Guía docente de la asignatura

# Tecnología de Circuitos Impresos (22111CA)

EUR-ACE®

Fecha de aprobación: **23/06/2025**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Grado** | Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación | **Rama** | Ingeniería y Arquitectura |
| **Módulo** | Complementos de Sistemas Electrónicos | **Materia** | Complementos de Sistemas Electrónicos |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Curso** | 4º | **Semestre** | 1º | **Créditos** | 6 | **Tipo** | Optativa |

## PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Tener cursados los módulos de Formación Básica y Común a la Rama de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación.
Específicamente, tener cursadas las asignaturas:

- Análisis de Circuitos.
- Componentes y Circuitos Electrónicos.
- Transmisión de Ondas.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Grado)

- Diseño de placas de circuitos impresos (PCB).
- Simulación de elementos circuitales en la PCB.
- Herramientas CAD para el desarrollo de circuitos y equipos electrónicos.
- Tecnologías, procesos de fabricación, normativas y criterios de calidad en el diseño de la PCB

## COMPETENCIAS ASOCIADAS A MATERIA/ASIGNATURA

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE33 - Capacidad para conocer y diseñar placas de circuitos impresos, herramientas, tecnologías y criterios de calidad.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de análisis y síntesis: Encontrar, analizar, criticar (razonamiento



Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 868F8981D6D6C3FEEBAEFCBB9225BD8B Pág. 1 de 6

crítico), relacionar, estructurar y sintetizar información proveniente de diversas fuentes, así como integrar ideas y conocimientos.
- CT02 - Capacidad de organización y planificación así como capacidad de gestión de la Información.
- CT03 - Capacidad de comunicación oral y escrita en el ámbito académico y profesional con especial énfasis, en la redacción de documentación técnica.
- CT04 - Capacidad para la resolución de problemas.
- CT05 - Capacidad para tomar decisiones basadas en criterios objetivos (datos experimentales, científicos o de simulación disponibles) así como capacidad de argumentar y justificar lógicamente dichas decisiones, sabiendo aceptar otros puntos de vista.
- CT06 - Capacidad para el uso y aplicación de las TIC en el ámbito académico y profesional.
- CT07 - Capacidad de comunicación en lengua extranjera, particularmente en inglés.
- CT08 - Capacidad de trabajo en equipo.
- CT09 - Capacidad para el aprendizaje autónomo así como iniciativa y espíritu emprendedor.
- CT10 - Motivación por la calidad y la mejora continua, actuando con rigor, responsabilidad y ética profesional.
- CT11 - Capacidad para adaptarse a las tecnologías y a los futuros entornos actualizando las competencias profesionales.
- CT12 - Capacidad para innovar y generar nuevas ideas.
- CT13 - Sensibilidad hacia temas medioambientales.
- CT14 - Respeto a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres.
- CT15 - Capacidad para proyectar los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridos para promover una sociedad basada en los valores de la libertad, la justicia, la igualdad y el pluralismo.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- Conocer los conceptos y nomenclatura propia del diseño y de la tecnología de fabricación de los circuitos impresos a escala milimétrica.
- Conocer los elementos condicionantes de la tecnología de modo que se puedan realizar diseños de circuitos impresos para aplicaciones generales y específicas.
- Saber elegir los diferentes componentes electrónicos de un circuito dependiendo de la técnica de fabricación industrial a utilizar.
- Conocer las normativas y criterios de calidad en el diseño de los circuitos impresos.
- Adquirir conocimientos introductorios las diferentes tecnologías de fabricación de PCB y de producción industrial en línea.
- Conocer y saber manejar las herramientas CAD para la obtención de máscaras de litografía y diferentes procesos químicos necesarios durante la fabricación.
- Saber interpretar especificaciones técnicas de equipos electrónicos y elaborar documentación técnica.
- Saber calcular parámetros técnicos relativos a diseños de PCB.
- Saber aplicar los conceptos tecnológicos necesarios para optimizar los tiempos de fabricación en función de los procesos disponibles en la línea de fabricación.
- Saber aplicar los conceptos matemáticos necesarios para optimizar los costes de fabricación y montaje de los circuitos impresos durante la industrialización en planta externa.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS



Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 868F8981D6D6C3FEEBAEFCBB9225BD8B Pág. 2 de 6

## TEÓRICO

**Capítulo 1**. Conceptos previos

1. Elementos de partida.
2. Factores mecánicos de diseño.
3. Factores y legislación medioambiental.
4. Historia del desarrollo de productos electrónicos.
5. Revisión de proyectos integrados realizados por los alumnos de cursos anteriores.

**Capítulo 2**. Encapsulados de componentes

1. Criterios de selección de componentes.
2. Tipos de componentes para montaje THT.
3. Componentes SMT.
4. Componentes semiconductores sin encapsular.
5. Componentes de patillas planas (flat-packs).
6. Zócalos y conectores: Tamaño y forma de la placa. Propiedades mecánicas, eléctricas y medioambientales. Tipos de conectores: Conectores para montaje con taladros y en superficie.
7. Elementos mecánicos.
8. Resolución con Python y **Notebooks de Jupyter** de problemas aplicados.

**Capítulo 3**. Sustratos

1. Introducción a la fabricación multicapa de PCI: Fases y vídeo práctico.
2. Tecnologías de sustratos.
3. Definición de elementos: via y pad.
4. Stencil.
5. Integridad de la señal y determinación de posicionado inicial.
6. Elección del sustrato y relación de empaquetamiento.
7. Conexiones de alta densidad.
8. Determinación de costes de fabricación.
9. Dimensionado de pistas: calentamiento, efecto pelicular y capacidad de corriente.
10. Diseño térmico.
11. Aislamiento eléctrico.
12. Resolución con Python y **Notebooks de Jupyter** de problemas aplicados.

**Capítulo 4.** Reglas de diseño y diseño mecánico

1. Elección de la rejilla.
2. Definición del land-pattern.
3. Definición de los PAD, definición de los taladros y definición de las vías multicapa.
4. Sección de los conductores, forma de los conductores y separación entre conductores.
5. El Pad stack en los taladros mecánicos.
6. Tornillería: Partes y Normalización. Tipos de cabezas.
7. Procedimientos del corte de PCB y panelización.
8. Procedimientos de creación de serigrafía gráfica sobre la PCB.
9. Resolución con Python y Jupyter de problemas aplicados.

**Capítulo 5**. Terminaciones de la pcb en la industria.

1. Definiciones.
2. Elección de la terminación más recomendable para una PCB.



Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 868F8981D6D6C3FEEBAEFCBB9225BD8B Pág. 3 de 6

3. Resistividad y par galvánico de los materiales.
4. Procedimientos químicos, procedimientos electrolíticos.
5. Soldadura sin plomo. Normativa Europea.
6. Realización de un encargo a un fabricante online de PCBs.

**Capítulo 6**. Documentación

1. Programas CAD / CAE
2. Características del diseño asistido por computador.
3. Agrupación y distribución de componentes en la PCB.
4. Técnicas de distribución detallada.
5. Trazado de las pistas conductoras.
6. Tipos de trazadores.
7. Prestaciones del trazador.
8. ERC. Verificación y correcciones.
9. Generación de documentación para fabricación.

## PRÁCTICO

### Seminarios

1. Diseño de PCB Multicapa.
2. Simulación de pistas con LTSpice.
3. Exposición de trabajos.

### Prácticas de Laboratorio

1. Práctica 1: Diseño en entorno CAD/CAE/CAM a partir de un conjunto de vídeos guiados.
2. Práctica 2: Diseño y fabricación en equipo de un prototipo de equipo electrónico.
3. Práctica de soldadura de componentes SMD.
4. Práctica 3: Post-procesado de PCBs.
5. Práctica 4: Obtención y manejo de documentación para fabricación de PCB .

**Actividades no Presenciales de refuerzo al estudio**. El alumno cada semana realizará una actividad no presencial que subirá a Prado.

1. Aprendizaje guiado del Software de diseño de PCB.
2. Casos prácticos en vídeo a través de plataforma electrónica para reforzar las sesiones teóricas.
3. Resolución de test sobre lecturas y vídeos recomendados.
4. Resolución de ejercicios mediante Python y Notebooks de Jupyter.

Las prácticas, casos prácticos y/o ejercicios resueltos en las clases y que son la base de los contenidos, se ofrecerán en inglés y español para los alumnos de movilidad internacional.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL


- Jon Varteresian, Fabricating Printed Circuit Boards, Newnes, 2002
- R. Tummala, Fundamentals of Microsystems Packaging, McGraw-Hill 2001




Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 868F8981D6D6C3FEEBAEFCBB9225BD8B Pág. 4 de 6

- C. Robertson. PCB Designer´s Reference. Prentice Hall, 2003


### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA


- V. Shukla, Signal Integrity for PCB Designers, Reference Designer, 2009
- Engineering graphics with SolidWorks and video instruction. Planchard, David C., 2018


## ENLACES RECOMENDADOS

Portal Moodle de la asignatura
Web de la asignatura de cursos anterior 24-25.
Proyectos Integrados realizados por los alumnos en el curso 24-25
Proyectos Integrados realizados por los alumnos en el curso 21-22

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 - Lección magistral
- MD02 - Actividades prácticas
- MD03 - Seminarios
- MD04 - Actividades no presenciales
- MD05 - Tutorías académicas

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará un sistema de evaluación diversificado, seleccionando las técnicas de evaluación más adecuadas para las asignaturas en cada momento, que permita poner de manifiesto los diferentes conocimientos y capacidades adquiridos por el alumnado al cursar cada asignatura. De entre las siguientes técnicas evaluativas se utilizarán alguna o algunas de las siguientes:

- Para la parte teórica se realizarán exámenes finales o parciales, sesiones de evaluación y entregas de ejercicios sobre el desarrollo y los resultados de las actividades propuestas. La ponderación de este bloque será del 70%.
- Para la parte práctica se realizarán prácticas de laboratorio, resolución de problemas y desarrollo de proyectos (individuales o en grupo), y se valorarán las entregas de los informes/memorias realizados por los alumnos, o en su caso las entrevistas personales con los alumnos y las sesiones de evaluación. La ponderación de este bloque será del 25%.
- En su caso, la parte de trabajo autónomo y los seminarios se evaluarán teniendo en cuenta la asistencia a los seminarios, los problemas propuestos que hayan sido resueltos y entregados por los alumnos, en su caso, las entrevistas efectuadas durante el curso y la presentación oral de los trabajos desarrollados. La ponderación de éstos hasta un 5%.

Se utilizarán la siguiente técnica de evaluación:

- La calificación global corresponderá a la puntuación ponderada de los diferentes aspectos y actividades que integran el sistema de evaluación. Por tanto, el resultado de la evaluación será una calificación numérica obtenida mediante la suma ponderada de las



Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 868F8981D6D6C3FEEBAEFCBB9225BD8B Pág. 5 de 6

calificaciones correspondientes a una parte teórica, una parte práctica y, en su caso, una parte relacionada con el trabajo autónomo de los alumnos, los seminarios impartidos y el aprendizaje basado en proyectos.

Para aprobar la asignatura será necesario, como mínimo, obtener una nota mayor a 5.0 entre 0-10 en la parte teórica y una nota mayor a 5.0 entre 0-10 en la parte práctica.

Los exámenes o pruebas escritas que se desarrollen a lo largo del semestre serán ofrecidos en español e inglés y la posibilidad de responder en inglés para los alumnos de movilidad internacional.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

En Evaluación extraordinaria la calificación final responderá al siguiente baremo:

- 35 %, Pruebas práctica sobre las tareas realizadas en los seminarios, uso de los programas de diseño y simulación utilizados y sesiones de laboratorio.
- 65 %, Pruebas escritas.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

De acuerdo con la normativa de la Universidad de Granada, para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en el plazo establecido en la normativa, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, al Coordinador del Grado, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación consistirá en un examen teórico y otro práctico consecutivo que representarán el 65% y el 35%, respectivamente.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**MEDIDAS PREVENTIVAS EN LOS LABORATORIOS DE PRÁCTICAS Y/O TALLERES**:
En el siguiente enlace (https://ssp.ugr.es/informacion/noticias/medidas-preventivas-generales-laboratorios-talleres) se adjunta una guía dirigida a estudiantado y profesorado con información relativa a buenas prácticas para los laboratorios experimentales docentes. En dicha guía se proporciona la información relativa a los principales riesgos para la seguridad y la salud asociados a las prácticas docentes en laboratorios, así como las medidas preventivas necesarias para eliminar y/o minimizar dichos riesgos. También se informa sobre el procedimiento a seguir en caso de accidente y cómo proporcionar un primer auxilio.

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

## SOFTWARE LIBRE

- Jupyer Lab
- Python
- Saturn PCB Toolkit

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F



Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 868F8981D6D6C3FEEBAEFCBB9225BD8B
05/05/2026 - 08:47
Pág. 6 de 6