

**Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	SIMULACIÓN DE PROCESOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS		
<b>Materia</b>	ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES		
<b>Módulo</b>	ESPECIALIZACIÓN: ANÁLISIS Y DISEÑO EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES (ME-EC)		
<b>Titulación</b>	MÁSTER UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES		
<b>Plan</b>	371	<b>Código</b>	51310
<b>Periodo de impartición</b>	1er cuatrimestre	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA
<b>Nivel/Ciclo</b>	MASTER	<b>Curso</b>	1º
<b>Créditos ECTS</b>	5 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	ESPAÑOL		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	LUIS ALBERTO MARQUÉS CUESTA JOSÉ EMILIANO RUBIO GARCÍA		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	DESPACHOS: 1D062, 1D059 TELÉFONOS: 983 423000 ext. 5503 / ext. 5501 E-MAIL: <a href="mailto:lmarques@ele.uva.es">lmarques@ele.uva.es</a> , <a href="mailto:jerg@ele.uva.es">jerg@ele.uva.es</a>		
<b>Horario de tutorías</b>	Véase <a href="http://www.uva.es">www.uva.es</a> → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación → Tutorías		
<b>Departamento</b>	ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA		

## **1. Situación / Sentido de la Asignatura**

---

### **1.1 Contextualización**

---

La tendencia constante hacia la miniaturización de los dispositivos electrónicos requiere un esfuerzo continuo de investigación y desarrollo de nuevos materiales y procesos, en términos tanto económicos como en tiempo de trabajo. Dentro de la industria micro- y nano-electrónica, el coste de este desarrollo puede reducirse en un factor importante gracias a las técnicas de simulación. Debido a la complejidad de esta innovación se hace necesaria la utilización de simulaciones multi-nivel, desde los simuladores atomísticos hasta los simuladores de dispositivos y circuitos.

En esta asignatura se estudian y se utilizan algunos de estos programas de simulación, comenzando con las técnicas a escala atómica. En los temas sucesivos se introducen las técnicas continuas de simulación que permiten representar los procesos de fabricación de dispositivos, y su funcionamiento eléctrico.

De esta forma, la asignatura da una visión completa de los distintos métodos de simulación de procesos y dispositivos usados en la industria electrónica.

### **1.2 Relación con otras materias**

---

Esta asignatura optativa se apoya en las competencias generales fomentadas en el Bloque Básico (MB) del máster, "Fundamentos de I+D+i en TIC". La asignatura está relacionada con "Caracterización de Dispositivos y Circuitos Electrónicos", y permite que el alumno adquiera competencias específicas recomendables para la asignatura "Diseño de circuitos electrónicos", correspondiente a la materia "Diseño de Sistemas Electrónicos y de Comunicaciones" (DS).

### **1.3 Prerrequisitos**

---

Para cursar con éxito esta asignatura son convenientes conocimientos básicos de física de semiconductores y de dispositivos electrónicos.



## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- Capacidad crítica hacia el conocimiento actual como medio imprescindible para la detección de nuevos retos a resolver y por eso evaluar crítica y constructivamente resultados de investigación de otros. [CG 1]
- Capacidad de analizar y aplicar los conocimientos técnicos específicos de su área en nuevos entornos y contextos, teniendo en cuenta los parámetros y variables más significativas de cada nueva situación. [CG 5]
- Capacidad de comunicar los resultados de investigación mediante artefactos escritos, propios de divulgación del conocimiento en el sistema de investigación regido por el sistema de revisión entre pares, o en otros términos, escribir artículos técnicos correctos tanto en el fondo como en la forma. [CG 8]
- Capacidad de emplear las técnicas y medios más adecuados para la comunicación oral en diversos foros de la comunidad académica, científica o empresarial, así como para su divulgación en general en la sociedad, o en otros términos, preparar y realizar presentaciones orales correctas ante audiencias expertas y en contextos divulgativos. [CG 9]
- Capacidad de conocer y emplear técnicas y herramientas relacionadas con el modelado, simulación, experimentación y validación de las propuestas técnicas, así como evaluarlas mediante unos parámetros de bondad establecidos. [CG 10]
- Capacidad de desarrollar la capacidad de aprendizaje y trabajo en grupo tanto en entornos conocidos y restringidos, así como en consorcios internacionales en los que intervienen factores culturales. [CG 11]
- Capacidad de proseguir en un aprendizaje a lo largo de toda la vida (Life Long Learning) a través de la asimilación de las técnicas y actitudes propias del trabajo autónomo y auto-dirigido. [CG 13]

### 2.2 Específicas

- Capacidad de realizar tareas de investigación supervisadas en el área de análisis y caracterización en electrónica y comunicaciones. [CE-EC 1]
- Capacidad para buscar eficazmente y leer críticamente información y bibliografía básica sobre electrónica y comunicaciones. [CE-EC 3]
- Capacidad para integrar la información y los conocimientos necesarios para resolver problemas en el ámbito de la electrónica y las comunicaciones. [CE EC 4]
- Capacidad para utilizar software específico para analizar procesos, dispositivos y circuitos electrónicos y sistemas de comunicaciones. [CE-EC 5]
- Capacidad para formular modelos físicos de sistemas electrónicos a nivel de material, proceso, dispositivo y circuito e identificar sus limitaciones. [CE-EC 7]



### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Realizar tareas de investigación básica en el área de simulación de procesos y dispositivos en Electrónica.
- Escribir informes técnicos correctos, describiendo y argumentando los resultados obtenidos.
- Exponer eficazmente resultados de investigación.
- Describir y explicar los principales procesos usados en la fabricación de los dispositivos electrónicos.
- Diseñar una secuencia de procesos apropiada para la fabricación de dispositivos electrónicos específicos.
- Comprender los retos tecnológicos planteados en el International Technology Roadmap for Semiconductors.
- Utilizar correctamente software específico para analizar y caracterizar sistemas electrónicos.
- Conocer las diferentes técnicas de simulación atómica, así como sus diferentes rangos de aplicabilidad.
- Realizar simulaciones atómicas de materiales y procesos tecnológicos.
- Simular procesos tecnológicos en circuitos integrados.
- Realizar y analizar simulaciones de los procesos tecnológicos usados en la fabricación de dispositivos electrónicos.
- Realizar y analizar simulaciones sobre el comportamiento eléctrico de dispositivos electrónicos.
- Correlacionar la influencia de los procesos tecnológicos en las prestaciones de los dispositivos.
- Relacionar la estructura física de los dispositivos con su respuesta eléctrica mediante técnicas de simulación.
- Extraer los parámetros que caracterizan las prestaciones de materiales, dispositivos y circuitos electrónicos.

**4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura**

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	24	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas de aula (A)		Estudio y trabajo autónomo grupal	15
Laboratorios (L)	24		
Prácticas externas, clínicas o de campo			
Seminarios (S)			
Tutorías grupales (TG)			
Evaluación	2		
<b>Total presencial</b>	<b>50</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>75</b>





## 5. Bloques temáticos

### Bloque 1: TECNOLOGÍAS PARA NANO ELECTRÓNICA

Carga de trabajo en créditos ECTS: 0.4

#### a. Contextualización y justificación

Para poder utilizar con éxito las técnicas de simulación de los procesos y de los dispositivos electrónicos y comprender sus fundamentos físicos, es necesario en primer lugar conocer los diferentes procesos tecnológicos usados en la industria electrónica, así como la secuencia de los mismos que se utiliza en la fabricación de los principales dispositivos electrónicos, en especial los transistores FET.

#### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Describir los principales procesos tecnológicos de fabricación de dispositivos electrónicos
- Explicar los efectos de las condiciones de aplicación de los procesos sobre el dispositivo resultante.
- Describir el dañado estructural resultante después de los procesos de implantación iónica y recocido térmico.
- Diseñar una secuencia de procesos apropiada para la fabricación de dispositivos electrónicos básicos

#### c. Contenidos

##### Tema 1. Tecnologías para nanoelectrónica.

- Procesos de fabricación de dispositivos semiconductores
- Integración de procesos

#### d. Métodos docentes

Clase magistral participativa

#### e. Plan de trabajo

4 horas de clase en aula

#### f. Evaluación

Prueba escrita

#### g. Bibliografía básica

- R.C. Jaeger, Introduction to microelectronic fabrication, Prentice Hall, 2002 (2ª ed.)
- G.S. May y S.M. Sze, Fundamentals of Semiconductor Fabrication. John Wiley & Sons, 2004

También se utilizarán artículos de investigación publicados en revistas internacionales y/o presentados en congresos.





#### **h. Bibliografía complementaria**

- J.D. Plummer, M. D. Deal, P. B. Griffin, Silicon VLSI technology, Prentice Hall, 2000

#### **i. Recursos necesarios**

Material complementario (presentaciones) aportado por el profesor

### **Bloque 2: MÉTODOS DE SIMULACIÓN ATOMÍSTICOS**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.4

#### **a. Contextualización y justificación**

Hoy es impensable desarrollar nuevos dispositivos electrónicos u optimizar los existentes sin el auxilio de las técnicas que simulan, tanto los procesos físicos usados en la fabricación como las características eléctricas resultantes. Con la continua reducción de las dimensiones de los dispositivos en cada generación de circuitos integrados, se hace necesario utilizar técnicas de simulación que tengan en cuenta la naturaleza atómica de los materiales implicados.

#### **b. Objetivos de aprendizaje**

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer las diferentes técnicas de simulación atómica, así como sus diferentes rangos de aplicabilidad.
- Realizar simulaciones atómicas de materiales y procesos tecnológicos.
- Extraer parámetros físicos significativos a partir de los resultados de la simulación.

#### **c. Contenidos**

##### **Tema 2. Métodos de simulación atómicos de materiales y procesos tecnológicos.**

- Ab initio
- Tight binding
- Dinámica molecular clásica
- Colisiones binarias
- Monte Carlo cinético

#### **d. Métodos docentes**

- Clase magistral participativa
- Prácticas de laboratorio

#### **e. Plan de trabajo**

- 14 horas de clase en aula
- 10 horas de trabajo en el laboratorio:



- PRÁCTICA 1: Introducción a LAMMPS (2 horas)
- PRÁCTICA 2: Simulación de un gas de Lennard-Jones (4 horas)
- PRÁCTICA 3: Obtención de parámetros físicos mediante simulación atomística (4 horas)

#### f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en

- Prueba escrita
- Informes de prácticas de laboratorio
- Presentaciones orales

#### g. Bibliografía básica

- K. Ohno, K. Esfarjani y Y. Kawazoe, Computational Materials Science, From Ab Initio to Monte Carlo Methods. Springer, 1999.

#### h. Bibliografía complementaria

Artículos científicos que serán entregados por el profesor.

#### i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Ordenador.
- Programas de simulación atomística
- Documentación complementaria

### Bloque 3: MÉTODOS DE SIMULACIÓN CONTINUOS

Carga de trabajo en créditos ECTS:

#### a. Contextualización y justificación

Aunque los métodos atomísticos van cobrando cada vez más importancia en la simulación de algunos procesos tecnológicos tales como la implantación iónica y el recocido térmico, los métodos de simulación continuos se siguen utilizando en la industria debido a su carácter general y a la posibilidad de reproducir la secuencia completa de fabricación.

Por ello, en este bloque se introducen los métodos de simulación continuos. Estos métodos se basan en la resolución numérica de las ecuaciones diferenciales que rigen el comportamiento de los semiconductores. En la simulación de procesos se resuelven las ecuaciones que representan los modelos físicos de los diferentes procesos (oxidación, implantación, depósito, etc.), mientras que en la simulación de dispositivos las ecuaciones a resolver son las que rigen el comportamiento de los portadores, teniendo en cuenta la estructura física del dispositivo, para obtener las características eléctricas del mismo.





## **b. Objetivos de aprendizaje**

---

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Realizar simulaciones de los procesos tecnológicos usados en la fabricación de dispositivos electrónicos.
- Diseñar la secuencia de procesos necesaria para fabricar dispositivos electrónicos básicos.
- Realizar la simulación del comportamiento eléctrico de dispositivos electrónicos para obtener sus curvas características.
- Relacionar la estructura física de los dispositivos con su respuesta eléctrica mediante técnicas de simulación.
- Modificar las condiciones del proceso de fabricación para optimizar las propiedades del dispositivo

## **c. Contenidos**

---

### **Tema 3. Métodos de simulación continuos de procesos y dispositivos.**

- Fundamentos
- Simulación de procesos mediante SUPREM
- Simulación de dispositivos mediante PISCES

### **Tema 4. Optimización de parámetros de procesos y dispositivos.**

## **d. Métodos docentes**

---

- Clase magistral participativa
- Prácticas de laboratorio

## **e. Plan de trabajo**

---

- 12 horas de clase en aula
- 10 horas de trabajo en el laboratorio:
  - PRÁCTICA 4: Proceso de fabricación de un transistor MOSFET mediante SUPREM (2 horas)
  - PRÁCTICA 5: Diseño de un diodo y optimización de sus parámetros mediante PISCES (4 horas)
  - PRÁCTICA 6: Diseño de un transistor MOSFET mediante SUPREM y estudio y optimización de parámetros mediante PISCES (4 horas)

## **f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en

- Prueba escrita
- Informes de prácticas de laboratorio
- Presentaciones orales

## **g. Bibliografía básica**

---

- Manuales de los programas de simulación usados en el laboratorio.
- R.C: Jaeger, Introduction to microelectronic fabrication, Prentice Hall, 2002 (2ª ed.)
- G.S. May y S.M. Sze, Fundamentals of Semiconductor Fabrication. John Wiley & Sons, 2004



#### **h. Bibliografía complementaria**

---

- H. Xiao, Introduction to semiconductor manufacturing technology, Prentice Hall, 2001

#### **i. Recursos necesarios**

---

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Ordenador
- Programa de simulación de procesos tecnológicos SUPREM
- Programa de simulación eléctrica de dispositivos electrónicos PISCES
- Documentación complementaria



**6. Temporalización (por bloques temáticos)**

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque 1: Tecnologías para nanoelectrónica	0.4 ECTS	Semanas 5 a 6
Bloque 2: Métodos atomísticos de simulación de materiales y procesos tecnológicos	2.4 ECTS	Semanas 6 a 12
Bloque 3: Métodos de simulación continuos	2 ECTS	Semanas 13 a 18

El examen final tendrá una duración de 2 horas (0.2 ECTS), a realizar una vez terminado el desarrollo de la asignatura.

**7. Tabla resumen de los instrumentos, procedimientos y sistemas de evaluación/calificación**

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Examen final escrito	70%	Para superar la asignatura es condición necesaria (pero no suficiente) alcanzar una calificación igual o superior a 5 en el examen final escrito.
Prácticas e informes de laboratorio	25%	En el caso de que algún alumno no pueda asistir a las sesiones de prácticas por razones debidamente justificadas, deberá realizar un examen de laboratorio que contará en la misma proporción, 25%.
Exposiciones orales	5%	

La evaluación de la convocatoria extraordinaria se realizará mediante dos ejercicios, el primero de ellos un examen escrito con un peso del 75% de la nota final. En el caso de haber aprobado las prácticas de laboratorio en la convocatoria ordinaria, el 25% restante de la nota será la calificación obtenida en dichas prácticas, y en el caso de no haberlas aprobado, el alumno deberá realizar un examen de laboratorio, cuya nota tendrá también un peso del 25% en la nota final.

**8. Consideraciones finales**

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.