



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

95000036 - Comunicaciones Ópticas

PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado En Ingeniería De Tecnologías Y Servicios De Telecomunicacion

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	5
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000036 - Comunicaciones Opticas
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Sexto semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
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	2021-22

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Morten Andreas Geday	B-321	morten.geday@upm.es	Sin horario. Concertar cita previa
Ignacio Esquivias Moscardo (Coordinador/a)	B-115	ignacio.esquivias@upm.es	Sin horario. Concertar cita previa

Miguel Angel Muriel Fernandez	B-118	m.muriel@upm.es	Sin horario. Concertar cita previa
Paloma Rodriguez Horche	B-117	p.rhorche@upm.es	Sin horario. Concertar cita previa
Francisco Jose Lopez Hernandez	B-120	francisco.lopez.hernandez@ upm.es	Sin horario. Concertar cita previa
Antonio Perez Serrano	B-101	antonio.perez.serrano@upm. es	Sin horario. Concertar cita previa
Patxi Xabier Quintana Arregui	B-321	x.quintana@upm.es	Sin horario. Concertar cita previa

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

2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Caño Garcia, Manuel	manuel.c@upm.es	Quintana Arregui, Patxi Xabier

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Introduccion A La Electronica
- Señales Y Sistemas
- Fisica General 2
- Teoria De La Comunicacion
- Campos Y Ondas En Telecomunicacion
- Sistemas De Transmision

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Manejo de instrumentación electrónica básica (osciloscopio, multímetro,...)

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. 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

4.2. Resultados del aprendizaje

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.

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

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

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

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

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. 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: En los casos que sea necesario, el profesor expondrá los conocimientos y habilidades específicas requeridos para el desarrollo de terminadas Prácticas Experimentales y se analizarán las técnicas de

medida más apropiadas en cada caso. 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.

5.2. Temario de la asignatura

1. Sistemas y Redes de Comunicaciones Ópticas. Conceptos Básicos

- 1.1. Introducción: Redes de Alta Velocidad
- 1.2. Enlaces punto a punto
- 1.3. Límite de la capacidad de transmisión por fibra
- 1.4. Formatos de Modulación
- 1.5. Tecnologías de Multiplexación óptica
- 1.6. Conceptos básicos de señales ópticas
- 1.7. Problemas

2. Elementos Ópticos

- 2.1. Introducción
- 2.2. Elementos ópticos pasivos no selectivos en longitud de onda
- 2.3. Elementos ópticos pasivos selectivos en longitud de onda
- 2.4. Problemas

3. Fibra Óptica

- 3.1. Parámetros característicos de fibras Monomodo y Multimodo
- 3.2. Características de transmisión.
 - 3.2.1. Atenuación y Dispersión temporal
 - 3.2.2. Efectos no lineales

- 3.3. Normativas sobre fibras ópticas
- 3.4. Problemas
- 4. Transmisores Ópticos
 - 4.1. Introducción y conceptos básicos
 - 4.2. Amplificación Óptica
 - 4.3. LED (Ligth Emitting Diode)
 - 4.4. Diodo Láser
 - 4.5. Módulos Transmisores
 - 4.6. Problemas
- 5. Receptores ópticos
 - 5.1. Introducción y principios básicos
 - 5.2. Fotodetectores (PIN, APD)
 - 5.3. Circuitos receptores
 - 5.4. Ruido en receptores
 - 5.5. Ruido en amplificadores ópticos
 - 5.6. Problemas
- 6. Sistemas
 - 6.1. Balances de potencia y tiempo
 - 6.2. Penalizaciones de potencia
 - 6.3. Multiplexación: WDM y PDM
 - 6.4. Diseño en transparencia
- 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

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Presentación de la asignatura Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1: Sistemas de Comunicaciones Ópticas. Conceptos Básicos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Tema 1: Sistemas de Comunicaciones Ópticas. Conceptos Básicos Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p>Tema 1: Sistemas de Comunicaciones Ópticas. Conceptos Básicos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 2: Elementos Ópticos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p>Tema 2: Elementos Ópticos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3: Fibra Óptica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
5	<p>Tema 3: Fibra Óptica Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Problemas - Tema 2 y 3 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
6	<p>Tema 4: Transmisores Ópticos Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Parcial 1 -Temas 1, 2 y 3. EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:30</p>
7	<p>Tema 4: Transmisores Ópticos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4: Transmisores Ópticos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

8	Tema 5: Receptores y Sensibilidad Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 1 Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Resolución de cuestiones de laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:10
9	Tema 5: Receptores y Sensibilidad Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 6: Sistermas Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica 2 o Práctica Especial Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Resolución de cuestiones de laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:10
10		Práctica 2 o Práctica Especial Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
11		Práctica 2/3 o Práctica Especial Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Resolución de cuestiones de laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:10
12	Problemas - Tema 5 y 6 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica 3/4 o Práctica Especial Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Parcial 2 - Temas 4, 5 y 6 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:30 Resolución de cuestiones de laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:10
13		Práctica 4 o Práctica Especial Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Resolución de cuestiones de laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:10
14				
15				Prueba práctica en el laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00
16				
17				Examen Final: Desarrollo de temas y problemas EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final 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.

* 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
6	Parcial 1 -Temas 1, 2 y 3.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	35%	3.5 / 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
8	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
9	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
11	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
12	Parcial 2 - Temas 4, 5 y 6	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	40%	3.5 / 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
12	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
13	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2

15	Prueba práctica en el laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	3.5 / 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
----	-----------------------------------	--	------------	-------	-----	----------	--

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
9	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
11	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
12	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
13	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
15	Prueba práctica en el laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	3.5 / 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2
17	Examen Final: Desarrollo de temas y problemas	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	75%	4 / 10	CE-ST2 CG8 CE-ST3 CE-ST5 CG2

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. 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 = 35% Primer Parcial + 40% Segundo 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 una nota mínima del 35% de su valoración máxima, tanto en cada examen parcial como en la Calificación de Laboratorio

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.

NOTA: Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá comunicarlo al coordinador de la asignatura, por el medio que se determine más adelante, una semana antes del día asignado por Jefatura de Estudios para la realización del examen final en Convocatoria ordinaria. Esta opción supone la renuncia de las calificaciones obtenidas en los Parciales pero mantiene la obligación del trabajo de laboratorio (realización de Prácticas, cuestiones de Laboratorio y examen práctico).

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, dichas actividades de evaluación se podrán distribuir a lo largo del curso.

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 35% de su valoración máxima.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes, transparencias y autoevaluaciones.	Recursos web	Resolución de problemas y auto-evaluaciones disponibles en Moodle.
Guía de prácticas. Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería (2021)	Recursos web	Guía de prácticas de laboratorio. Hojas de características de componentes e instrumentación
Senior, J.M. Optical Fiber Communications, Prentice Hall, (2009)	Bibliografía	Libro de consulta complementario
Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communication Systems. WileyInterscience (2010)	Bibliografía	Libro de consulta básico
Keiser, Gerd; Optical Fiber Communications", McGraw-Hill (2010)	Bibliografía	Libro de consulta complementario

Agrawal, G.P. Lightwave Technology: Telecommunication Systems. WileyInterscience (2005)	Bibliografía	Libro de consulta relacionado con los sistemas de Comunicaciones Ópticas
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	
S. Kumar and M.J. Deen, Fiber Optic Communications, Wiley (2014)	Bibliografía	Libro de consulta complementario

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

El cronograma de la asignatura es orientativo y puede sufrir alguna modificación en función de la disponibilidad de las instalaciones del laboratorio

La asignatura Comunicaciones Ópticas da lugar a una formación esencial para el diseño, desarrollo y mantenimiento de los sistemas y redes de comunicaciones actuales, infraestructuras imprescindibles para el desarrollo de la humanidad. Por tanto, se relaciona con los ODS 4, 7 y 9:

- Subobjetivo 4.4: Aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento.
- Subobjetivo 7.b: Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo.
- Subobjetivo 9.1: Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad.
- Subobjetivo 9.4: Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales.