

Caracterización, simulación y modelado de nanodispositivos electrónicos

Curso 2020-2021

(Fecha última actualización: 10/07/2020)

(Fecha de aprobación en Comisión Académica del Máster: 16/07/2020)

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
2º	6	Optativa	Presencial	Español
MÓDULO		Nanotecnología: Física y Aplicaciones		
MATERIA		Física de nanodispositivos electrónicos y optoelectrónicos		
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO		Escuela Internacional de Posgrado		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE		Máster Universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica		
CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA		Facultad de Ciencias		
PROFESORES⁽¹⁾				
Francisco J. Gámiz Pérez				
DIRECCIÓN		Dpto. de Electrónica y Tecnología de Computadores. Facultad de Ciencias 2ª planta Sec. Físicas. Despacho nº 8, Correo electrónico: fgamiz, extensión: @ugr.es		
TUTORÍAS		https://oficinavirtual.ugr.es/ai/ -> ordenación docente -> tutorías		
Juan Antonio Jiménez Tejada				
DIRECCIÓN		Dpto. de Electrónica y Tecnología de Computadores. Facultad de Ciencias 2ª planta Sec. Físicas. Despacho nº 13, Correo electrónico: tejada, extensión: @ugr.es		
TUTORÍAS		https://oficinavirtual.ugr.es/ai/ -> ordenación docente -> tutorías		
Juan Bautista Roldán Aranda				
DIRECCIÓN		Dpto. de Electrónica y Tecnología de Computadores. Facultad de Ciencias 2ª planta Sec. Físicas. Despacho nº 15, Correo electrónico: jroldan, extensión: @ugr.es		
TUTORÍAS		https://oficinavirtual.ugr.es/ai/ -> ordenación docente -> tutorías		
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS				
COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES				

¹ Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/>)



- CG3 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG4 - 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.
- CG5 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.
- CB6 - 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
- 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 ESPECÍFICAS

- CE1 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.
- CE2 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE3 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE4 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT2 - 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.
- CT1 - 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.
- CT3 - 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.
- CT4 - 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.

OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

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.



- Desarrollo de modelos compactos de dispositivos electrónicos para la simulación de circuitos.
- Técnicas de implementación de modelos compactos en simuladores de circuitos comerciales.
- Extracción de parámetros en modelos compactos.
- Técnicas numéricas avanzadas para el modelado y la extracción de parámetros.

- 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.
- Las herramientas matemáticas básicas para el tratamiento del ruido en los dispositivos electrónicos.
- Distintos tipos de ruido que se origina en los dispositivos semiconductores.
- Técnicas de extracción de parámetros de modelos de dispositivos basadas en medidas de ruido.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

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.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO TEÓRICO/ PRÁCTICO/ LABORATORIO:

- 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, coulombiano, 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 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.

BIBLIOGRAFÍA

- 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
- Moglestue. C. "Monte Carlo simulation of semiconductor devices", Chapman&Hall, 1993
- 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
- K.Tomizawa, "Numerical simulation of submicron semiconductor devices", Artech House, 1993.
- A.A. Baladin, ed. "Noise and fluctuations. Control in electronic devices". American Scientific Publishers. 2002.



- Van der Ziel, "Noise in solid state devices and circuits", New York. Wiley. 1986.
- 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.
- A.B. Bhattacharyya "Compact MOSFET models for VLSI design", John Wiley and Sons, 2009.

ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

METODOLOGÍA DOCENTE

- Se iniciará el curso con clases introductorias donde se plantearan los objetivos y se informará de los contenidos fundamentales.
- Se propondrán trabajos comunes a todos los estudiantes que deberán presentar de forma oral e individualizada al profesor a medida que lo vayan desarrollando. Además de la bibliografía, el alumno contará con artículos científicos para desarrollar estos trabajos.
- Se realizarán prácticas de laboratorio de medida de ruido en un dispositivo. Se complementa la experiencia con la determinación de algunos parámetros del dispositivo y con la discusión de los resultados e informes realizados.
- La discusión de resultados se realizará también de forma oral, la participación activa de los estudiantes es fundamental en este curso. Los resultados se compararan con otros que aparecen en la literatura con el objeto de que es estudiante desarrolle un juicio crítico.
- Estas actividades formativas tienen el objeto de garantizar que alcancen las competencias generales del máster. De forma particular servirán de ensayo para cuando tengan que enfrentarse a su trabajo de investigación.

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

CONVOCATORIA ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

En **EVALUACIÓN CONTINUA**, la 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%)

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

En **EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA** la calificación final responderá al siguiente baremo:

- Examen oral/escrito sobre conocimientos (100%).

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA



El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso 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.

ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Juan Antonio Jiménez Tejada martes 09:30-13:30 miércoles 09:30-11:30 Francisco J. Gámiz Pérez martes 10:00-12:00 Juan B. Roldán Aranda martes 08:00-14:00	Correo electrónico y video conferencia

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- La docencia teórica no presencial se realiza a través de: (1) Envío de documentos escritos incluyendo los mismos contenidos que los de una clase presencial. La descarga de los envíos se programa para coincidir con el horario fijado en el calendario de la titulación. (2) Clases virtuales por videoconferencia.
- La docencia práctica consta de una serie de propuestas de resolución de problemas analíticos y de simulación por ordenador. Para las prácticas programadas en laboratorio se proporciona a los estudiantes las medidas que habrían tomado en el laboratorio para que puedan procesar los datos y realizar el informe pertinente.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

En EVALUACIÓN CONTINUA, la calificación final responde al siguiente baremo:

- Exámenes orales/escritos presenciales o no presenciales, según proceda, de distintos trabajos teóricos que se han propuesto (50%). Exámenes orales/escritos presenciales o no presenciales, según proceda, de las distintas actividades prácticas que se han propuesto a lo largo del curso (50%)

Convocatoria Extraordinaria

En EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA la calificación final responderá al siguiente baremo:



- Examen presencial o no presencial por videoconferencia, según proceda, (oral/escrito) sobre conocimientos (100%).

Evaluación Única Final

EVALUACIÓN ÚNICA: 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 Máster, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso consistirá en un examen presencial o no presencial por videoconferencia, según proceda, sobre los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura (100%).

ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Juan Antonio Jiménez Tejada martes 09:30-13:30 miércoles 09:30-11:30 Francisco J. Gámiz Pérez martes 10:00-12:00 Juan B. Roldán Aranda martes 08:00-14:00	Correo electrónico y video conferencia

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- La docencia teórica no presencial se realiza a través de: (1) Envío de documentos escritos incluyendo los mismos contenidos que los de una clase presencial. La descarga de los envíos se programa para coincidir con el horario fijado en el calendario de la titulación. (2) Clases virtuales por videoconferencia.
- La docencia práctica consta de una serie de propuestas de resolución de problemas analíticos y de simulación por ordenador. Para las prácticas programadas en laboratorio se proporciona a los estudiantes las medidas que habrían tomado en el laboratorio para que puedan procesar los datos y realizar el informe pertinente.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

En **EVALUACIÓN CONTINUA**, la calificación final responde al siguiente baremo:

- Exámenes orales/escritos no presenciales de distintos trabajos teóricos que se han propuesto (50%). Exámenes orales/escritos no presenciales de las distintas actividades prácticas que se han propuesto a lo largo del curso (50%)

Convocatoria Extraordinaria

En **EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA** la calificación final responderá al siguiente baremo:

- Examen no presencial por videoconferencia (oral/escrito) sobre conocimientos (100%).



Evaluación Única Final

EVALUACIÓN ÚNICA: 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 Máster, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso consistirá en un examen no presencial por videoconferencia sobre los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura (100%).

