

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

## GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA

1082 - Dispositivos Pasivos de Microondas

Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación  
Obligatoria. Curso 1

Curso Académico 2023-2024

**1. DATOS IDENTIFICATIVOS**

|                          |   |                      |  |
|--------------------------|---|----------------------|--|
| Título/s                 | Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación                    | Tipología<br>v Curso | Obligatoria. Curso 1                     |
| Centro                   | Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación |                      |  |
| Módulo / materia         | TECNOLOGÍA ESPECÍFICA EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS                            |                      |  |
| Código<br>y denominación | 1082 - Dispositivos Pasivos de Microondas                                 |                      |  |
| Créditos ECTS            | 5   | Cuatrimestre         | Cuatrimestral (2)                        |
| Web                      |   |                      |  |
| Idioma<br>de impartición | Español   | English friendly     | Sí<br>Forma de impartición<br>Presencial |

|                      |   |
|----------------------|---|
| Departamento         | DPTO. INGENIERIA DE COMUNICACIONES  |
| Profesor responsable | JUAN LUIS CANO DE DIEGO   |
| E-mail               | juanluis.cano@unican.es   |
| Número despacho      | Edificio Ing. de Telecomunicación Prof. José Luis García García. Planta: - 1. DESPACHO (S135) |
| Otros profesores     |   |

**2. CONOCIMIENTOS PREVIOS**

Conocimientos previos adquiridos en el Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación en las menciones de Sistemas de Telecomunicación, Sistemas Electrónicos y Telemática.

| 3. COMPETENCIAS GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS DEL PLAN DE ESTUDIOS TRABAJADAS  |
|--|
| <b>Competencias Genéricas</b>  |
| Modelar matemáticamente, realizar cálculos y simulaciones en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines |
| Poner en marcha, dirigir y gestionar procesos de fabricación de equipos electrónicos y de telecomunicaciones, con garantía de la seguridad para las personas y bienes, la calidad final de los productos y su homologación   |
| Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos   |
| Saber comunicar (de forma oral y escrita) las conclusiones- y los conocimientos y razones últimas que las sustentan- a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades   |
| Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autoridrigido y autónomo  |
| Redactar, desarrollar y firmar proyectos en el ámbito de la ingeniería de telecomunicación   |
| Resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del ingeniero de telecomunicación   |
| Realizar mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planificación de tareas y otros trabajos análogos en su ámbito específico de la telecomunicación  |
| Manejar instrumentación específica para medidas tanto en el dominio del tiempo como la frecuencia  |
| Manejar paquetes de software de simulación específicos para el diseño y el análisis de la totalidad de un sistema de telecomunicación, así como de algún bloque específico   |
| Dirigir obras e instalaciones de sistemas de telecomunicación, cumpliendo la normativa vigente, asegurando la calidad del servicio   |
| Elaborar, planificar estratégicamente, dirigir, coordinar y gestionar técnica y económicamente proyectos en todos los ámbitos de la Ingeniería de Telecomunicación siguiendo criterios de calidad y medioambientales   |
| Llevar a cabo dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos  |
| Comprender la responsabilidad ética y la deontología profesional de la actividad de la profesión de Ingeniero de Telecomunicación  |
| Analizar integralmente problemas, instalación o servicio de ingeniería   |
| Organizar y planificar la gestión de un problema, instalación o servicio de ingeniería   |
| <b>Competencias Específicas</b>  |
| Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación  |
| Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas de radar  |
| Capacidad para diseñar y fabricar circuitos integrados   |
| Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación , con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina                    |
| Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles   |
| <b>Competencias Básicas</b>  |
| Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación  |
| Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio  |

|  |
|--|
| <b>Competencias Básicas</b>  |
| Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios |
| Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones -y los conocimientos y razones últimas que las sustentan- a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades   |
| Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo   |
| <b>Competencias Transversales</b>  |
| Integrarse eficazmente en un equipo de trabajo, compartiendo objetivos y compatibilizándolos con los propios   |
| Trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe, respetando la diversidad  |
| Comunicar, bien por escrito o bien de forma oral, tanto ante una audiencia técnica como interpersonalmente conocimientos, procedimientos, resultados e ideas   |
| Integrar conocimientos adquiridos desde asignaturas diferentes con enfoques también diferentes   |
| Identificar las soluciones más adecuadas tanto desde el punto de vista económico como técnico  |
| Elaborar informes de recopilación, estudio y comprensión de ciertos temas específicos  |
| Adquirir habilidades de auto-aprendizaje que les permitan adaptarse a los avances tecnológicos   |
| Priorizar tareas, ordenarlas y sacarlas el máximo partido a fin de poder rentabilizarlo y gestionar lo más eficientemente su trabajo   |
| Comunicar con soltura en inglés, por escrito y oralmente, en informes y en presentaciones, ideas y argumentos  |
| Adquirir confianza en uno mismo en situaciones cuasi reales de trabajo, para ejecutar con interés y diligencia las tareas y decisiones propias   |

### 3.1 RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Conocer las bases de la generación y la propagación de señales electromagnéticas en líneas de transmisión y en guías de onda con perfiles específicos. Analizar los dispositivos pasivos basados en líneas de transmisión más usuales.
- Conocer y proyectar las arquitecturas de alimentadores de antena en aplicaciones de Telemetría , Radar, Satélite y Radioastronomía.

### 4. OBJETIVOS

- Capacidad para comprender y manipular los mecanismos específicos de propagación y transmisión de ondas electromagnéticas en estructuras planares y de guía de onda.
- Capacidad para identificar y diseñar componentes y subsistemas en tecnología planar y de guía de onda asociados a los grandes sistemas de comunicación terrestre y satélite.
- Capacidad para identificar y diseñar arquitecturas de alimentadores de antena en aplicaciones de Telemetría , Radar, Satélite y Radioastronomía.
- Realización de prácticas de simulación y visita a instalaciones.
- Desarrollo de un trabajo escrito y presentación oral utilizando nuevas técnicas informáticas. Búsqueda bibliográfica.
- Trabajo en grupo. Búsqueda por Internet.

| 5. MODALIDADES ORGANIZATIVAS Y MÉTODOS DOCENTES |                        |
|---|------------------------|
| ACTIVIDADES                                     | HORAS DE LA ASIGNATURA |
| <b>ACTIVIDADES PRESENCIALES</b>                 |                        |
| HORAS DE CLASE (A)                              |                        |
| - Teoría (TE)                                   | 22                     |
| - Prácticas en Aula (PA)                        |                        |
| - Prácticas de Laboratorio Experimental(PLE)    | 3                      |
| - Prácticas de Laboratorio en Ordenador (PLO)   | 25                     |
| - Prácticas Clínicas (CL)                       |                        |
| Subtotal horas de clase                         | 50                     |
| <b>ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO (B)</b>           |                        |
| - Tutorías (TU)                                 | 20                     |
| - Evaluación (EV)                               | 10                     |
| Subtotal actividades de seguimiento             | 30                     |
| <b>Total actividades presenciales (A+B)</b>     | <b>80</b>              |
| <b>ACTIVIDADES NO PRESENCIALES</b>              |                        |
| Trabajo en grupo (TG)                           | 5                      |
| Trabajo autónomo (TA)                           | 40                     |
| Tutorías No Presenciales (TU-NP)                |                        |
| Evaluación No Presencial (EV-NP)                |                        |
| <b>Total actividades no presenciales</b>        | <b>45</b>              |
| <b>HORAS TOTALES</b>                            | <b>125</b>             |

**6. ORGANIZACIÓN DOCENTE**

| CONTENIDOS |   | TE   | PA   | PLE  | PLO  | CL   | TU   | EV   | TG   | TA   | TU-<br>NP | EV-<br>NP | Semana |
|------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|-----------|--------|
| 1          | <p>Tema 1: Introducción: tecnologías, herramientas y técnicas</p> <p>1.1 – Introducción.</p> <p>1.2 – Tecnologías</p> <p>1.2.1 – Sustratos de microondas.</p> <p>1.2.2 – Estructuras de transmisión planar.</p> <p>1.2.3 – Guías de onda</p> <p>1.2.4 – Guía de onda integrada en sustrato (SIW)</p> <p>1.3 – Herramientas de simulación.</p> <p>1.4 – Técnicas de fabricación de circuitos pasivos .</p> <p>1.4.1 – Ataque químico (wet etching)</p> <p>1.4.2 – Recorte mediante taladro (drilling)</p> <p>1.4.3 – Recorte con máquina láser (laser etching)</p> <p>1.4.4 – Mecanizado de piezas (CNC)</p> <p>Tema 2: Parámetros de scattering</p> <p>2.1 – Revisión de parámetros de scattering [S]</p> <p>2.2 – Técnicas de medida de parámetros de scattering</p> <p>2.2.1 – Conceptos básicos del análisis de redes</p> <p>2.2.2 – Introducción al analizador de redes (VNA)</p> <p>2.2.3 – Consideraciones prácticas</p> <p>Anexo I: Introducción a Microwave Office</p> <p>Anexo II: Introducción a ANSYS - HFSS</p> | 6,00 | 0,00 | 0,00 | 8,00 | 0,00 | 4,00 | 2,00 | 1,00 | 4,00 | 0,00      | 0,00      | 1,2    |

|   |  |       |      |      |       |      |      |      |      |       |      |      |     |
|---|--|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|
| 2 | Tema 3: Circuitos resonantes de microondas   | 10,00 | 0,00 | 3,00 | 10,00 | 0,00 | 8,00 | 4,00 | 2,00 | 18,00 | 0,00 | 0,00 | 3-9 |
|   | <p>3.1 – Introducción</p> <p>3.1.1 – Circuito resonante RLC serie</p> <p>3.1.2 – Circuito resonante RLC paralelo</p> <p>3.2 – Línea L/2 terminada en cortocircuito</p> <p>3.3 – Línea L/4 terminada en cortocircuito</p> <p>3.4 – Línea L/2 terminada en circuito abierto</p> <p>3.5 – Anillo resonante</p> <p>3.6 – Alimentación mediante gap acoplado</p> <p>3.7 – Cavidad resonante en guía rectangular</p>   |       |      |      |       |      |      |      |      |       |      |      |     |
|   | Tema 4: Filtros de microondas  |       |      |      |       |      |      |      |      |       |      |      |     |
|   | <p>4.1 – Introducción</p> <p>4.2 – Diseño de filtros: método de las pérdidas de inserción</p> <p>4.2.1 – Respuestas prácticas de filtros</p> <p>4.2.2 – Prototipo paso bajo: respuesta binomial</p> <p>4.2.3 – Prototipo paso bajo: respuesta mismo rizado</p> <p>4.2.4 – Prototipo paso bajo: respuesta fase lineal</p> <p>4.3 – Escalado en impedancia y frecuencia</p> <p>4.3.1 – Transformaciones paso-banda y rechazo-banda</p> <p>4.4 – Implementación de filtros</p> <p>4.4.1 – Transformación de Richards</p> <p>4.4.2 – Identidades de Kuroda</p> <p>4.4.3 – Inversores de impedancia y admitancia</p> <p>4.4.4 – Filtro paso bajo con saltos de impedancia</p> <p>4.4.5 – Filtro paso banda con líneas acopladas</p> <p>4.4.6 – Filtro paso-banda y rechazo-banda con resonadores L/4</p> <p>4.4.7 – Filtro paso-banda con resonadores serie acoplados capacitivamente</p> |       |      |      |       |      |      |      |      |       |      |      |     |
|   | Tema 5: Redes de N puertas – Divisores de potencia y acopladores direccionales   |       |      |      |       |      |      |      |      |       |      |      |     |
|   | <p>5.1 – Introducción</p> <p>5.2 – Propiedades básicas de los divisores y acopladores</p> <p>5.3 – La unión en T como divisor de potencia</p> <p>5.4 – El divisor Wilkinson</p> <p>5.5 – El híbrido en cuadratura (90°)</p> <p>5.6 – Acopladores direccionales con líneas acopladas</p> <p>5.7 – El acoplador Lange</p> <p>5.8 – El híbrido 180°</p>   |       |      |      |       |      |      |      |      |       |      |      |     |

|   |  |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|---|--|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|------|
| 3   | Tema 6: Circuitos y sistemas en guía de onda         | 6,00         | 0,00        | 0,00        | 7,00         | 0,00        | 8,00         | 4,00         | 2,00        | 18,00        | 0,00        | 0,00        | 8-15 |
|   | 6.1 – Introducción                                   |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.2 – Modos de propagación                           |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.2.1 – Guía rectangular                             |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.2.2 – Guía circular                                |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.2.3 – Guía cuadrada                                |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.2.4 – Otras guías (coaxial, ridge)                 |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.3 – Polarización de una onda electromagnética      |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.4 – Discontinuidades en guías rectangulares        |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.5 – Acoplos a través de aperturas en guías de onda |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.6 – Circuitos en guía de onda                      |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.6.1 – Transformadores/Transiciones                 |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.6.2 – Desfasadores                                 |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.6.3 – Uniones (3 y 4 puertos)                      |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.6.4 – Acopladores                                  |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.6.5 – Filtros y duplexores                         |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.6.6 – Transductores ortomodo (OMT)                 |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.6.7 – Polarizadores                                |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.7 – Ejemplos de sistemas en guía de onda           |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.7.1 – Alimentadores de antena multi-puerto         |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.7.2 – Polarímetros para radioastronomía            |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
|   | 6.7.3 – Sistemas de seguimiento (tracking)           |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |
| <b>TOTAL DE HORAS</b>                         |  | <b>22,00</b> | <b>0,00</b> | <b>3,00</b> | <b>25,00</b> | <b>0,00</b> | <b>20,00</b> | <b>10,00</b> | <b>5,00</b> | <b>40,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> |      |
| Esta organización tiene carácter orientativo. |  |              |             |             |              |             |              |              |             |              |             |             |      |

|       |  |
|-------|--|
| TE    | Horas de teoría                                |
| PA    | Horas de prácticas en aula                     |
| PLE   | Horas de prácticas de laboratorio experimental |
| PLO   | Horas de prácticas de laboratorio en ordenador |
| CL    | Horas de prácticas clínicas                    |
| TU    | Horas de tutoría                               |
| EV    | Horas de evaluación                            |
| TG    | Horas de trabajo en grupo                      |
| TA    | Horas de trabajo autónomo                      |
| TU-NP | Tutorías No Presenciales                       |
| EV-NP | Evaluación No Presencial                       |



**7. MÉTODOS DE LA EVALUACIÓN**

| Descripción              | Tipología   | Eval. Final | Recuper. | %             |
|--------------------------|---|-------------|----------|---------------|
| Práctica 1               | Trabajo   | No          | Sí       | 26,67         |
| Calif. mínima            | 0,00  |             |          |               |
| Duración                 |   |             |          |               |
| Fecha realización        | Durante bloque 2  |             |          |               |
| Condiciones recuperación | Examen convocatoria ordinaria   |             |          |               |
| Observaciones            | Se podrá recuperar en el examen escrito de la convocatoria ordinaria, o convocatoria extraordinaria si fuera el caso.   |             |          |               |
| Práctica 2               | Trabajo   | No          | Sí       | 26,67         |
| Calif. mínima            | 0,00  |             |          |               |
| Duración                 |   |             |          |               |
| Fecha realización        | Durante bloque 2  |             |          |               |
| Condiciones recuperación | Examen convocatoria ordinaria   |             |          |               |
| Observaciones            | Se podrá recuperar en el examen escrito de la convocatoria ordinaria, o convocatoria extraordinaria si fuera el caso.   |             |          |               |
| Práctica 3               | Trabajo   | No          | Sí       | 26,67         |
| Calif. mínima            | 0,00  |             |          |               |
| Duración                 |   |             |          |               |
| Fecha realización        | Durante bloque 3  |             |          |               |
| Condiciones recuperación | Examen convocatoria ordinaria   |             |          |               |
| Observaciones            | Se podrá recuperar en el examen escrito de la convocatoria ordinaria, o convocatoria extraordinaria si fuera el caso.   |             |          |               |
| Examen Final             | Examen escrito  | No          | Sí       | 19,99         |
| Calif. mínima            | 0,00  |             |          |               |
| Duración                 |   |             |          |               |
| Fecha realización        | Al final del curso  |             |          |               |
| Condiciones recuperación | Examen convocatoria ordinaria   |             |          |               |
| Observaciones            | Examen tipo test o de respuestas cortas.<br><br>Se podrá recuperar en el examen escrito de la convocatoria ordinaria, o convocatoria extraordinaria si fuera el caso. |             |          |               |
| <b>TOTAL</b>             |   |             |          | <b>100,00</b> |
| Observaciones            |   |             |          |               |

Evaluación continua: la evaluación continua presupone la asistencia a clase, tanto a las sesiones teóricas como prácticas en el laboratorio, así como a las pruebas de evaluación.

La nota final es la media ponderada de las calificaciones parciales obtenidas en las diferentes prácticas y el examen final. Si no se alcanza el aprobado en la asignatura (calificación mínima 5), se podrá recuperar esta asignatura en el examen escrito de la convocatoria ordinaria en la fecha fijada por la escuela. Asimismo, si no se alcanza la calificación de aprobado en la convocatoria ordinaria, se podrá recuperar mediante examen escrito en la convocatoria extraordinaria en la fecha fijada por la escuela.

Se prevé la evaluación a distancia de los trabajos, ejercicios prácticos de laboratorio y pruebas escritas, en el caso de que una nueva alerta sanitaria por COVID-19 haga imposible realizar la evaluación de forma presencial.

Criterios de evaluación para estudiantes a tiempo parcial

Para estos estudiantes, se atenderá convenientemente su situación particular siempre que esté debidamente justificada.

## 8. BIBLIOGRAFÍA Y MATERIALES DIDÁCTICOS

### BÁSICA

- K.C. Gupta: Microstrip Lines and Slotlines, Artech House 1996
- Peter A. Rizzi: Microwave Engineering, Prentice-Hall 1988
- J. Uher: Waveguide Components for Antenna Feed Systems: Theory and CAD, Artech House 1993.
- David M. Pozar, "Microwave Engineering", 4rd Ed., Wiley, 2012.
- David M Pozar, "Microwave and RF Design of Wireless Systems". John Wiley & Sons, 2001.

### Complementaria

- R. Ludwig & P. Bretchko, "RF Circuit Design: Theory and Applications", Pearson Prentice Hall, 2000
- Liao', "Microwave Devices and Circuits". Prentice Hall, 1990.
- Annapurna Das, Sisir K Das, "Microwave Engineering", International Ed. McGraw Hill, 2001.
- Glover, Pennock, Shepherd, "Microwave devices, circuits and subsystem for communication engineering", Wiley, 2005. Brian C. Wadell , Transmission Line Design Handbook, Artech House Microwave Library 1991.
- Nguyen, CAM, Analysis Methods for RF, Microwave, and Millimeter-Wave Planar Transmission Line Structures, Wiley-Interscience, 2000.
- Rick Hartley , RF/Microwave PC Board Design and Layout, L-3 Avionics Systems, Online.
- R. E. Collin, "Foundations for Microwave Engineering", 2nd Edition 1992, McGraw-Hill.
- G. Matthaei, L. Young, E.M.T. Jones, "Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures", 1980, Artech House

## 9. SOFTWARE

| PROGRAMA / APLICACIÓN                                | CENTRO | PLANTA | SALA | HORARIO |
|--|--------|--------|------|---------|
| Amanogagua.com ( Interactive Software for Education) |        |        |      |         |
| Cadence Microwave Office                             |        |        |      |         |
| ANSYS - HFSS   |        |        |      |         |

**10. COMPETENCIAS LINGÜÍSTICAS**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Comprensión escrita                            | <input type="checkbox"/> Comprensión oral          |
| <input checked="" type="checkbox"/> Expresión escrita                   | <input checked="" type="checkbox"/> Expresión oral |
| <input type="checkbox"/> Asignatura íntegramente desarrollada en inglés |  |

**Observaciones**

Uno de los trabajos propuestos de la asignatura se redactará y presentará en inglés.