

# Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación 30335 - Dispositivos y sistemas de transmisión óptica

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 3, Semestre: 2, Créditos: 6.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **María Angeles Losada Binué** alosada@unizar.es
- **Francisco Javier Mateo Gascón** jmateo@unizar.es
- **Félix Antonio Sotelo Hermida** fsotelo@unizar.es

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

La asignatura será impartida por profesorado del Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones del Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones.

Para seguir con normalidad esta asignatura es recomendable que el alumno haya cursado previamente, a parte de las asignaturas básicas de primero (especialmente Matemática I, II y III y Fundamentos de Física), la asignatura de PROPAGACIÓN Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN.

Por otro lado se recomienda al alumno la asistencia activa a las clases tanto de teoría como de problemas y, en particular, a las actividades programadas en el laboratorio ya que las habilidades y conocimientos que se pretende que los alumnos adquirieran en las mismas son difíciles de adquirir por otros medios. Del mismo modo se recomienda al alumno el aprovechamiento y respeto de los horarios de tutorías del profesorado para la resolución de posibles dudas de la asignatura y un correcto seguimiento de la misma.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura se imparte en el segundo semestre del tercer curso de la titulación con un total de 6 créditos ECTS. Las actividades principales de la misma se dividen en clases teóricas, resolución de problemas o supuestos prácticos en clase y prácticas de laboratorio. Esta distribución tiene como objetivo fundamental facilitar la comprensión y asimilación de todo aquel conjunto de conceptos que permitan cubrir las competencias a adquirir por esta asignatura.

Las fechas de inicio y finalización del curso y las horas concretas de impartición de la asignatura así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio e impartición de seminarios se harán públicas atendiendo a los horarios fijados por la Escuela.

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Entiende las propiedades de transmisión guiada de la luz mediante fibras ópticas.
- 2:** Conoce los tipos de fibras ópticas y sus propiedades.
- 3:** Conoce los diferentes fenómenos lineales y no lineales de la propagación por fibra óptica.
- 4:** Conoce los principales dispositivos ópticos pasivos.
- 5:** Conoce los principales dispositivos ópticos activos.
- 6:** Conoce los diferentes tipos de emisores ópticos.
- 7:** Conoce los diferentes circuitos de transmisión óptica.
- 8:** Conoce los diferentes tipos de detectores ópticos.
- 9:** Conoce los diferentes circuitos de recepción óptica.
- 10:** Entiende los principios de multiplexación en longitud de onda.
- 11:** Entiende los principios de amplificación óptica.
- 12:** Sabe diseñar sistemas de comunicaciones ópticas.
- 13:** Sabe utilizar aparatos de medida y caracterización de redes ópticas.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura *Dispositivos y sistemas de transmisión óptica* tiene como objetivo dar una visión global de las técnicas de comunicaciones realizadas utilizando la fibra óptica como medio de transmisión. Para ello, se describen las particularidades tanto del medio de transmisión como de los emisores y detectores utilizados. También hay un tema destinado a diferentes elementos de red, entre los que destaca el amplificador óptico EDFA. Una vez estudiados los dispositivos, se analizan las características de un enlace de comunicaciones ópticas, dando las bases técnicas para su diseño.

---

## Contexto y competencias

---

## Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo fundamental de la asignatura *Dispositivos y sistemas de transmisión óptica* es dotar al estudiante tanto de los conocimientos básicos como de los aspectos técnicos requeridos para el diseño de sistemas de comunicaciones basados en fibra óptica.

### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura *Dispositivos y sistemas de transmisión óptica* se centra en el estudio de las comunicaciones guiadas por fibra óptica como asignatura obligatoria dentro de la materia **Tecnologías de Transmisión de la Información** que se enmarca en la **Tecnología específica de Sistemas de Telecomunicación** dentro del Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación la **Rama de Telecomunicación**.

Dentro de la titulación, esta asignatura mantiene una relación directa con asignaturas básicas previas y, en concreto, con la asignatura de *Propagación y medios de transmisión*, como se ha especificado en el apartado de recomendaciones para cursar la asignatura. Además, esta asignatura es fundamental dentro del itinerario de Sistemas de Telecomunicación, ya que en ella se adquieren las competencias fundamentales relativas a comunicaciones basadas en fibra óptica.

### Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1: Combinar los conocimientos generalistas y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional (C3)
- 2: Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (C4)
- 3: Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano (C5)
- 4: Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma (C6)
- 5: Analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas actuando con ética, responsabilidad profesional y compromiso social (C7)
- 6: Trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe (C8).
- 7: La gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería (C9).
- 8: Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (C10)
- 9: Aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería (C11)
- 10: Analizar componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas. (CST3).
- 11:

La selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación. (CST4)

**12:**

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 (CST5).

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

En esta asignatura se abordan técnicas y dispositivos de comunicaciones dentro del rango óptico del espectro. Las redes de comunicaciones móviles se apoyan en la red troncal de comunicaciones cuya capa física hoy en día está basada en fibra óptica y otras tecnologías ópticas por lo que es necesario tener conocimiento de la implantación, gestión y control de las redes ópticas en grandes redes de comunicaciones, red troncal y redes metropolitanas. Por otra parte, las tendencias más novedosas orientadas al aumento del ancho de banda y flexibilidad, vienen lideradas por las redes todo ópticas.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

#### **El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

El alumno dispondrá de una prueba global en cada una de las convocatorias establecidas a lo largo del curso. Las fechas y horarios vendrán determinadas por la Escuela. La calificación de dicha prueba se obtendrá de la siguiente forma:

1. Pruebas parciales de teoría (total 25%)
2. Prácticas de laboratorio (15%)
3. Problemas o trabajos entregables (10%)
4. Examen final (50%)

**2:**

Evaluación gradual liberatoria de materia consistente en varias pruebas parciales de teoría (T1, T2, etc.) En esta prueba se pretende asegurar que el alumno tiene los conocimientos básicos para poder emprender la resolución de problemas más complejos. El peso de las calificaciones de dichas pruebas en la nota global será del 25%. La media de las calificaciones de dichas pruebas debe ser 5 para eliminar materia. En caso contrario, el alumno deberá ser evaluado de nuevo en el periodo establecido por la escuela.

**3:**

Las prácticas de laboratorio se evaluarán teniendo en cuenta la actitud de los alumnos en la realización de las mismas que se manifiesta en su capacidad para abordar las cuestiones y ejercicios planteados de forma independiente y creativa. Por otra parte, los alumnos cumplimentarán unos cuestionarios con los resultados obtenidos en sus experimentos en el laboratorio y la discusión razonada de los mismos que se entregarán después de cada sesión de laboratorio y que permitirán realizar una evaluación objetiva de sus habilidades. La calificación conjunta de las prácticas supondrá un peso del 15% del total. La calificación mínima de esta parte es de 5.

**4:**

El profesor propondrá a los alumnos problemas y cuestiones prácticas relacionadas con la materia impartida donde se ponga de manifiesto su comprensión de la misma. Estas actividades se proponen y se exponen en el aula, pero pueden elaborarse o realizarse fuera de ella por los alumnos de forma individual o en grupo. Por otra parte, se podrán proponer también trabajos en los que se valorará de manera especial la capacidad del

alumno en la búsqueda de información y su habilidad en la síntesis y presentación de la misma. La valoración del conjunto de estas pruebas supondrá el 10% de la calificación total para los alumnos que sigan la evaluación gradual.

- 5:** Se realizará así mismo una **prueba global obligatoria** para valorar el conjunto de conocimientos adquiridos por el alumno y de forma especial, su capacidad para aplicarlos en la resolución de problemas y cuestiones de tipo práctico. Esta prueba, que deben de realizar todos los alumnos, supondrá el 50% de la calificación total. La mínima calificación que debe obtener el alumno en esta prueba es 4.

Alumnos que no hayan obtenido las calificaciones mínimas o no hayan realizado la evaluación gradual liberatoria:

- 6:** Los alumnos que no hayan obtenido la calificación mínima en las pruebas teóricas, deberán realizar la prueba teórica en la fecha establecida por la escuela para el examen de la asignatura.
- 7:** Así mismo, los alumnos que no hayan obtenido la calificación mínima en las prácticas deberán realizar una prueba relativa a las mismas cuyo porcentaje sobre la nota final será el mismo que el de las prácticas (15%). Según el criterio del profesorado de la asignatura, esta evaluación podrá hacerse en forma de prueba escrita en la fecha establecida por la escuela para la evaluación global o como un ejercicio práctico realizado en el laboratorio en la fecha y hora establecida por los profesores.
- 8:** Los alumnos que no hayan presentado los trabajos propuestos, podrán obtener el 10% correspondiente a su calificación en el momento de la prueba global.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Las metodologías de enseñanza-aprendizaje que se plantean para conseguir los objetivos planteados y adquirir las competencias son las siguientes:

M1: Clase magistral participativa donde se expondrán los contenidos fundamentales de la materia. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial.

M2: Clases de problemas y casos prácticos que el profesor propondrá a los alumnos tareas relacionadas con la materia impartida. Con el conjunto de problemas y casos prácticos que se plantearán a lo largo del curso, se pretende enseñar al alumno a resolver cuestiones a partir del bagaje teórico adquirido en las clases magistrales. Estas actividades se proponen y se exponen en el aula, pero pueden elaborarse o realizarse fuera de ella por los alumnos de forma individual o en grupo.

M3: Prácticas de laboratorio en las que los alumnos realizarán 5 sesiones de prácticas de 2 horas de duración en el

Laboratorio de Prácticas L.3.0.2 (Laboratorio de Óptica) del Edificio Ada Byron. En grupos pequeños, se realizan una serie de prácticas que, por una parte, permitan consolidar algunos de los conceptos desarrollados a lo largo de las clases. Esta actividad se realizará en el Laboratorio de forma presencial. Los alumnos deben cumplimentar unos cuestionarios donde se reflejan los resultados obtenidos en los experimentos realizados así como la discusión razonada de los mismos.

M4: Elaboración de trabajos: el profesor propondrá una serie de trabajos para profundizar sobre algún aspecto concreto de la asignatura. Cada alumno o grupo de alumnos podrá elegir entre estas propuestas para desarrollarla y ampliarla elaborando un informe donde se ponga de manifiesto su capacidad para buscar, organizar, y sintetizar información. Estos trabajos se podrán exponer en el aula. Estos trabajos permitirán valorar la capacidad del alumno para elaborar y transmitir información y su grado de profundización en el tema escogido.

M5: Tutorías: Atención personalizada al alumno a través de las tutorías.

## **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

1. Estudio de fibras ópticas y comprensión de sus propiedades
2. Estudio y caracterización de dispositivos pasivos
3. Estudio de los emisores ópticos y sus propiedades, y de las características de los circuitos de transmisión
4. Estudio de los detectores ópticos y sus propiedades, y de las características de los circuitos de recepción
5. Estudio y comprensión de las técnicas de multiplexación en longitud de onda y caracterización de los multiplexadores
6. Estudio y comprensión de las técnicas de amplificación óptica y de las características y aplicaciones de los distintos tipos de amplificadores
7. Diseño de sistemas ópticos aplicando balance de tiempos y de potencias
8. Aprendizaje del uso de herramientas y entornos de simulación específicos.
9. Estudio sobre los diagramas de bloques y los parámetros característicos de los emisores y receptores así como los subsistemas que los componen.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

A lo largo del cuatrimestre se realizará la siguiente distribución de actividades:

- Sesiones semanales de clases magistrales integradas con clases de problemas.

- Sesiones de prácticas de laboratorio, en grupos reducidos, de 2 horas de duración desarrolladas en el Laboratorio de Óptica (L3.02) situado en la tercera planta del Edificio Ada Byron del Campus Río Ebro.

En cualquier caso, las clases magistrales y de problemas se imparten según el horario establecido por la Escuela, así como las sesiones de prácticas de laboratorio, debiendo el alumno, en este último caso, optar por apuntarse en uno de los grupos que haya disponibles.

Las pruebas de evaluación global se regirán por las fechas establecidas por la Escuela.

## **Bibliografía y recursos**

Usando los soportes digitales facilitados por la Universidad de Zaragoza, se suministrará a los alumnos matriculados en la asignatura el acceso a un conjunto de documentos elaborados por los profesores.

### Bibliografía básica

- G. KEISER, "Optical Fiber Communicatons", 2<sup>º</sup> ed., McGraw-Hill, 1991.
- J. M. SENIOR, "Optical Fiber Communications", 2<sup>º</sup> ed., Prentice Hall,1992
- J. GOWAR, "Optical Communications Systems", 2<sup>º</sup> ed., Prentice Hall, 1993.
- G. AGRAWAL, "Fiber Optic Communication Systems", Willey Interscience, 1997
- M.A. LOSADA, J. MATEO, I. GARCÉS, "Apuntes de comunicaciones ópticas", EINA de Zaragoza, 2013.

### Bibliografía Complementaria / Avanzada

#### Fibras ópticas

- A. SNYDER, J. LOVE, "Optical Waveguide Theory", Chapman & Hall, 1983
- A. GHATAK, K. THYAGARAJAN, "Introduction to Fiber Optics", Cambridge University Press, 1998

- J. CAPMANY, J. FRAILE-PELÁEZ, J. MARTÍ, "Fundamentos de Comunicaciones Ópticas", ed. Síntesis, 1998

#### Fuentes, detectores

- A. SALEH, M. TEICH, "Fundamentals of Photonics", John Willey & Sons, 1991
- J. CAPMANY, J. FRAILE-PELÁEZ, J. MARTÍ, "Fundamentos de Comunicaciones Ópticas", ed. Síntesis, 1998

#### Sistemas

- G. AGRAWAL, "Fiber Optic Communication Systems", Willey Interscience, 1997
- I. KAMINOV & T. KOCH (Eds.) "Optical Fiber Telecommunications IIIA", Academic Press, 1997
- I. KAMINOV & T. KOCH (Eds.) "Optical Fiber Telecommunications IIIB", Academic Press, 1997
- J. FRANZ & V. JAIN, "Optical Communication Systems", Academic Wiley, 1996
- N. ANTONIADES, G. ELLINAS, I. ROUDAS, "WDM systems and networks", Springer 2012

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Agrawal, Govind P.. Fiber-Optic communication systems / Govind P. Agrawal . - 3rd ed. New York [etc.] : John Wiley & Sons, cop. 2002
- Gowar, John. Optical communication systems / John Gowar . - 2nd. ed. New York [etc.] : Prentice Hall, cop. 1993
- Keiser, Gerd. Optical Fiber communications / Gerd Keiser . - 2nd edition New York [etc.] : McGraw-Hill, cop. 1991
- Senior, John. Optical fiber communications : principles and practice / John M. Senior . - 2nd. ed. New York [etc.] : Prentice Hall, cop. 1992
- [Fibras Ópticas] - Capmany, José. Fundamentos de comunicaciones opticas / José Capmany, F. Javier Fraile-Peláez, Javier Martí . Madrid : Sintesis, D.L. 1998
- [Fibras Ópticas] - Ghatak, Ajoy. Introduction to fiber optics / Ajoy Ghatak, K. Thyagarajan . [1st ed.] Cambridge : Cambridge University Press, cop. 1998
- [Fibras Ópticas] - Snyder, Allan W.. Optical waveguide theory / Allan W. Snyder, John D. Love . 1st ed. London [etc] : Chapman and Hall, 1983
- [Fuentes, detectores] - Capmany, José. Fundamentos de comunicaciones opticas / José Capmany, F. Javier Fraile-Peláez, Javier Martí . Madrid : Sintesis, D.L. 1998
- [Fuentes, detectores] - Saleh, Bahaa E.A.. Fundamentals of photonics / Bahaa E.A. Saleh, Malvin Carl Teich . [1st ed.] New York [etc.] : Wiley and Sons, cop. 1991
- [Sistemas] - Franz, J. Optical Communication Systems / J.Franz & V. Jain Academic Wiley, 1996
- [Sistemas] - Kaminov, I . Optical Fiber Telecommunications IIIA / I. KAMINOV & T. KOCH (Eds.) Academic Press, 1997
- [Sistemas] - Kaminov, I . Optical Fiber Telecommunications IIIB / I. KAMINOV & T. KOCH (Eds.) Academic Press, 1997
- [Sistemas] - WDM systems and networks : modeling, simulation, design and engineering / Neophytos (Neo) Antoniadès, Georgios Ellinas, Ioannis Roudas editors . New York : Springer, cop. 2012