Guía docente de la asignatura

Caracterización, Simulación y Modelado de Nanodispositivos Electrónicos (M44/56/3/19)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 02/07/2025

Máster	Máster Universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica
MÓDULO	Nanotecnología: Física y Aplicaciones
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	**Créditos**	6	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Se recomienda tener conocimientos básicos de física del estado sólido, física estadística, física cuántica, electromagnetismo y métodos numéricos de resolución de ecuaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

- Mecanismos de dispersión de los portadores.
- Transporte de carga en nanodispositivos electrónicos.
- Técnicas de simulación numérica y modelado compacto. Método de Monte Carlo.
- Herramientas y técnicas de caracterización eléctrica.
- Ruido en nanodispositivos electrónicos.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

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): 7181F90D0DDC95EB2A7C1B05DD87C585
06/05/2026 - 11:02
Pág. 1 de 7

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - 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.
- CB8 - 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.
- CB9 - 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.
- CB10 - 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG03 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG04 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.
- CG05 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.
- CE02 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE03 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE04 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.
- CT02 - Compromiso ético. Tanto en su etapa de alumno como posteriormente en su trabajo profesional, el estudiante debe ser consciente de la absoluta necesidad de realizar sus tareas con absoluto respeto a la honradez, la verdad y el servicio a la sociedad.
- CT03 - Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y confianza.
- CT04 - Capacidad de reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad. Forma parte de

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): 7181F90D0DDC95EB2A7C1B05DD87C585
06/05/2026 - 11:02
Pág. 2 de 7

la actitud vital que se supone al graduado: su conciencia social ha de guiar aquellos aspectos de su profesión que involucren a otros miembros de la comunidad.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - 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.
- CB8 - 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.
- CB9 - 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.
- CB10 - 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG03 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG04 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.
- CG05 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.
- CE02 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE03 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE04 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

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): 7181F90D0DDC95EB2A7C1B05DD87C585
06/05/2026 - 11:02
Pág. 3 de 7

- CT01 - Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.
- CT02 - Compromiso ético. Tanto en su etapa de alumno como posteriormente en su trabajo profesional, el estudiante debe ser consciente de la absoluta necesidad de realizar sus tareas con absoluto respeto a la honradez, la verdad y el servicio a la sociedad.
- CT03 - Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y confianza.
- CT04 - Capacidad de reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad. Forma parte de la actitud vital que se supone al graduado: su conciencia social ha de guiar aquellos aspectos de su profesión que involucren a otros miembros de la comunidad.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

- Utilizar las principales herramientas de simulación numérica de los nanodispositivos semiconductores.
- Resolver ecuaciones diferenciales en derivadas parciales (Ecuación de Poisson, Schroedinger, continuidad, transporte de Boltzmann) mediante diferentes técnicas tanto deterministas como estocásticas (método de Monte Carlo), en estructuras semiconductoras reales.
- Enfrentarse a problemas de transporte de carga en diferentes estructuras, y cálculo de estructuras de bandas.
- Desarrollar modelos compactos de dispositivos electrónicos para la simulación de circuitos.
- Técnicas de implementación de modelos compactos en simuladores de circuitos comerciales.
- Extraer parámetros de modelos compactos.
- Técnicas numéricas avanzadas para el modelado y la extracción de parámetros.
- Las herramientas matemáticas básicas para el tratamiento del ruido en los dispositivos electrónicos.
- Distinguir diferentes tipos de ruido que se localizan en los nanodispositivos electrónicos.
- Medir el ruido en un dispositivo electrónico
- Caracterizar parámetros físicos de un dispositivo semiconductor a partir de medidas de ruido.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

1. Nociones básicas sobre los transistores de efecto campo.
2. Métodos numéricos para la resolución de las ecuaciones de Poisson, Schroedinger y Boltzmann.
3. Mecanismos de dispersión de los portadores: Rugosidad superficial, culombiano, vibraciones de la red, interacción portador-portador.
4. Método de Monte Carlo de una y muchas partículas aplicado al transporte de carga en estructuras semiconductoras.
5. Metodología de desarrollo de modelos compactos de dispositivos electrónicos.
6. Técnicas avanzadas de resolución analítica de ecuaciones diferenciales y aproximación de

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/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 7181F90D0DDC95EB2A7C1B05DD87C585 Pág. 4 de 7

funciones.
7. Técnicas de extracción de parámetros de modelos de dispositivos electrónicos.
8. Estudio del ruido en dispositivos electrónicos. Herramientas matemáticas.
9. Tipos de ruido y su localización en las diferentes regiones de un dispositivo.
10. Caracterización de un dispositivo electrónico a partir de medidas de ruido.

PRÁCTICO

- Simulación TCAD de una unión PN.
- Simulación TCAD de un transistor MOSFET.
- Simulación circuital con MOSFET.
- Caracterización de defectos en el óxido de un MOSFET mediante medidas de ruido.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- A.B. Bhattacharyya “Compact MOSFET models for VLSI design”, John Wiley and Sons, 2009.
- Moglestue. C. ”Monte Carlo simulation of semiconductor devices”, Chapman&Hall, 1993
- K.Tomizawa, “Numerical simulation of submicron semiconductor devices”, Artech House, 1993.
- Van der Ziel, "Noise in solid state devices and circuits", New York. Wiley. 1986.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Lundstrom, M.; "Fundamentals of carrier transport", Modular Series on Solid - State Devices Vol. X, Addison Wesley Publishing Company 1990.
- Taur, Y. and Ning T.H.; "Fundamentals of modern VLSI devices", Cambridge University Press, 1998
- Hess, K.; "Advanced theory of semiconductor devices", Wiley-IEEE Press, 1999
- Selberherr, S. "Analysis and simulation of semiconductor devices", New York: Springer, 1984.
- Hänsch W.; "The drift-diffusion equation and its applications in Mosfet modeling", Springer-Verlag New-York Inc, 1991
- C.Jacoboni and P.Lugli, “The Monte Carlo method for semiconductor device simulation”, Springer Verlag, 1989
- R.W.Hockney and J.W.Eastwood, “Computer Simulation using particles”, Institute of Physics Publishing, 1988
- A.A. Baladin, ed. "Noise and fluctuations. Control in electronic devices". American Scientific Publishers. 2002.
- Y.P. Tsividis, “Operation and Modeling of the Metal-oxide Semiconductor transistor”, Mcgraw hill, 1999.
- C. Galup-Montoro, M.C. Schneider, “MOSFET modeling for circuit analysis and design”, World Scientific, 2007.
- C. Enz and E.A. Vittoz, “Charge-Based MOS Transistor Modeling: The EKV Model for Low-Power and RF IC Design”. New York: Wiley, 2006.
- O. Marinov, M. J. Deen, J. A. Jiménez-Tejada, Low-frequency noise in downscaled silicon transistors: Trends, theory and practice, Physics Reports 990 (2022) 1–179

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/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 7181F90D0DDC95EB2A7C1B05DD87C585 Pág. 5 de 7

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral (Clases teóricas-expositivas). Para transmitir los contenidos de las materias del módulo motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formándole una mentalidad crítica.
- MD02 Actividades prácticas (Clases prácticas). Para desarrollar en el alumnado las habilidades instrumentales de la materia.
- MD03 Seminarios. Para desarrollar en el alumnado las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.
- MD04 Tutorías académicas: Para orientar al trabajo autónomo y grupal del alumnado, profundizar en distintos aspectos de la materia y orientar la formación académica integral del estudiante.
- MD05 Estudio y trabajo autónomo del alumnado. Para favorecer en el estudiante la capacidad para autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses.
- MD06 Estudio y trabajo en grupo. Para favorecer en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una temática, la generalización o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo.

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

EVALUACIÓN ORDINARIA

En EVALUACIÓN **CONTINUA, l**a calificación final responde al siguiente baremo: Exámenes orales/escritos de distintos trabajos teóricos que se han propuesto (50%). Exámenes orales/escritos de las distintas actividades prácticas que se han propuesto a lo largo del curso (50%)

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

En EVALUACIÓN **EXTRAORDINARIA** la calificación final responderá al siguiente baremo: Examen oral/escrito sobre conocimientos (100%).

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

La evaluación consistirá en:

- El 100% de la calificación final se basará en la valoración obtenida mediante la realización de un examen final en el que se evaluarán los conocimientos y competencias adquiridas, tanto de los contenidos teóricos como de las habilidades para la resolución de problemas y prácticas. Este examen (oral/escrito) se realizará de forma individualizada y coincidirá con la convocatoria ordinaria de la asignatura.
- Para poder aprobar la asignatura es necesario obtener una nota de 5 o más en el examen final de la asignatura.

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/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 7181F90D0DDC95EB2A7C1B05DD87C585 Pág. 6 de 7

INFORMACIÓN ADICIONAL

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).

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): 7181F90D0DDC95EB2A7C1B05DD87C585
06/05/2026 - 11:02
Pág. 7 de 7