

**ANX-PR/CL/001-01**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Radiocomunicaciones

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2016-17 - Primer semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Radiocomunicaciones
<b>Titulación</b>	09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Semestre/s de impartición</b>	Séptimo semestre
<b>Módulos</b>	Mod tecnol esp sistemas telecomunicacion
<b>Materias</b>	Tecno esp sistemas telecomunicacion
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	95000041
<b>Nombre en inglés</b>	Radiocommunications

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	6	<b>Curso</b>	4
<b>Curso Académico</b>	2016-17	<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Previas Requeridas

El plan de estudios Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

Señales aleatorias

Teoría de la comunicación

Radiación y propagación

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

Antenas y propagación de ondas planas



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación  
**PROCESO DE COORDINACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS**

ANX-PR/CL/001-01: GUÍA DE APRENDIZAJE



Código PR/CL/001

Distribuciones estadísticas

Modulación

## Competencias

---

CE-ST1 - Capacidad para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión

CE-ST2 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión

CE-ST4 - Capacidad para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación

CE-ST5 - Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias

CG10 - Creatividad

CG11 - Liderazgo de equipos

CG12 - Organización y planificación

CG6 - Uso de la lengua inglesa

CG7 - Trabajo en equipo

CG8 - Comunicación oral y escrita

CG9 - Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones

## Resultados de Aprendizaje

---

RA66 - Conocimientos para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos

RA65 - Conocimientos para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación.

RA601 - Ser capaz de diseñar un sistema de radiocomunicaciones utilizando los conceptos fundamentales de caracterización del enlace, propagación y normativa.

RA602 - Conocer los principales estándares técnicos y tecnologías utilizados en enlaces del servicio fijo, sistemas de radiodifusión y redes inalámbricas de acceso, así como fundamentos de la tecnología de comunicaciones móviles.

RA598 - Entender los conceptos fundamentales sobre los elementos que conforman un enlace radio: caracterización de antenas, balance energético, ruido e interferencia, así como los órdenes de magnitud de los principales parámetros técnicos.

RA597 - Conocer los fundamentos de los sistemas de radiocomunicaciones, el lugar que ocupan dentro de las redes de telecomunicación, los servicios que proporcionan y la normativa nacional e internacional que se les aplica.

RA599 - Conocer los diferentes aspectos que afectan a la propagación de ondas de radio y ser capaz de cuantificar su efecto, así como su influencia sobre el funcionamiento y el diseño de los sistemas.

RA603 - Conocer el funcionamiento general de herramientas informáticas de planificación radio, y tener destreza en el manejo de alguna.

RA67 - Conocimiento de los procedimientos de gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias.

RA63 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

RA600 - Ser capaz de evaluar las prestaciones de cobertura y de calidad de un sistema de radiocomunicaciones, y de relacionarlas con objetivos de calidad y disponibilidad de los servicios que prestan.

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Mendo Tomas, Luis	C-425	luis.mendo@upm.es	M - 12:00 - 13:00 X - 12:00 - 13:00 J - 12:00 - 13:00 Preferente (sin cita previa) el martes de 12 a 13 horas
Riera Salis, Jose Manuel ( <b>Coordinador/a</b> )	C-430	jm.riera@upm.es	M - 17:00 - 18:00 X - 10:00 - 12:00 Horario preferente (sin cita previa): Miércoles de 10 a 11 h.

**Nota.-** Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## Descripción de la Asignatura

---

En esta asignatura se proporciona al alumno una formación en Radiocomunicaciones, que incluye diferentes aspectos. En los primeros temas se tratan aspectos generales, incluyendo la regulación y utilización del espectro radioeléctrico, los cálculos necesarios para el diseño de un enlace radioeléctrico, y un repaso de los modelos de propagación de uso más general. En la segunda parte de la asignatura se presentan los sistemas de radiocomunicaciones más relevantes en relación al servicio fijo, las redes inalámbricas, las redes por satélite y el servicio de radiodifusión. La asignatura tiene una orientación práctica, enfocada a proporcionar metodologías y procedimientos que pueden aplicarse en la realización de proyectos de sistemas de radiocomunicación. Para reforzar esta orientación, se realizan algunas prácticas y un breve proyecto de red de acceso radio, utilizando herramientas comerciales de planificación radioeléctrica.

## Temario

---

1. 1. Introducción a los sistemas de radiocomunicaciones.
  - 1.1. Conceptos básicos sobre sistemas de radiocomunicación.
  - 1.2. Normativa nacional e internacional
2. Fundamentos técnicos de los enlaces de radiocomunicaciones.
  - 2.1. Caracterización de los elementos radiantes
  - 2.2. Modelo energético.
  - 2.3. Variabilidad. Distribuciones estadísticas aplicadas en radiocomunicaciones.
3. Propagación de ondas radioeléctricas
  - 3.1. Fundamentos de radiopropagación.
  - 3.2. Efectos del suelo.
  - 3.3. Difracción
  - 3.4. Atenuación por gases, lluvia y vegetación
  - 3.5. Desvanecimiento
4. Radioenlaces terrenales del servicio fijo
  - 4.1. Generalidades
  - 4.2. Parámetros técnicos.
  - 4.3. Calidad y disponibilidad. Proyecto de radioenlaces.
  - 4.4. Técnicas de mitigación. Diversidad.
  - 4.5. Interferencias
5. Redes inalámbricas de acceso fijo.
  - 5.1. Conceptos básicos de redes inalámbricas. Transmisión OFDM.
  - 5.2. Estándar IEEE 802.11. Tecnología Wi-Fi
  - 5.3. Estándar IEEE 802.16. Tecnología WiMAX.

6. Fundamentos técnicos de las comunicaciones por satélite.
  - 6.1. Aspectos generales. Servicios, bandas de frecuencias y órbitas.
  - 6.2. Geometría de la órbita geoestacionaria.
  - 6.3. Balance de potencia en enlaces del servicio fijo por satélite.
7. Sistemas de radiodifusión.
  - 7.1. Panorámica general. Bandas de frecuencias y sistemas.
  - 7.2. Sistemas analógicos en LF, MF y HF. Radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en VHF.
  - 7.3. Redes de frecuencia única con OFDM.
  - 7.4. Sistema DVB-T. Planificación de DVB-T.
  - 7.5. Sistema DVB-S.
  - 7.6. Evolución de los sistemas DVB: DVB-H, DVB-T2, DVB-S2.
8. Prácticas de laboratorio
  - 8.1. Introducción a las herramientas de planificación radioeléctrica.
  - 8.2. Estudio de cobertura radioeléctrica y planificación de frecuencias.
9. Proyecto de red de acceso fijo



## Cronograma

**Horas totales:** 59 horas

**Horas presenciales:** 56 horas (35.9%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
115%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<p><b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 2	<p><b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Problemas.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 3	<p><b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Problemas.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 4	<p><b>Tema 2. Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 5	<p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3. Problemas.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 6	<p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3. Problemas.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

Semana 7	<p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 8	<p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Prácticas de laboratorio.</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación de los temas 1, 2 y 3.</b> Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 9	<p><b>Tema 4. Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Elaboración de las memorias de prácticas</b> Duración: 01:00 TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Actividad no presencial</p> <p><b>Elaboración de las memorias de prácticas</b> Duración: 01:00 TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación sólo prueba final Actividad no presencial</p>
Semana 10	<p><b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 11	<p><b>Temas 5 y 6. Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Prácticas de laboratorio.</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 12	<p><b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 7. Problemas.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Elaboración de las memorias de prácticas</b> Duración: 01:00 TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Actividad no presencial</p> <p><b>Elaboración de las memorias de prácticas</b> Duración: 01:00 TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación sólo prueba final Actividad no presencial</p>

Semana 13				<p><b>Evaluación de los temas 4, 5, 6 y 7.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 14				
Semana 15				<p><b>Evaluación del proyecto en equipo</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad no presencial</p> <p><b>Evaluación del proyecto en equipo</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación sólo prueba final</p> <p>Actividad no presencial</p>
Semana 16				
Semana 17				<p><b>Examen final</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Evaluación de los temas 1, 2 y 3.	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	37.5%	4 / 10	CG9, CG8, CE-ST1, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5
9	Elaboración de las memorias de prácticas	01:00	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No	5%	4 / 10	CG9, CG7, CG12, CG8, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5
9	Elaboración de las memorias de prácticas	01:00	Evaluación sólo prueba final	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No	2.5%	4 / 10	CG7, CG9, CG12, CG8, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5
12	Elaboración de las memorias de prácticas	01:00	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No	5%	4 / 10	CG7, CG9, CG12, CG8, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5
12	Elaboración de las memorias de prácticas	01:00	Evaluación sólo prueba final	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No	2.5%	4 / 10	CG7, CG9, CG12, CG8, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5
13	Evaluación de los temas 4, 5, 6 y 7.	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	37.5%	4 / 10	CG9, CG8, CE-ST1, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5
15	Evaluación del proyecto en equipo	01:00	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No	15%	4 / 10	CG6, CG7, CG9, CG10, CG11, CG12, CG8, CE-ST1, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5
15	Evaluación del proyecto en equipo	01:00	Evaluación sólo prueba final	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No	10%	4 / 10	CG6, CG7, CG9, CG10, CG11, CG12, CG8, CE-ST1, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5
17	Examen final	03:00	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	100%	5 / 10	CG6, CG9, CG8, CE-ST1, CE-ST2, CE-ST4, CE-ST5

## Criterios de Evaluación

Los alumnos serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. Para aprobar la asignatura en esta modalidad es obligatorio realizar las prácticas y el proyecto, y entregar los correspondientes informes de prácticas y memoria del proyecto. Las notas de prácticas y proyecto se conservan para el curso siguiente en caso de suspender la asignatura, no siendo necesario realizarlos de nuevo. La calificación de la asignatura se realizará del siguiente modo:  $NOTA\ FINAL = 37,5\% \text{ Examen Cap } 1, 2 \text{ y } 3 + 37,5\% \text{ Examen Cap } 4, 5, 6 \text{ y } 7 + 10\% \text{ Nota de las prácticas} + 15\% \text{ Nota del proyecto}$ . La nota final así calculada se aplicará si la media de las notas de los dos exámenes supera el 4.0 sobre 10 puntos. En caso contrario no se aprobará la asignatura.

En cumplimiento de la Normativa de Evaluación de la Universidad Politécnica de Madrid, los alumnos que lo deseen serán evaluados mediante un único examen final siempre y cuando lo comuniquen al Director del Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones mediante escrito presentado antes del 10 de noviembre de 2016 en el registro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Esta opción supone la renuncia a la evaluación continua.

El examen final consta de dos partes, test y problemas. En cada una es necesario superar 3,5 puntos sobre 10. La nota del examen es la media de las dos, y puede estar entre 0 y 10. Aquellos alumnos que superen 4,5 puntos en el examen final, si han realizado las prácticas y/o el proyecto verán mejorada su nota con la nota del proyecto dividida por 10 (hasta 1 punto adicional) y la nota de las prácticas dividida por 20 (hasta 0,5 puntos adicionales). Si en algún caso la nota resultante supera el 10, se redondeará a 10 puntos.



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación  
**PROCESO DE COORDINACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS**

ANX-PR/CL/001-01: GUÍA DE APRENDIZAJE



Código PR/CL/001

## Recursos Didácticos

---

Descripción	Tipo	Observaciones
Transmisión por radio	Bibliografía	J.M. Hernando, J.M. Riera, L. Mendo, "Transmisión por radio", Editorial Ramón Areces, 7ª Edición, 2013.
Moodle-UPM	Recursos web	Documentación suministrada a los alumnos a través de la plataforma Moodle de la UPM: <a href="http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>
Acceso a la herramienta de planificación Xirio-online	Recursos web	Acceso a la herramienta de planificación de radiocomunicaciones Xirio-online, para la realización de una práctica.
Estándares IEEE	Bibliografía	Estándares técnicos de IEEE, en particular los de la familia 802.
Recomendaciones UIT-R	Bibliografía	Recomendaciones del UIT-R, disponibles a través de su sitio web de forma gratuita.
Wireless Communications	Bibliografía	Andreas F. Molisch, "Wireless Communications", Editorial John Wiley & Sons, 2006.
Satellite Communications	Bibliografía	Louis J. Ippolito, "Satellite Communications Systems Engineering", Editorial John Wiley & Sons, 2008.

## Otra Información

---

Las prácticas se realizarán en grupos, que se organizarán de acuerdo con el número de alumnos matriculados. Cada grupo asistirá al laboratorio en dos sesiones de 3 horas, en horarios diferentes de los de clase. Dentro de cada grupo, los alumnos trabajarán en parejas.

Los proyectos se realizarán en equipos, típicamente de 6 alumnos. Se otorgará una valoración adicional a los equipos que opten por redactar la memoria en inglés. La nota media del proyecto se verá matizada por los resultados de la co-evaluación que cada alumno haga del trabajo realizado por cada uno de sus compañeros de equipo.