

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

GUÍA DE APRENDIZAJE

SEÑALES ALEATORIAS

GRADO EN INGENIERIA DE TECNOLOGIAS Y SERVICIOS DE
TELECOMUNICACION

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	95000016	2	4.5 ECTS	OBLIGATORIA	PRIMER SEMESTRE

IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE
ESPAÑOL	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION

DEPARTAMENTO RESPONSABLE
SEÑALES, SISTEMAS Y RADIOCOMUNICACIONES

COORDINADOR/A
JUAN PARRAS MORAL - j.parras@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- ALGEBRA (95000001)
- CALCULO (95000002)
- ANALISIS VECTORIAL (95000007)

OTRAS RECOMENDACIONES

Esta asignatura debe cursarse simultáneamente con Señales y Sistemas. Se recomiendan conocimientos previos de MatLAB, ya sea cursando HCOV o realizando el curso de MatLAB que se halla en el Moodle de la asignatura.

RESULTADOS

RD-1393/2007

Resultados de aprendizaje

- RA53** Comprensión y dominio de caracterización y descripción de las señales deterministas y aleatorias y su aplicación a la codificación de voz, datos, audio y vídeo y a la caracterización de las perturbaciones y del ruido.
- RA540** Capacidad de aplicar las herramientas previamente adquiridas al análisis de señales presentes en sistemas de comunicaciones
- RA536** Conocimiento de herramientas matemáticas básicas de teoría de la probabilidad para analizar experimentos aleatorios.
- RA539** Conocimiento del efecto de aplicar transformaciones a señales aleatorias, con especial énfasis en el caso lineal.
- RA537** Conocimiento y dominio de conceptos sobre variables aleatorias y sus descripciones probabilísticas.
- RA538** Conocimientos sobre el modelado matemático de señales aleatorias.

Competencias

- CG1** Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio
- CECT5** Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital
- CG2** 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
- CG5** Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
- CECT4** Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones

DESCRIPCIÓN

La asignatura proporciona instrumentos básicos para el estudio de fenómenos aleatorios (esto es, de resultado no conocido "a priori"); tales fenómenos constituyen el modelo para la mayoría de los entornos en los que está presente algún tipo de intercambio de información (comunicación), un vehículo (señal eléctrica) portador de ésta o una perturbación de la misma. Su contenido se estructura en tres partes:

- En primer lugar se procede a un repaso general de la Teoría de la Probabilidad, introduciendo el concepto axiomático de probabilidad y sus teoremas fundamentales.
- A continuación, se establece la idea de Variable Aleatoria como función numérica de resultado de un experimento aleatorio y se procede a su caracterización probabilística para los casos uni y multidimensional.
- Por último, los Procesos Estocásticos aparecen como secuencias de variables aleatorias o familias de funciones temporales dependientes del resultado de un experimento aleatorio, cuyo estudio viene motivado por su aplicación al modelado de señales en comunicaciones. Se realiza especial énfasis en el filtrado lineal de procesos estacionarios.

TEMARIO

1. Teoría de la Probabilidad

- 1.1. Concepto de probabilidad. Espacio de probabilidad.
- 1.2. Probabilidad condicional y sucesos independientes. Teorema de la probabilidad total. Teorema de Bayes.
- 1.3. Experimentos compuestos. Ensayos de Bernoulli.

2. Variables Aleatorias Unidimensionales

- 2.1. Concepto de variable aleatoria. Clasificación.
- 2.2. Funciones de distribución y densidad.
- 2.3. Media y varianza. Momentos.
- 2.4. Función de una variable aleatoria.

3. Variables Aleatorias Multidimensionales

- 3.1. Concepto. Representación vectorial. Caso bidimensional.



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



- 3.2. Funciones de distribución y densidad.
- 3.3. Distribuciones condicionales. Independencia.
- 3.4. Esperanzas matemáticas. Momentos conjuntos. Incorrelación y ortogonalidad.
- 3.5. Funciones de variables aleatorias.
- 3.6. Secuencias de variables aleatorias. Teoremas asintóticos.

4. Señales y Secuencias Aleatorias

- 4.1. Concepto de proceso aleatorio. Clasificación.
- 4.2. Estadísticos y funciones de correlación.
- 4.3. Procesos gaussianos.
- 4.4. Estacionariedad.
- 4.5. Espectros de potencia. Ruido blanco.
- 4.6. Sistemas lineales con entradas aleatorias.

ACTIVIDADES

Actividad evaluable Actividad formativa

Presentación de la asignatura

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO
Presencial	01h 00m	Aula (en horario)	Normal

METODOLOGÍA

Lección Magistral



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



 Tema 1		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	04h 00m	Aula (en horario)	Normal															
TEMAS																		
T1																		
METODOLOGÍA																		
Lección Magistral																		

 Tema 2		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	08h 00m	Aula (en horario)	Normal															
METODOLOGÍA																		
Lección Magistral																		

 Tema 3		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	08h 00m	Aula (en horario)	Normal															
TEMAS																		
T3																		
METODOLOGÍA																		
Lección Magistral																		

 Tema 4		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	08h 00m	Aula (en horario)	Normal															
TEMAS																		
T4																		
METODOLOGÍA																		
Lección Magistral																		

Ejercicios		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	13h 00m	Aula (en horario)	Normal														
TEMAS																	
T1 T2 T3 T4																	
METODOLOGÍA																	
Clase de Problemas																	

Examen Parcial		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA												
Presencial	01h 00m	Aula de examen	Progresiva	30%	3.5												
TEMAS																	
T1 T2																	
METODOLOGÍA																	
Examen Escrito																	
RESULTADOS EVALUADOS																	
CG1 CG2 CG5 CECT4 CECT5																	

Entrega del Trabajo Individual		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA													
No presencial, sin docente	00h 01m	Progresiva	0%	0													
TEMAS																	
T1 T2																	
METODOLOGÍA																	
Trabajo Individual																	
RESULTADOS EVALUADOS																	
CG1 CG2 CG5 CECT4 CECT5																	



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Trabajo en grupo voluntario

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

No presencial, sin docente

DURACIÓN TOTAL

00h 01m

EVALUACIÓN

Progresiva

PONDERACIÓN

10%

NOTA MÍNIMA

5

TEMAS

T1

T2

T3

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

RESULTADOS EVALUADOS

CG1

CG2

CG5

CECT4

CECT5

Evaluación continua en clase

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

00h 01m

LUGAR

Aula (en horario)

EVALUACIÓN

Progresiva

PONDERACIÓN

10%

NOTA MÍNIMA

0

TEMAS

T1

T2

T3

T4

METODOLOGÍA

Otras técnicas

RESULTADOS EVALUADOS

CG1

CG2

CG5

CECT4

CECT5

Examen final: Teoría y Trabajo Individual

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

01h 00m

LUGAR

Aula de examen

EVALUACIÓN

Global, Extraordinaria

PONDERACIÓN

30%

NOTA MÍNIMA

3.5

TEMAS

T1

T2

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

CG1

CG2

CG5

CECT4

CECT5



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Examen final: Problemas

SEMANAS

123456789101112131415E

PRESENCIALIDADPresencial

DURACIÓN TOTAL02h 00m

LUGARAula de examen

EVALUACIÓNProgresiva, Global, Extraordinaria

PONDERACIÓN70%

NOTA MÍNIMA3.5

TEMAS

T1T2T3T4

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

CG1CG2CG5CECT4CECT5

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable

Actividad formativa

Semana con actividad

Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Presentación de la asignatura	.															
Tema 1	.	.														
Tema 2			.	.	.											
Tema 3						.		.	.	.						
Tema 4										.	.	.	.			
Ejercicios		.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.			
Examen Parcial							.									
Entrega del Trabajo Individual								.								
Trabajo en grupo voluntario												.				
Evaluación continua en clase	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.			
Examen final: Teoría y Trabajo Individual																.

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Examen final: Problemas																.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación en la convocatoria extraordinaria usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación de la convocatoria ordinaria (EX, ET, TG, etc.).

En todas las pruebas de evaluación, el alumno no podrá obtener una calificación inferior a 0. Asimismo, en todas las pruebas de evaluación se penalizarán los errores de escritura, incluyendo el uso incorrecto de la notación científica.

En todas las pruebas de evaluación, la revisión será exclusivamente presencial en la fecha y hora comunicadas.

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

La calificación de la asignatura se obtendrá del siguiente modo:

- 70% de la nota del examen de problemas + 30% de la nota de la prueba parcial + 10% de la nota del trabajo en grupo voluntario (requiere asistencia a clase) + 10% de la nota de la evaluación continua en clase (requiere asistencia a clase).

Prueba parcial

La prueba parcial evalúa tanto el Trabajo Individual como los Temas 1 y 2 e incluye:

- Examen parcial, a realizar durante la semana de parciales, sobre los contenidos del Tema 1, del Tema 2 y del Trabajo Individual. El peso del examen parcial es de un 30% sobre el total de la asignatura.
- Entrega del Trabajo Individual. Es obligatorio entregar una copia manuscrita escaneada del Trabajo Individual.

En caso de no llegar a la nota mínima de 3.5 puntos en el examen parcial y / o de no entregar el Trabajo Individual (o de que el archivo entregado sea ilegible), la nota de la prueba parcial será de 0.

Trabajo en grupo

El trabajo en grupo es voluntario y puede realizarse en dos modalidades diferentes (detallado más adelante). Requisitos para que el trabajo en grupo sume hasta un 10% a la calificación de la asignatura:

- Acordar, solicitando una tutoría al profesor, la temática del trabajo. Cualquier trabajo sobre una temática no acordada con el profesor se considerará inválido. Puesto que la entrega del Trabajo en grupo se realiza durante la semana 13, la fecha tope para acordar la tutoría inicial es la semana 9 de clase.
- Asistir, al menos, al 75% de las clases de la asignatura.
- Obtener una nota en el trabajo en grupo mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

Si el trabajo en grupo cumple los tres requisitos previos, sumará hasta un 10% a la calificación en la convocatoria ordinaria y extraordinaria si se diese el caso.

Evaluación continua en clase

El profesor realizará evaluación continua en clase durante toda la asignatura. Es requisito imprescindible asistir a clase para optar a esta parte de la nota, que sumará hasta un 10% a la calificación en la convocatoria ordinaria y extraordinaria si se diese el caso.

Examen final

El examen final se realizará en la fecha oficial del examen final de la asignatura y constará de varias partes:

- Examen de teoría: Un examen sobre los contenidos del Tema 1, del Tema 2 y del Trabajo Individual, que contará con un peso del 30% sobre el total de la asignatura. La nota de esta parte será la máxima entre la Prueba parcial y el Examen de teoría.
- Problema 1: Un examen que cubrirá los Temas 1, 2 y 3 de la asignatura, que contará con un peso del 30% sobre el total de la asignatura.
- Problema 2: Un examen que cubrirá el Tema 4, que contará con un peso del 40% sobre el total de la asignatura.

Las tres partes del examen final tienen una nota mínima para aprobar de 3,5 (sobre 10).

La asignatura se aprueba al superar las notas mínimas en todas las partes y obtener una nota final mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

Trabajo en grupo voluntario

El trabajo en grupo voluntario puede realizarse en dos modalidades diferentes:

- Elección de un tema relacionado con las comunicaciones. El profesor propondrá varios temas posibles a escoger a los grupos, que estarán formados por un máximo de 3 estudiantes. El trabajo se expondrá

públicamente en clase en la fecha que el profesor decida. Su evaluación se realizará a través de la documentación entregada y la exposición.

- Trabajo en grupo basado en un reto: Los alumnos podrán solicitar la realización del trabajo en grupo en la modalidad de reto en finanzas cuantitativas.

En caso de elegir el reto, la temática podrá incluir:

1. Cuantificación de patrones en los principales indicadores de los mercados.
2. Cuantificación de patrones en el valor de mercado.
3. Cuantificación de la estacionalidad en los principales indicadores de los mercados.
4. Cuantificación de los patrones intra- e interdía, volatilidad, etc.

Podrán solicitarlo, en grupo o individualmente, al profesor responsable del grupo. En este segundo caso, los profesores serán los encargados de formar los grupos. En ambos escenarios los grupos estarán formados por entre 3 y 5 estudiantes, y los estudiantes deberán cumplir los requisitos para poder desarrollar el trabajo en grupo. El enunciado del reto se publicará al inicio del curso, incluyendo un calendario que será acorde al del resto de la asignatura. El desarrollo del reto se dividirá en cuatro fases:

1. Investigación: estudio del enunciado del reto e investigación sobre posibles soluciones. Los alumnos deberán informarse y formular preguntas que les permitan comprender la dimensión del reto y aproximarse a una posible solución.
2. Desarrollo del reto: los alumnos desarrollarán en equipo pequeñas actividades conducentes a identificar la solución más adecuada al problema, todas ellas a propuesta del profesor a la vista de las etapas anteriores.
3. Comprobación y validación: se contrastarán los resultados obtenidos y la solución elegida en entornos reales.
4. Elaboración de la memoria y/o exposición: se compartirán los resultados a través de una memoria de trabajo y/o una exposición, que en su caso podrá realizarse a través de un video.

El seguimiento de las fases de la actividad se desarrollará en sesiones de tutoría con los profesores designados a tal fin. La evaluación se desarrollará de forma coordinada entre el/los profesores y los participantes en los equipos. Los docentes realizarán una evaluación continua del desempeño y de la consecución de los objetivos marcados durante el desarrollo del reto para cada estudiante. Asimismo, tras completar el reto, los estudiantes realizarán una autoevaluación y una evaluación cruzada. El peso del ejercicio en la calificación será el mismo del asignado al trabajo en grupo.

Independientemente de la modalidad, si el alumno ha acordado el trabajo con el profesor, ha asistido al menos al 75% de las clases de la asignatura y la nota del trabajo en grupo es mayor o igual que 5 puntos, el 10% de dicha nota se añadirá a la calificación de la asignatura.

Fraude académico:

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 acuerdo con la normativa de evaluación de la UPM, ante la comprobación de fraude académico en una prueba de evaluación, se calificará con la puntuación de cero al estudiante o estudiantes implicados en la calificación final de la convocatoria correspondiente a la celebración de la prueba (ordinaria o extraordinaria).

Actividades

- Examen Parcial (30%)
- Entrega del Trabajo Individual
- Trabajo en grupo voluntario (10%)
- Evaluación continua en clase (10%)
- Examen final: Problemas (70%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

El examen final se realizará en la fecha oficial del examen final de la asignatura y constará de varias partes:

- Examen de teoría: Un examen sobre los contenidos del Tema 1, del Tema 2 y del Trabajo Individual, que contará con un peso del 30% sobre el total de la asignatura. La nota de esta parte será la máxima entre la Prueba parcial y el Examen de teoría.
- Problema 1: Un examen que cubrirá los Temas 1, 2 y 3 de la asignatura, que contará con un peso del 30% sobre el total de la asignatura.
- Problema 2: Un examen que cubrirá el Tema 4, que contará con un peso del 40% sobre el total de la asignatura.

Las tres partes del examen final tienen una nota mínima para aprobar de 3,5 (sobre 10).

La asignatura se aprueba al superar las notas mínimas en todas las partes y obtener una nota final mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

Fraude académico:

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 acuerdo con la normativa de evaluación de la UPM, ante la comprobación de fraude académico en una prueba de evaluación, se calificará con la puntuación de cero al estudiante o estudiantes implicados en la calificación final de la convocatoria correspondiente a la celebración de la prueba (ordinaria o extraordinaria).

Actividades

- Examen final: Teoría y Trabajo Individual (30%)

- Examen final: Problemas (70%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

El examen final se realizará en la fecha oficial del examen final de la asignatura y constará de varias partes:

- Examen de teoría: Un examen sobre los contenidos del Tema 1, del Tema 2 y del Trabajo Individual, que contará con un peso del 30% sobre el total de la asignatura. La nota de esta parte será la máxima entre la Prueba parcial y el Examen de teoría.
- Problema 1: Un examen que cubrirá los Temas 1, 2 y 3 de la asignatura, que contará con un peso del 30% sobre el total de la asignatura.
- Problema 2: Un examen que cubrirá el Tema 4, que contará con un peso del 40% sobre el total de la asignatura.

Las tres partes del examen final tienen una nota mínima para aprobar de 3,5 (sobre 10).

La asignatura se aprueba al superar las notas mínimas en todas las partes y obtener una nota final mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

Fraude académico:

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 acuerdo con la normativa de evaluación de la UPM, ante la comprobación de fraude académico en una prueba de evaluación, se calificará con la puntuación de cero al estudiante o estudiantes implicados en la calificación final de la convocatoria correspondiente a la celebración de la prueba (ordinaria o extraordinaria).

Actividades

- Examen final: Teoría y Trabajo Individual (30%)
- Examen final: Problemas (70%)

RECURSOS

Bibliografía

Principios de Probabilidad, Variables Aleatorias y Señales Aleatorias, 4ª ed. Peyton Z. Peebles, Jr. McGraw-Hill, 2006.

Texto.

Probability, Random Variables, and Random Processes, 4ª ed. Hwei Hsu. McGraw-Hill, 2019.

Problemas.

Intuitive Probability and Random Processes Using MATLAB. Steven M. Kay. Springer, 2006.
(<http://www.ele.uri.edu/faculty/kay.html>).

Consulta.

Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 4ª ed. A. Papoulis y S. U. Pillai. McGraw-Hill, 2002.

Consulta.

Probability and Random Processes, 2ª ed. Scott L. Miller y Donald Childers. Elsevier, 2012.
(<https://ebookcentral.proquest.com/lib/upmes/reader.action?docID=858694>).

Consulta.

Probability and Stochastic Processes: A Friendly Introduction for Electrical and Computer Engineers, 3rd Edition. R. D. Yates y D. J. Goodman. Wiley, 2014. (<https://learning.oreilly.com/library/view/probability-and-stochastic/9781118324561>).

Consulta.

Probability, Statistics, and Random Processes for Electrical Engineering, 3ª ed. Alberto Leon-Garcia. Prentice Hall, 2008.

Consulta.

Web

Breve Introducción a MATLAB.

Disponible en Moodle.

Vídeos de SALT.

Disponible en Moodle.

Demos de SALT.

Disponible en Moodle.

Transparencias de SALT.

Disponible en Moodle.

Curso introductorio de MATLAB.

Disponible en Moodle.

Cuestionarios de estudio.

Disponible en Moodle.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Educación de calidad



Industria, innovación e
infraestructura

OTRA INFORMACIÓN

Esta asignatura supone un reto para los alumnos, ya que deben asimilar y manejar con soltura conceptos complejos relacionados con la Teoría de la Probabilidad, Variable Aleatoria y Procesos Estocásticos.

Los profesores de la asignatura somos conscientes de la dificultad que supone para los alumnos. Por ello, recomendamos encarecidamente la asistencia a clase para abordar con éxito la asignatura.

La asignatura se relaciona con los ODS 4 y 9:

- Subobjetivo 4.4: Aumentar el número de personas que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo y el emprendimiento.
- Subobjetivo 9.5: Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales.