

Acta de la reunión de la Comisión de Coordinación del **Módulo Optativo del Grado en Ingeniería Física y Matemática (GIFM)** de la Escuela de Ingeniería Informática (EII) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, celebrada el **viernes, 31 de julio de 2026**, por medios telemáticos.

ORDEN DEL DÍA

1. POD 2026/2027. Revisión de PDAs de asignaturas de nueva implantación. Acuerdos que procedan.
2. Aprobación del acta de la sesión.

ASISTENTES

Presidente

Pablo Fernández López

Secretario

Daniel Elías Santana Cedrés

Miembros de la comisión

García Rubiano, Jesús ✓

Gil de la Fe, Juan Miguel ✓

Hernández Ballester, Antonio ✓

Hernández Guerra, Juan María ✓

Rodríguez Santana, Ángel ✓

Ruiz Luque, José Carlos ✓

Santana del Pino, Ángelo ✓

Vázquez Polo, Francisco José ✓

LEYENDA: ✓ = asiste;

presenta justificación de ausencia 

sin marcar = no asiste

Asiste, por invitación del presidente, la Coordinadora del Grado en Ingeniería Física y Matemática, Dña. Ángeles Marrero Díaz.

DESARROLLO DE LA SESIÓN Y ACUERDOS ADOPTADOS

Se abre la sesión online de la Comisión de Coordinación del Módulo Optativo del Grado en Ingeniería Física y Matemática, a las 11:00 horas en segunda convocatoria, actuando como presidente D. Pablo Fernández López, Subdirector de Ordenación Académica de la EII, y como secretario D. Daniel Elías Santana Cedrés, Secretario del Centro.

A continuación, la comisión procede a tratar los puntos del orden del día.

1. POD 2026/2027. Revisión de PDAs de asignaturas de nueva implantación. **Acuerdos que procedan.**

El Presidente expone y comenta el análisis realizado de las Guías Docentes de las asignaturas optativas de nueva implantación en el curso 2026/2027, trabajo realizado principalmente desde la Coordinación del Grado en Ingeniería Física y Matemática, por parte de Dña. Ángeles Marrero Díaz. En este sentido, se ha verificado la coherencia de los contenidos de las diferentes asignaturas con respecto a las guías básicas. Aunque no es necesario en el caso del Módulo Optativo, se ha comprobado además la existencia de solapes de contenido entre las mismas, concluyéndose que son materias totalmente disjuntas, dado que la oferta es bastante amplia.

Una vez finalizada su exposición, el Subdirector cede la palabra al resto de miembros de la comisión para que realicen los comentarios que consideren. Se establece un breve debate acerca de si se conoce el número de matriculados en las optativas, clarificándose finalmente que es posible realizar un seguimiento a través del Campus Virtual de las asignaturas. En ausencia de más intervenciones, el Presidente propone la aprobación de las Guías Docentes, quedando aprobadas por asentimiento.

Las Guías Docentes de las asignaturas optativas de nueva implantación pueden consultarse en el ANEXO I del presente documento de acta.

2. Aprobación del acta de la sesión.

El acta se ubicará en la página web de la comisión bajo la etiqueta roja que cita “Propuesta de ACTA de la sesión. Módulo Optativo”. Además, será enviada por correo para facilitar que todos los asistentes tengan acceso al documento. Se realizarán las modificaciones necesarias. Una vez redactada la última versión, en un plazo de 48 horas el acta de la sesión quedará aprobada.

CIERRE DE LA SESIÓN

Sin más asuntos que tratar, se levanta la sesión a las 11:09 horas.

En Las Palmas de Gran Canaria, a fecha de firma electrónica.

Presidente
Pablo Fernández López

Secretario
Daniel Elías Santana Cedrés



ULPGC
Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria



ESCUELA DE
INGENIERÍA INFORMÁTICA

ANEXO I

Guías Docentes de las Asignaturas de Nueva Implantación

**49205 - DISEÑO DE GEMELOS
DIGITALES MEDIOAMBIENTALES**

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49205 - DISEÑO DE GEMELOS DIGITALES MEDIOAMBIENTALES

CÓDIGO UNESCO: 2510

TIPO: Optativa

CURSO: 4

SEMESTRE: 1º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3

Especificar créditos de cada lengua:

ESPAÑOL: 3

INGLÉS:

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4046/40/verificacion/4>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

Es importante haber cursado todas las asignaturas de los dos cursos previos

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

El programa integra aspectos teóricos y prácticos sobre modelización digital, observación de sistemas naturales, asimilación de datos, predicción numérica, análisis de riesgos y estrategias de mitigación.

Los contenidos de la memoria de verificación: Modelos digitales del terreno y sistemas de información geográfica

- Observación de sistemas medioambientales; · Asimilación de datos ; · Modelos numéricos de predicción
- Análisis de riesgo y estrategias de mitigación.

Se desarrollarán en los siguientes temas:

Tema 1: Introducción a los Gemelos Digitales en el Ámbito Medioambiental

- Concepto, evolución y componentes de los gemelos digitales. • Relevancia para la gestión y sostenibilidad ambiental. • Retos tecnológicos y éticos.

Tema 2: Modelos Digitales del Terreno y Sistemas de Información Geográfica (GIS)

- Fundamentos de MDT y su adquisición mediante LiDAR, fotogrametría y satélites. • Integración GIS en gemelos digitales. • Ejemplo práctico: modelización 3D del terreno y análisis espacial.

Tema 3: Observación de Sistemas Medioambientales

- Fuentes de datos: sensores in situ, IoT, satélites, drones. • Monitorización de variables ambientales. • Infraestructuras de datos y visualización en tiempo real.

Tema 4: Integración de Datos y Asimilación

- Fundamentos de la asimilación de datos. • Métodos de filtrado (Kalman, variacional, partículas).
- Casos de estudio: predicción de inundaciones y contaminación costera.

Tema 5: Modelos Numéricos de Predicción (I)

- Conceptos básicos de modelización numérica ambiental.
- Modelos hidrodinámicos, atmosféricos y de calidad del agua.
- Acoplamiento entre modelos y datos observacionales.

Tema 6: Modelos Numéricos de Predicción (II)

- Casos de aplicación de gemelos digitales para predicción.
- Validación de modelos y estimación de incertidumbre.
- Ejercicio práctico con simulación de escenarios 'qué-pasaría-si'.

Tema 7: Análisis de Riesgo Medioambiental

- Definición de riesgo y vulnerabilidad.
- Evaluación probabilística y espacial del riesgo.
- Ejemplo: análisis de riesgo de inundaciones y contaminación costera.

Tema 8: Estrategias de Mitigación y Toma de Decisiones

- Diseño de estrategias basadas en simulación.
- Evaluación costo-beneficio y priorización de medidas.
- Soporte a la toma de decisiones con visualización interactiva.

Práctica de laboratorio:

Práctica 1. Construcción de un Modelo Digital del Terreno (MDT) y Gemelo Digital Básico

Práctica 2. Integración de Observaciones Ambientales en Tiempo Real

Práctica 3. Asimilación de Datos con un Filtro de Kalman

Práctica 4. Desarrollo de un Gemelo Digital para Predicción de un caso medioambiental.

Práctica 5. Evaluación del Riesgo y Diseño de Estrategias de Mitigación

EVALUACIÓN:

Criterios y sistemas de evaluación

Criterios y sistemas de evaluación

Criterios de evaluación

Las fuentes de evaluación que se usarán son las que se detallan a continuación:

FE1. Realización de exámenes o pruebas escritas que incluirán tanto cuestiones teóricas como problemas prácticos. En la corrección de estas, por parte del profesor se considerará: (a) la capacidad del alumno para explicar el procedimiento seguido para la resolución de las cuestiones y los problemas planteados, así como las hipótesis necesarias para ello. (b) La capacidad de expresar correctamente el resultado final obtenido en los problemas y el uso de las unidades correctas. (c) La capacidad de exponer con orden y la claridad la resolución de las cuestiones y problemas. (Competencias CB2, CB3, CB4 y CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CE1, CE2, CE4)

FE2. Realización de ejercicios (problemas prácticos) no presenciales. En la corrección de estos, por parte del profesor se considerará: (a) la capacidad del estudiante para explicar el procedimiento seguido para la resolución los problemas planteados, así como las hipótesis necesarias para ello. (b) La capacidad de expresar correctamente el resultado final obtenido y el uso de las unidades correctas. (c) La capacidad de exponer con orden y la claridad su resolución. (Competencias CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG3, CE2, CE4, CE6, CE14)

FE3. Realización de trabajos no presenciales (serán realizados en grupos de dos o tres estudiantes) que consistirán en temas relacionados con las clases presenciales. En la corrección de estos, por parte del profesor se considerará la realización correcta del trabajo, así como la redacción apropiada del pequeño informe que se debe presentar, en donde se incluyan los objetivos que se pretenden alcanzar y las hipótesis realizadas en el desarrollo del trabajo. Además hay que entregar la presentación del trabajo y realizar una presentación oral grabada de no más de 10 minutos y colgarla en el campus virtual para su evaluación,

(Competencias CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG3, CG5, CT1, CT2, CT3, CT4, CE2, CE4, CE6, CE14)

FE4. Realización de prácticas de laboratorio presenciales. Tiene como objetivo principal la competencia específica CE2 - Diseñar y realizar experimentos de laboratorio y simulaciones computacionales propios del ámbito de la física, matemática e ingeniería, interpretar los datos y extraer conclusiones. En la evaluación de las prácticas de laboratorio se considerará el trabajo realizado, así como el informe entregado al final de cada práctica.

El total de competencias asociadas a esta fuente de evaluación serían: CG5, CB2, CB3, CT2, CT3, CT4, CE2, CE6 y CE14.

En la Convocatoria Ordinaria se emplearán los siguientes sistemas de evaluación:

(a) Exámenes parciales que liberan materia. Se realizarán dos exámenes parciales. El primero de ellos se corresponderá con los contenidos desde el tema 1 al tema 4. El segundo parcial se corresponderá con los contenidos desde el tema 5 al tema 8 y se realizaría en la fecha de la convocatoria ordinaria.

(b) Examen final de la convocatoria los estudiantes podrán presentarse sólo al examen parcial que no hayan superado o a toda la asignatura si fuera el caso.

(c) Sesiones académicas de interacción que consisten en la resolución de problemas de forma presencial con la guía del profesor para ir resolviendo sus dudas.

d) Prácticas de laboratorio con la entrega del informe correspondiente.

(e) Tareas que consisten en ejercicios no presenciales que se entregarán en la plataforma virtual durante el curso.

(f) Trabajos no presenciales, que se entregarán en la plataforma virtual de la asignatura a lo largo del curso, tanto el informe como la presentación y el vídeo de la presentación oral de no más de 10 minutos.

En las Convocatorias Extraordinaria y Especial se emplearán los siguientes sistemas de evaluación:

(a) Examen de la convocatoria. Los estudiantes se examinarán de todos los contenidos de la asignatura, desde el tema 1 al tema 8.

(b) Prácticas de laboratorio

(c) Trabajos no presenciales, que se entregarán en la plataforma virtual de la asignatura a lo largo del curso.

Criterios de calificación

Criterios de calificación

CALIFICACIÓN DE LAS TAREAS (NTA):

Se evaluarán las tareas entregadas durante el curso. Si alguna de las tareas no se entrega tendrá nota cero. Finalmente se realizará la media de las notas obtenidas en las tareas sobre 10.

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO (NTR):

Se evaluará el trabajo entregado sobre 10.

CALIFICACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO (NPL):

*La falta de asistencia a alguna práctica de laboratorio o la falta de participación durante alguna de las sesiones haría que el alumno obtuviese la calificación global de prácticas de laboratorio: NPL = 0, con el consiguiente No Apto en prácticas de Laboratorio.

* En la evaluación de las prácticas de laboratorio se considerará el trabajo realizado, así como el informe entregado al final de cada práctica. Se puntuará sobre 10 puntos.

* La nota de Prácticas de laboratorio, en aquellos alumnos que las han realizado todas, se obtiene

de la nota media de las Prácticas impartidas, que debe ser mayor o igual a 5 para considerar al alumno Apto en Prácticas de Laboratorio.

CRITERIOS EN LA CONVOCATORIA ORDINARIA:

*Sólo pueden hacer uso de esta convocatoria:

- 1) Los estudiantes con las prácticas de laboratorio aptas ($NPL \geq 5$).
- 2) Cualesquiera otros estudiantes a los que el Reglamento de Evaluación permita solicitar adaptaciones del proyecto docente ante la CAD (artículo 6), o cambio de fechas de pruebas o entregas (artículo 26) y hayan cumplido con las adaptaciones o nuevas fechas comunicadas.

*Calificación Final en la Convocatoria Ordinaria (CF-O)

- Alumnos presentados a Convocatoria con $NPL < 5$ CF-O = SUSPENSO (0)

- Alumnos presentados a Convocatoria Ordinaria con $NPL \geq 5$

La nota del examen (EX) se puede obtener a partir de la nota media de los parciales, siempre que obtenga una nota mínima de 4 sobre 10 en cada parcial. Si no se alcanzase esta nota mínima, la nota del examen será la menor de la de los 2 parciales.

**Si la nota en el examen de convocatoria (EX) es mayor o igual a 4 sobre 10:

$$CF-O = EX * 0.5 + NPL * 0.2 + NTA * 0.05 + NTR * 0.25;$$

**Si la nota en el examen de convocatoria (EX) es menor que 4 sobre 10:

$$CF-O = EX$$

** Se considera no presentado en esta convocatoria a aquellos estudiantes que no han realizado ningún parcial o no se presenten al examen de la convocatoria.

CRITERIOS EN LA CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA Y ESPECIAL, donde EX es el examen de convocatoria:

* Los alumnos con $NPL < 5$ que se hayan presentado a esta convocatoria deben realizar un Examen de Prácticas, válido únicamente para la convocatoria en cuestión. Este examen de prácticas y la nota conseguida en él será parte del porcentaje de la parte exámenes y ejercicios presenciales.

* La calificación Final de los alumnos presentados en la Convocatoria Extraordinaria o Especial (CF-X) será:

- Alumnos con $NPL < 5$ que suspenden o no realizan el examen de prácticas CF-X=SUSPENSO (0)

- Alumnos con $NPL < 5$ y que realizan el examen de prácticas de la convocatoria y el examen de la convocatoria:

$$CF-X = 0.55 * EX + NPL * 0.2 + NTR * 0.25$$

- Alumnos con $NPL \geq 5$ (ya no se guardan los parciales)

$$CF-X = 0.55 * EX + NPL * 0.2 + NTR * 0.25$$

** Se considera no presentado en esta convocatoria a aquellos estudiantes que no se presenten al examen de la convocatoria.

PLANIFICACIÓN SEMANAL

En 15 semanas se distribuyen 10 horas de teoría, 10 horas sesiones académicas de interacción y 10 horas de prácticas de laboratorio.

T y AI: Clase Teoría, problemas y sesiones académicas de interacción (en total 20 horas teniendo en cuenta una hora para la realización del primer parcial)

PL: prácticas Laboratorio (10 sesiones de 1 hora para realizar 5 prácticas)

P1: Exámenes Parcial (1 sesión. 1 hora)

TA, TR: tareas y trabajos

Actividad no presencial: trabajo 15 horas y estudio 30 horas. En total 45 horas.

Semana 1: TEMA 1:

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 0
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 2: TEMA 1:
 Actividades Teoría (h): 0
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 2
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 0
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 3: TEMA 2;
 Actividades Teoría (h): 2
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 0
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 0
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 4: TEMA 2 y TEMA 3:
 Actividades Teoría (h): 0
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 2
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 0
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 5: TEMA 3
 Actividades Teoría (h): 1
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 1
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 0
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 6: TEMA 4:
 Actividades Teoría (h): 1
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 0
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 7: TEMA 4:
 Actividades Teoría (h): 0
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 1
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 8: TEMA 5.
 Actividades Teoría (h): 1
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 0
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 9: Parcial 1.
 Actividades Teoría (h): 1 (parcial 1)
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 0
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 10: TEMA 5.
 Actividades Teoría (h): 0
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 1
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 11: TEMA 6.
 Actividades Teoría (h): 1
 Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 0
 Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
 Actividades y trabajo no presencial (h): 3
 Semana 12: TEMA 6.

Actividades Teoría (h): 0
Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 3
Semana 13: TEMA 7.
Actividades Teoría (h): 1
Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 0
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 3
Semana 14: TEMA 8.
Actividades Teoría (h): 0
Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 3
Semana 15: TEMA 8.
Actividades Teoría (h): 0
Actividades Sesiones Académicas de Interacción (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 3

PROFESORADO

Dr./Dra. Ángel Rodríguez Santana Departamento: 257 - FÍSICA Ámbito: 398 - Física de la Tierra Área: 398 - Física de la Tierra Despacho: FÍSICA Teléfono: 928454517 Correo Electrónico: angel.santana@ulpgc.es CV: Información curricular del profesor	(COORDINADOR)
---	---------------

BIBLIOGRAFÍA

[1 Básico] Digital Twin Technology for the Energy Sector

Aghaei, M., Moazami, A., Lobaccaro, G., & Cali, U
- (2024)
978-0-443-14070-9

[2 Básico] Digital Twins for Sustainable Development

Balas, V. E., Tiwari, S., Garg, L., Sohel, F., & Jain, A
- (2026)
978-0443273889

[3 Básico] BIM and 3D GIS Integration for Digital Twins

Mohsen Kalantari, Christian Clemen, Mojgan Jadidi
- (2024)
9781351200950

[4 Básico] Twin Systems: Digital Twins of Built Environment

Parn, E. A., Sacks, R., Brilakis, I., & Soibelman,
- (2024)
2608502237

[5 Básico] Digital Twins for Smart Cities and Villages

Sailesh Iyer, Anand Nayyar, Anand Paul, Mohd Naved

- (2024)

978-0-443-28884-5

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49206 - DISPOSITIVOS FOTÓNICOS

CÓDIGO UNESCO: 3307

TIPO: Optativa

CURSO: 4

SEMESTRE: 1º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3

Especificar créditos de cada lengua:

ESPAÑOL: 3

INGLÉS: 0

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4046/40/verificacion>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

Para cursar con éxito esta asignatura se recomienda haber superado las asignaturas del segundo y tercer curso:

49184 - Fundamentos de electrónica

49186 - Electromagnetismo y óptica física I

49190 - Electromagnetismo y óptica física II

49193 - Estado sólido y materiales

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Bloque 1. Fundamentos de dispositivos fotónicos

CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE1, CE3, CE4, CE17

1.1 Introducción a los dispositivos semiconductores.

1.2 Absorción óptica

1.3 Fotoconductividad

1.4 Emisión estimulada

Bibliografía: [Pierret], [Saleh; Teich], [Klingshirn].

Bloque 2. Dispositivos fotodetectores

CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE1, CE3, CE4, CE17

2.1 Uniones semiconductoras.

2.2 Células solares

2.3 Fotodetectores

Bibliografía: [Neudeck], [Saleh; Teich], [Klingshirn].

Bloque 3. Dispositivos fotoemisores

CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE1, CE3, CE4, CE17

3.1 Diodos emisores de luz

3.2 Láseres semiconductores

Bibliografía: [Neudeck], [Yariv; Yeh].

EVALUACIÓN:

Criterios y sistemas de evaluación

Las fuentes para la evaluación son las que siguen:

- FE1. Realización de exámenes o pruebas escritas de manera presencial. Los criterios utilizados para valorar los exámenes son:

- (a) la explicación de los hipótesis y procedimientos utilizados en la resolución de las preguntas.
- (b) el uso adecuado del lenguaje para expresar el resultado obtenido.
- (c) utilizar las unidades adecuadas.
- (d) la inteligibilidad de las respuestas.

- FE2. Realización de trabajos no presenciales propuestos por el profesor en los que:

- se desarrollarán temas teóricos, o
- se resolverán problemas.

En ambos casos se deberá redactar un informe o preparar una presentación oral para toda la clase. Así, los criterios de evaluación serán:

- (a) la claridad y corrección del planteamiento del tema o resolución del problema.
- (b) la adecuada redacción de la memoria del trabajo o la claridad y rigor de la exposición. Esta memoria y/o exposición debe estructurarse como un informe científico-técnico o artículo científico.

- FE3. Realización de prácticas de laboratorio o informáticas propuestos por el profesor. Se deberá redactar un informe. Los criterios de evaluación serán:

- (a) la claridad y corrección en la resolución del trabajo práctico.
- (b) la adecuada redacción de la memoria del trabajo.

- FE4. Participación activa en clase. Se valorará la asistencia y participación en los temas de debate de clase.

Criterios de calificación

La calificación de la asignatura se construye como la media ponderada de los resultados obtenidos en las fuentes de evaluación citadas. Sean FE1, FE2, FE3 y FE4 los resultados de dichas evaluaciones expresados como un número en el intervalo [0, 10]. La calificación final, C, de la asignatura en cualquier convocatoria será:

$$C = 0.5 \cdot FE1 + 0.3 \cdot FE2 + 0.1 \cdot FE3 + 0.1 \cdot FE4$$

Para superar la asignatura no se establecen calificaciones mínimas en las fuentes individuales.

En las convocatorias extraordinaria y especial se mantienen las calificaciones obtenidas en la convocatoria ordinaria para cada fuente. Éstas serán sustituidas por las obtenidas en dicha convocatoria (salvo FE4, que se mantiene en todas las convocatorias).

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Notación:

TA: horas presenciales de contenidos teóricos y prácticas de aula --> 22 horas

P: horas presenciales de prácticas de laboratorio --> 6 horas

EP: horas no presenciales de estudio personal --> 40 horas

EL: horas no presenciales dedicadas a prácticas de laboratorio --> 3 horas

TU: horas presenciales de tutorías y realización del examen escrito --> 4 horas

SEMANA 1: 2TA + 0P + 0EP + 0EL + 0TU --> 2 horas. Tema 1.1.
 SEMANA 2: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0TU --> 5 horas. Tema 1.1.
 SEMANA 3: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0TU --> 5 horas. Tema 1.1.
 SEMANA 4: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0.5TU --> 5.5 horas. Temas 1.2 y 1.3.
 SEMANA 5: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0TU --> 5 horas. Tema 1.4.
 SEMANA 6: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0TU --> 5 horas. Tema 2.1.
 SEMANA 7: 0TA + 0P + 5EP + 0EL + 2TU --> 7 horas. Prueba escrita.
 SEMANA 8: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0TU --> 5 horas. Tema 2.1.
 SEMANA 9: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0TU --> 5 horas. Tema 2.2.
 SEMANA 10: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0TU --> 5 horas. Tema 2.3.
 SEMANA 11: 2TA + 0P + 3EP + 0EL + 0TU --> 5 horas. Tema 3.1.
 SEMANA 12: 2TA + 0P + 2EP + 0EL + 1TU --> 5 horas. Tema 3.2.
 SEMANA 13: 0TA + 2P + 2EP + 1EL + 0.5TU --> 5.5 horas. Prácticas.
 SEMANA 14: 0TA + 2P + 2EP + 1EL + 0TU --> 5 horas. Prácticas.
 SEMANA 15: 0TA + 2P + 2EP + 1EL + 0TU --> 5 horas. Prácticas.

PROFESORADO

Dr./Dra. Antonio Hernández Ballester

(COORDINADOR)

Departamento: 237 - INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Ámbito: 785 - Tecnología Electrónica

Área: 785 - Tecnología Electrónica

Despacho: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Teléfono: 928451255 **Correo Electrónico:** antonio.hernandez@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

BIBLIOGRAFÍA

[1 Básico] Photonics

Amnon Yariv y Pochi Yeh

OXFORD UNIVERSITY PRESS - (6)

978-0-19-517946-0

[2 Básico] Fundamentals of photonics /

Bahaa E.A. Saleh, Malvin Carl Teich.

Wiley,, New York : (1991)

0-471-83965-5

[3 Básico] Semiconductor Optics

Claus Klingshirn

3-540-21328-7

[4 Básico] El diodo PN de unión /

Gerold W. Neudeck.

Addison-Wesley,, Reading (Massachusetts) : (1993) - (2ª ed.)

0201601427

[5 Básico] Fundamentos de semiconductores /

Robert F. Pierret.

Addison-Wesley Iberoamericana,, Argentina : (1994) - (2ª ed.)

0201601443

**49207 - FÍSICA DE LAS RADIACIONES
IONIZANTES Y APLICACIONES
TECNOLÓGICAS**

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49207 - FÍSICA DE LAS RADIACIONES IONIZANTES Y APLICACIONES TECNOLÓGICAS

CÓDIGO UNESCO: **TIPO:** Optativa **CURSO:** 4 **SEMESTRE:** 1º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3 **Especificar créditos de cada lengua:** **ESPAÑOL:** 3 **INGLÉS:**

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4046/40/verificacion>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

Haber cursado con aprovechamiento las siguientes asignaturas del Plan de estudios.

Fundamentos de Física I–II

Electromagnetismo y Óptica Física I–II

Fundamentos de Mecánica Cuántica

Introducción a la Física Moderna

Física Experimental y Computacional

Instrumentación y Medida

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Los contenidos recogidos en la Guía Básica de la asignatura son los siguientes:

- Estructura atómica y nuclear. Radiactividad. Reacciones nucleares.
- Interacción de la radiación con la materia.
- Magnitudes y unidades de la radiación.
- Detectores de radiación.
- Efectos biológicos de la radiación.
- Protección radiológica.
- Aplicaciones energéticas. Centrales nucleares de Fisión y Fusión.
- Aplicaciones industriales.
- Aplicaciones Médicas.
- Aplicaciones medioambientales.

Atendiendo a ello, la propuesta para la asignatura es la siguiente:

Tema 1. Estructura atómica y nuclear. Radiactividad. Reacciones nucleares

- Estructura atómica: modelos históricos, niveles energéticos.
- Estructura nuclear: números cuánticos, fuerzas nucleares, estabilidad. Diagrama de Segré.
- Tipos de radiactividad: alfa, beta y gamma.
- Ley de desintegración radiactiva, vida media, actividad.
- Reacciones nucleares: secciones eficaces, umbrales, procesos (fisión, captura, dispersión, reacciones inducidas por partículas cargadas y neutrones).

Competencias: CG1, CG3, CE1, CE4, CB2

Tema 2. Interacción de la radiación con la materia

- Interacciones de partículas cargadas pesadas: pérdidas electrónicas y nucleares, rango.

- Interacción de electrones y positrones: frenado, radiación de frenado (bremsstrahlung).
- Interacción de fotones: efecto fotoeléctrico, Compton, producción de pares.
- Interacción de neutrones: dispersión elástica e inelástica, captura, activación.
- Poder de frenado, LET, alcance y blindajes básicos.

Competencias: CG1, CG3, CE1, CE3, CB3

Tema 3. Magnitudes y unidades de la radiación

- Flujo y fluencia.
- Exposición y kerma.
- Dosis absorbida, dosis equivalente y dosis efectiva.
- Factores de ponderación (radiación y tejido).
- Dosimetría personal y ambiental.

Competencias: CG1, CE1, CE4, CB1, CB3

Tema 4. Detectores de radiación

- Principios de detección y señal.
- Cámaras de ionización, contadores proporcionales y Geiger-Müller.
- Detectores de centelleo: inorgánicos, orgánicos y líquidos.
- Detectores semiconductores: Si, Ge(Li), HPGe.
- Detectores de neutrones: BF₃, He-3, centelleo con ⁶Li, detectores moderadores.
- Electrónica asociada: preamplificadores, amplificación, adquisición.
- Espectrometría de radiación.

Competencias: CE2, CE3, CE5, CB2, CT1, CT3

Tema 5. Efectos biológicos de la radiación. Protección Radiológica.

- Interacción con el ADN: daño directo e indirecto. Reacciones celulares: reparación, mutaciones. Radiosensibilidad y factores modificadores.

- Efectos deterministas y estocásticos.
- Principios fundamentales: justificación, optimización (ALARA), limitación de dosis. Métodos prácticos: tiempo, distancia y blindaje.
- Normativa básica internacional (CIPR, IAEA) y nacional (CSN).
- Clasificación de zonas, control operacional, dosimetría.

Competencias: CG1, CB3, CB4, CT2, CE1, CE4

Tema 6. Aplicaciones de las radiaciones ionizantes

- Producción de energía. Reactores nucleares de Fisión. Conceptos básicos de fusión: confinamiento magnético e inercial, tokamaks, stellarators.
- Aplicaciones médicas. Radiodiagnóstico: rayos X, TC. Medicina nuclear: gammagrafía, PET, SPECT. Radioterapia: fotones, electrones, protones, iones pesados. Radiofármacos y dosimetría clínica básica.
- Aplicaciones industriales. Técnicas de activación neutrónica. Trazadores radiactivos. Medidores nucleares en industria (nivel, densidad, humedad, espesor). Esterilización y radiación en materiales.
- Aplicaciones medioambientales. Radiactividad natural y artificial. Vigilancia radiológica ambiental. Radón: origen, medición y mitigación. Técnicas nucleares para estudio de contaminación y recursos hídricos.

Competencias: CG1, CB2, CB4, CT1, CT3, CE3, CE4

Prácticas de Laboratorio.

Medida de la radiación gamma ambiental con contadores Geiger Müller y de centelleo.

Espectrometría gamma de Centelleo.

Medida del radón en aire y agua.

Competencias: CE2, CE3, CE5, CB2, CB3, CT1, CT2, CT3

Criterios y sistemas de evaluación

as fuentes de evaluación que se emplearán son las que se detallan a continuación:

FE1. Realización de exámenes o pruebas escritas presenciales.

En la corrección de estas, por parte del profesor, se considerará: (a) la comprensión de los conceptos fundamentales de la asignatura; (b) la capacidad del alumnado para aplicar dichos conceptos a la resolución de problemas relacionados con las radiaciones ionizantes; (c) la correcta formulación de los resultados, incluyendo el uso adecuado de magnitudes y unidades; y (d) el orden y la claridad en la resolución de las cuestiones y problemas. El número de pruebas a realizar será uno (examen final de convocatoria).

(Competencias CG1, CG3, CB1, CB2, CB3, CE1, CE3, CE4)

FE2. Realización de ejercicios (problemas prácticos) no presenciales.

En la corrección de estos, por parte del profesor, se considerará: (a) la capacidad del estudiante para aplicar los conocimientos teóricos a la resolución de problemas; (b) la correcta formulación y desarrollo de los ejercicios planteados; y (c) el orden y la claridad en la presentación de los resultados.

(Competencias CG1, CG3, CB2, CB3, CE1, CE3, CE4)

FE3. Realización de trabajos prácticos de aplicación.

Estos trabajos podrán realizarse de forma individual o en grupo y estarán orientados a la realización de medidas de campo y estudios experimentales mediante el uso de detectores de radiación. Podrán incluir la caracterización de la radiación ambiental, la adquisición y análisis de datos mediante instrumentación portátil y la interpretación de resultados en contextos reales.

En la corrección de estos, por parte del profesor, se considerará: (a) el diseño del procedimiento de medida; (b) la adecuada utilización de los detectores y técnicas experimentales; (c) el tratamiento y análisis de los datos obtenidos; (d) la interpretación de los resultados; y (e) la claridad en la presentación del trabajo.

(Competencias CG1, CB2, CB3, CB4, CT1, CT3, CE2, CE3, CE4, CE5)

FE4. Realización de prácticas de laboratorio.

Las prácticas consistirán en la realización de medidas experimentales relacionadas con la detección de radiación ionizante y su análisis. En la evaluación de estas se considerará: (a) el manejo adecuado de la instrumentación; (b) la adquisición y tratamiento de los datos experimentales; (c) la interpretación de los resultados obtenidos; y (d) la elaboración de informes de laboratorio.

(Competencias CE2, CE3, CE5, CB2, CB3, CT1, CT2, CT3)

La evaluación de la asignatura será preferentemente continua, basada en la realización de actividades prácticas y experimentales a lo largo del curso, lo que permitirá un seguimiento individualizado del progreso del estudiante. Este enfoque resulta especialmente adecuado en el contexto de una asignatura optativa, favoreciendo una mayor interacción entre el profesorado y el alumnado, así como una evaluación más personalizada de la adquisición de competencias.

La distribución orientativa será la siguiente:

Examen final: 45%

Trabajos prácticos de aplicación: 35%

Prácticas de laboratorio: 20%

Esta distribución podrá ajustarse dentro de los rangos establecidos en la memoria de verificación de la titulación.

En las convocatorias Ordinaria y Extraordinaria se emplearán los siguientes sistemas de evaluación:

- (a) Evaluación continua, basada en la realización de ejercicios, trabajos prácticos de aplicación y prácticas de laboratorio a lo largo del curso.
- (b) Examen final en convocatoria. En este, todos los estudiantes se examinarán de los contenidos de la asignatura.

En la convocatoria Especial se empleará el siguiente sistema de evaluación:

- (a) Examen final único en convocatoria. Los estudiantes se examinarán de los contenidos de todos los temas de la asignatura.
- (b) Entrega de actividades. En caso de no haberse realizado durante el periodo lectivo, el estudiante deberá entregar ejercicios, trabajos o actividades equivalentes.

Será necesario obtener una calificación mínima en el examen final para superar la asignatura. Asimismo, la realización de las prácticas de laboratorio será obligatoria. Si el estudiante ha hecho uso de herramientas de inteligencia artificial en cualquiera de sus actividades, deberá indicarlo expresamente en las mismas.

Criterios de calificación

EF: calificación del examen final (FE1).

TPA: calificación de los trabajos prácticos de aplicación (FE3).

PL: calificación de las prácticas de laboratorio (FE4).

La calificación final se obtiene como:

$$\text{Calificación final} = 0.45 \cdot \text{EF} + 0.35 \cdot \text{TPA} + 0.20 \cdot \text{PL}$$

Para superar la asignatura deben cumplirse las dos condiciones siguientes:

- (1) La calificación final debe ser mayor o igual a 5 puntos.
- (2) La calificación del examen final (EF) debe ser mayor o igual a 4 puntos. Si esto no ocurre, la asignatura se considerará suspensa y la calificación final será 4, si la media ponderada es igual o superior a 4, o el valor de la nota media ponderada obtenida en caso de ser esta menor de 4.

PLANIFICACIÓN SEMANAL

La planificación de la asignatura se ha diseñado considerando una dedicación total de 75 horas (3 ECTS), distribuidas en 30 horas presenciales (2 horas semanales durante 15 semanas) y 45 horas de trabajo no presencial del estudiante.

Semana 1.

Contenidos a tratar: Tema 1 (Estructura atómica y nuclear. Introducción y modelos atómicos)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 2.

Contenidos a tratar: Tema 1 (Radiactividad. Tipos de desintegración)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 3.

Contenidos a tratar: Tema 1 (Ley de desintegración. Reacciones nucleares)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 4.

Contenidos a tratar: Tema 2 (Interacción de partículas cargadas)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 5.

Contenidos a tratar: Tema 2 (Interacción de fotones y neutrones)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 6.

Contenidos a tratar: Tema 2 (Poder de frenado, LET, alcance y blindajes)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 7.

Contenidos a tratar: Tema 3 (Magnitudes radiológicas y dosimétricas)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 8.

Contenidos a tratar: Tema 4 (Principios de detección. Detectores gaseosos)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 9.

Contenidos a tratar: Tema 4 (Detectores de centelleo y semiconductores)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 10.

Contenidos a tratar: Prácticas de laboratorio (Medida de radiación gamma ambiental con detectores Geiger y centelleo)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 11.

Contenidos a tratar: Prácticas de laboratorio (Espectrometría gamma de centelleo y análisis de espectros)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 12.

Contenidos a tratar: Prácticas de laboratorio (Medida de radón en aire y agua. Tratamiento de datos)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 13.

Contenidos a tratar: Tema 5 (Efectos biológicos. Protección radiológica)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 14.

Contenidos a tratar: Tema 6 (Aplicaciones médicas e industriales de las radiaciones ionizantes)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

Semana 15.

Contenidos a tratar: Tema 6 (Aplicaciones energéticas y medioambientales. Síntesis de la asignatura)

Horas presenciales: 2

Horas no presenciales: 3

PROFESORADO

Dr./Dra. Jesús García Rubiano

(COORDINADOR)

Departamento: 257 - FÍSICA

Ámbito: 385 - Física Aplicada

Área: 385 - Física Aplicada

Despacho: FÍSICA

Teléfono: 928454495 **Correo Electrónico:** jesus.garciarubiano@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

BIBLIOGRAFÍA

[1 Básico] Física nuclear y de partículas /

Antonio Ferrer Soria.

Universitat de València,, Valencia : (2003)

8437055431

[2 Básico] Radiaciones ionizantes: utilización y riesgos /

Institut de Tècniques Energètiques (INTE) ; Xavier Ortega Aramburu, ed., Jaume Jorba Bisbal, ed.

Universitat Politècnica de Catalunya,, Barcelona : (1996)

84-8301-168-9 (T.2)

[3 Básico] Física nuclear: problemas resueltos /

María Shaw y Amalia Willart.

Alianza,, Madrid : (1996)

8420681555

[4 Recomendado] Física nuclear /

Antonio Ferrer Soria, María Shaw Martos, Amalia Willart Torres.

UNED,, Madrid : (2002)

84362463655

[5 Recomendado] Física de reactores nucleares.

Caro, Rafael

Junta de Energía Nuclear,, Madrid : (1976)

8450015766

[6 Recomendado] Fundamentos de dosimetría teórica y protección radiológica.

Coll Butí, Pedro

Universitat Politècnica de Catalunya,, Barcelona : (1990)

8476530838 V2*

[7 Recomendado] Handbook of radioactivity analysis /

edited by Michael F. L'Annunziata ; with forewords by Mohamed M. ElBaradei, Werner Burkart.

Academic Press,, San Diego : (2003) - (2nd ed.)

0-12-436603-1

[8 Recomendado] Radiaciones ionizantes /

J. S. Strettan ; version española de Jose Miguel Gamboa Loyarte.

Alhambra,, Madrid : (1967) - ([1a ed. española].)

[9 Recomendado] Reactores nucleares /

José M. Martínez-Val, Mireia Piera.

Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM,, Madrid : (1997)

8474841194

[10 Recomendado] Environmental radioactivity: from natural, industrial, and military sources /

Merril Eisenbud, Thomas Gesell.

Academic Press,, San Diego [etc.] : (1997) - (4th ed.)

0-12-235154-1

**49208 - MÉTODOS ESTADÍSTICOS
MULTIVARIANTES**

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49208 - MÉTODOS ESTADÍSTICOS MULTIVARIANTES

CÓDIGO UNESCO: 1209.09 **TIPO:** Optativa **CURSO:** 4 **SEMESTRE:** 1º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3 **Especificar créditos de cada lengua:** **ESPAÑOL:** 3 **INGLÉS:**

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4046/40/verificacion/4>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

Haber cursado las asignaturas de Álgebra Lineal, Probabilidad y Estadística.

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

DESCRIPCIÓN GENERAL

La asignatura introduce los principales métodos estadísticos y computacionales para el análisis de datos multivariantes, con especial énfasis en la modelización estadística, la inferencia, la predicción y las técnicas modernas de aprendizaje estadístico. Asimismo, se abordarán aplicaciones prácticas orientadas al análisis e interpretación de datos en distintos contextos científicos y profesionales.

PROGRAMA

Lección 1. Modelo lineal gaussiano (6 horas)

- Modelo normal multivariante.
- Estimación por máxima verosimilitud.
- Relación con el método de mínimos cuadrados ordinarios.
- Teorema de Gauss-Markov.
- Inferencia estadística en modelos lineales.
- Diagnóstico y validación de modelos.
- Criterios de selección de modelos.

Lección 2. Modelos lineales generalizados (7–8 horas)

- Familia exponencial.
- Funciones de enlace.
- Regresión logística: existencia del estimador de máxima verosimilitud e interpretación de los coeficientes.
- Regresión de Poisson y problema de la sobredispersión.
- Regresión binomial negativa.
- Aplicaciones en epidemiología y ciencias de la salud.

Lección 3. Métodos de regularización y validación (5–6 horas)

- Compromiso sesgo-varianza.
- Regresión Ridge.
- Regresión LASSO.
- Elastic Net.
- Validación cruzada.
- Métodos bootstrap para la estimación de la incertidumbre.

Lección 4. Reducción dimensional (5–6 horas)

- Análisis de componentes principales (PCA).
- Interpretación espectral.
- Análisis factorial.
- Técnicas de visualización de datos multivariantes.

Lección 5. Métodos de discriminación y clasificación (5–6 horas)

- Funciones discriminantes lineales y cuadráticas.
- Árboles de clasificación.
- Métodos de bagging y boosting.
- Redes neuronales.
- Aplicaciones al diagnóstico clínico y análisis de curvas ROC.

PROGRAMA DE PRÁCTICAS

El programa teórico anterior se complementará con sesiones prácticas desarrolladas en el entorno estadístico R, utilizando RStudio como interfaz de trabajo. En estas sesiones, el alumnado aprenderá a emplear las funciones y paquetes de R necesarios para aplicar los métodos estudiados al análisis de datos reales:

- Paquetes transversales para la gestión de datos, gráficos y estadística básica: tidyverse, ggplot, stats
- Modelo lineal gaussiano: paquete lm
- Modelos lineales generalizados: paquete glm
- Métodos de regularización: paquete glmnet.
- Reducción dimensional: paquete FactoMineR
- Métodos de discriminación y clasificación: paquetes MASS, rpart, xgboost, nnet, pROC

Las horas dedicadas a las prácticas (4) están incluidas dentro de la temporalización de las lecciones que componen el programa de la asignatura.

EVALUACIÓN:

Criterios y sistemas de evaluación

Criterios: la asignatura se evaluará a través de las siguientes Fuentes de Evaluación:

- FE1. Conocimiento de los conceptos teóricos de la asignatura.
- FE2. Capacidad de resolución de problemas relacionados con los contenidos teóricos.
- FE3. Manejo del paquete estadístico R para el análisis de datos multivariantes.
- FE4. Tener capacidad para la comprensión de publicaciones científicas en las que se utilizan los métodos estadísticos estudiados en este curso.

Sistema: la asignatura se evaluará utilizando las siguientes herramientas:

1. Examen de Teoría y Problemas: los criterios FE1 y FE2 se evaluarán a través de un examen que constará de dos partes:

- (PT) Parte teórica: desarrollo de una lección incluida en el programa.
- (RP) Resolución de problemas: planteamiento y resolución de varios ejercicios prácticos.

2. Trabajos y Prácticas: Durante las sesiones prácticas se propondrá la realización de trabajos o tareas (no entregables), orientados a profundizar en el conocimiento del lenguaje R en sus aplicaciones al análisis de datos, de acuerdo con los criterios FE3 y FE4. Cada estudiante elaborará un cuaderno de prácticas en el que recogerá las tareas realizadas tanto en las sesiones de aula como en los trabajos propuestos. Esta actividad será evaluada en una sesión práctica en la que cada estudiante podrá utilizar su propio cuaderno para resolver con R un ejercicio de análisis de datos (AD) específico, planteado a partir de una base de datos en formato Excel que se le proporcionará al efecto.

Criterios de calificación

El criterio de calificación es uniforme en todas las convocatorias y se fundamenta en la Calificación Global. Esta calificación se obtiene como la media ponderada de las puntuaciones obtenidas en las dos partes del examen (PT y RP) y en el ejercicio práctico de análisis de datos (AD), calculada como:

$$\text{CALIFICACIÓN GLOBAL} = 0.3 \cdot \text{PT} + 0.4 \cdot \text{RP} + 0.3 \cdot \text{AD}$$

La puntuación de cada una de las partes varía entre 0 y 10 y valorará el grado en que el estudiante haya alcanzado los resultados de aprendizaje esperados, consistentes en ser capaz de:

- Formular y estimar modelos lineales y modelos lineales generalizados.
- Aplicar técnicas de regularización y selección de variables.
- Emplear métodos de reducción dimensional para el análisis de datos complejos.
- Construir y evaluar clasificadores supervisados.
- Interpretar resultados estadísticos en contextos aplicados.
- Implementar técnicas multivariantes mediante software estadístico especializado.

La calificación global será la que conste en el acta académica. Esto significa que cuando dicha calificación sea igual o superior a CINCO puntos, se considerará aprobada la asignatura.

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Semanas 1-3: Lección 1.

Semanas 4-7: Lección 2

Semanas 8-10: Lección 3

Semanas 11-12: Lección 4

Semanas 13-15: Lección 5

PROFESORADO

Dr./Dra. Ángel Santana Del Pino

(COORDINADOR)

Departamento: 275 - MATEMÁTICAS

Ámbito: 265 - Estadística E Investigación Operativa

Área: 265 - Estadística E Investigación Operativa

Despacho: MATEMÁTICAS

Teléfono: 928458812 **Correo Electrónico:** angelo.santana@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

BIBLIOGRAFÍA

[1 Básico] Applied multivariate statistical analysis /

Richard A. Johnson, Dean W. Wichern.

Prentice Hall,, Englewood Cliffs (New Jersey) : (1988) - (2nd ed.)

0130411388

[2 Básico] The theory of linear models and multivariate analysis

Steven F. Arnold

Wiley - (1981)

0-471-05065-2

[3 Básico] The Elements of Statistical Learning: data Mining, inference, and prediction /

Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman.

Springer,, New York ... [etc.] : (2009) - (2nd ed., 11th printing.)

978-0-387-84857-0

[4 Recomendado] An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R /

Gareth James ... [et al.].

Springer,, New York ... [etc.] : (2013)

978-1-4614-7137-0

[5 Recomendado] Using R with multivariate statistics /

Randall E. Schumacker.

Sage,, Los Angeles ... [etc.] : (2016)

978-1-4833-7796-4

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49209 - COMPUTACIÓN CUÁNTICA

CÓDIGO UNESCO: **TIPO:** Optativa **CURSO:** 4 **SEMESTRE:** 2º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3 **Especificar créditos de cada lengua:** **ESPAÑOL:** 3 **INGLÉS:**

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4046/40/verificacion/4>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

Programación I, Programación II
Fundamentos de Mecánica Cuántica

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Contenidos teóricos

Tema 1 (2 horas): Información cuántica

- Cúbits, puertas y medidas
- Estados cuánticos y reversibilidad
- Teorema de no clonación
- Puertas y circuitos cuánticos

Bibliografía: [4]

Tema 2 (7 horas): Algoritmos cuánticos

- Algoritmos que utilizan la amplificación de amplitud
- Algoritmos que utilizan la transformada de Fourier cuántica
- Algoritmos de caminata cuántica
- Algoritmos de optimización

Bibliografía: [2]

Tema 3 (1 hora): Criptografía cuántica

- Protocolos BB84 y Ekert91
- Codificación densa

Bibliografía: [2, 4, 5]

Tema 4 (3 horas): Computación cuántica para el aprendizaje automático

- Codificación de las características

- Máquina vector soporte cuántico
- Quantum neural networks

Bibliografía: [1, 2]

Tema 5 (2 horas): Arquitecturas y tecnologías de los computadores cuánticos

- Puertas nativas, transpilación y compilación
- Decoherencia, relajación, y desfase
- Corrección de errores cuánticos
- Computación cuántica con iones atrapados
- Computación cuántica con superconductores

Bibliografía: [3]

Se desarrollará las Competencias: CB1, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15

Contenidos prácticos

De forma presencial, se realizarán cinco prácticas en el laboratorio asignado a esta asignatura. El nivel de profundidad de los contenidos abordados dependerá del tiempo asignado a cada práctica. A continuación, se presenta una descripción de cada una de ellas.

1. (1 hora) Entorno de desarrollo integrado. Fundamentos de programación cuántica
 - Cúbits. Esfera de Bloch. Estados cuánticos
 - Puertas y circuitos cuánticos elementales.
 - Algoritmos de Bernstein-Vazirani, de Deutsch y de Deutsch-Jozsa
2. (2 horas) Programación de algoritmos que utilizan la amplificación de amplitud
 - Algoritmo de Grover (Amplificación de amplitud cuántica (QAA))
 - Estimación de amplitud cuántica
 - Coloreado de grafos
3. (4 horas) Programación de algoritmos que utilizan la transformada de Fourier cuántica
 - Transformada cuántica de Fourier (QFT)
 - Circuito de retroceso de fase (Phase-Kick Circuit)
 - Estimación de la fase cuántica (QPE)
 - Algoritmo de Shor
 - Aritmética cuántica
4. (4 horas) Algoritmos de optimización
 - Eigensolver cuántico variacional (VQE)
 - Algoritmo de Optimización Cuántica Aproximada (QAOA)
 - Formulación de Ising de problemas NP
5. (4 horas) El aprendizaje automático cuántico
 - SVM cuántico
 - Circuitos varicionales

Bibliografía para TODAS las prácticas: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]

Se desarrollará las competencias: CB1, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15

Esta asignatura se adhiere a las directrices sobre sostenibilidad curricular emitidas por la CRUE y la propia ULPGC a través la Agenda 2030, y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Las competencias y contenidos de la asignatura Arquitectura de Computadores integrarán contenidos y referencias a los ODS: 9,3,7 y 13; y la metodología y la evaluación se guiarán por buenas prácticas de sostenibilidad en todo lo posible.

EVALUACIÓN:

Criterios y sistemas de evaluación

Las fuentes de evaluación que se usarán, con los criterios a aplicar en cada caso, son:

FE1. Exámenes: Realización de exámenes o pruebas de carácter escrito que integrarán preguntas teóricas y problemas prácticos. En su evaluación, el profesorado valorará: (a) la capacidad del estudiante para justificar y describir de forma adecuada el procedimiento empleado en la resolución de las cuestiones y problemas, (b) la claridad, coherencia y organización en la exposición y desarrollo de las respuestas y soluciones propuestas.

Competencias: CB1, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15

FE2. Trabajo práctico: se valorará que el estudiantado sea capaz de desarrollar trabajo práctico autónomo del contenido de la asignatura, propuesto por el profesorado.

Competencias: CB1, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15

FE3. Exámenes prácticos: Realización de exámenes o pruebas de carácter escrito que integrarán ejercicios prácticos. En su evaluación, el profesorado valorará: (a) la capacidad del estudiante para justificar y describir de forma adecuada el procedimiento empleado en la resolución de las ejercicios prácticos, (b) la claridad, coherencia y organización en la exposición y desarrollo de las respuestas y soluciones propuestas.

Sistemas de evaluación (y criterios de calificación)

El sistema de evaluación será el mismo para todas las convocatorias:

* Evaluación de la teoría: Para evaluar la teoría se recogerá una evidencia con un examen.

* Evaluación de las prácticas: Para evaluar las prácticas se utilizará como evidencias exámenes de prácticas. El número variará dependiendo de la convocatoria.

* Evaluación del trabajo práctico: Para evaluar el trabajo práctico realizado por el estudiantado se usarán como evidencias las actividades propuestas por el profesorado durante el desarrollo de la asignatura, tales como cuestionarios.

En lo que se refiere a guardar notas de prácticas aprobadas en cursos anteriores, se hará lo que disponga la normativa vigente a ese respecto.

En las distintas pruebas de evaluación solo se podrá hacer uso del material que el profesorado indique, y no se podrá utilizar las herramientas basadas en IA. El uso de la misma dará lugar a un suspenso en la prueba y en la asignatura.

En lo que al uso de la IA se refiere para el resto de actividades de la asignatura, se permite su uso para el estudio y comprensión de la asignatura. Cuando el estudiantado utilice la IA en cualquier actividad entregable, debe indicar que la ha utilizado, de qué forma la ha utilizado, qué preguntas realizó, cuales fueron las respuestas de la IA y cómo ha mejorado el entregable de la actividad por

el hecho de haber utilizado la IA. No indicar que se ha utilizado la IA, habiéndola utilizado, dará lugar a un suspenso en la actividad y en la asignatura.

Criterios de calificación

* Convocatoria ORDINARIA:

Nota de la teoría, Nota_Teoría, vendrá dada por la calificación de un examen de teoría (FE1) realizado el día de la convocatoria oficial. Esta nota contribuirá con un 40% a la nota final de la asignatura.

Nota de las prácticas, Nota_Prácticas, se obtendrá de la media ponderada de los exámenes de prácticas (FE3). Esta nota contribuirá con un 40% a la nota final de la asignatura.

Nota de los trabajos prácticos, Nota_Trabajo, se calculará con la media ponderada de las distintas actividades planteadas. Esta nota contribuirá con un 20% a la nota final de la asignatura.

La nota final se calculará como:

$$\text{Nota_Final} = 0.4 * \text{Nota_Teoría} + 0.4 * \text{Nota_Prácticas} + 0.2 * \text{Nota_Trabajo}$$

El rango de puntuación de nota_Teoría, Nota_Prácticas y Nota_Trabajo es [0 .. 10]. Para aprobar la asignatura, tanto Nota_Final, Nota_Teoría como Nota_Prácticas deben ser cada una de ellas superior o igual a 5,0. Cuando no se cumpla alguna de las condiciones anteriormente expuestas, la nota que se reflejará en el acta se calculará como el mínimo entre la Nota_Final y 4.

El estudiante recibirá una calificación "No Presentado" cuando no se presente a la convocatoria ordinaria, que se celebrará en la fecha fijada por el centro.

* Convocatoria EXTRAORDINARIA y ESPECIAL:

Nota de la teoría, Nota_Teoría, vendrá dada por la calificación de un examen de teoría (FE1) realizado el día de la convocatoria oficial. Esta nota contribuirá con un 40% a la nota final de la asignatura.

Nota de las prácticas, Nota_Prácticas, vendrá dada por la calificación de un examen de prácticas (FE3) realizado el día de la convocatoria oficial. Esta nota contribuirá con un 40% a la nota final de la asignatura.

Nota de los trabajos prácticos, Nota_Trabajo, se calculará con la media ponderada de las distintas actividades planteadas. Esta nota contribuirá con un 20% a la nota final de la asignatura. Solo podrán realizarse estas actividades durante el periodo de docencia de la asignatura.

La nota final se calculará como:

$$\text{Nota_Final} = 0.4 * \text{Nota_Teoría} + 0.4 * \text{Nota_Prácticas} + 0.2 * \text{Nota_Trabajo} (+)$$

El rango de puntuación de nota_Teoría, Nota_Prácticas y Nota_Trabajo es [0 .. 10]. Para aprobar la asignatura, tanto Nota_Final, Nota_Teoría como Nota_Prácticas deben ser cada una de ellas superior o igual a 5,0. Cuando no se cumpla alguna de las condiciones anteriormente expuestas, la nota que se reflejará en el acta se calculará como el mínimo entre la Nota_Final y 4.

(+) Solo podrán realizarse estas actividades durante el periodo de docencia de la asignatura.

Cuando no se cumpla alguna de las condiciones anteriormente expuestas, la nota que se reflejará en el acta se calculará como el mínimo entre la Nota_Final y 4.

El estudiante recibirá una calificación "No Presentado" cuando no se presente a la convocatoria oficial, que se celebrará en la fecha fijada por el centro.

PLANIFICACIÓN SEMANAL

En 15 semanas se distribuyen 11 horas de teoría (AF1), 4 horas sesiones académicas de interacción (AF2), 15 horas de prácticas de laboratorio/informática (AF3) y 20 horas de trabajos prácticos no presencial (AF4):

Semana 1: Tema 1, AF1 (1 h) + AF2 (1 h)
Semana 2: Tema 2, AF1 (1 h) + Práctica 1, AF3 (1 h) + AF4 (1 h)
Semana 3: Tema 2, AF1 (1 h) + AF2 (1 h)
Semana 4: Práctica 2, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 5: Tema 2, AF1 (2 h)
Semana 6: Práctica 3, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 7: Tema 2, AF1 (2 h) + AF4 (1 h)
Semana 8: Práctica 3, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 9: Tema 3, AF1 (1 h) + Práctica 4, AF3 (1 h)
Semana 10: Práctica 4, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 11: Tema 4, AF1 (1 h) + Práctica 4, AF3 (1 h) + AF4 (2 h)
Semana 12: Tema 4, AF1 (1 h) + AF2 (1 h) + AF4 (2 h)
Semana 13: Práctica 5, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 14: Tema 5, AF1 (1 h) + AF2 (1 h) + AF4 (2 h)
Semana 15: Práctica 5, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)

PROFESORADO

Dr./Dra. José Carlos Ruiz Luque

(COORDINADOR)

Departamento: 260 - INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Ámbito: 035 - Arquitectura Y Tecnología de Computadores

Área: 035 - Arquitectura Y Tecnología de Computadores

Despacho: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Teléfono: **Correo Electrónico:** carlos.luque@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

Dr./Dra. Carmelo Cuenca Hernández

Departamento: 260 - INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Ámbito: 035 - Arquitectura Y Tecnología de Computadores

Área: 035 - Arquitectura Y Tecnología de Computadores

Despacho: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Teléfono: 928458737 **Correo Electrónico:** carmelo.cuenca@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

[1 Básico] A Practical Guide to Quantum Machine Learning and Quantum Optimization: Hands-on Approach to Modern Quantum Algorithms

Elias F. Combarro, Samuel Gonzalez-Castillo
Packt Publishing - (1)
1804613835

[2 Básico] Quantum Computing for Programmers

Hundt, R
Cambridge: Cambridge University Press. - (2)

[3 Básico] Building Quantum Computers: A Practical Introduction

Majidy, S., Wilson, C. and Laflamme, R.
Cambridge: Cambridge University Press

[4 Básico] Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition

NIELSEN M. and CHUANG I.
Cambridge University Press

[5 Básico] A Student's Guide to Quantum Computing

Olivares, S.
Springer Nature - (2025)

[6 Recomendado] Learn Quantum Computation using Qiskit.

<http://community.qiskit.org/textbook>
- (2020)

[7 Recomendado] PennyLane Documentation

<https://docs.pennylane.ai/en/stable/>

[8 Recomendado] Qiskit Textbook (IBM): Repositorio con notebooks interactivos para aprender computacion cuantica con Qiskit.

<https://github.com/Qiskit/textbook/blob/main/notebooks/ch-gates/README.md>

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49210 - ESTADÍSTICA BAYESIANA

CÓDIGO UNESCO:

TIPO: Optativa

CURSO: 4

SEMESTRE: 2º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3

Especificar créditos de cada lengua:

ESPAÑOL: 3

INGLÉS:

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

Memoria de verificación:

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4045/40/verificacion/4>

Plan de acción tutorial del centro:

<https://eii.ulpgc.es/es/estudiantes/acciontutorial>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

Se recomienda tener superadas todas las asignaturas relacionadas con la Probabilidad y Estadística así como aquellas relacionadas con el Análisis Matemático.

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Bloque 1. Elementos de la estadística bayesiana

Bibliografía: [1,2]

Bloque 2. Inferencia bayesiana exacta.

Bibliografía: [1,2]

Bloque 3. Inferencia bayesiana aproximada: métodos numéricos, métodos de muestreo, métodos MCMC (muestreo Gibbs, muestreo Metropolis-Hastings).

Bibliografía: [1 al 4]

Bloque 4. Modelos lineales: regresión lineal bayesiana simple y múltiple

Bibliografía: [2 al 5]

Bloque 5. Modelos lineales generalizados: modelos jerárquicos

Bibliografía: [4,5]

El bloque 5 contiene 4h sesiones prácticas de laboratorio.

En esta asignatura, no se utilizarán herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) para la elaboración de la guía docente, material docente o la evaluación del estudiantado. Además, La Agenda 2030 plantea, que para hacer efectivo el desarrollo sostenible, se debe actuar contra la pobreza en todas sus formas y dimensiones, la desigualdad, trabajar en favor de la preservación del planeta, la promoción de una economía sostenible y el fomento de la inclusión social. Por tanto, el compromiso con la sostenibilidad debe abordar de manera sistémica las dimensiones económica, social y ambiental. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) inciden claramente en presentar la educación como un instrumento para avanzar en la sostenibilidad. Esta asignatura se adhiere a las directrices sobre sostenibilidad curricular emitidas por la CRUE y la propia ULPGC a través la

Agenda 2030, y sus 17 ODS. Las competencias y contenidos de Métodos Estadísticos I integrarán contenidos y referencias a los ODS: 4, 9, 13; y la metodología y la evaluación se guiarán por buenas prácticas de sostenibilidad en todo lo posible. En particular, el programa junto con las actividades a realizar en la asignatura, se abordarán teniendo en cuenta los ODS principalmente relacionados con Estadística Bayesiana.

EVALUACIÓN:

Criterios y sistemas de evaluación

Criterios y sistemas de evaluación

1. La puntuación máxima a la que opta el alumno (100 puntos) se obtendrá a partir de diferentes pruebas que pueden contener: cuestiones cortas y/o tipo test, ejercicios teóricos, ejercicios con ordenador y/o trabajos prácticos (a resolver con R) con datos reales o simulados.
2. La Evaluación Continua (EC) es obligatoria. Las fechas de realización de las distintas pruebas de la EC se conocerán desde el comienzo del cuatrimestre y estarán fijadas en el calendario del aula virtual.
3. Estas pruebas podrán realizarse en las horas del horario de clase según las indicaciones del profesor. De esta forma se pretende evaluar el trabajo continuado del estudiante a lo largo del semestre. Aquellos alumnos que por razones justificadas no pudieran realizar alguna(s) prueba(s) de EC podrán realizarla el día de realización del examen final (EF) según las indicaciones que reciba de su profesor(a).
4. En el aula virtual aparecerán las instrucciones e indicaciones específicas de las pruebas de EC en fechas previas a las mismas.
5. Las calificaciones obtenidas en las pruebas de EC se publicarán también en el aula virtual.
6. El examen final consistirá en la realización de cuestiones y ejercicios, similares a los desarrollados en la evaluación continua, el día y hora fijados para ello en el calendario de exámenes de la Escuela de Ingeniería Informática.
7. Las fechas de información pública de los resultados de los exámenes serán anunciadas el día de realización del examen.
8. Las calificaciones y las fechas de revisión de exámenes se harán públicas en el aula virtual de la asignatura.
9. Posteriormente a la realización de cualquier examen se depositará en el aula virtual un ejemplar del examen resuelto (con la puntuación de cada pregunta) para que el alumno pueda comparar con sus resultados.

Los estudiantes que participan en programas de movilidad y que se encuentren en la situación contemplada en el art. 51 del Reglamento de Movilidad de estudios con reconocimiento académico de la ULPGC, esto es, con alguna de las asignaturas de su acuerdo académico que no hubieran sido superadas en destino o estuvieran calificadas como no presentadas, podrán presentarse en las convocatorias extraordinaria o especial optando al 100% de la calificación (art. 26 Reglamento de Evaluación de los resultados de aprendizaje y de las competencias adquiridas por el alumnado de la ULPGC).

Siguiendo lo indicado en los artículos 16 y 16 Bis del Reglamento de Evaluación de los resultados de aprendizaje, aquellos alumnos en 5ª y 6ª convocatoria que hayan solicitado, por escrito, ser excluidos de la evaluación continua serán evaluados por un tribunal (art. 12 del Reglamento de Evaluación de los resultados de aprendizaje), debiendo suponer dicho examen el 100% de la calificación de la asignatura. En este sentido, los estudiantes deberán solicitar dicha exclusión en los periodos habilitados por la Administración del Centro.

Para el caso de los estudiantes en 6ª convocatoria, aunque no hayan solicitado expresamente la exclusión de la evaluación continua pero no hayan superado la totalidad de la asignatura por este procedimiento, el estudiante deberá presentarse a un examen final de la asignatura completa en esa misma convocatoria que deberá ser evaluado por un tribunal.

El uso de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) por parte del estudiantado está permitido en la realización de las actividades y trabajos que señale el equipo docente. Se hará un uso responsable y ético de las mismas, indicando claramente en cada trabajo o actividad qué modelo/s y herramienta/s de IAGen se ha/n empleado. Dichos trabajos y actividades deberán ser desarrollados de manera que sea evidente cuál ha sido la aportación personal y cuál la de la IAGen.

Descripción de la evaluación:

En la convocatoria ordinaria se llevará a cabo una evaluación continua. Para este fin, de cada bloque o bloques, se realizará una prueba (examen) de evaluación continua a lo largo del semestre.

En el examen final y la convocatoria extraordinaria se realizará un examen por partes, una para cada bloque, donde a cada estudiante se le guardará la nota de las EC superadas.

En la convocatoria especial se realizará un único examen de toda la asignatura. No se guardarán las notas de las ECs.

Criterios de calificación

El alumno deberá alcanzar un mínimo de 50 puntos sobre 100 para superar la asignatura. La distribución de la puntuación total es:

EC1: cuestiones teórico/prácticas, ejercicios y/o problemas teórico/prácticos, 35 puntos; pequeños trabajos (con software tipo R o similar), 5 puntos y prácticas (con R), 7 puntos. Total: 47 puntos.

(se considerará superada con una puntuación mayor o igual a 23 puntos)

EC2: cuestiones teórico/prácticas, ejercicios y/o problemas teórico/prácticos, 40 puntos; pequeños trabajos (con R), 5 puntos y prácticas (con R), 8 puntos. Total: 53 puntos.

(se considerará superada con una puntuación mayor o igual a 25 puntos)

La asignatura podrá superarse sin necesidad de examen final, siempre que la suma final de ambas ECs sea superior o igual a 50 puntos y en cada prueba se obtenga una puntuación superior a 20 puntos.

Calificación final (convocatorias ordinaria y extraordinaria):

$(EC1+EC2)/10$

En la convocatoria especial, la nota corresponderá a la puntuación obtenida en el examen correspondiente.

El alumno que no se presente al examen final tendrá la calificación de “No presentado”.

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Las actividades presenciales consistirán en la asistencia a sesiones académicas teóricas (AF1) y prácticas (AF2). Las horas no presenciales serán distribuidas, a criterio del estudiante, entre la asimilación de los contenidos teóricos (AF4) y el trabajo necesario para completar las actividades prácticas (AF3).

- Semana 1. Bloque 1: 1 AF1, 1 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 2. Bloque 1: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 3. Bloque 1: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 4. Bloque 2: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 5. Bloque 2: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 6. Bloque 2: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 7. Bloque 3: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.

- Semana 8. Bloque 3 : 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 9. Bloque 3: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 10. Bloque 4: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 11. Bloque 4: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 12. Bloque 4: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 13. Bloque 5: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 14. Bloque 5: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.
- Semana 15. Bloque 5: 1,5 AF1, 0,5 AF2, 0,5 AF3, 2,5 AF4.

PROFESORADO

Dr./Dra. Francisco José Vázquez Polo

Departamento: 228 - MÉTODOS CUANTITATIVOS EN ECONOMÍA Y GESTIÓN

Ámbito: 623 - Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa

Área: 623 - Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa

Despacho: MÉTODOS CUANTITATIVOS EN ECONOMÍA Y GESTIÓN

Teléfono: 928451806 **Correo Electrónico:** francisco.vazquezpolo@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

BIBLIOGRAFÍA

[1 Básico] The Bayesian choice :from decision-theoretic foundations to computational implementation /

Christian P. Robert.

Springer,, New York : (2007) - (2nd ed.)

978-0-387-71598-8

[2 Básico] Bayesian statistical modelling /

Peter Congdon.

John Wiley & Sons,, Chichester : (2003) - (1ª ed., reprinted.)

0-471-49600-6

[3 Básico] Bayesian statistics: an introduction /

Peter M. Lee.

Arnold Publishers,, London : - (2nd ed. reprinted.)

0340677856

[4 Recomendado] Bayesian reasoning in data analysis: a critical introduction /

Giulio D' Agostini.

World Scientific Publishing,, Singapore ; River Edge [NJ] ; London : (2003)

9812383565

[5 Recomendado] Statistical decision theory and Bayesian analysis /

James O. Berger.

Springer-Verlag,, New York : (1985)

0387960988

**49211 - MODELADO DE SISTEMAS
FÍSICOS DE ALTA DENSIDAD DE
ENERGÍA**

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49211 - MODELADO DE SISTEMAS FÍSICOS DE ALTA DENSIDAD DE ENERGÍA

CÓDIGO UNESCO: **TIPO:** Optativa **CURSO:** 4 **SEMESTRE:** 2º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3 **Especificar créditos de cada lengua:** **ESPAÑOL:** 3 **INGLÉS:** 0

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4046/40/verificacion/4>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

Para el seguimiento adecuado de esta asignatura es recomendable haber superado o estar cursando las asignaturas del grado que se enumeran a continuación: Mecánica Analítica y Relatividad, Termodinámica, Electromagnetismo, Mecánica de Fluidos y Fenómenos de Transporte y Fundamentos de Mecánica Cuántica, así como de las herramientas matemáticas correspondientes a las asignaturas de Álgebra Lineal, Análisis Matemático y Métodos Matemáticos y sus Aplicaciones.

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Contenidos teóricos:

Tema 1. Introducción a la simulación computacional de sistemas físicos complejos de alta densidad de energía.

1.1. El problema de la complejidad: sistemas físicos de muchos grados de libertad, ruptura de la solución analítica y necesidad de métodos numéricos y estadísticos.

1.2. Niveles de descripción física. Descripciones microscópica (partículas y trayectorias), mesoscópica o cinética (partículas y funciones de distribución en el espacio de las fases), macroscópica (campos continuos) e híbrida (partícula-distribución o partícula-campo).

1.3. Ejemplos de modelado de sistemas físicos en diferentes niveles de descripción física.

Tema 2. Métodos de simulación computacional de sistemas físicos en la descripción microscópica.

2.1 Método de Dinámica Molecular (DM).

2.1. 1. Dinámica Molecular Clásica para la simulación de las trayectorias de un sistemas de muchas partículas. Algoritmo de Verlet, de Leapfrog y de Boris. Aplicación la determinación de las trayectorias de los constituyentes de gases y plasmas.

2.1.2. Dinámica Molecular Cuántica y Dinámica Molecular Híbrida (Clásica/Cuántica).

2.2. Método Monte Carlo (MC).

2.2.1. Método Monte Carlo Simple. Algoritmo aleatorio simple. Aplicación a la integración numérica.

2.2.2. Método Monte Carlo de Metrópolis o de Equilibrio para la determinación de promedios

estadísticos de funciones dinámicas en el espacio de las fases de sistemas en equilibrio termodinámico. Algoritmo de Metrópolis-Hastings. Aplicación a la determinación de propiedades termodinámicas de un sistema en equilibrio termodinámico.

Tema 3. Métodos de simulación computacional de sistemas físicos en la descripción mesoscópica, macroscópica e híbrida.

3.1. Descripción mesoscópica o cinética.

3.1.1 Método de Discretización de la ecuación de Boltzmann. Algoritmos de diferencias finitas.

3.1.2. Método de Monte Carlo de Transporte. Algoritmo de particle tracking Monte Carlo.

3.1.3. Método estocástico de la ecuación de Langeving: ecuación de Fokker-Planck.

3.1.4. Aplicaciones.

3.2. Descripción macroscópica o hidrodinámica.

3.2.1. Descripción Lagrangiana y Euleriana.

3.2.2. Métodos de discretización de las ecuaciones en diferencias finitas, en volúmenes finitos y en elementos finitos.

3.2.3. Aplicaciones.

3.3. Descripción híbrida partícula-campo. Método de Particle in Cell (PIC). Aplicaciones.

Proyectos de Física Computacional:

PC1.- Modelado y simulación de partículas cargadas en configuraciones de confinamiento magnético (espejos magnéticos) en el contexto de la fusión nuclear por confinamiento magnético. (descripción microscópica)

PC2.- Modelado y simulación de la evolución de la función de distribución de un sistema sometido a colisiones binarias (mediante procesos estocásticos). Relajación de una distribución de velocidades hacia una distribución de equilibrio Maxwelliana. (descripción mesoscópica)

PC3.- Modelado y simulación de la dinámica de un haz de iones en un plasma (fricción y difusión). Cálculo del tiempo de frenado (stopping power) y del alcance o penetración de un haz de iones en un blanco denso y caliente. (descripción microscópica y/o mesoscópica).

PC4.- Modelado y simulación de la dinámica oscilatoria de los electrones (frecuencia de Langmuir) y del campo eléctrico en un plasma. (descripción híbrida)

PC5.- Modelado y simulación hidrodinámica de una onda de choque adiabático (tubo de choque de Sod) en el contexto de plasmas de experimentos de astrofísica de laboratorio . (descripción macroscópica).

PC6.- Modelado y simulación de la compresión de una cápsula de combustible en el contexto de la fusión nuclear por confinamiento inercial. (descripción macroscópica).

PC7.- Modelado y simulación hidrodinámica de la inestabilidad de Rayleigh-Taylor o Richtmyer-Meshkov en plasmas de alta densidad de energía.

EVALUACIÓN:

Criterios y sistemas de evaluación

Leyenda de actividades formativas.

AF1: Sesiones académicas de fundamentación

AF2: Sesiones académicas de interacción.

AF3: Sesiones académicas de prácticas de laboratorio/informáticas.

AF4: Sesiones académicas de prácticas de aula.

AF5: Trabajos.

AF6: Estudio.

Criterios de evaluación

Las fuentes de evaluación que se usarán son las que se detallan a continuación:

FE1. Realización de un examen o prueba escrita que incluirá tanto cuestiones teóricas como problemas prácticos. En la corrección de estas por parte del profesor, se considerará: (a) la capacidad del alumno para explicar el procedimiento seguido para la resolución de las cuestiones y los problemas planteados, así como las hipótesis necesarias para ello. (b) La capacidad de expresar correctamente el resultado final obtenido en los problemas y el uso de las unidades correctas. (c)

La capacidad de exponer con orden y la claridad la resolución de las cuestiones y problemas. El número de pruebas a realizar será dos (un examen parcial y el examen final de convocatoria).

Actividades formativas que contribuye a evaluar: AF1, AF2, AF3, AF4, y AF5.

(Competencias que evalúa: CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CT2, CT3, CE1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15)

FE2. Realización de un Trabajo. Consistirá en la realización de un trabajo propuesto por el profesor que trate profundizar en el conocimiento de algún tópico relacionado con los contenidos del curso. El alumno debe entregar una memoria que contenga los puntos propuestos por el profesor. En la corrección de la memoria, por parte del profesor se considerará:

(a) la capacidad del estudiante para formular y desarrollar el tópico propuesto en un formalismo físico y matemático acorde a los formulados en la asignatura, y a los conocimientos previos que debe haber adquirido. (b) Desarrollar todos los puntos del trabajo propuestos por el profesor. (c) La capacidad de exponer con orden, rigor y claridad los nuevos conocimientos. (d) Una memoria construida en un formato ordenado, con índice y apartados bien etiquetados, y realizada con un editor de texto que permita implementar adecuadamente las figuras, gráficas, tablas y ecuaciones matemáticas. (e) El seguimiento que hará el profesor sobre el alumno durante el desarrollo del trabajo, centrándose en la observación de la capacidad de autonomía del alumno así como en la originalidad que añade al trabajo inicialmente propuestos por el profesor.

Actividades formativas que contribuye a evaluar: AF1, AF2, AF3, AF4, y AF5.

(Competencias que evalúa: CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CT2, CT3, CE1, CE2, CE3, CE5, CE15)

FE3. Realización de Memorias de Proyectos Computacionales. Se realizarán los proyectos computacionales cuyos títulos se encuentran en el temario. Cada alumno deberá entregar una memoria individual con los proyectos. Estas memorias deben tener formulados de forma concisa y en lenguaje físico y matemático riguroso los problemas planteados a resolver en los guiones planteados por el profesor. También deben contener los códigos de programación desarrollados por el alumno, así como las respuestas a las preguntas planteadas por el profesor en los guiones.

Actividades formativas que contribuye a evaluar: AF1, AF2, AF3, AF4, y AF5.

(Competencias que evalúa: CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CT2, CT3, CE1, CE2, CE3, CE5, CE15)

En la Convocatoria Ordinaria se emplearán los siguientes sistemas de evaluación:

(a) Un examen escrito final.

(b) Memoria del trabajo. Se entregará al profesor al final del curso.

(c) Memoria de Proyectos Computacionales. Se entregará al profesor al final del curso.

En las Convocatorias Extraordinaria y Especial se emplearán los siguientes sistemas de evaluación:

(a) Un examen escrito final.

(b) Memoria del trabajo. Se entregará al profesor al final del curso o en el momento del examen de la convocatoria.

(c) Memoria de Proyectos Computacionales. Se entregará al profesor al final del curso o en el momento del examen de la convocatoria.

Criterios de calificación

CEX: calificación del examen de contenidos de todos los temas (FE1).

CTR: calificación del trabajo (FE2).

CIFC: calificación del los proyectos computacionales (FE3).

En todas las Convocatorias la calificación final se obtiene como:

Calificación final = $0.50 \cdot \text{CEX} + 0.25 \cdot \text{CTR} + 0.25 \cdot \text{CIFC}$

En todas las convocatorias, para aprobar la asignatura deben cumplirse los siguientes requisitos:

(1) Tanto CEX, CTR y CIFC deben ser mayores o igual que 4.5 puntos (sobre 10).

(2) La calificación final debe ser mayor a 5 puntos (sobre 10).

Si no se cumplen ambos requisitos la calificación final de la asignatura será como máximo 4 puntos (sobre 10).

En cualquiera de las convocatorias, si el estudiante ha hecho uso de la IA en cualquiera de sus actividades, deberá indicarlo expresamente en ellas

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Semana 1.

Contenidos a tratar: Presentación del Proyecto Docente, Tema 1 y Tema 2

Horas presenciales: 2 horas AF1

Horas no presenciales: 2 horas AF6

Semana 2.

Contenidos a tratar: Tema 2

Horas presenciales: 2 horas AF1

Horas no presenciales: 2 horas AF6

Semana 3.

Contenidos a tratar: Tema 3

Horas presenciales: 2 horas AF1

Horas no presenciales: 2 horas AF6

Semana 4.

Contenidos a tratar: Tema 3

Horas presenciales: 2 horas AF1

Horas no presenciales: 2 horas AF6

Semana 5.

Contenidos a tratar: Proyectos Computacionales

Horas presenciales: 2 horas AF1

Horas no presenciales: 2 horas AF6

Semana 6.

Contenidos a tratar: PC1

Horas presenciales: 2 horas AF2

Horas no presenciales: 2 horas AF6

Semana 7.

Contenidos a tratar: PC2

Horas presenciales: 2 horas AF2

Horas no presenciales: 2 hora AF5 y 2 AF6

Semana 8.

Contenidos a tratar: PC2

Horas presenciales: 2 horas AF3

Horas no presenciales: 2 hora AF5 y 1 AF6

Semana 9.

Contenidos a tratar: PC3

Horas presenciales: 2 horas AF2

Horas no presenciales: 2 hora AF5 y 1 AF6

Semana 10.

Contenidos a tratar: PC3

Horas presenciales: 2 horas AF3

Horas no presenciales: 2 hora AF5 y 2 AF6

Semana 11.

Contenidos a tratar: PC4

Horas presenciales: 2 horas AF2

Horas no presenciales: 2 hora AF5 y 2 AF6

Semana 12.

Contenidos a tratar: PC4

Horas presenciales: 2 horas AF3

Horas no presenciales: 2 hora AF5 y 2 AF6

Semana 13.

Contenidos a tratar: PC5

Horas presenciales: 2 hora AF2

Horas no presenciales: 2 AF5 y 1 AF6

Semana 14.

Contenidos a tratar: PC6

Horas presenciales: 2 horas AF3

Horas no presenciales: 3 AF5 y 1 AF6

Semana 15.

Contenidos a tratar: PC7

Horas presenciales: 2 horas AF3

Horas no presenciales: 3 AF5 y 1 AF6

PROFESORADO

Dr./Dra. Juan Miguel Gil De la Fe

(COORDINADOR)

Departamento: 257 - FÍSICA

Ámbito: 385 - Física Aplicada

Área: 385 - Física Aplicada

Despacho: FÍSICA

Teléfono: 928454509 **Correo Electrónico:** juanmiguel.gil@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

Dr./Dra. Rafael Rodríguez Pérez

Departamento: 257 - FÍSICA

Ámbito: 385 - Física Aplicada

Área: 385 - Física Aplicada

Despacho: FÍSICA

Teléfono: 928451287 **Correo Electrónico:** rafael.rodriguezperez@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

BIBLIOGRAFÍA

[1 Básico] The art of molecular dynamics simulation /

D.C. Rapaport.

Cambridge University Press,, Cambridge, UK ; (2004) - (2nd ed.)

0-521-82568-7

[2 Básico] Numerical radiative transfer /

edited by Wolfgang Kalkofen.

Cambridge University Press,, Cambridge ; (1987)

0-521-34100-0

[3 Básico] Monte Carlo methods /

J.M. Hammersley, D.C. Handscomb.

Chapman,, New York : (1964) - (1st ed.)

0412158701

[4 Básico] Simulation and the Monte Carlo Method /

Reuven Y. Rubinstein.

John Wiley & Sons,, New York : (1981)

0471089176

[5 Básico] The Physics of plasmas /

T.J.M. Boyd, J.J. Sanderson.

Cambridge University Press,, Cambridge : (2003) - ([1st ed., reprint 2005]. Transferred to digital printing (with amendments) 2007.)

9780521459129

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49212 - REDES COMPLEJAS

CÓDIGO UNESCO: **TIPO:** Optativa **CURSO:** 4 **SEMESTRE:** 2º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3 **Especificar créditos de cada lengua:** **ESPAÑOL:** 3 **INGLÉS:**

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4046/40/verificacion/4>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

- Álgebra lineal
- Métodos matemáticos y sus aplicaciones I
- Probabilidad

Se recomienda haber cursado la asignatura del primer semestre:

- Física estadística y sistemas complejos

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Tema 1. Introducción. [1,2] +

- 1.1. Origen de las redes complejas.
- 1.2. Ejemplos de redes en biología, informática y sociología.
- 1.3. Matemática de las redes. Tipos de redes.

Tema 2. Estructura de las redes complejas [1,5]

- 2.1. Métricas locales de la red: centralidad, clustering, homofilia y asortatividad.
- 2.2. Métricas globales.
- 2.3. Estructura topológica de las redes. Distribuciones de grado.

Tema 3. Modelos de redes complejas [1,2,4,5]

- 3.1. Redes aleatorias: Modelo Watts-Strogatz, modelo de Erdős-Rényi.
- 3.2. Modelos de redes en formación: Modelo de Barabasi-Albert.

Tema 4. Procesos en redes complejas [1,2,3,5]

- 4.1. Robustez. Resistencia a fallos y ataques.
- 4.2. Procesos epidémicos en redes.

Ejercicios prácticos:

- P1. Ejercicios de medidas de redes complejas.
- P2. Ejercicios de modelos en redes complejas.
- P3. Ejercicios de procesos en redes complejas.

Criterios y sistemas de evaluación

Distinguimos las siguientes actividades a ser evaluadas:

- AF1 - Asistencia a sesiones académicas teóricas (presencial).
- AF2 - Asistencia a sesiones académicas prácticas (presencial).
- AF3 - Trabajo para completar actividades prácticas (no presencial).
- AF4 - Asimilación de los contenidos teóricos (no presencial).
- AF5 - Realización del examen final.

Los criterios de evaluación consisten en la realización correcta de las pruebas que se detallan a continuación:

- C1: Realizar correctamente los ejercicios y casos que se plantean en las clases teórico-prácticas (AF1, AF2, AF4).
- C2: Realizar correctamente las actividades prácticas que se plantean a lo largo de la asignatura (AF2, AF3).
- C3: Participar activamente en clase en los temas prácticos de debate que se planteen (AF1, AF2).
- C4: Examen Final: Realización de examen final (AF5).

La evaluación se llevará a cabo mediante examen final y defensas de prácticas. No obstante, se tendrá en cuenta la participación activa durante las clases, tanto teóricas como prácticas, para la evaluación continua del aspecto práctico de la asignatura. Esta participación supondrá hasta un 10% de la puntuación final de los trabajos prácticos. Este sistema de evaluación se mantendrá en las tres convocatorias oficiales anuales (ordinaria, extraordinaria y especial).

El uso de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) por parte del estudiantado está permitido exclusivamente en aquellas actividades y trabajos que señale el equipo docente. Se hará un uso responsable y ético de las mismas, indicando claramente en cada trabajo o actividad qué modelo/s y herramienta/s de IAGen se ha/n empleado. Dichos trabajos y actividades deberán ser desarrollados de manera que sea evidente cuál ha sido la aportación personal y cuál la de la IAGen.

Los estudiantes que participan en programas de movilidad y que se encuentren en la situación contemplada en el art. 51 del Reglamento de Movilidad de estudios con reconocimiento académico de la ULPGC, esto es, con alguna de las asignaturas de su acuerdo académico que no hubieran sido superadas en destino o estuvieran calificadas como no presentadas, podrán presentarse en las convocatorias extraordinaria o especial optando al 100% de la calificación (art. 26 Reglamento de Evaluación de los resultados de aprendizaje y de las competencias adquiridas por el alumnado de la ULPGC). Siguiendo lo indicado en los artículos 16 y 16 Bis del Reglamento de Evaluación de los resultados de aprendizaje, aquellos alumnos en 5ª, 6ª y 7ª convocatoria que hayan solicitado, por escrito, ser excluidos de la evaluación continua serán evaluados por un tribunal (art. 12.3 del Reglamento de

Evaluación de los resultados de aprendizaje), debiendo suponer dicho examen el 100% de la calificación de la asignatura.

Criterios de calificación

El estudiante deberá alcanzar un mínimo de 5 puntos sobre 10 puntos para superar la asignatura.

La distribución de la puntuación total es la siguiente:

Defensa de prácticas y participación en clases: 4 puntos.

Examen final: 8 puntos

El examen final dispondrá de dos partes, una común y obligatoria con una calificación máxima de

6 puntos y otra opcional con una calificación de 2 puntos, que se agregarán a la nota previa obtenida en la defensa de prácticas hasta alcanzar un máximo de 4 puntos.

El alumno que no se presente al examen final tendrá la calificación de 'No presentado'. Este sistema de calificación se aplicará a todas las convocatorias.

PLANIFICACIÓN SEMANAL

- Semana 1. Tema 1: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 y AF4 (1/2 hora).
- Semana 2. Tema 1: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 y AF4 (1/2 hora).
- Semana 3. Tema 2: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 y AF4 (1/2 hora).
- Semana 4. Tema 2: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 y AF4 (1/2 hora).
- Semana 5. Tema 2: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 y AF4 (1/2 hora).
- Semana 6. Tema 2: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 y AF4 (1/2 hora).
- Semana 7. Tema 3: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (2 horas), AF4 (1 hora).
- Semana 8. Tema 3: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (1 hora), AF4 (1 hora).
- Semana 9. Tema 3: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (1 hora), AF4 (1 hora).
- Semana 10. Tema 3: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (1 hora), AF4 (1 hora).
- Semana 11. Tema 3: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (1 hora), AF4 (1 hora).
- Semana 12. Tema 4: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (2 horas), AF4 (1 hora).
- Semana 13. Tema 4: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (1 hora), AF4 (2 horas).
- Semana 14. Tema 4: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (1 hora), AF4 (2 horas).
- Semana 15. Tema 4: AF1 (1 hora), AF2 (1 hora), AF3 (1 hora), AF4 (2 horas).

PROFESORADO

Dr./Dra. Juan María Hernández Guerra

Departamento: 228 - MÉTODOS CUANTITATIVOS EN ECONOMÍA Y GESTIÓN

Ámbito: 623 - Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa

Área: 623 - Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa

Despacho: MÉTODOS CUANTITATIVOS EN ECONOMÍA Y GESTIÓN

Teléfono: 928458228 **Correo Electrónico:** juan.hernandez@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

BIBLIOGRAFÍA

[1 Básico] Networks :an introduction /

M. E. J. Newman.

Oxford University Press,, Oxford : (2011) - (1st pr., repr. with corrections.)

978-0-19-920665-0

[2 Básico] Evolution of networks: from biological nets to the Internet and WWW /

S. N. Dorogovtsev, J. F. F. Mendes.

Oxford University Press,, Oxford [etc.] : (2005) - (1st ed., [3ª] repr.)

0-19-851590-1

[3 Recomendado] Dynamical processes on complex networks /

Alain Barrat, Marc Barthélemy, Alessandro Vespignani.

Cambridge University Press,, New York : (2008)

9780521879507

[4 Recomendado] Random graphs /

Béla Bollobás.

Cambridge University Press,, Cambridge ; (2001) - (2nd ed.)

[5 Recomendado] The structure and dynamics of networks /

Mark Newman, Albert-Làszló

Barabási, Duncan J. Watts.

Princeton University Press,, Princeton : (2006)

0691113572