

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

**ASIGNATURA**

Comunicaciones ópticas

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2016-17 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Comunicaciones opticas
<b>Titulación</b>	09TT - Grado en Ingenieria de Tecnologias y Servicios de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Semestre/s de impartición</b>	Quinto semestre Sexto semestre
<b>Módulos</b>	Formacion especifica horizontal sonido e imagen Formacion especifica horizontal sist. electronicos Formacion especifica horizontal telematica Modulo tecnologias especificas de sistemas telecomunicacion
<b>Materias</b>	Tec. esp. sist. telecomunicaciones Tec. esp. sist. telecomunicaciones Tec. esp. sist. telecomunicaciones Tecnologias especificas de sistemas telecomunicacion
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Código UPM</b>	95000036
<b>Nombre en inglés</b>	Optical communications

## Datos Generales

<b>Créditos</b>	4.5	<b>Curso</b>	3
<b>Curso Académico</b>	2016-17	<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

### Asignaturas Previas Requeridas

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

### Otros Requisitos

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

## Conocimientos Previos

### Asignaturas Previas Recomendadas

Fisica general 2

Introduccion a la electronica

Señales y sistemas

Teoría de la comunicación

Campos y ondas en telecomunicación

Sistemas de transmisión

### **Otros Conocimientos Previos Recomendados**

El coordinador de la asignatura no ha definido otros conocimientos previos recomendados.

## Competencias

---

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-ST3 - Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas

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

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

CG8 - Comunicación oral y escrita

## Resultados de Aprendizaje

---

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.

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

RA64 - Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.

RA69 - Conocimientos de Infraestructuras de redes de comunicaciones, troncales, metropolitanas y de acceso, redes ópticas y técnicas empleadas en enlaces ópticos de alta tasa binaria.

RA321 - Capacidad de análisis de componentes ópticos pasivos y conocimientos para su selección

RA316 - Capacidad de manejar la instrumentación básica para la caracterización de sistemas de comunicaciones ópticas

RA323 - Capacidad de análisis de componentes ópticos de emisión y recepción de luz y conocimientos para su selección

RA317 - Conocimiento y comprensión de los conceptos de atenuación, dispersión y guiado de ondas en la fibra óptica

RA315 - Capacidad de analizar, diseñar y caracterizar redes de comunicaciones ópticas desde el punto de vista de los sistemas de transmisión

## Profesorado

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Rodriguez Horche, Paloma	B-117	p.rhorche@upm.es	Concertar cita previa
Geday, Morten Andreas	B-321	morten.geday@upm.es	Concertar cita previa
Lopez Hernandez, Francisco Jose <b>(Coordinador/a)</b>	B-120	francisco.lopez.hernandez@upm.es	Concertar cita previa
Esquivias Moscardo, Ignacio	B-115	ignacio.esquivias@upm.es	Concertar cita previa
Muriel Fernandez, Miguel Angel	B-118	m.muriel@upm.es	Concertar cita previa
Quintana Arregui, Patxi Xabier	B-321	x.quintana@upm.es	Concertar cita previa
Gonzalez Marcos, Ana Pilar	B-116	anapilar.gonzalez@upm.es	Concertar cita previa
Aguilera Navarro, Santiago	B-101	santiago.aguilera@upm.es	Concertar cita previa
Oton Sanchez, Jose Manuel	B-114	jm.oton@upm.es	Concertar cita previa

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

### Profesorado Externo

Nombre	e-mail	Centro de procedencia
Caño García, Manuel	manuel.cano.garcia@tfo.upm.es	ETSIT
Pérez Serrano, Antonio	toni.perez.serrano@tfo.upm.es	ETSIT

## Descripción de la Asignatura

---

La asignatura Comunicaciones Ópticas proporciona a los alumnos las herramientas necesarias para adquirir un conocimiento adecuado de los principales bloques que constituyen un sistema de comunicaciones ópticas, tanto desde el punto de vista de los componentes que lo integran (fibras ópticas, emisores de luz, amplificadores ópticos, fotodetectores y otros dispositivos fotónicos), como de las posibles arquitecturas en uso. Este enfoque incluye los principios básicos de la transmisión de señales ópticas y de la técnica de multiplexación en longitud de onda (WDM). Se hará especial énfasis en los conceptos de carácter general que están presentes en todo sistema de comunicaciones ópticas, tratando de que los conceptos aprendidos sigan siendo válidos en el futuro, con independencia de las soluciones particulares adoptadas en cada momento.

También, uno de los objetivos primordiales de la asignatura es ofrecer una formación experimental en los aspectos más fundamentales de las comunicaciones ópticas. Con esto, se pretende que el alumno adquiera experiencia en el manejo de los componentes más usuales y en la instrumentación asociada a la caracterización y medida de los sistemas ópticos de comunicación.

Así, combinando adecuadamente teoría y prácticas, el objetivo final de la asignatura es dotar al alumno de la capacidad de diseñar y analizar un sistema completo de comunicaciones ópticas y las partes en que se configura.

Para conseguir que los alumnos adquieran los conocimientos oportunos, el desarrollo de la asignatura se realizará bajo las siguientes modalidades:

1. **CLASES DE TEORÍA:** Se utilizará la lección magistral para la exposición verbal de los contenidos apoyándose en los recursos facilitados a los alumnos a través de la plataforma Moodle y/o web del Departamento. Se emplearán técnicas de autoevaluación on-line para realizar un seguimiento de la correcta evolución del proceso de aprendizaje
2. **CLASES DE PROBLEMAS:** Durante las clases presenciales, además de los desarrollos teóricos, el profesor propondrá problemas que el alumno deberá realizar como trabajo personal. Posteriormente, se resolverán en clase algunos de los ejercicios prácticos propuestos, con la participación activa de los alumnos, aclarando las dudas planteadas en la resolución de los problemas.
3. **SEMINARIOS:** El profesor expondrá los conocimientos y habilidades específicas necesarias para el desarrollo concreto de cada una de las Prácticas Experimentales y se analizarán las técnicas de medida más apropiadas en cada uno de los casos. Con esto se pretende optimizar el trabajo del alumno en el laboratorio.
4. **PRÁCTICAS DE LABORATORIO:** En el laboratorio se desarrollan de forma práctica los conceptos impartidos en las clases presenciales. El alumno debe llevar preparados los conceptos teóricos sobre los que se basa la práctica correspondiente y leído el desarrollo de la misma.
5. **TRABAJO EN GRUPO:** Las prácticas de laboratorio se realizarán en grupos de 2 alumnos que deberán desarrollar un cuaderno de laboratorio en el que se reflejará tanto los resultados experimentales obtenidos como las técnicas de medida empleadas y el análisis de los resultados, relacionándolos con los conceptos involucrados en cada práctica. El profesor, discutirá y revisará con el grupo el desarrollo de la práctica, así como el análisis de los resultados realizado.

## Temario

---

1. Sistemas de Comunicaciones Ópticas, Conceptos Básicos
  - 1.1. Introducción a Sistemas de Comunicaciones Ópticas
    - 1.1.1. Fundamentos
    - 1.1.2. Formatos de Modulación
    - 1.1.3. Elementos de un sistema
    - 1.1.4. Balances de potencia y tiempo
  - 1.2. Técnicas de Multiplexación
    - 1.2.1. Sistemas multicanal, concepto y tipos
  - 1.3. Evolución de los sistemas ópticos
  - 1.4. Redes ópticas; Tipos de redes, Elementos, y evolución
2. Elementos Ópticos
  - 2.1. Introducción
  - 2.2. Elementos ópticos pasivos de interconexión.
  - 2.3. Elementos ópticos pasivos selectivos en longitud de onda
3. Fibra Óptica
  - 3.1. Parámetros característicos de Fibras Monomodo y Multimodo
  - 3.2. Características de transmisión; Atenuación y Dispersión temporal
  - 3.3. Fibras de dispersión modificada
  - 3.4. Efectos no lineales
  - 3.5. Normativas sobre fibras ópticas
4. Transmisores Ópticos
  - 4.1. Introducción y conceptos básicos
  - 4.2. Amplificación Óptica
  - 4.3. LED (Light Emitting Diode)
  - 4.4. Diodo Láser
  - 4.5. Módulos Transmisores
5. Receptores y Sensibilidad
  - 5.1. Introducción y principios básicos
  - 5.2. Fotodetectores (PIN, APD)
  - 5.3. Circuitos receptores Ruido en recepción
  - 5.4. Sensibilidad del receptor, BER
  - 5.5. Sistema óptico de transmisión: Penalizaciones
6. Seminarios de Introducción al laboratorio
  - 6.1. Normas y herramientas
  - 6.2. Descripción de prácticas
  - 6.3. Técnicas de medida

## 7. Prácticas

- 7.1. Elementos básicos de un enlace de comunicaciones ópticas
- 7.2. Caracterización de fuentes ópticas
- 7.3. Balances de Tiempo y Potencia de un enlace
- 7.4. Caracterización de un sistema digital y sus componentes pasivos
- 7.5. Reflectómetro Óptico en el Dominio del tiempo (OTDR)
- 7.6. Soldadura de Fibras Ópticas



## Cronograma

**Horas totales:** 55 horas y 50 minutos

**Horas presenciales:** 55 horas y 50 minutos (47.7%)

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

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<p><b>Presentación de la asignatura</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1: Sistemas de Comunicaciones Ópticas, Conceptos Básicos</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 2	<p><b>Tema 1: Sistemas de Comunicaciones Ópticas, Conceptos Básicos</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 3	<p><b>Problemas Tema 1</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 2: Elementos Ópticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 4	<p><b>Tema 2: Elementos Ópticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas Tema 2: Elementos Ópticos</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 5	<p><b>Tema 3: Fibra Óptica</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas - Tema 3: Fibra Óptica</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 6	<p><b>Tema 4: Transmisores Ópticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Examen Parcial-Temas 1 y 2.</b> Duración: 02:00</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>

Semana 7	<p><b>Tema 4: Transmisores Ópticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Seminario de Introducción al laboratorio: Normas y herramientas. Técnicas de medida</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 8	<p><b>Tema 4: Transmisores Ópticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral <b>Problemas - Tema 4: Transmisores Ópticos</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica 1</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> Duración: 00:10 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial</p>
Semana 9	<p><b>Tema 5: Receptores y Sensibilidad</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica 2 o Práctica Especial</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> Duración: 00:10 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial</p>
Semana 10	<p><b>Tema 5: Receptores y Sensibilidad</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 11	<p><b>Problemas - Tema 5: Receptores y Sensibilidad</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica 2/3 o Práctica Especial</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> Duración: 00:10 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial</p>
Semana 12		<p><b>Práctica 3/4 o Práctica Especial</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> Duración: 00:10 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial <b>Examen Parcial - Temas 3, 4 y 5</b> Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 13		<p><b>Práctica 4 o Práctica Especial</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> Duración: 00:10 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial</p>

Semana 14				<p><b>Examen Práctico de laboratorio</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas</p> <p>Evaluación continua y sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 15				
Semana 16				
Semana 17				<p><b>Examen Final: Desarrollo de temas y problemas</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
6	Examen Parcial-Temas 1 y 2.	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	30%		CG8, CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5, CG2
8	Resolución de cuestiones de laboratorio	00:10	Evaluación continua y sólo prueba final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Sí	2%		CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5
9	Resolución de cuestiones de laboratorio	00:10	Evaluación continua y sólo prueba final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Sí	2%		CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5
11	Resolución de cuestiones de laboratorio	00:10	Evaluación continua y sólo prueba final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Sí	2%		CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5
12	Resolución de cuestiones de laboratorio	00:10	Evaluación continua y sólo prueba final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Sí	2%		CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5
12	Examen Parcial - Tems 3, 4 y 5	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	45%	4 / 10	CG8, CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5, CG2
13	Resolución de cuestiones de laboratorio	00:10	Evaluación continua y sólo prueba final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Sí	2%		CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5
14	Examen Práctico de laboratorio	01:00	Evaluación continua y sólo prueba final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Sí	15%	4 / 10	CG8, CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5, CG2
17	Examen Final: Desarrollo de temas y problemas	03:00	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	75%	4 / 10	CG8, CE-ST2, CE-ST3, CE-ST5, CG2

## Criterios de Evaluación

La calificación final se compone de las notas obtenidas en los dos Exámenes Parciales y en la Calificación de Laboratorio, ponderadas de la siguiente manera:

**Calificación de Laboratorio**= 60% Examen Práctico + 40% Resolución de cuestiones de laboratorio

**Nota final** = 30% Primer Examen Parcial + 45% Segundo Examen Parcial + 25% Calificación de Laboratorio.

Cada una de las partes se considerará superada si se obtiene en ella al menos un 50% de su valoración máxima. Las partes no superadas podrán compensarse con las partes superadas siempre y cuando se obtenga en el Segundo Examen Parcial y en la Calificación de Laboratorio una nota mínima del 40% de su valoración máxima.

La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es obligatoria(\*). Cualquier ausencia sin justificar supondrá el suspenso del laboratorio y, por tanto, de la asignatura. Una sesión de laboratorio con ausencia justificada será recuperada cuando la capacidad del laboratorio lo permita.

(\* Los alumnos que realizaron las prácticas en el curso anterior y obtuvieron en la Calificación de Laboratorio, al menos, un 50% de la valoración máxima, pueden renunciar a la realización de las prácticas y optar por un único Examen Práctico.

Los alumnos que lo deseen serán evaluados mediante un único examen final. Para ello, deberán presentar, en la Secretaría del Departamento, una solicitud de renuncia a la evaluación continua, una semana antes del día asignado por Jefatura de Estudios para la realización del Examen Final de Junio. Esta opción supone la renuncia de las calificaciones obtenidas en los

Exámenes Parciales pero mantiene la obligación del trabajo de laboratorio (realización de Prácticas, cuestiones de Laboratorio y examen práctico).

### **Convocatoria extraordinaria**

La convocatoria extraordinaria de Julio, consistirá en un examen teórico, y una evaluación práctica, ponderadas de la forma siguiente:

Nota final = 75% Examen Final + 25% Calificación de Laboratorio.

La parte correspondiente al laboratorio está condicionada a la realización de todas las prácticas durante el curso académico(\*). Cada una de las partes se considerará superada si se obtiene en ella al menos un 50% de su valoración máxima. Una parte no superada podrá compensarse con la otra parte superada siempre y cuando se obtenga una nota mínima del 40% de su valoración máxima.

## Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communication Systems. WileyInterscience (2010)	Bibliografía	Libro de consulta básico
Agrawal, G.P. Lightwave Technology: Telecommunication Systems. WileyInterscience (2005)	Bibliografía	Libro de consulta relacionado con los sistemas de Comunicaciones Ópticas
Keiser, Gerd; Optical Fiber Communications", McGraw-Hill (2010)	Bibliografía	Libro de consulta complementario
Senior, J.M. Optical Fiber Communications, Prentice Hall, (2009)	Bibliografía	Libro de consulta complementario
Apuntes, transparencias y autoevaluaciones.	Recursos web	Resolución de problemas y auto-evaluaciones disponibles en Moodle.
Martín Pereda, J.A. Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones. PearsonPrentice Hall (2004)	Bibliografía	Libro de consulta complementario
Guía de prácticas. Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería (2016)	Otros	Guía de prácticas de laboratorio. Hojas de características de componentes e instrumentación
Recursos didácticos interactivos. Web TFB	Recursos web	Aplicaciones interactivas para la resolución de problemas de balances en el diseño de sistemas de Comunicaciones Ópticas
Laboratorio Brigadier Mathé	Equipamiento	
Sala de trabajo en grupo: Laboratorio	Equipamiento	