



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del  
Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**145005304 - Sistemas De Radiofrecuencia**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - 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.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	9

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	145005304 - Sistemas de Radiofrecuencia
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Jose Ignacio Izpura Torres (Coordinador/a)	A-259	joseignacio.izpura@upm.es	L - 11:00 - 12:00 X - 18:15 - 19:15 V - 11:00 - 12:00

\* 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

- Física II
- Electrónica Y Automática
- Ingeniería Eléctrica

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

- Manejo fluido de números complejos.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE71 - Conocimiento aplicado de: Transmisores y receptores; Líneas de transmisión y sistemas radiantes de señales para la navegación aérea; Sistemas de navegación; Instalaciones eléctricas en el sector tierra y sector aire; Mecánica del Vuelo; Cartografía; Cosmografía; Meteorología; Distribución, gestión y economía del transporte aéreo.

CG3 - Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos

CG9 - Razonamiento crítico y capacidad de asociación que posibiliten el aprendizaje continuo

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA119 - Comprensión, aplicación, análisis y síntesis de las Líneas de Transmisión, Guías de Ondas, Fibra Óptica, Antenas y Redes de antenas, aplicadas a los dispositivos que forman parte de los equipos que conforman el Sistema de Navegación Aérea.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

En esta asignatura se estudian los elementos de radiofrecuencia que conforman los sistemas de radiofrecuencia utilizados en el entorno aeronáutico, tanto en sistemas de comunicaciones como de vigilancia y ayudas a la navegación. Tras considerar la propagación de ondas electromagnéticas planas en espacio libre de materia se pasa al estudio de la propagación de la energía electromagnética en medios confinados como líneas de transmisión y guías de ondas. A continuación se aborda el estudio de los dispositivos llamados antenas, que se usan para la radiación de energía electromagnética hacia el espacio vacío o el aire y para la recogida eficiente de tal radiación desde el aire o del espacio vacío. La aplicación de todo lo anterior permite entender los susodichos sistemas de radiofrecuencia de interés aeronáutico.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LOS SISTEMAS DE RADIOFRECUENCIA.

1.1. Generalidades. 1.2. Esquemas de bloques de dispositivos de radioemisión y radio recepción. 1.3. Transmisión de energía electromagnética. 1.4. Rangos de frecuencias. 1.5. Tensión, corriente y potencias eléctricas. 1.6. Ley de Ohm compleja.

#### 2. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS: NATURALEZA Y PROPAGACIÓN

2.1. Introducción. 2.1.1. Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas (EM). 2.1.2. Ec. de ondas EM en el dominio del tiempo y de la frecuencia. 2.1.3. Propagación de energía EM como onda plana TEM. 2.2. Teorema de Poynting. 2.2.2. Condiciones de contorno, cambio de medio, reflexión y transmisión. 2.2.3. Propagación en medios disipativos. 2.2.4. Propagación junto a la superficie de la Tierra.

#### 3. LINEAS DE TRANSMISION.

3.1. Introducción. 3.1.2. Tipos de líneas y parámetros básicos. 3.1.3. Ecuaciones en el dominio del tiempo y de la frecuencia. 3.1.4. Solución de las ecuaciones en líneas sin pérdidas. 3.1.5. Solución en líneas con pérdidas.

3.2. Constante de propagación e Impedancias de línea. 3.2.2. Coeficientes de reflexión y transmisión. 3.2.3.

Ondas estacionarias. ROE. 3.2.4. Diagrama de Smith. Fundamento y manejo. 3.2.5. Adaptación de impedancias mediante trozos de línea ("stubs").

#### 4. GUIAS DE ONDA

4.1. Introducción. Guíaondas rectangulares. 4.2. Ec. en coordenadas rectangulares. 4.3. Modos TM y TE en guías rectangulares. 4.4. Potencia transmitida y perdida. 4.5 Cavidades resonantes, factor de calidad Q. 4.6 Guíaonda dieléctrica: fibra óptica.

#### 5. ANTENAS

5.1. Introducción. 5.2. Dipolo infinitesimal. 5.3. Campos cercano y lejano, inducido y radiado. 5.4. Diagramas de radiación. 5.5. Ganancia, directividad y eficiencia. 5.6. Polarización. 5.7. Teorema de reciprocidad. 5.8. Efecto del suelo.

#### 6. TIPOS Y REDES DE ANTENAS

6.1. Introducción. 6.2. Dipolos de media onda, una onda y  $3/2$  de onda. 6.3. Antenas mono polo. 6.4. Antenas parabólicas. 6.5. Antenas ranura: campos radiados, impedancia, directividad y apertura. 6.6. Sistemas de dos antenas. 6.7. Sistemas de n antenas.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Explicación del guión de las prácticas a realizar durante el curso</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		
3	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Primer ejercicio de evaluación progresiva.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:30
8	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Realización y entrega del informe de prácticas de Laboratorio</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 04:00
12	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

13	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
16				<b>Segundo ejercicio de evaluación progresiva.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:30  <b>Examen Ordinario de la Asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 03:00
17				<b>Examen Extraordinario de la Asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 03:00

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
7	Primer ejercicio de evaluación progresiva.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	40%	2.5 / 10	CG3 CG9 CE71
11	Realización y entrega del informe de prácticas de Laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	04:00	10%	/ 10	
16	Segundo ejercicio de evaluación progresiva.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	50%	2.5 / 10	CE71 CG3 CG9

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Examen Ordinario de la Asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG3 CG9 CE71
17	Examen Extraordinario de la Asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE71 CG3 CG9

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

La asignatura puede ser aprobada de varias formas, en las que la más habitual es por evaluación progresiva. En este caso la calificación obtenida proviene en un 40% del Primer ejercicio de evaluación progresiva (PEI) en un 10% del Informe de Prácticas entregado en la semana 11 y el 50% restante del segundo ejercicio de evaluación progresiva. En este caso la nota resultante es una media ponderada por tres factores: 40%, 10% y 50% de modo que alguien que obtuviese (7/10, 8/10 y 4/10) en la PEI, en Prácticas y en la Parte A del examen Ordinario (que sería como una PEI2 de la asignatura) tendría una nota global de  $7 \times 0,4 + 8 \times 0,1 + 4 \times 0,5 = 5,6$  sobre 10.

La segunda forma de aprobarla es por Evaluación sólo por Prueba Final en convocatoria ordinaria. Este es un examen que hay que realizar en dos partes de igual peso (50%) porque la parte de este examen que se realiza en primer lugar (Parte A) sirve como el segundo ejercicio de evaluación progresiva para los alumnos que eligen aquel tipo de evaluación. La segunda parte de este examen (Parte B) es un ejercicio del mismo tipo (examen escrito) que recoge las partes de la asignatura no cubiertas en la parte A, incluyendo por tanto los aspectos de aparatos de Laboratorio y de las medidas y teoría utilizadas en prácticas de laboratorio que se realicen durante el curso. Hay que dar por tanto una calificación que proviene de dos partes de la asignatura y queremos evitar la tentación de preparar sólo una de las partes y descuidar la otra. Se trata de que se preparen las partes A y B de la forma más equilibrada posible y ello sugiere poner una nota mínima en cada parte que sea bastante más alta que la de 2,5/10 utilizada en evaluación progresiva. Para conseguir el efecto que se busca y no tener que inventar ninguna nueva nota mínima, la calificación en Evaluación sólo por Prueba final en convocatoria Ordinaria será la MEDIA GEOMÉTRICA de las notas obtenidas en las partes A y B del examen ordinario. Así, quien obtenga 5/10 y 5/10 tendrá calificación de 5/10 y quien decida preparar sólo una parte de la asignatura para obtener 10/10 en ella se autoimpondrá para la otra parte la misma nota mínima de 2.5/10 que se tiene en evaluación progresiva.

La tercera forma de superar la asignatura es por Evaluación sólo por Prueba Final en convocatoria extraordinaria mediante un examen escrito único que versa sobre todos los aspectos de la asignatura: teóricos, prácticos de aplicación de la teoría incluyendo los relacionados con el Laboratorio de la asignatura. Este es un examen único en el que no hay partes diferenciadas y sólo hace falta obtener 5/10 para aprobar la asignatura de esta forma.

Respecto a la Actividad presencial en el Laboratorio hasta llegar a la elaboración del informe de practicas que se entrega en la semana 11, las cuatro horas propuestas son el valor medio estimado del tiempo que se precisa en el Laboratorio para hacer las medidas necesarias. De esas cuatro horas, una o dos horas irían destinadas a recordar el manejo de la instrumentación y las restantes a realizar las medidas que permiten tomar los datos necesarios para elaborar el informe de prácticas que se entrega en la semana 11. Sin embargo, la filosofía de este Laboratorio no es que el alumno asista al laboratorio en semanas o días concretos, sino que: ENTRE LAS SEMANAS 3 y 11 (ambas inclusive) y a su total conveniencia dentro del horario del laboratorio (mañanas y tardes), busque las horas que desee para realizar las susodichas prácticas con arreglo al guion que se le propone

en clase en la segunda semana.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
E. MANAEV. "Fundamentos de la radioelectrónica". Ed. Mir Moscu. (1987)	Bibliografía	Sirve como introducción a los sistemas RF.
SAMUEL Y. LIAO. "Engineering applications of electromagnetic theory". Ed. West publishing company, 1988.	Bibliografía	Libro bastante completo para la parte de líneas de transmisión, guías de onda y antenas (incluye fibras ópticas).
F.A. BENSON Y T.M.BENSON. "Fields waves and transmission lines". Ed. Chapman & Hall, 1991	Bibliografía	Práctico y conciso.
ALBERT A. SMITH. "Radio Frequency Principles and Applications". IEEE Press, New York (1998).	Bibliografía	Conciso y reciente.
JOHN D. KRAUS. "Antennas". McGraw-Hill, 1988.	Bibliografía	Muy amplio y específico sobre antenas.
Plataforma MOODLE de la asignatura.	Recursos web	En esta plataforma se incluyen documentos docentes básicos de la asignatura (apuntes), enlaces, test de autoevaluación, ejercicios propuestos y resueltos, etc. y se utiliza como método de comunicación de avisos y solución de dudas.
Laboratorio de Electrónica	Equipamiento	En el laboratorio los alumnos dispondrán del material e instrumentos necesarios para realizar las prácticas de la asignatura, así como de asesoramiento para su manejo.