



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería  
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

2020/21 - 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.....	8

## 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 - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 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)	Laboratorio	joseignacio.izpura@upm.es	L - 10:00 - 12:00 X - 10:00 - 12:00 V - 10:00 - 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

- Electronica Y Automatica
- Ingenieria Electrica
- Fisica li

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

- Manejo fluido de números complejos y de la transformada de Fourier.

## 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 dispositivos 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 en espacio libre 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 pasa al estudio de los dispositivos llamados antenas, que se usan para la radiación de energía electromagnética hacia el vacío o el aire y para la recogida eficiente de tal radiación desde el aire o el 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. Sistema de unidades MKS y constantes físicas.

#### 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 presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Clases teóricas y prácticas del Tema 1 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 1 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	Clases teóricas y prácticas del Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Explicación del guión de las prácticas a realizar durante el curso Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Clases teóricas y prácticas del Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3	Clases teóricas y prácticas del Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Medidas electrónicas en Laboratorio Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Clases teóricas y prácticas del Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	Clases teóricas y prácticas del Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5	Clases teóricas y prácticas del Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Primer ejercicio de evaluación continua. EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
6	Clases teóricas y prácticas del Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	Clases teóricas y prácticas del Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
8	Clases teóricas y prácticas del Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
9	Clases teóricas y prácticas del Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
10	Clases teóricas y prácticas del Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
11	Clases teóricas y prácticas del Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Medidas electrónicas en Laboratorio Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Clases teóricas y prácticas del Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
12	Clases teóricas y prácticas del Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Clases teóricas y prácticas del Tema 5 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		<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		<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: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Elaboración del informe de prácticas presenciales.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	<b>Clases teóricas y prácticas del Tema 6</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
16				<b>Segundo ejercicio de evaluación continua.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua No presencial Duración: 02:00  <b>Examen Ordinario de la Asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 03:30
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.

\* 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
5	Primer ejercicio de evaluación continua.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	01:00	50%	3 / 10	CG3 CG9 CE71
16	Segundo ejercicio de evaluación continua.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	02:00	50%	3 / 10	CG3 CG9 CE71

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

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	No Presencial	03:30	100%	5 / 10	CG3 CG9 CE71

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

La calificación obtenida en evaluación continua proviene de: 40% del Primer ejercicio de evaluación continua, 10% del Informe de Prácticas entregado en la semana 12 y 50% del segundo ejercicio de evaluación continua.

La evaluación sólo prueba final en convocatoria ordinaria es un examen que consta de dos partes cuyo peso es el mismo (50%). La primera parte es el segundo ejercicio de evaluación continua y la segunda parte es un ejercicio del mismo tipo (examen escrito) que se realiza a continuación y que trata sobre las partes de la asignatura no cubiertas en la parte precedente, incluyendo por tanto los aspectos de aparatos de Laboratorio y de las medidas y teoría utilizadas en prácticas de laboratorio que se realizan en la asignatura durante el curso.

Respecto a la Actividad presencial en el Laboratorio que aparece en el cronograma de la asignatura en las semanas 3 y 11 hay que explicar que las cuatro horas propuestas son el valor medio estimado del tiempo que se precisa pasar en el Laboratorio para hacer las medidas correspondientes. De esas cuatro horas, una o dos horas irían destinadas a recordar el manejo del generador de funciones y del osciloscopio y las restantes a realizar las medidas propuestas que permiten tomar los datos necesarios para elaborar el informe de prácticas que se entrega en la semana 12. Sin embargo, la filosofía de este Laboratorio no es que el alumno asista al laboratorio en esas semanas 3 y 11, 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 guión de prácticas que se le propone en clase en la semana 2 (ver cronograma, Otra actividad presencial).

## 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.
RAFAEL SANJURJO. "Electromagnetismo". McGraw-Hill, 1988.	Bibliografía	Sirve como repaso de aspectos de electromagnetismo que podrían conocerse de Física II y que hay que saber para abordar la Ec. de Maxwell y las ondas electromagnéticas.

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, 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.