transformada Z. RA497.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:30
7	<b>Tema 5.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica de simulación de un sistema real.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación teoría. Transformada de Laplace. RA497.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00



8	<p><b>Tema 6.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de simulación de un sistema real.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Simulación de un sistema real. RA497, RA503.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:30</p> <p><b>Evaluación teoría. Transformada Z. RA497.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
9	<p><b>Tema 6.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de obtención y simulación de sistemas de primer y segundo orden con condicionantes en régimen transitorio.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Régimen transitorio. RA498, RA499.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:30</p>
10	<p><b>Tema 8.</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Tema 8.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de desarrollo de "scripts" para la obtención de modelos con condicionantes en régimen transitorio y en régimen permanente.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación prácticas. Régimen permanente. RA498, RA500.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:30</p>
12	<p><b>Tema 9.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de diseño directo sobre un sistema SISO-LTI</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación teoría. Régimen transitorio y régimen permanente. RA498, RA499, RA500.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
13	<p><b>Tema 9.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de diseño directo sobre un sistema SISO-LTI</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
14	<p><b>Tema 9.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de diseño directo sobre un sistema SISO-LTI</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Diseño directo. RA501.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:30</p>
15		<p><b>Control de sistemas con computador representados en espacio de estados.</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación teoría. Diseño directo. RA501.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
16		<p><b>Control de sistemas con computador representados en espacio de estados.</b> Duración: 03:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Controlador diseñado en espacio de estados. RA501.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:30</p>

17				<p><b>Exámenes de recuperación para los alumnos que deseen subir nota en alguno de los ejercicios de teoría</b></p> <p>ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 04:00</p> <p><b>Examen final de teoría. Solo para los alumnos que opten por evaluación con prueba final. RA497, RA498, RA499, RA500, RA501, RA503.</b></p> <p>ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:00</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.

\* 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.

## 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
4	Evaluación práctica. Transformada de Laplace. RA497.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
5	Evaluación teoría. Diagramas de bloques. RA503.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:00	10%	0 / 10	CE2
6	Evaluación práctica. Transformada Z. RA497.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
7	Evaluación teoría. Transformada de Laplace. RA497.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	5%	0 / 10	CE2
8	Evaluación práctica. Simulación de un sistema real. RA497, RA503.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
8	Evaluación teoría. Transformada Z. RA497.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	5%	0 / 10	CE2
9	Evaluación práctica. Régimen transitorio. RA498, RA499.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
11	Evaluación prácticas. Régimen permanente. RA498, RA500.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2

12	Evaluación teoría. Régimen transitorio y régimen permanente. RA498, RA499, RA500.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	5%	0 / 10	CE2
14	Evaluación práctica. Diseño directo. RA501.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
15	Evaluación teoría. Diseño directo. RA501.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	5%	0 / 10	CE2
16	Evaluación práctica. Controlador diseñado en espacio de estados. RA501.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
17	Exámenes de recuperación para los alumnos que deseen subir nota en alguno de los ejercicios de teoría	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	04:00	0%	0 / 10	

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Evaluación práctica. Transformada de Laplace. RA497.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
6	Evaluación práctica. Transformada Z. RA497.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
8	Evaluación práctica. Simulación de un sistema real. RA497, RA503.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
9	Evaluación práctica. Régimen transitorio. RA498, RA499.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
11	Evaluación prácticas. Régimen permanente. RA498, RA500.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
14	Evaluación práctica. Diseño directo. RA501.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2

16	Evaluación práctica. Controlador diseñado en espacio de estados. RA501.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	10%	0 / 10	CE2
17	Examen final de teoría. Solo para los alumnos que opten por evaluación con prueba final. RA497, RA498, RA499, RA500, RA501, RA503.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	04:00	30%	5 / 10	CE2

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final teoría (RA503, RA497, RA498, RA499, RA500, RA501).	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	30%	0 / 10	CE2
Examen final prácticas (RA497, RA498, RA499, RA500, RA501, RA503)	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	08:00	70%	0 / 10	CE2

## 7.2. Criterios de evaluación

### Evaluación **continua**.

1. La puntuación obtenida en cada uno de los ejercicios que contribuyen a la evaluación será proporcional al conjunto de preguntas correctamente contestadas, en el caso de la teoría, o al conjunto de apartados correctamente realizados, en el caso de las prácticas.
2. La nota final de la asignatura se obtiene sumando la nota de cada una de las pruebas realizadas, teniendo en consideración el peso declarado para las mismas en el apartado "Actividades de evaluación".
3. En el caso de **evaluación continua** se ofrecerá una segunda oportunidad para subir nota (salvo causas de fuerza mayor) para cada uno de las pruebas teóricas.
4. Para aprobar la asignatura es necesario obtener una nota global igual o mayor que 5.

### Evaluación **solo con prueba final**.

1. Los alumnos que opten por evaluación "**solo con prueba final**" podrán presentarse a una prueba de teoría

final que tendrá una puntuación, en la nota de la asignatura, igual a la de las pruebas de teoría que realizaron los alumnos que optaron por evaluación continua.

2. Los alumnos que opten por la modalidad de evaluación "**solo con prueba final**", deberán realizar todos los ejercicios prácticos durante el curso, junto con los alumnos de evaluación continua, por estar encuadrada la asignatura en el escenario descrito en el punto **14.2-b** de la **Normativa de evaluación del aprendizaje en la titulaciones de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007** (aprobada por Consejo de Gobierno en su sesión de 25 de mayo de 2017).
3. Para aprobar la asignatura es necesario obtener una nota global igual o mayor que 5.

#### Convocatoria **extraordinaria**.

1. Los alumnos que opten por examinarse en la convocatoria extraordinaria serán evaluados con 2 pruebas independientes.
  1. **Prueba de teoría.** Consistirá en un examen de conocimientos teóricos equivalentes en esfuerzo y extensión a todas las pruebas de teoría que realizan los alumnos de evaluación continua. Peso en la nota 30%.
  2. **Prueba práctica.** Consistirá en un examen en el que deberá afrontarse el desarrollo de unos ejercicios prácticos, equivalentes en esfuerzo y extensión a todas las pruebas prácticas realizadas por los alumnos de evaluación continua. Peso en la nota 70%.
2. Para aprobar la asignatura es necesario obtener una nota global igual o mayor que 5.

Los alumnos pueden solicitar evaluarse **solo con prueba final** hasta un día antes de la realización de la primera prueba de teoría de evaluación continua.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Ogata, K. (1990): Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall.	Bibliografía	
Ogata, K. (1995): Sistemas de Control en Tiempo Discreto. Prentice Hall.	Bibliografía	
Franklin, G.; Powell, J.; Workman, M. (1990): Digital Control of Dynamic Systems. Addison-Wesley.	Bibliografía	
Brogan, W. (1991): Moder Control Theory. Prentice Hall.	Bibliografía	
Astrom, K.; Wittenmark, B. (1988): Sistemas Controlados por Computador. Paraninfo.	Bibliografía	
Bolzern, P.; Scattolini, R.; Schiavoni, N. (2008): Fundamentos de control automático. McGraw-Hill.	Bibliografía	
Computadores de prácticas.	Equipamiento	Conjunto de computadores con la configuración adecuada para poder realizar prácticas de análisis, diseño y simulación de sistemas de control.
Moodle	Recursos web	Moodle de la asignatura alojado en el servidor Moodle de la UPM.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Los sistemas de control informáticos son en ocasiones la única alternativa razonable de control para muchos sistemas. Tener una buena preparación en la materia abre un extenso abanico de ámbitos en los que se puede intervenir y por ello es una alternativa interesante de desarrollo profesional.