



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

95000016 - Señales Aleatorias

PLAN DE ESTUDIOS

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

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - 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.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	15

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000016 - Señales Aleatorias
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Tercer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Inglés/Castellano
Titulación	09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jose Luis Blanco Murillo	C-329	jl.blanco@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico
Eduardo Lopez Gonzalo	C-330	eduardo.lopez@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico

Mariano Garcia Otero (Coordinador/a)	C-327	mariano.garciao@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico
Juan Parras Moral	C-303	j.parras@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico

* 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
- Calculo
- Analisis Vectorial

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Esta asignatura debe cursarse simultáneamente con Señales y Sistemas.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CECT4 - Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones

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

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

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

4.2. Resultados del aprendizaje

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.

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.

RA538 - Conocimientos sobre el modelado matemático de señales aleatorias.

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.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

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.

This course provides basic tools for the study of random experiments, in which the outcome of any given trial is not known "a priori"; random experiments play a fundamental role to model the concept of information exchange (communication), and also to study both information-carrying signals and noises in communication systems. The contents of the course are structured in three parts:

- First, we undertake a general review of the Probability Theory, introducing the axiomatic concept of probability and presenting some key theorems of this theory.
- Next, the concept of Random Variable is defined as a numerical function of the outcome of a random experiment and probabilistic descriptions are obtained for the cases of one and multiple random variables.
- Finally, Stochastic Processes are defined as sequences of random variables or families of time functions depending on the outcomes of a random experiment; stochastic processes are used as models of communication signals. Special emphasis is placed on the topic of linear filtering of stationary processes.

Syllabus:

1. Probability Theory
2. One-dimensional Random Variables
3. Multidimensional Random Variables
4. Random Signals and Sequences

5.2. Temario de la asignatura

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.
 - 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.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Presentación de la asignatura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Temas 1.2 y 1.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
3	<p>Tema 2.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
4	<p>Tema 2.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
5	<p>Tema 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
6	<p>Tema 2.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

7	<p>Temas 3.1 y 3.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
8	<p>Temas 3.3 y 3.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Trabajo individual obligatorio TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p>
9	<p>Tema 3.5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
10	<p>Tema 3.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p>Tema 4.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p>Temas 4.2 y 4.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Trabajo en grupo voluntario TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p>
13	<p>Temas 4.4 y 4.5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p>Tema 4.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

15				
16				
17				<p>Examen final. Tiene dos partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una. Parte 1: Temas 1, 2, 3. Parte 2: Tema 4 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p> <p>Trabajo individual obligatorio TI: Técnica del tipo Trabajo Individual 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.

* 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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Trabajo individual obligatorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1
12	Trabajo en grupo voluntario	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1
17	Examen final. Tiene dos partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una. Parte 1: Temas 1, 2, 3. Parte 2: Tema 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final. Tiene dos partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una. Parte 1: Temas 1, 2, 3. Parte 2: Tema 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1
17	Trabajo individual obligatorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final. Tiene dos partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una. Parte 1: Temas 1, 2, 3. Parte 2: Tema 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1
Trabajo individual obligatorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1

7.2. Criterios de evaluación

Evaluación progresiva:

La calificación de la asignatura se obtendrá del siguiente modo:

- 90% de la nota del examen + 10% de la nota del trabajo individual obligatorio + 10% de la nota del trabajo en grupo voluntario (requiere asistencia a clase).

El trabajo individual es obligatorio, se entregará antes del final de la 8ª semana del curso y se evaluará a través de la documentación entregada.

El trabajo en grupo es voluntario, se entregará antes del final de la 12ª semana del curso y 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. Si el alumno 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.

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

- La primera parte cubrirá los temas 1, 2 y 3.
- La segunda parte cubrirá el tema 4.

Requisitos para aprobar:

- Entregar el trabajo individual y que sea calificado con al menos 3,5 puntos (sobre 10).
- Obtener al menos 3,5 puntos (sobre 10) en cada parte del examen.
- Obtener una nota final mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

Prueba de evaluación global:

Los alumnos que no superen la evaluación progresiva pueden optar por una prueba de evaluación global cuya calificación se obtiene del siguiente modo:

- 90% de la nota del examen final + 10% de la nota del trabajo individual.

El trabajo individual se entregará antes de la fecha oficial del examen final de la asignatura y se evaluará a través de la documentación entregada.

El examen final constará de dos partes:

- La primera parte cubrirá los temas 1, 2 y 3.
- La segunda parte cubrirá el tema 4.

Requisitos para aprobar:

- Entregar el trabajo individual y que sea calificado con al menos 3,5 puntos (sobre 10).
- Obtener al menos 3,5 puntos (sobre 10) en cada parte del examen final.
- Obtener una nota final mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

Convocatoria extraordinaria:

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.).

Se emplearán los mismos criterios que en la prueba de evaluación global de la convocatoria ordinaria.

No es necesario volver a presentar el trabajo individual si obtuvo una calificación de al menos 3,5 puntos (sobre 10) en la convocatoria ordinaria.

Progressive assessment:

The final grade of the course will be computed as:

- 90% of the exam mark + 10% of the compulsory individual assignment mark + 10% of the optional group project mark (requires class attendance).

The individual assignment is compulsory, it is due on the 8th week of the course and its evaluation will take into account the submitted documentation.

The group project is optional, it is due on the 12th week of the course and it will be presented in class on the date that the teacher decides. Its evaluation will take into account the submitted documentation and the public presentation. If the student attended at least 75% of the classes and the project mark is at least 5 points, 10% of this mark will be added to the final grade of the course.

The exam will take place on the official date of the final exam of the course and it will consist of two parts:

- First part covers topics 1, 2 and 3.
- Second part covers topic 4.

Requirements to pass the course:

- Submit the individual assignment and get a minimum mark of 3.5 points (out of 10).
- Achieve a minimum mark of 3.5 points (out of 10) in every part of the exam.
- Achieve a minimum final grade of 5 points (out of 10).

Global assessment test:

Students who do not pass the progressive assessment may opt for a global assessment test whose grade is obtained as:

- 90% of the final exam mark + 10% of the individual assignment mark.

The individual assignment must be submitted before the official date of the final exam and its evaluation will take into account the submitted documentation.

The final exam will consist of two parts:

- First part covers topics 1, 2 and 3.

- Second part covers topic 4.

Requirements to pass the course:

- Submit the individual assignment and achieve a minimum mark of 3.5 points (out of 10).
- Achieve a minimum mark of 3.5 points (out of 10) in every part of the final exam.
- Achieve a minimum final grade of 5 points (out of 10).

Extraordinary examination:

Evaluation will assess if students have acquired all the competences of the subject. Thus, evaluation through extraordinary examination will be carried out considering all the evaluation techniques used in ordinary examination (EX, ET, TG, etc.).

The same criteria will be used as in the global assessment test.

It is not necessary to resubmit the individual assignment if it previously achieved a minimum mark of 3.5 points (out of 10).

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Principios de Probabilidad, Variables Aleatorias y Señales Aleatorias, 4ª ed. Peyton Z. Peebles, Jr. McGraw-Hill, 2006.	Bibliografía	Texto
Probability, Random Variables, and Random Processes, 4ª ed. Hwei Hsu. McGraw-Hill, 2019.	Bibliografía	Problemas

Intuitive Probability and Random Processes Using MATLAB. Steven M. Kay. Springer, 2006. (http://www.ele.uri.edu/faculty/kay.html)	Bibliografía	Consulta
Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 4ª ed. A. Papoulis y S. U. Pillai. McGraw-Hill, 2002.	Bibliografía	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)	Bibliografía	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)	Bibliografía	Consulta
Probability, Statistics, and Random Processes for Electrical Engineering, 3ª ed. Alberto Leon-Garcia. Prentice Hall, 2008.	Bibliografía	Consulta

9. Otra información

9.1. Otra información sobre 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.