

Guía académica

Máster Universitario en:

# Física



VNiVERSIDAD  
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

guías académicas 2014-2015

Edita: UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

---

SALAMANCA 2014

## GUIA ACADÉMICA

### Máster Universitario en Física

CURSO 2014-2015

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Nº de créditos: 60  
Duración: 1 curso académico  
Número de plazas ofertadas: 30

#### ÓRGANO ACADÉMICO RESPONSABLE

Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca  
Plaza de los Caídos s/n (37008) Salamanca  
Teléfonos: Secretaría Facultad: 34-923294452; Decanato: 34-923294451  
Conserjería: 34-923294450; Fax: 34-923294514  
e-mail: dec.fc@usal.es

#### CENTRO ACADÉMICO RESPONSABLE

Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca  
Plaza de los Caídos s/n (37008) Salamanca  
Teléfonos: Secretaría Facultad: 34-923294452; Decanato: 34-923294451  
Conserjería: 34-923294450; Fax: 34-923294514  
e-mail: dec.fc@usal.es

#### DIRECTOR ACADÉMICO

José Miguel Mateos Roco  
Departamento de Física Aplicada  
Plaza de la Merced s/n, 37008 Salamanca  
Tel.: (34) 923294400 Ext. 1311  
e-mail: roco@usal.es

## ORIENTACIÓN Y RAMA DE CONOCIMIENTO

Rama de conocimiento: Ciencias

Orientación: Investigadora

## OBJETIVOS

El objetivo del presente Máster es proporcionar una formación avanzada y multidisciplinar en Física. Este objetivo se hace posible a través de la estructura que se propone para el mismo. Mediante las asignaturas obligatorias se profundiza en materias de la Física que ya fueron objeto de estudio en el Grado en Física, y se estudian otras que no están incluidas en el Grado. Por su parte, a través de las materias optativas y del Trabajo Fin de Máster, el estudiante puede adquirir una formación más especializada de cara a su iniciación como investigador.

De este modo el Máster cumplirá el doble objetivo de proporcionar una formación avanzada que permita su inserción en el mercado laboral y facilitar el acceso de los estudiantes a los Programas de Doctorado en Física

## COMPETENCIAS

### Competencias Básicas

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Competencias generales

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

### Competencias específicas

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE2. Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.  
CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE4. Los estudiantes adquirirán conocimientos para plantear y realizar experimentos y medidas físicas de carácter avanzado.

CE5. Los estudiantes deberán identificar los cambios que se producen en las propiedades físicas de diversos materiales y estructuras fabricadas con ellos cuando sus dimensiones descienden a la escala nanométrica.

CE6. Los estudiantes identificarán las tecnologías basadas en las propiedades específicas de los materiales a escala nanométrica y sus múltiples aplicaciones.

CE7. Los estudiantes deben estudiar y resolver tanto analítica como numéricamente ecuaciones en derivadas parciales que aparecen en diversos problemas físicos.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

CE10. Los estudiantes deberán conocer y saber integrar las diferentes fases de la investigación científica en el ámbito de la Física: utilizar fuentes especializadas de información, plantear y realizar experimentos, formular hipótesis, proponer y desarrollar modelos, e interpretar resultados tanto procedentes de cálculos teóricos, como de medidas experimentales.

## PERFILES DE INGRESO Y REQUISITOS DE FORMACIÓN PREVIA

El presente Máster está dirigido a graduados o licenciados del área científico-técnica, preferiblemente de Física, que deseen obtener una formación avanzada en Física y que tengan interés en desarrollar su carrera profesional como investigador en centros públicos (universidad o centros tecnológicos), en departamentos de I+D+i del sector privado, o bien que pretendan completar y mejorar su formación de cara a su inserción en un mercado laboral más general.

## CRITERIOS DE ADMISIÓN Y SELECCIÓN

Para acceder al Máster universitario en Física el estudiante deberá estar en posesión de un título universitario oficial español u otro expedido por una institución de educación superior perteneciente a otro Estado integrante del Espacio Europeo de Educación Superior, que faculte en el mismo para el acceso a enseñanzas de Máster, y que corresponda a un área científico-técnica, con conocimientos amplios de Física y Matemáticas.

La Comisión de Académica del Máster será la encargada de llevar a cabo el proceso de selección de los estudiantes de ingreso. En el proceso de selección se ponderará la adecuación al perfil del máster (60%), el expediente académico (35%), y otros méritos (5%). En el apartado de otros méritos se valorarán los conocimientos en software y lenguajes de programación de interés científicos y el dominio de idioma inglés. Los licenciados y graduados en Física tendrán una valoración máxima en su adecuación al perfil del Máster.

**PROFESORADO****Departamento de Física Aplicada****Área: Física Aplicada**

Calvo Hernández, Antonio (Catedrático Univ.)  
González Sánchez, Antonio (Prof. Titular de Univ.)  
Mateos Roco, José Miguel (Prof. Titular de Univ.)  
Medina Domínguez, Alejandro (Catedrático Univ.)  
Velasco Maíllo, Santiago (Catedrático Univ.)  
White Sánchez, Juan Antonio (Prof. Titular de Univ.)

**Área: Electromagnetismo**

García Flores, Ana (Prof.<sup>a</sup> Titular de Univ.)  
Hernández López, María Auxiliadora (Prof.<sup>a</sup> Titular de Univ.)  
Íñiguez de la Torre Bayo, José Ignacio (Catedrático Univ.)  
López Díaz, Luis (Prof. Titular de Univ.)  
Martínez Vecino, Eduardo (Prof. Contratado Doctor)  
Raposo Funcia, Víctor Javier (Prof. Titular de Univ.)  
Torres Rincón, Luis (Catedrático Univ.)  
Zazo Rodríguez, Marcelino (Prof. Titular de Univ.)

**Área: Electrónica**

García Vasallo, Beatriz (Prof.<sup>a</sup> Contratada Doctora)  
González Sánchez, Tomás (Catedrático Univ.)  
Gutiérrez Conde, Pedro Manuel (Prof. Titular de Univ.)  
Íñiguez de la Torre Mulas, Ignacio (Prof. Ayudante Doctor)  
Martín Martínez, M<sup>a</sup>. Jesús (Prof.<sup>a</sup> Titular de Univ.)  
Mateos López, Javier (Prof. Titular de Univ.)  
Meziani, Yahya Moubarak (Investigador Programa Ramón y Cajal)  
Pérez Santos, M<sup>a</sup>. Susana (Prof.<sup>a</sup> Titular de Univ.)  
Rengel Estévez, Raúl (Prof. Titular de Univ.)  
Velázquez Pérez, Jesús Enrique (Prof. Titular de Univ.)

**Área: Física de la Materia Condensada**

González Espeso, Pablo Guillermo (Prof. Titular de Univ.)

**Área: Óptica**

Conejero Jarque, Enrique (Prof. Titular de Univ.)  
Plaja Rustein, Luis (Prof. Titular de Univ.)  
Rodríguez Vázquez de Aldana, Javier (Prof. Contratado Doctor)  
San Román Álvarez de Lara, Julio (Prof. Contratado Doctor)  
Sola Larrañaga, Íñigo (Prof. Contratado Doctor)

**Departamento de Física Fundamental****Área: Física Atómica, Molecular y Nuclear**

Fernández Caramés, Teresa (Prof.<sup>a</sup> Ayudante Doctora)  
Fernández González, Francisco (Catedrático de Univ.)  
Hernández Gajate, Eliecer (Prof. Titular de Univ.)  
Lozano Lancho, Juan Carlos (Prof. Contratado Dr.)  
Prieto Calvo, Cristina (Prof.<sup>a</sup> Contratada Doctora)  
Quintana Arnés, Begoña (Prof.<sup>o</sup> Titular de Univ.)  
Rodríguez Entem, David (Prof. Titular de Univ.)  
Valcarce Mejía, Alfredo (Catedrático de Univ.)

**Área: Física Teórica**

Atrio Barandela, Fernando (Catedrático de Univ.)  
Cerveró Santiago, José M.<sup>a</sup> (Catedrático de Univ.)  
Díez Fernández, Enrique (Prof. Titular de Univ.)  
García Estévez, M.<sup>a</sup> Pilar (Catedrática de Univ.)  
Mars Lloret, Marc (Prof. Titular de Univ.)  
Mateos Guilarte, Juan (Catedrático de Univ.)  
Pérez García, M.<sup>a</sup> Ángeles (Prof.<sup>a</sup> Contratada Doctora)  
Torre Mayado, Marina de la (Prof.<sup>a</sup> Contratada Doctora)

**Departamento de Física General y de la Atmósfera****Área: Física de la Tierra**

Fidalgo Martínez, Rosario (Prof.<sup>a</sup> Asociada TC)  
Rivas Soriano, Luis J. (Prof. Titular de Univ.)  
Rodríguez Puebla, Concepción (Prof.<sup>a</sup> Titular de Univ.)  
Sánchez Llorente, José Miguel (Prof. Asociado 6 h.)  
Tomás Sánchez, Clemente (Prof. Titular de Univ.)  
Pablo Dávila, Fernando de (Prof. Titular de Univ)

**Área: Tecnología del Medio Ambiente**

García Díez, Eulogio (Prof. Titular de Univ.)

## DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

Tipo de materias del máster y su distribución en créditos

TIPO DE MATERIA	Nº créditos ECTS
Obligatorias (O)	22,5
Optativas (Op)	22,5
Trabajo Fin de Máster (TFM)	15
CRÉDITOS TOTALES	60

Módulos o Materias y Asignaturas del plan de estudios

Módulos	Asignaturas	ECTS	Tipo	Semestre
I. Herramientas para la investigación en Física	Análisis Estadístico de Datos	3	O	1
	Instrumentación Avanzada	4,5	O	1
	Resolución de Ecuaciones de la Física	4,5	O	1
II. Física Fundamental	Estructura de la materia	4,5	O	1
	Fluidos y Plasmas	3	O	2
	Simetrías en Física	4,5	Op	1
	Teoría Cuántica de Campos	4,5	Op	1
	Interacciones Fundamentales	4,5	Op	2
	Relatividad General y Cosmología	4,5	Op	2
III. Física y tecnología de materiales y dispositivos avanzados	Materiales para la Nanotecnología	3	O	2
	Electromagnetismo en materiales avanzados	4,5	Op	1
	Óptica Avanzada	4,5	Op	1
	Física y Aplicaciones de Sensores	4,5	Op	2
	Nanoelectrónica y aplicaciones en alta frecuencia	4,5	Op	2
IV. Física aplicada al medio ambiente y sostenibilidad	Cambio Climático	4,5	Op	1
	Dinámica Atmosférica y Predicción Meteorológica	4,5	Op	2
	Optimización Termodinámica y Sostenibilidad	4,5	Op	1
V. Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	15	TFM	2



## Distribución temporal de las asignaturas por semestres

PRIMER SEMESTRE			SEGUNDO SEMESTRE		
Asignatura	Tipo	ECTS	Asignatura	Tipo	ECTS
Análisis Estadístico de Datos	Ob	3	Fluidos y Plasmas	Ob	3
Estructura de la materia	Ob	4,5	Materiales para la Nanotecnología	Ob	3
Instrumentación avanzada	Ob	4,5	Optativa 4	Op	4,5
Resolución de ecuaciones de la Física	Ob	4,5	Optativa 5	Op	4,5
Optativa 1	Ob	4,5	Trabajo Fin de Máster	TFM	15
Optativa 2	Op	4,5			
Optativa 3	Op	4,5			
Total		30	Total		30

## CALENDARIO DE ACTIVIDADES DOCENTES

(Adaptado al  
Máster por  
Acuerdo de la  
Junta de  
Facultad de  
Junio 2014)

SEPTIEMBRE 2014						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

NOVIEMBRE 2014						
L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

ENERO 2015						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

MARZO 2015						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

OCTUBRE 2014						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

DICIEMBRE 2014						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

FEBRERO 2015						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	

ABRIL 2015						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

MAYO 2015						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31


11  
12  
13  
14  
15


JUNIO 2015						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					


16  
17


JULIO 2015						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		


SEPTIEMBRE 2015						
L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20


 Sesión académica inaugural de curso (pendiente de fijar en CyL)


 Actividad lectiva del 1er cuatrimestre


 Actividad lectiva del 2º cuatrimestre


 Pruebas finales

 Ampliación para recuperación de pruebas finales

 Periodos de vacaciones según el calendario laboral

 Límite de actas en primera convocatoria

 Límite de actas en segunda convocatoria

 Posibles fechas límite de actas TFG /TFM

Primer Semestre

Semanas de la 1 a la 7

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
15 a 16	Estructura de la materia Aula	Estructura de la materia Aula	Estructura de la materia Aula	Electromag en Mat. Avanz Aula	
16 a 17	Resolución de ecuaciones de la Física Aula	Análisis Estadístico de Datos Aula	Resolución de ecuaciones de la Física Aula	Electromag en Mat. Avanz Aula	Instrumentación Avanzada Laboratorio/Aula
17 a 18	Resolución de ecuaciones de la Física Aula	Análisis Estadístico de Datos Aula	Opt. Tdca y Sostenibilidad Aula --- Teoría cuántica de Campos Aula	Opt. Tdca y Sostenibilidad Aula --- Teoría cuántica de Campos Aula	
18 a 19	Simetrías en Física	Simetrías en Física	Análisis Estadístico de Datos Aula/Aula Inf		
19 a 20					

Primer Semestre

Semanas de la 8 a la 10

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
15 a 16	Estructura de la materia Aula	Estructura de la materia Aula	Estructura de la materia Aula	Electromag en Mat. Avanz Aula	Electromag en Mat. Avanz Aula
16 a 17	Resolución de ecuaciones de la Física Aula	Cambio climático Aula ----- Óptica Avanzada Aula	Resolución de ecuaciones de la Física Aula	Resolución de ecuaciones de la Física Aula	Instrumentación Avanzada Laboratorio/Aula
17 a 18	Resolución de ecuaciones de la Física Aula	Cambio climático Aula ----- Óptica Avanzada Aula	Opt. Tdca y Sostenibilidad Aula --- Teoría cuántica de Campos Aula	Opt. Tdca y Sostenibilidad Aula --- Teoría cuántica de Campos Aula	
18 a 19	Simetrías en Física	Simetrías en Física	Cambio climático Aula/Aula Inf ----- Óptica Avanzada Aula	Cambio climático Aula/Aula Inf ----- Óptica Avanzada Aula	
19 a 20			Cambio climático Aula/Aula Inf	Cambio climático Aula/Aula Inf	

Primer Semestre

Semanas de la 11 a la 15

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
15 a 16					
16 a 17					
17 a 18	Cambio climático Aula/Aula Inf ----- Óptica Avanzada Aula	Cambio climático Aula/AulaInf ----- Óptica Avanzada Aula	Resolución de ecuaciones de la Física Aula Inf	Electromag en Mat. Avanz Lab.	Instrumentación Avanzada Laboratorio/Aula
18 a 19	Electromag en Mat. Avanz Aula ----- Simetrías en Física Aula	Electromag en Mat. Avanz Aula ----- Simetrías en Física Aula	Opt. Tdca y Sostenibilidad Aula --- Teoría cuántica de Campos Aula	Opt. Tdca y Sostenibilidad Aula --- Teoría cuántica de Campos Aula	
19 a 20			Cambio climático Aula	Cambio climático Aula	

Segundo Semestre

Semanas de la 1 a la 7

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
16 a 17	Rel. Gral. Cosmol. Aula V ----- Dinámica atmos. y predic. meteor. Aula VI	Rel. Gral. Cosmol. Aula V ----- Dinámica atmos. y predic. meteor AulaVI	Mat. nanotec.. (semanas 1-3) Aula V ---- Fluidos y plasmas (semanas 4-7) AulaVI	Mat. nanotec.. (semanas 1-4) Aula V ---- Fluidos y plasmas (semanas 5-7) AulaVI	Rel. Gral. Cosmol. Aula V ----- Dinámica atmos. y predic. meteor Aula VI
17 a 18	Mat. nanotec. (semanas 1-3) Aula V ---- Fluidos y plasmas (semanas 4-7) Aula VI	Mat. nanotec. (semanas 1-3) Aula V ---- Fluidos y plasmas (semanas 4-7) Aula VI	Interacciones Fundamentales Aula V ---- Fís. y apl. sensores Aula VI (semanas 1-4) ----- Nanoelec. y apl. en alta frecuencia (semanas 5 - 7) Aula VI/Laboratorio	Interacciones Fundamentales AulaV ---- Fís. y apl. sensores Aula VI (semanas 1-4) ----- Nanotelec. y apl. en alta frecuencia (semanas 5 - 7) Aula VI/Lab	Dinámica atmos. y predic. meteor Aula Inf. (semanas 4-7) ----- Fís. y apl. Sensores Aula VI (semanas 1-3) ----- Interacciones Fundamentales Aula V

18 a 19	<p>Mat. nanotec. (semanas 1-4) Aula V ---- Fluidos y plasmas (semanas 5-7) Aula VI</p>	<p>Mat. nanotec. (semanas 1-4) Aula V ---- Fluidos y plasmas (semanas 5-7) Aula VI</p>	<p>Fís. y apl. sensores Aula VI (semanas 1-4) ----- Nanoelec. y apl. en alta frecuencia (semanas 5 - 7) AulaVI/Laboratorio</p>	<p>Fís. y apl. sensores Aula VI (semanas 1-4) ----- Nanoelec. y apl. en alta frecuencia (semanas 5 - 7) AulaVI/Laboratorio</p>	<p>Dinámica atmos. y predic. meteor Aula Inf. (semanas 4-7) ----- Fís. y apl. sensores Aula VI (semanas 1-3)</p>
19 a 20	<p>Fís. y apl. sensores Aula VI (semanas 1-4) ----- Nanoelec. y apl. en alta frecuencia (semanas 5 - 7) AulaVI/Laboratorio</p>	<p>Fís. y apl. sensores Aula VI (semanas 1-4) ----- Nanoelec. y apl. en alta frecuencia (semanas 5 - 7) AulaVI/Laboratorio</p>			



Segundo Semestre

Semanas de la 8 a la 10

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
16 a 17	Rel. Gral. Cosmol. Aula V ----- Dinámica atmos. y predic. meteor. Aula VI	Rel. Gral. Cosmol. Aula V ----- Dinámica atmos. y predic. meteor. Aula VI	Nanoelec. y apl. en alta frecuencia AulaVI/Laboratorio	Nanotelec. y apl. en alta frecuencia AulaVI/Laboratorio	Rel. Gral. Cosmol. Aula V ----- Dinámica atmos. y predic. meteor. Aula VI
17 a 18	Interacciones Fundamentales Aula V ----- Nanoelec. y apl. en alta frecuencia AulaVI/Laboratorio	Interacciones Fundamentales Aula V ----- Nanoelec. y apl. en alta frecuencia AulaVI/Laboratorio			Dinámica atmos. y predic. meteor. Aula Inf. (semanas 7-10) ----- Interacciones Fundamentales Aula V
18 a 19	Nanoelec. y apl. en alta frecuencia AulaVI/Laboratorio	Nanoelec. y apl. en alta frecuencia AulaVI/Laboratorio	Fís. y apl. sensores AulaVI/Laboratorio	Fís. y apl. sensores AulaVI/Laboratorio	Dinámica atmos. y predic. meteor. Aula Inf. (semanas 7-10)
19 a 20					

GUIA ACADÉMICA  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA

CURSO 2013-2014

MÓDULO I: HERRAMIENTAS PARA LA INVESTIGACIÓN EN FÍSICA

FICHAS DE LAS ASIGNATURAS

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

1.- Datos de la Asignatura

Código	304290	Plan	2013	ECTS	3
Carácter	Obligatoria	Curso	2013-14	Periodicidad	Semestral S1
Área	FÍSICA DE LA TIERRA				
Departamento	Física General y de la Atmósfera				
Plataforma Virtual	Plataforma:	STUDIUM			
	URL de Acceso:				

Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Fernando de Pablo Dávila	Grupo / s	
Departamento	Física General y de la Atmósfera		
Área	Física de la Tierra		
Centro	Facultad de Ciencias (Sección de Físicas)		
Despacho	20 Edificio Trilingüe (Facultad de Ciencias)		
Horario de tutorías	Martes de 9:00 a 13:00		
URL Web			
E-mail	fpd123@usal.es	Teléfono	923294500 (1321)

Profesor	Clemente Tomás Sánchez	Grupo / s	
Departamento	Física General y de la Atmósfera		
Área	Física de la Tierra		
Centro	Facultad de Ciencias (Sección de Físicas)		
Despacho	21, Edificio Trilingüe (Facultad de Ciencias)		
Horario de tutorías	Martes de 9:00 a 13:00		
URL Web			
E-mail	<a href="mailto:cts@usal.es">cts@usal.es</a>	Teléfono	923294500 (1994)

Profesor	José Miguel Sánchez Llorente	Grupo / s	
Departamento	Física General y de la Atmósfera		
Área	Física de la Tierra		
Centro	Facultad de Ciencias (Sección de Físicas)		
Despacho	26, Edificio Trilingüe (Facultad de Ciencias)		
Horario de tutorías	Martes de 9:00 a 13:00		
URL Web			
E-mail	<a href="mailto:jmsll@usal.es">jmsll@usal.es</a>	Teléfono	923294500 (1994)

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Herramientas para la investigación en Física
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
El objetivo de esta asignatura es proporcionar a los alumnos una formación en técnicas para el análisis de datos físicos observados, experimentales y de modelos.
Perfil profesional.
Esta materia tiene un carácter básico de gran utilidad para la investigación y otras actividades empresariales que necesita formación en relación con análisis de datos.

### 3.- Recomendaciones previas

Física y Matemáticas.  
Nivel de Inglés científico.

### 4.- Objetivos de la asignatura

Introducir los métodos estadísticos de análisis de datos para la interpretación de procesos físicos.  
Capacitar al estudiante en el uso de herramientas estadísticas informáticas

### 5.- Contenidos

#### Módulo teórico

1. Estadística descriptiva: distribuciones de datos y funciones de probabilidad. Tests de significación. Análisis de varianza. Modelos de regresión multidimensional y correlación. Métodos no paramétricos.
2. Series temporales. Modelos ARIMA. Análisis de Fourier. Filtrado de datos. Análisis espectral.
3. Análisis espacio-temporal. Descomposición en autovalores. Componentes Principales (Funciones Ortogonales Empíricas).

#### Módulo práctico

Aprendizaje de herramientas estadísticas: SPSS, R\*

### 6.- Competencias a adquirir

#### Básicas/Generales.

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.

CB8. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

Específicas.

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

### 7.- Metodologías docentes

Clases magistrales. Prácticas en el aula de informática. Seminarios con exposiciones y debates. Evaluación continua.

### 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES	
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.			
Sesiones magistrales	9		14	23	
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática	12		16	28
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios	3			3	
Exposiciones y debates	3		6	9	
Tutorías	3			3	
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos			9	9	
Otros (detallar)					
Evaluaciones					
TOTAL	30		45	75	

## 9.- Recursos

### Libros de consulta para el alumno

Arriaza A.J., Fernández, F., López M.A., Muñoz M., Perez S. y Sánchez A. Estadística Básica con R y R-Commander. Servicio de Publicaciones, Universidad de Cadiz. (2008) Wilks, D.S. Statistical Methods in the Atmospheric Science. Elsevier, ISBN 13: 978-0-12-751966-1  
Manual abreviado de uso del programa SPSS para el análisis descriptivo de datos.

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

<http://www.r-project.org/>, <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>

## 10.- Evaluación

### Consideraciones Generales

Evaluación continua, participación en clase, realización de tareas y exposición de trabajos.

### Criterios de evaluación

Los trabajos asignados como tareas y participación tienen la valoración del 50% en la nota final. Las exposiciones orales de los estudiantes tiene la valoración del 50% en la nota final.

### Instrumentos de evaluación

Exposiciones orales. Entrega de tareas. Asistencia y participación en las actividades del curso.

### Recomendaciones para la evaluación.

Realización de tareas y asistencia a tutorías.

### Recomendaciones para la recuperación.

Las mismas

## INSTRUMENTACIÓN AVANZADA

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304291	Plan	2013	ECTS	4,5
Carácter	Troncal	Curso	1º	Periodicidad	Anual
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear, Electromagnetismo, Electrónica, Física Teórica				
Departamento	Física Aplicada y Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es">http://studium.usal.es</a>			

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Jesús Enrique Velázquez Pérez	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electrónica		
Centro	Facultad de Ciencias. Edificio Trilingüe		
Despacho	T2106 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		
URL Web			
E-mail	js@usal.es	Teléfono	923294400 Ext. 1304

Profesor	Yahya Moubarak Meziani	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electrónica		
Centro	Facultad de Ciencias. Edificio Trilingüe		
Despacho	T2106 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		



URL Web			
E-mail	meziani@usal.es	Teléfono	923294400 ext. 1304

Profesor	Enrique Díez Fernández	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Teórica		
Centro	Facultad de Ciencias. Edificio Trilingüe		
Despacho	Laboratorio de Bajas Temperaturas		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		
URL Web			
E-mail	enrisa@usal.es	Teléfono	923294435

Profesor	Begoña Quintana Arnés	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	P1110, Casa del Parque 1		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		
URL Web			
E-mail	quintana@usal.es	Teléfono	923294434

Profesor	Victor Javier Raposo Funcia	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electromagnetismo		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	T3310 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		

URL Web			
E-mail	victor@usal.es	Teléfono	923294400 Ext. 1301

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Esta asignatura pertenece al bloque formativo I ( Herramientas para la investigación en Física avanzada)
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
La Física se encuadra dentro de las Ciencias Experimentales. Aunque la docencia en Física exige la formación en otros aspectos (teóricos, matemáticos, herramientas matemáticas, ...), la experimentación y la medida constituyen la única base de la observación en Física y la única herramienta de validación final de los desarrollos teóricos. La asignatura "Instrumentación Avanzada" está orientada a proporcionar conocimientos dentro de varios campos de la medida y experimentación en Física que se completan con prácticas que permitirán profundizar en las bases de la medida en cuatro tipos específicos de medida.
Perfil profesional.
Materiales, Investigación, Energía, Telecomunicaciones, Electrónica, Física Nuclear, ...

## 3.- Recomendaciones previas

Las mismas del acceso al Máster.
----------------------------------

## 4.- Objetivos de la asignatura

<p>Los objetivos principales de la asignatura son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Familiarización con el proceso de preparación de experimentos avanzados.</li> <li>- Ser capaces de llevar a cabo el control automatizado de experimentos mediante software.</li> <li>- Conocer diversos instrumentos y técnicas para medidas específicas de alta precisión: amplificadores lock-in, puente de impedancias, etc.</li> <li>- El aprendizaje de herramientas básicas para la realización de experimentos avanzados en espectroscopía nuclear.</li> </ul>
--

## 5.- Contenidos

### Contenidos teóricos:

Señales analógicas. Muestreo y cuantificación. Tratamiento de señales. Ruido. Adquisición de datos y automatización de sistemas de medida.

### Contenidos prácticos:

I. Caracterización de dispositivos electrónicos. La caracterización de componentes es la determinación de su respuesta eléctrica (u opto-eléctrica) en condiciones de operación iguales a las que tendrá en un circuito para extraer los principales parámetros (figuras de mérito) del dispositivo. Se discutirán las condiciones de operación de algunos componentes (diodos, células solares, transistores) y se realizan medidas con source-meters y/o analizadores de parámetros de semiconductores en diversas condiciones de excitación. Se prestará especial atención a la automatización e interconexión de los equipos de medidas y a las técnicas de reducción de ruido. Los resultados serán analizados por los estudiantes, se compararán con los teóricos y se extraerán las figuras de mérito.

II. Medidas de diversas propiedades electromagnéticas en muestras macroscópicas. Se valorará la dificultad de hacer medidas precisas de conductividad eléctrica en materiales muy buenos conductores y se aprenderán técnicas de caracterización por procedimientos inductivos, sin contactos eléctricos, empleando una instrumentación avanzada basada en analizadores de impedancia y puentes de AC. Después de una breve justificación teórica se particularizará para muestras de geometría sencilla haciendo un desarrollo analítico y una comprobación experimental en conductores metálicos cilíndricos y planares. Por último se validará el procedimiento atendiendo a sus limitaciones, aproximaciones de baja frecuencia y aplicaciones tecnológicas en el campo de la detección y testing no destructivo.

III. Medidas en coincidencias de transiciones nucleares en cascada. La medida de las emisiones de un núcleo, cuando éstas se producen en intervalos de tiempo inferiores a los tiempos de respuesta de los sistemas de detección, requieren de sistemas de detectores con electrónica de coincidencias. Estas medidas son necesarias tanto en los estudios de estructura nuclear que se realizan con núcleos excitados como en aplicaciones de las técnicas nucleares a otros campos. Para la realización de esta práctica se dispone de un sistema complejo de detectores con 256 canales electrónicos que permite la reconstrucción de imágenes. Durante la realización de la práctica los alumnos aprenderán a poner a punto la electrónica de coincidencias del sistema de 256 canales, a caracterizar la respuesta de los detectores y familiarizarse con algoritmos sencillos que les permitan realizar el análisis y la reconstrucción de imágenes simples.

IV. Medidas con amplificadores lock-in en dispositivos electrónicos. La caracterización de las propiedades electrónicas de muchos nanodispositivos requiere la medida de señales en la nanoescala (nanovoltios, nanoamperios, etc.) La medida precisa de magnitudes eléctricas pequeñas en un entorno donde la amplitud del ruido es muy superior a la señal que queremos medir requiere normalmente de técnicas de amplificación selectiva de la señal. En los dispositivos optoelectrónicos necesitamos además realizar medidas en tiempos muy cortos y correlacionados con la señal de excitación. Los amplificadores lock-in son una de las técnicas más utilizadas para este fin en un amplio número de aplicaciones tanto industriales como de investigación. Tras una presentación de la técnica lock-in y sus amplias posibilidades nos centraremos en las medidas conocidas como dc lock-in para caracterizar las propiedades de transporte en pozos cuánticos y nanotransistores. Los alumnos aprenderán la utilización de la

técnica y el control del instrumento mediante rutinas de adquisición de datos. Realizarán una práctica en nanodispositivos reales obteniendo sus características electrónicas más relevantes y determinarán la precisión de la técnica y sus limitaciones.

## 6.- Competencias a adquirir

### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

### Específicas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE4. Los estudiantes adquirirán conocimientos para plantear y realizar experimentos y medidas físicas de carácter avanzado.

CE5. Los estudiantes deberán identificar los cambios que se producen en las propiedades físicas de diversos materiales y estructuras fabricadas con ellos cuando sus dimensiones descienden a la escala nanométrica.

CE6. Los estudiantes identificarán las tecnologías basadas en las propiedades específicas de los materiales a escala nanométrica y sus múltiples aplicaciones.

CE7. Los estudiantes deben estudiar y resolver tanto analítica como numéricamente ecuaciones en derivadas parciales que aparecen en diversos problemas físicos.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

### 7.- Metodologías docentes

- Clases magistrales. Se dedicarán a la exposición de los aspectos teóricos de la materia: tratamiento de señal, toma de datos, automatización de medida, ...
- Prácticas de laboratorio. Se dedicarán a diseñar experimentos, detallar las condiciones del entorno en las que se realiza la medida y que pueden interferir con ésta y, finalmente, realizar la medida, analizar los resultados obtenidos y medir diversas magnitudes usando equipamiento profesional en cuatro aplicaciones diferentes.
- Informes. Los alumnos elaborarán informes tras completar sus sesiones de trabajo.

### 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales					
Prácticas	- En aula	6		6	12
	- En el laboratorio	48		30	78
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios					
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		2,25		20,25	22,5
TOTAL		56,25		56,25	112,5

### 9.- Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

1. Introduction to Electrodynamics (4th Edition), David J. Griffiths, Prentice Hall, 2005

2. Electronic measurement systems : theory and practice (4th Edition), A. F. P. Van Putten; Anton F. P. Van Putten, Institute of Physics Publishing, Bristol, 1996
3. Miguel A. Pérez García et al. Instrumentación electrónica, Thomson, D.L., Madrid, 2011
4. Amplitude Modulated Signals - The Lock-in Amplifier". Handbook of Measuring System Design. Richard Burdett, Addison-Wiley, 2005. ISBN 978-0-470-02143-9
5. Radiation Detection and Measurement, G. F. Knoll. John Wiley & Sons, 2010 (4th edition)

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

- Impedance Measurement Handbook (A guide to measurement technology and techniques), 4th Edition, Agilent, <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5950-3000.pdf>
- About Lok-in amplifiers. Application note from Stanford Research Systems: <http://www.thinksrs.com/downloads/PDFs/ApplicationNotes/AboutLIAs.pdf>
- Manual of DSP Lock-In Amplifier model SR830: <http://www.ece.cmu.edu/~mems/resources/HH1212/SR830m.pdf>

## 10.- Evaluación

### Consideraciones Generales

La evaluación estará basada en medir el grado de adquisición de las competencias propias de la asignatura, tanto de carácter teórico como práctico.

### Críterios de evaluación

El principal criterio de evaluación será el rigor y aprovechamiento del trabajo en laboratorio que constituye la base de la asignatura. Los instrumentos de evaluación sirven como guía para apreciar el avance en la adquisición de competencias por parte de los estudiantes.

### Instrumentos de evaluación

Para la evaluación se utilizarán tres instrumentos:

- Ejecución de las prácticas de laboratorio (20%), en la que se valorará la calidad, corrección y rigor del trabajo realizado.
- Informes científicos elaborados a partir de las medidas realizadas y presentación de los mismos de forma oral con un debate posterior (68%).
- Una prueba escrita que constará de varias cuestiones y ejercicios relacionados con los contenidos teóricos de la asignatura (12%).

#### Recomendaciones para la evaluación.

- Estudio y seguimiento de la materia desde el primer día de actividad docente.
- Asistencia y actitud participativa en las clases magistrales.
- Asistencia y actitud participativa en la realización de las prácticas de laboratorio.
- Rigor en el análisis de medidas y en la elaboración de informes.
- Claridad y capacidad de síntesis en la presentación oral (si la hubiere).

#### Recomendaciones para la recuperación.

De los instrumentos de evaluación sólo podrán recuperarse los siguientes:

- Informes científicos y su presentación oral elaborados a partir de las medidas realizadas (68%).
- La prueba escrita que constará de varias cuestiones y ejercicios relacionados con los contenidos teóricos de la asignatura (12%).

## RESOLUCIÓN DE ECUACIONES DE LA FÍSICA

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304292	Plan	2013	ECTS	4,5
Carácter	Obligatoria	Curso	1º	Periodicidad	Anual
Área	Física Teórica / Electromagnetismo				
Departamento	Física Fundamental / Física Aplicada				
Plataforma Virtual	Plataforma:	moodle			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es">http://studium.usal.es</a>			

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Jesús Martín Martín	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Teórica		
Centro	Facultad de Ciencias. Edificio Trilingüe		
Despacho	T3343 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		
URL Web			
E-mail	chmm@usal.es	Teléfono	923294400 ext 4437

Profesor Coordinador	Jose Ignacio Íñiguez de la Torre Bayo	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electromagnetismo		
Centro	Facultad de Ciencias. Edificio Trilingüe		
Despacho	T3305 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		



URL Web			
E-mail	nacho@usal.es	Teléfono	923294400 ext. 1301

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia

Esta asignatura pertenece al bloque formativo I (Herramientas para la investigación en Física).

Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.

Asignatura con un enfoque eminentemente práctico en el que se pretende que los alumnos conozcan y aprendan a manejar distintas técnicas, tanto analíticas como numéricas, para resolver algunas de las ecuaciones más importantes de la Física. Es una asignatura de carácter transversal, pues las ecuaciones que se estudian están presentes en multitud de ramas de la Física.

Perfil profesional.

Docencia universitaria e investigación, Materiales, Telecomunicaciones, Energía e Industria.

## 3.- Recomendaciones previas

Cursar paralelamente a ella las demás asignaturas obligatorias del máster.

## 4.- Objetivos de la asignatura

- Conocer y saber aplicar distintos métodos de resolución de ecuaciones en derivadas parciales relacionadas con problemas físicos.
- Aplicaciones a problemas físicos concretos y a problemas multidisciplinares (economía, biología, epidemiología...)
- Saber utilizar diversas aplicaciones de cálculo simbólico y numérico para resolver problemas físicos.

## 5.- Contenidos

Resolución analítica:

- Ecuación del calor: Problemas de contorno para ecuaciones de difusión
- Transformadas integrales
- Ecuación de ondas en dos y tres dimensiones

- Modos normales de oscilación. Resonancia
- Ecuaciones de Poisson y Laplace: Problemas de contorno para ecuaciones elípticas
- Problemas variacionales
- Funciones de Green
- La delta de Dirac

Resolución numérica:

- Resolución mediante programas de cálculo simbólico
- Resolución numérica mediante el método de los elementos finitos

## 6.- Competencias a adquirir

### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Específicas.

CE7. Los estudiantes deben estudiar y resolver tanto analítica como numéricamente ecuaciones en derivadas parciales que aparecen en diversos problemas físicos.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

## 7.- Metodologías docentes

- **Clases magistrales.** Se dedicarán a la exposición de los aspectos teóricos de la materia: fundamentos matemáticos, aplicaciones físicas, aplicaciones multidisciplinares (biología, economía, dinámica de poblaciones)

- **Clases de problemas.**  
Se desarrollaran problemas concretos que se hayan propuesto con anterioridad procurando al máximo la participación de los alumnos
- **Prácticas en el aula de informática.** En ellas se darán unas nociones básicas sobre las aplicaciones de cálculo simbólico y numérico utilizadas y se trabajará en la resolución de determinados problemas físicos.

### 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		20		35	55
Prácticas	- En aula	10		15	25
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática	10		5	15
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios					
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		5		12,5	17,5
TOTAL		45		67,5	112,5

### 9.- Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

- Sranley J. Farlow: "Partial Differential Equations for Scientists and engineers"  
Dover (1993). ISBN 13:978-0-486-67620-3
- Dennis G. Zill and Michael R. Cullen " Ecuaciones diferenciales"  
Mc Graw Hill (2008) ISBN: 10:0-7637-4591-X

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

D. W. Jordan and P. Smith "Nonlinear Differential Equations: Problems and solutions.

A sourcebook for scientists and engineers"

Oxford University Press (2007). ISBN: 978-0-19-921203-3

[www.femm.info](http://www.femm.info)

[www.maplesoft.com/applications/index.aspx](http://www.maplesoft.com/applications/index.aspx)

## 10.- Evaluación

### Consideraciones Generales

La evaluación estará basada en medir el grado de adquisición de las competencias propias de la asignatura.

### Criterios de evaluación

La evaluación tendrá dos componentes, cuyo peso relativo en la calificación final es el siguiente:

- Evaluación continua: 60 %
- Prueba escrita final: 40 %

Para aprobar la asignatura se requiere:

- Mínimo de 4 (sobre 10) en la prueba escrita final.
- Mínimo de 5 (sobre 10) en la calificación global.

### Instrumentos de evaluación

Para la evaluación continua se utilizarán dos instrumentos:

- Resolución analítica de problemas (30%).
- Resolución numérica de problemas (30%).

La prueba escrita final constará de varias cuestiones y ejercicios relacionados con los contenidos teóricos de la asignatura.

### Recomendaciones para la evaluación.

- Estudio y seguimiento de la materia desde el primer día de actividad docente.
- Asistencia y actitud participativa en las clases magistrales.
- Realización de las prácticas en el aula de informática.
- Realización y entrega de las tareas propuestas.

#### Recomendaciones para la recuperación.

Los criterios e instrumentos de evaluación son los mismos que en la primera convocatoria y el peso relativo de cada uno de ellos se mantiene.

- La prueba escrita final tendrá las mismas características que la de la primera convocatoria.
- Los problemas propuestos para resolver analíticamente podrán ser distintos a los de la primera convocatoria.
- Los problemas propuestos para resolver numéricamente podrán ser distintos a los de la primera convocatoria.

## MÓDULO II: FÍSICA FUNDAMENTAL

## ESTRUCTURA DE LA MATERIA

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304293	Plan	2013	ECTS	4,5
Carácter	Obligatoria	Curso	1º	Periodicidad	1S
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es/">http://studium.usal.es/</a>			

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	David Rodríguez Entem	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	P1115		
Horario de tutorías	Martes, Miércoles y Jueves de 10:30 a 12:30		
URL Web			
E-mail	entem@usal.es	Teléfono	

Profesor Coordinador	Francisco Fernández González	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Ciencias		

Despacho	P1120		
Horario de tutorías	Lunes, Martes y Miércoles de 16:00 a 18:00		
URL Web			
E-mail	fdz@usal.es	Teléfono	

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Módulo II: Física Fundamental
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
La asignatura corresponde a parte de los créditos obligatorios del módulo II
Perfil profesional.
Investigador

## 3.- Recomendaciones previas

Es necesario tener conocimientos a nivel de Grado en Física en fundamentos de Física Cuántica.

## 4.- Objetivos de la asignatura

Adquirir conocimientos sobre los modelos sencillos que describen la estructura de átomos y núcleos.  
Adquirir conocimientos sobre métodos generales de resolución de problemas de muchos cuerpos. Ser capaz de realizar cálculos de estructuras de átomos y núcleos y otros sistemas de muchas partículas basados en los modelos anteriores

## 5.- Contenidos

- 1- Modelos de partícula independiente en átomos y núcleos. Modelos deformados en núcleos
- 2- Métodos autoconsistentes:
  - Método de Hartree Fock.
  - Método del funcional de la densidad.

- 3- Correlaciones y modelo BCS:
- Superconductividad
  - Superfuides y modelos superfluidos en núcleos

## 6.- Competencias a adquirir

### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Específicas.

CE2. Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

## 7.- Metodologías docentes

La asignatura se desarrollará por medio de clases magistrales en las que se presentarán a los estudiantes los contenidos de la asignatura. Además se desarrollarán una serie de seminarios en los que los estudiantes resolverán problemas o presentarán algún tema relacionado que deberán preparar previamente.



8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		25		50	75
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		7		14	21
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		2		14.5	16.5
<b>TOTAL</b>		<b>34</b>		<b>78.5</b>	<b>112.5</b>

9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno

- "The Nuclear Many Body Problem", P. Ring and P. Schuck, Springer-Verlag
- "The Electronic Structure of Atoms", L. Szasz, John Wiley and Sons.
- "Superconductivity and Superfluidity", T. Tsuneto, Cambridge University Press

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

- "Nuclear Models", W. Greiner and J.A. Maruhn, Springer
- "BCS: Fifty years", L.N. Cooper and D. Feldman, World Scientific Publishing

**10.- Evaluación**

Consideraciones Generales
La evaluación se realizará por medio de la participación en las actividades presenciales, la presentación de trabajos en los seminarios y una prueba final escrita.
Criterios de evaluación
La ponderación de los sistemas de evaluación será: <ul style="list-style-type: none"><li>- Participación en actividades presenciales: 25%</li><li>- Presentación de trabajos: 15%</li><li>- Prueba final: 60%</li></ul>
Instrumentos de evaluación
<ul style="list-style-type: none"><li>- Trabajos presentados</li><li>- Exposición en los seminarios de los trabajos realizados</li><li>- Prueba final escrita</li></ul>
Recomendaciones para la evaluación.
Recomendaciones para la recuperación.
Solo podrá recuperarse la prueba final que se realizará siguiendo el mismo formato que la primera.

FLUIDOS Y PLASMAS

1.- Datos de la Asignatura

Código	304294	Plan	2013	ECTS	3
Carácter	Obligatoria	Curso	1º	Periodicidad	1.º semestre
Área	Física Aplicada				
Departamento	Física Aplicada				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es">http://studium.usal.es</a>			

Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Juan Antonio White Sánchez	Grupo / s	Todos
Departamento	Física Aplicada		
Área	Física Aplicada		
Centro	Facultad de Geografía e Historia		
Despacho	Edificio Trilingüe. Planta 2ª. T3318		
Horario de tutorías	Lunes de 17:00 a 21:00, Martes de 12:00 a 14:00		
URL Web			
E-mail	white@usal.es	Teléfono	923 294 500 ext. 1311

Profesor Coordinador	Antonio González Sánchez	Grupo / s	Todos
Departamento	Física Aplicada		
Área	Física Aplicada		
Centro	Facultad de Ciencias.		
Despacho	Edificio Trilingüe, 2.ª planta, desp. 16 (T3318)		
Horario de tutorías	Lunes y martes de 17,00 a 19,00		

URL Web			
E-mail	ags@usal.es	Teléfono	923 294 500 ext. 1311

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
La asignatura pertenece al módulo "Física Fundamental"
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
Esta asignatura aborda el estudio de la Física de fluidos desde un punto de vista microscópico, así como un estudio general de la Física de plasmas.
Perfil profesional.
Al ser una asignatura de carácter obligatorio, es necesaria para todos los perfiles profesionales vinculados al Máster.

## 3.- Recomendaciones previas

Son recomendables unos conocimientos de Física Estadística y de Electromagnetismo a nivel de Grado.
---

## 4.- Objetivos de la asignatura

<p>Se pretende con esta asignatura que los estudiantes completen su formación sobre fluidos y plasmas. Más específicamente, los resultados de aprendizaje que se esperan son los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplicar en problemas concretos los principios físicos necesarios para la descripción de los fluidos.</li> <li>2. Emplear las herramientas y las aproximaciones empleadas en dicha descripción.</li> <li>3. Aplicar los principios físicos necesarios para una descripción básica de los plasmas, tanto estática como cinética.</li> </ol>
--

## 5.-Contenidos

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades básicas de los fluidos</li> <li>• Ecuación de Liouville, jerarquía BBGKY y ecuación de Boltzmann</li> <li>• Teorías de funciones de distribución</li> </ul>
--

- Ecuación de Navier-Stokes. Modos de vibración en fluidos
- Propiedades básicas de plasmas
- Teoría cinética de plasmas. Ecuaciones de Vlasov y Fokker-Planck
- Estudio de plasmas como fluidos. Ondas en plasmas

## 6.- Competencias a adquirir

### Básicas/Generales.

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: Los estudiantes sabrán 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: Los estudiantes serán 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: Los estudiantes sabrán 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: Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1: Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

### Específicas.

CE2: Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.  
CE3: Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8: Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales

## 7.- Metodologías docentes

Clases magistrales: exposición, por parte del profesorado, de los aspectos teóricos de la asignatura.

Clases prácticas de problemas: resolución de problemas encaminados a aumentar la comprensión de la asignatura y a desarrollar sus aspectos prácticos.

## 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		8		19	27
Prácticas	- En aula	4		9	13
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		7,5		7,5	15
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos				10	10
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		3		7	10
TOTAL					

## 9.- Recursos

## Libros de consulta para el alumno

J.-P. Hansen y I.R. McDonald, *Theory of Simple Liquids*. Academic Press, Londres (1986).  
M. P. Allen y D. J. Tildesley, *Computer Simulation of Liquids*. Oxford University Press, Oxford (1987).  
F.F. Chen, *Introduction to Plasma Physics*. Plenum Press, Nueva York (1974).  
J.A. Bittencourt, *Fundamentals of Plasma Physics*. Springer, Nueva York (2010).

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

Material suministrado a través de Studium.

## 10.- Evaluación

## Consideraciones Generales

La evaluación de la asignatura contempla tanto el trabajo diario del estudiante, verificado mediante una evaluación continua, como el aprovechamiento global de la asignatura, que será analizado mediante una prueba final.

## Criterios de evaluación

Para superar la asignatura el estudiante debe obtener una nota mínima de 5 sobre 10. Los pesos relativos de cada uno de los elementos de evaluación son los siguientes:

Instrumento	Peso mín.	Peso máx.
Participación en actividades presenciales	20	30
Presentación de trabajos	40	60
Prueba final	40	60

## Instrumentos de evaluación

Participación en actividades presenciales: No se valorará la mera asistencia a las clases, sino que se requerirá la participación activa en ellas.

Presentación de trabajos: Los estudiantes realizarán uno o más trabajos que serán expuestos ante todo el grupo durante el curso.

Prueba final: Se realizará en las fechas propuestas en la planificación docente y tendrá una duración de unas tres horas.

## Recomendaciones para la evaluación.

Se recomienda la asistencia y participación activa en las clases. También se recomienda llevar la asignatura al día y utilizar las tutorías siempre que sea necesario.

## Recomendaciones para la recuperación.

Sólo es recuperable la parte de la calificación correspondiente al prueba final, manteniéndose la nota de la evaluación continua (participación y trabajos).

## INTERACCIONES FUNDAMENTALES

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304298	Plan		ECTS	4.5
Carácter	Obligatoria	Curso	1	Periodicidad	2S
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es/">http://studium.usal.es/</a>			

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Eliecer Hernández Gajate	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	Trilingüe T3345		
Horario de tutorías	Martes, Miércoles y Jueves de 11:00 a 13:00		
URL Web			
E-mail	entem@usal.es	Teléfono	

Profesor Coordinador	David Rodríguez Entem	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	P1115		
Horario de tutorías	Martes, Miércoles y Jueves de 10:30 a 12:30		



URL Web			
E-mail	entem@usal.es	Teléfono	

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Módulo II: Física Fundamental
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
La asignatura corresponde a parte de los créditos optativos del módulo II
Perfil profesional.
Investigador

## 3.- Recomendaciones previas

Cursar previamente las asignaturas de Teoría Cuántica de Campos y Simetrías en Física
---

## 4.- Objetivos de la asignatura

Adquirir conocimientos sobre el modelo estándar de las interacciones fuerte y débil a nivel fundamental. Ser capaz de realizar cálculos de procesos débiles y fuertes . Ser capaz de realizar cálculos de la estructura de los hadrones en modelos quark
--

## 5.- Contenidos

Teorías gauge La interacción Electrodébil. Modelo Estándar electrodébil . La interacción fuerte. Cromodinámica cuántica. Modelos de hadrones.
--

## 6.- Competencias a adquirir

### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida auto dirigido o autónomo.

### Específicas.

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE2. Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

## 7.- Metodologías docentes

- Sesiones magistrales
- Seminarios.

8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		27		54	81
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		5		10	15
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		2		14.5	16.5
<b>TOTAL</b>		<b>34</b>		<b>78.5</b>	<b>112.5</b>

9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno
- Quantum Field Theory. F. Mandl and G. Shaw. John Wiley and Sons 1999
- Foundations of Quantum Chromodynamics. T. Muta. World Scientific Lectures Notes in Physics Vol 5 1987.
Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

10.- Evaluación

Consideraciones Generales
La evaluación se realizará por medio de la participación en las actividades presenciales, la presentación de trabajos en los seminarios y una prueba final escrita.

Criterios de evaluación
Participación en actividades presenciales: 25% Presentación de trabajos: 45% Prueba escrita final: 30%
Instrumentos de evaluación
- Trabajos presentados - Exposición en los seminarios de los trabajos realizados - Prueba final escrita
Recomendaciones para la evaluación.
Recomendaciones para la recuperación.
Solo podrá recuperarse la prueba final que se realizará siguiendo el mismo formato que la primera.

RELATIVIDAD GENERAL Y COSMOLOGÍA

1.- Datos de la Asignatura

Código	304299	Plan	2013	ECTS	4.5
Carácter	Optativo	Curso	1.º	Periodicidad	2º Semestre
Área	FÍSICATEÓRICA				
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es">http://studium.usal.es</a>			

Datos del profesorado

Profesor Coordinador	MARC MARS	Grupo / s	
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL		
Área	FÍSICATEÓRICA		
Centro	FACULTAD DE CIENCIAS		
Despacho	T3340 (2ª Planta, Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Lunes y miércoles de 15h a 16h		
URL Web			
E-mail	marc@usal.es	Teléfono	923 294500 Ext 1389

Profesor Coordinador	MARIA ÁNGELES PÉREZ GARCÍA	Grupo / s	
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL		
Área	FÍSICATEÓRICA		
Centro	FACULTAD DE CIENCIAS		
Despacho	39		
Horario de tutorías	Lunes y Martes de 16h a 17h		

URL Web			
E-mail	mperezga@usal.es	Teléfono	923294500 ext 4437

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Es una materia (= asignatura) que forma parte del módulo Relatividad General y Cosmología que está compuesto por esta única asignatura.
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
Es una asignatura optativa del Máster en Física.
Perfil profesional.
Es adecuada para aquellos estudiantes que deseen formarse con un perfil teórico en Física.

## 3.- Recomendaciones previas

### ASIGNATURAS QUE SE RECOMIENDA HABER CURSADO PREVIAMENTE:

Asignaturas de "Astrofísica y Cosmología" y de "Gravitación" del Grado en Física de la Universidad de Salamanca o asignaturas con contenidos equivalentes.

## 4.- Objetivos de la asignatura

- Conocer los fundamentos de la geometría diferencial y saber realizar cálculos tensoriales.
- Conocer las ecuaciones de Einstein del campo gravitatorio y su límite Newtoniano.
- Conocer el significado de la aproximación lineal en Relatividad General alrededor del espacio-tiempo plano y saber manejar las ecuaciones fundamentales que deben satisfacerse en ese caso.
- Conocer la forma general de un espacio-tiempo con simetría esférica y saber manejar las ecuaciones de Einstein para fluidos perfectos esféricos. Conocer las ecuaciones de equilibrio gravitatorio e hidrostático en simetría esférica.
- Conocer aspectos básicos de los campos gravitatorios estacionarios y con simetría axial, en particular el espacio-tiempo de Kerr.
- Comprender el fenómeno de colapso gravitatorio y entender el concepto de agujero negro.
- Conocer las ecuaciones fundamentales de las fluctuaciones de materia y gravitatorias alrededor de un modelo cosmológico homogéneo e isótropo y comprender sus consecuencias fundamentales.
- Conocer los aspectos fundamentales de la radiación de fondo de microondas, especialmente en relación a sus anisotropías.

5.- Contenidos

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA	
TEMA	SUBTEMA
Tema 1: Geometría diferencial	Tensores de curvatura, Weyl y Einstein Identidades de Bianchi y Ricci. Grupos de transformaciones en variedades Vectores de Killing e isometrías.
Tema 2: Ecuaciones de Einstein	Tensor de energía-momento. Lagrangiano de Einstein-Hilbert Ecuaciones de Einstein Límite Newtoniano
Tema 3: Radiación gravitatoria	Aproximación lineal del campo gravitatorio alrededor del espacio-tiempo plano. Libertad gauge de la teoría linearizada Gauge transverso y sin traza Fundamentos de la radiación gravitatoria
Tema 4: Modelos estelares y colapso gravitatorio	Espacio-tiempos con simetría esférica Masa de Misner-Sharp Ecuaciones de Einstein para fluidos perfectos con simetría esférica. Ecuaciones de equilibrio hidrostático y gravitatorio. Ecuaciones de estado, diagramas M-R y estabilidad Fundamentos del colapso gravitatorio y agujeros negros. Objetos compactos en equilibrio.
Tema 5: Teoría de perturbaciones de cosmología	Teoría de perturbaciones alrededor de un espacio-tiempo arbitrario. Perturbaciones de la métrica de FLRW Desacoplo de modos escalares, vectoriales y tensoriales en el régimen lineal. Fundamentos de la formación de estructuras.
Tema 6: Radiación de fondo de microondas	Propagación de fotones en modelos FLRW. Efectos Sach-Wolfe y Sachs-Wolfe integrados. Espectro de potencias en la radiación de fondo Perturbaciones primordiales en la superficie de último scattering.

## 6.- Competencias a adquirir

## Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

## Específicas.

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE2. Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

## 7.- Metodologías docentes

## DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

METODOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Clases de teoría y problemas	Se expondrá el contenido teórico de los temas en clases presenciales, para transmitir a los estudiantes los conocimientos ligados a las competencias previstas. Se procurará que los estudiantes hayan hecho una tarea previa de lectura de los temas a partir de la bibliografía proporcionada con el fin de fomentar la participación en las clases. En las clases de problemas se explicarán las ideas principales necesarias para abordar los problemas y se resolverán con detalle aquellos que presenten dificultades especiales.



DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS	
METODOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Seminarios de teoría y problemas	Las tutorías tienen como objetivo fundamental que los estudiantes puedan exponer las dificultades y dudas que les hayan surgido, tanto en la comprensión de la teoría como en la resolución de los problemas. Se fomentará la discusión entre los estudiantes para aclarar todas las cuestiones
Trabajos	A partir de las clases teóricas y de problemas los alumnos deberán realizar trabajos personales de resolución de problemas. Algunos de ellos serán expuestos al resto de los estudiantes, poniendo especial énfasis en la presentación de las técnicas utilizadas para su resolución, Se fomentará la discusión y crítica por parte de todos los estudiantes.

#### 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales	20		45	65
Prácticas	- En aula			
	- En el laboratorio			
	- En aula de informática			
	- De campo			
	- De visualización (visu)			
Seminarios	10		20	30
Exposiciones y debates				
Tutorías				
Actividades de seguimiento online				
Preparación de trabajos				
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	3,75		13,75	17.5
TOTAL	33,75		78.75	112.5

## 9.- Recursos

## Libros de consulta para el alumno

- Sean Carroll, **Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity**, Addison Wesley 2004
- Y. Choquet-Bruhat, C. DeWitt-Morette, M. Dillard-Bleick, **Analysis, Manifolds and Physics**, Elsevier Science publishing company Inc., 1982.
- Ruth Durrer, **The Cosmic Microwave Background**, Cambridge University Press 2008.
- N. Glendenning, **Compact Stars, Nuclear Physics, Particle Physics and General Relativity**. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg. Second edition, 2000.
- Andrew Liddle, **An introduction to Modern Cosmology**, 2nd edition John Wiley & Sons, 2003.
- M. Nakahara, **Geometry, Topology and Physics**, Graduate student series in physics, Institute of Physics publishing, 1990.
- N. Straumann, **General Relativity — with applications to astrophysics**, Springer Verlag 2004
- B.F. Schutz, **Geometrical Methods in Mathematical Physics**, Cambridge University Press 1980
- R.M. Wald, **General Relativity**, University of Chicago Press, Chicago, 1984.

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

## 10.- Evaluación

## Consideraciones Generales

La evaluación de las competencias de la materia se basará principalmente en el trabajo continuado, controlado periódicamente con diferentes instrumentos de evaluación, y conjuntamente con una prueba escrita final.

## Criterios de evaluación

La evaluación valorará la adquisición de las competencias de carácter teórico y práctico que se comprobará tanto por la participación en las actividades presenciales, por la presentación de trabajos y por una prueba escrita final. La participación en las actividades presenciales supondrá un 20% de la nota total. La presentación de trabajos el 40% de la nota y la prueba escrita final el restante 40% de la calificación final.

## Instrumentos de evaluación

La elaboración de trabajos consistirá en la resolución de un listado de problemas de manera individual.  
 Prueba escrita: Al finalizar el curso se realizará un examen escrito que contendrá tanto preguntas de tipo conceptual como de problemas y en la que se evaluarán los objetivos de aprendizaje adquiridos por los estudiantes.

#### Recomendaciones para la evaluación.

Para la adquisición de las competencias previstas en esta materia se recomienda la asistencia y participación activa en todas las actividades programadas.

#### Recomendaciones para la recuperación.

Se realizará una prueba escrita de recuperación que servirá para recuperar la parte de la nota correspondiente a la prueba escrita final.

## SIMETRÍAS EN FÍSICA

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304296	Plan	2013	ECTS	4.5
Carácter	Optativo	Curso	1.º	Periodicidad	Semestral
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:				

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Alfredo Valcarce	Grupo / s	1
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Atómica, Molecular y Nuclear		
Centro	Facultad de Ciencias / Edificio Trilingüe		
Despacho	Edificio Trilingüe, número 28		
Horario de tutorías	Miércoles, Jueves y Viernes de 12 a 14 horas		
URL Web	<a href="http://studium.usal.es/">http://studium.usal.es/</a>		
E-mail	valcarce@usal.es	Teléfono	923 294798

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Simetrías en Física
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
Es una asignatura optativa de utilidad para cualquier alumno del máster.

Perfil profesional.

Es una materia adecuada en cualquier perfil vinculado al máster en Física

### 3.- Recomendaciones previas

### 4.- Objetivos de la asignatura

Adquirir conocimientos sobre las simetrías a los procesos físicos  
Aplicar los resultados de la teoría de grupos a la descripción de las simetrías  
Resolver problemas físicos aplicando los conocimientos anteriores

### 5.- Contenidos

Simetrías en Mecánica Clásica y Mecánica Cuántica  
Teoría de grupos finitos.  
Teoría de grupos de Lie.  
SO(2) y SO(3).  
Propiedades generales del problema de dos cuerpos.  
SU(N).  
Espectroscopía hadrónica

### 6.- Competencias a adquirir

Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

#### Específicas.

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE2. Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

### 7.- Metodologías docentes

La asignatura se impartirá a través de clases magistrales con apuntes subidos en la plataforma studium. En cada tema se realizarán ejemplos prácticos que los alumnos deberán repetir en casos similares en los seminarios.

### 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		20		40	
Prácticas	- En aula	7		14	
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		5		10	

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Exposiciones y debates				
Tutorías				
Actividades de seguimiento online				
Preparación de trabajos				
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	2		14.5	
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>		<b>78.5</b>	<b>112.5</b>

## 9.- Recursos

### Libros de consulta para el alumno

1. Leçons sur la Théorie des Groupes et les Symétries des Particules Élémentaires; H. Bacry. Ed. Gordon and Breach.
2. Group Theory and its Applications to Physical Problems; M. Hamermesh. Ed. Dover.
3. Group Theory in Subnuclear Physics; F.I. Stancu. Ed. Oxford University Press.
4. Angular Momentum in Quantum Mechanics; A.R. Edmonds. Ed. Princeton University Press.

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

## 10.- Evaluación

### Consideraciones Generales

Se realizará un seguimiento detallado de la formación a través de los seminarios con una prueba final oral y/o escrita

### Criterios de evaluación

- 15% Participación en las actividades presenciales
- 25% Realización y entrega de ejercicios
- 40% Defensa oral de ejercicios resueltos
- 20% Prueba final escrita

Instrumentos de evaluación
Participación activa en las actividades presenciales Realización y entrega de ejercicios Exposición y defensa oral de problemas Prueba final escrita
Recomendaciones para la evaluación.
Seguimiento de la asignatura y trabajo constante
Recomendaciones para la recuperación.



## TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304297	Plan		ECTS	4.5
Carácter	Optativo	Curso		Periodicidad	Semestral
Área	Física Teórica				
Departamento	Física Fundamental				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Stadium.usal.es			
	URL de Acceso:	<a href="https://moodle.usal.es">https://moodle.usal.es</a>			

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Juan Mateos Guillarte	Grupo / s	
Departamento	Física Fundamental		
Área	Física Teórica		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	Nº 12 Casas del Parque (II)		
Horario de tutorías	Lunes, Martes y Miércoles de 10 a 12 horas		
URL Web	<a href="http://campus.usal.es/~mpg/">http://campus.usal.es/~mpg/</a>		
E-mail	guilarte@usal.es	Teléfono	923 29 44 00 Ext 1543

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Asignatura optativa del Máster Universitario en Física
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
La oferta presentada permite que el estudiante, a través de las asignaturas "Interacciones Fundamentales", "Simetrías en Física", "Teoría Cuántica Campos" y "Relatividad General y Cosmología" pueda adquirir una formación orientado hacia la Física Fundamental y Teórica.

#### Perfil profesional.

Los titulados del Máster en Física están capacitados para una gran variedad de perfiles profesionales: Docencia universitaria e investigación, Docencia no universitaria, etc.

### 3.- Recomendaciones previas

Conocimientos previos de Mecánica Cuántica y Teoría de campos al nivel del Grado en Física.

### 4.- Objetivos de la asignatura

Los estudiantes deben ser capaces de abordar el estudio de las teorías cuánticas de campos renormalizables, tanto escalares, como los casos de la electrodinámica cuántica y los campos de gauge.

### 5.- Contenidos

Indíquense los contenidos preferiblemente estructurados en Teóricos y Prácticos. Se pueden distribuir en bloques, módulos, temas o unidades.

- La mecánica cuántica relativista y sus limitaciones
- Cuantización de campos libres
- Campos en interacción
- Teoría de perturbaciones y reglas de Feynman
- Renormalización
- Simetrías en Teoría cuántica de campos

### 6.- Competencias a adquirir

#### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

Específicas.

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE2. Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

## 7.- Metodologías docentes

La asignatura se impartirá a través de clases magistrales y seminarios

## 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		20		45	65
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		10		20	30
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Preparación de trabajos				
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	3,75		13,75	17,5
TOTAL	33,75		78,75	112,5

### 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno
<p>F. Mandl and G. Shaw. <i>Quantum Field Theory</i>. John Wiley &amp; Sons. 1984.          J.J. Sakurai. <i>Advanced Quantum Mechanics</i>. Addison-Wesley P. C. 1967.          M. Veltman. <i>Diagrammatica. The path to Feynman Diagrams</i>. Cambridge University Press. 1994.          S. Weinberg. <i>The Quantum Theory of Fields</i>. Volumes I and II. Cambridge University Press. 1996.</p>
Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.
<p><b>D. Tong</b>. <i>Quantum Field Theory</i>. Lectures University of Cambridge. 2006.  <a href="http://damp.cam.ac.uk/user/tong/qft.html">http://damp.cam.ac.uk/user/tong/qft.html</a>  <b>L. Álvarez-Gaumé and M. A. Vázquez-Mozo</b>. <i>Introductory Lectures on Quantum Field Theory</i> <a href="http://es.arxiv.org/abs/hep-th0510040">http://es.arxiv.org/abs/hep-th0510040</a></p>

### 10.- Evaluación

Consideraciones Generales
<p>La evaluación de las competencias de la materia se basará en el trabajo continuado, controlado periódicamente con diferentes instrumentos de evaluación, y conjuntamente con una prueba final escrita.</p>
Criterios de evaluación
<p>La evaluación tendrá en cuenta la adquisición de las competencias de carácter teórico y práctico que se comprobará tanto por actividades de evaluación continua como por una prueba final escrita.          Las actividades de evaluación continua supondrán el 30% de la nota total de la asignatura.          La prueba escrita final será un 70% de la nota total de la asignatura. Para poder superar la asignatura se requiere que la calificación obtenida en esta prueba supere el 40% de la nota máxima de la prueba.</p>

#### Instrumentos de evaluación

Se utilizarán los siguientes:

Evaluación continua:

Elaboración y exposición de trabajos, ejercicios y problemas: Se valorará tanto la elaboración como la exposición de los mismos serán un 30% de la nota total de la asignatura.

Prueba escrita:

Al finalizar el curso se realizará un examen escrito que contendrá tanto preguntas de tipo conceptual como de problemas y en la que se evaluarán los objetivos de aprendizaje adquiridos por los estudiantes. Será un 70% de la nota total de la asignatura. Para poder superar la asignatura, se requiere que la calificación obtenida en esta prueba escrita supere el 40% de la nota máxima de la prueba.

#### Recomendaciones para la evaluación.

Para la adquisición de las competencias previstas en esta materia se recomienda la asistencia y participación activa en todas las actividades programadas.

#### Recomendaciones para la recuperación.

Se realizará una prueba escrita de recuperación que servirá para recuperar la parte de la nota correspondiente a la prueba escrita final.

## MÓDULO III: FÍSICA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y DISPOSITIVOS AVANZADOS

## MATERIALES PARA LA NANOTECNOLOGÍA

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304295	Plan	2013	ECTS	3.0
Carácter	Obligatoria	Curso	1º	Periodicidad	2º Semestre
Área	Electromagnetismo, Electrónica y Óptica				
Departamento	Física Aplicada				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es">http://studium.usal.es</a>			

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Raúl Rengel Estévez	Grupo / s	Único
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electrónica		
Centro	Escuela Politécnica Superior de Zamora		
Despacho	T2102 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Lunes de 10 a 13 y viernes de 10 a 13		
URL Web	<a href="http://diarium.usal.es/raulr">http://diarium.usal.es/raulr</a>		
E-mail	<a href="mailto:raulr@usal.es">raulr@usal.es</a>	Teléfono	1304

Profesor	Luis Torres Rincón	Grupo / s	Único
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electromagnetismo		
Centro	Facultad de Ciencias		

Despacho	T3309 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Lunes, Martes, Miércoles y Jueves de 12 a 13:30		
URL Web	<a href="http://campus.usal.es/~fisapli/">http://campus.usal.es/~fisapli/</a>		
E-mail	luis@usal.es	Teléfono	1301

Profesor	Julio San Román Álvarez de Lara	Grupo / s	Único
Departamento	Física Aplicada		
Área	Óptica		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	T2312 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Martes, Miércoles y Jueves de 10 a 12		
URL Web	<a href="http://optica.usal.es/GIOE">http://optica.usal.es/GIOE</a>		
E-mail	jsr@usal.es	Teléfono	1337

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
La materia forma parte del conjunto de materias obligatorias del plan de estudios
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
Esta asignatura permite que los estudiantes conozcan las propiedades específicas de los materiales a escala nanométrica, sus múltiples aplicaciones y las tecnologías basadas en ellas.
Perfil profesional.
Debido a la creciente importancia que tiene hoy en día el desarrollo de materiales para la Nanotecnología y su relación directa con la Física, las competencias adquiridas en esta asignatura resultan de vital importancia para el desempeño profesional de los futuros titulados.

## 3.- Recomendaciones previas

No existen recomendaciones previas específicas
--

#### 4.- Objetivos de la asignatura

Manejar las propiedades de los diversos materiales magnéticos, electrónicos y ópticos que forman parte de estructuras nanométricas.

Identificar el papel que juega la baja dimensionalidad en el comportamiento de nanoestructuras y las aplicaciones a que puede dar lugar.

Saber explotar las propiedades de las heteroestructuras de dimensiones nanométricas en aplicaciones electrónicas, magnéticas y ópticas.

Utilizar los principios físicos que guían el diseño y desarrollo de nuevos nanomateriales.

Manejar las múltiples aplicaciones que tienen de forma cotidiana diversos sistemas nanométricos.

#### 5.- Contenidos

Contenidos teóricos:

##### **Tema 1. Materiales magnéticos**

- Materiales magnéticos y propiedades asociadas.

- Nanoestructuras magnéticas: películas delgadas, nanotiras, arrays de dots, nanopartículas, heteroestructuras.

- Aplicaciones: grabación magnética, memorias magnéticas, nanosociladores.

##### **Tema 2. Materiales electrónicos**

- Bandas de energía de diversas familias de semiconductores y propiedades asociadas.

- Heterouniones semiconductoras y campos de aplicación.

- Estructuras semiconductoras de baja dimensionalidad.

- Grafeno.

- Nanoescalado.

##### **Tema 3. Materiales ópticos**

- Control de la respuesta óptica: Técnicas de modificación del índice de refracción. Aplicaciones.

- Nanoestructuras ópticas: Materiales ópticos multicapa.

- Materiales ópticos avanzados: Cristales fotónicos y metamateriales

#### 6.- Competencias a adquirir

Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.  
 CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

Específicas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.  
 CE5. Los estudiantes deberán identificar los cambios que se producen en las propiedades físicas de diversos materiales y estructuras fabricadas con ellos cuando sus dimensiones descienden a la escala nanométrica.  
 CE6. Los estudiantes identificarán las tecnologías basadas en las propiedades específicas de los materiales a escala nanométrica y sus múltiples aplicaciones.  
 CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.  
 CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

7.- Metodologías docentes

Sesiones magistrales: exposición de los contenidos de la asignatura  
 Seminarios: trabajo en profundidad sobre un tema. Ampliación de contenidos de sesiones magistrales.  
 Pruebas objetivas de tipo test y/o preguntas cortas.

8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales	15		35	50

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		6		14	20
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		1.5		3.5	5
TOTAL		22.5		52.5	75

## 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno
<p>"Magnetism in Condensed Matter", Stephen Blundell, Oxford University Press, 2001            "Introduction to nanoelectronics", V. V. Mitin et al., Cambridge University Press, 2008            "Fundamentals of Photonics", B.E.A. Saleh y M.C. Teich, John Wiley &amp; Sons 2nd Edition. 2007.</p>
Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.
<p>Samuel D. Bader, "Magnetism in low dimensionality", Surface Science 500, 172–188 (2002)            "The physics of low dimensional semiconductors: an introduction", John H. Davies, Cambridge University Press, 1998            K. S. Novoselov et al., "A roadmap for graphene", Nature, vol. 490, Oct. 2012            John Pendry, "Metamaterials in the sunshine" News &amp; Views 5, 599 (2006).            W.J. Padilla et al. "Negative refractive index metamaterials" Materials Today 9, 28 (2006).</p>

## 10.- Evaluación

### Consideraciones Generales

La evaluación de las competencias de la asignatura se basará en el trabajo continuado, controlado periódicamente con diferentes instrumentos de evaluación, conjuntamente con una prueba objetiva de tipo test y/o cuestiones cortas

### Criterios de evaluación

La prueba objetiva tendrá una ponderación del 50% en la nota final. La realización y presentación de trabajos individuales o de grupo del 30%, y la participación y asistencia activa a las actividades de la asignatura un 20%.

### Instrumentos de evaluación

Prueba objetiva de tipo test y/o cuestiones cortas sobre los contenidos vistos en la asignatura.  
Asistencia y participación activa en las actividades de la asignatura.  
Realización individual o en grupo de ejercicios y/o trabajos y discusión de los mismos.

### Recomendaciones para la evaluación.

Para la adquisición de las competencias previstas en esta asignatura se recomienda la asistencia y participación activa en todas las actividades programadas.

### Recomendaciones para la recuperación.

Las pruebas de recuperación extraordinarias se realizarán conforme al calendario que apruebe la Junta de Centro. Al igual que en la evaluación ordinaria, se recomienda haber asistido y participado activamente en las actividades programadas durante el periodo lectivo

## ELECTROMAGNETISMO EN MATERIALES AVANZADOS

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304300	Plan	2013	ECTS	4.5
Carácter	Optativo	Curso	1.º	Periodicidad	S1
Área	Electromagnetismo				
Departamento	Física Aplicada				
Plataforma Virtual	Plataforma:	<a href="https://moodle.usal.es/">https://moodle.usal.es/</a> "Electromagnetismo en Materiales Avanzados"			
	URL de Acceso:				

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Ana García Flores	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electromagnetismo		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	T3303		
Horario de tutorías	Se fijará al principio del curso		
URL Web			
E-mail	anagf@usal.es	Teléfono	923 294436 Ext.:1301

Profesor	María Auxiliadora Hernández López	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electromagnetismo		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	T3303		
Horario de tutorías	Se fijará al principio del curso		

URL Web			
E-mail	auximl@usal.es	Teléfono	923 294436 Ext.:1301

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Formación orientada hacia la tecnología electrónica dentro de la Física Aplicada
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
Es una asignatura optativa necesaria para los estudiantes que decidan seguir por la orientación tecnológica.
Perfil profesional.
Perfil tecnológico

## 3.- Recomendaciones previas

### ASIGNATURAS OPTATIVAS QUE SE RECOMIENDA CURSAR SIMULTANEAMENTE

"Nanoelectrónica y aplicaciones de alta frecuencia"

"Física de Sensores"

"Óptica Avanzada"

## 4.- Objetivos de la asignatura

Clasificar los distintos tipos de respuesta de un material a campos eléctricos y magnéticos.  
 Justificar los distintos tipos de respuesta a partir de modelos microscópicos.  
 Identificar los materiales cuyas propiedades electromagnéticas los hacen útiles para aplicaciones tecnológicas.  
 Aplicar técnicas de medida y simulación para determinar las propiedades electromagnéticas de los materiales.

## 5.- Contenidos

Ecuaciones de Maxwell y medios materiales.  
 Respuesta dieléctrica: polarizabilidad y permitividad estática. Permitividad dinámica.  
 Materiales dieléctricos avanzados: ferroeléctricos y dieléctricos de alta permitividad.  
 Magnetismo ordenado: ferromagnetismo, antiferromagnetismo y ferrimagnetismo. Multiferroicos.  
 Anisotropía magnética y magnetostricción. Dominios magnéticos.  
 Introducción a la espintrónica: magnetoresistencia gigante y transferencia de par de espín

## 6.- Competencias a adquirir

### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Específicas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE4. Los estudiantes adquirirán conocimientos para plantear y realizar experimentos y medidas físicas de carácter avanzado.

CE5. Los estudiantes deberán identificar los cambios que se producen en las propiedades físicas de diversos materiales y estructuras fabricadas con ellos cuando sus dimensiones descienden a la escala nanométrica.

CE6. Los estudiantes identificarán las tecnologías basadas en las propiedades específicas de los materiales a escala nanométrica y sus múltiples aplicaciones.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

Los estudiantes adquirirán una visión global sobre los distintos tipos de comportamientos de los materiales como respuesta a campos eléctricos y magnéticos, así como de los modelos microscópicos que explican dichos comportamientos

## 7.- Metodologías docentes

DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS	
METODOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Clases de teoría	Mediante clases magistrales se desarrollarán los contenidos teóricos de la asignatura

DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS	
METODOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
<b>Sesiones prácticas</b>	Se llevarán a cabo 4 sesiones prácticas de laboratorio y 1 sesión práctica en el aula de informática: Sesiones de laboratorio Medida de la susceptibilidad magnética en líquidos Dependencia de las propiedades conductoras con la temperatura en materiales conductores, semiconductores y superconductores. Histéresis ferromagnética en ac y dc Sesión aula de informática: Simulación numérica: Micromagnetismo
<b>Tutorías</b>	Además de las tutorías presenciales en los horarios establecidos, los profesores estarán disponibles a través de e-mail para atender las dudas que se puedan resolver mediante este medio o concertar tutorías personalizadas.

#### 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales	27		40	67
Prácticas	- En aula			
	- En el laboratorio	12	8	20
	- En aula de informática	3	2	5
	- De campo			
	- De visualización (visu)			
Seminarios				
Exposiciones y debates				
Tutorías				
Actividades de seguimiento online				
Preparación de trabajos				
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	3		17.5	20.5
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>		<b>67.5</b>	<b>112.5</b>

## 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno
Albella, J.M. y Martínez, J.M.: "Física de Dieléctricos", Marcombo, Barcelona 1984. Cullity, B.D.: "Introduction to Magnetic Materials", Addison-Wesley, 2009.
Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

## 10.- Evaluación

Consideraciones Generales
La evaluación de las competencias de la materia se basará principalmente en una prueba escrita final junto con el trabajo continuado durante el curso controlado a través de la asistencia, trabajos entregados, prácticas y otras pruebas que se realicen.
Criterios de evaluación
Se valorará la adquisición de las competencias de carácter teórico y práctico. Se tendrán en cuenta tanto la prueba escrita final como las actividades de evaluación continua.
Instrumentos de evaluación
Se utilizarán los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Ejercicios entregados y/o expuestos por los estudiantes: Se evaluará la entrega de ejercicios y trabajos propuestos por el profesor a lo largo del curso, así como la exposición y debate de los mismos en clase. Se evaluarán las prácticas realizadas en el laboratorio y en el aula de informática. Será un 50% de la nota total de la asignatura.</li> <li>· Prueba escrita final: Se evaluará la teoría (conocimiento de conceptos, enunciados y razonamientos expuestos en las clases de teoría) mediante la contestación de preguntas, Será un 50% de la nota final de la asignatura.</li> </ul>
Recomendaciones para la evaluación.
Para la adquisición de las competencias previstas en esta materia se recomienda la asistencia y participación activa en todas las actividades programadas.
Recomendaciones para la recuperación.
Se realizará una prueba escrita de recuperación que servirá para recuperar la parte de la nota correspondiente a la prueba escrita final.



FÍSICA Y APLICACIONES DE SENSORES

1.- Datos de la Asignatura

Código	304302	Plan	2013	ECTS	4.5
Carácter	Optativo	Curso	1.º	Periodicidad	Anual
Área	Física Aplicada / Electrónica / Electromagnetismo				
Departamento	Física Aplicada				
Plataforma Virtual	Plataforma:	moodle			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es">http://studium.usal.es</a>			

Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Luis López Díaz	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electromagnetismo		
Centro	Facultad de Ciencias. Edificio Trilingüe		
Despacho	T3308 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		
URL Web	<a href="http://diarium.usal.es/lld/">http://diarium.usal.es/lld/</a>		
E-mail	lld@usal.es	Teléfono	923294400, ext. 1304

Profesor Coordinador	Jesús Enrique Velázquez Pérez	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electrónica		
Centro	Facultad de Ciencias. Edificio Trilingüe		
Despacho	T2106 (Edificio Trilingüe)		
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		

URL Web			
E-mail	js@usal.es	Teléfono	923294400 ext. 1304
Profesor Coordinador	Santiago Velasco Maillo	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Física Aplicada		
Centro	Facultad de Ciencias. Edificio Trilingüe		
Despacho			
Horario de tutorías	Se especificará al inicio del curso		
URL Web			
E-mail	santi@usal.es	Teléfono	T3318 (Edificio Trilingüe)

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Esta asignatura pertenece al bloque formativo III (Física y tecnología de materiales y dispositivos avanzados).
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
Asignatura de carácter aplicado en la que muestra cómo la respuesta controlada de ciertos materiales a un determinado estímulo físico puede utilizarse para construir sensores de muy diversa índole, los cuales están presentes en multitud de aplicaciones hoy en día.
Perfil profesional.
Materiales, energía, telecomunicaciones, instrumentación.

## 3.- Recomendaciones previas

Haber cursado o estar cursando paralelamente con ella las siguientes asignaturas del máster: Materiales para la nanotecnología, Instrumentación avanzada, Electromagnetismo en materiales avanzados, Nanotecnología y aplicaciones en alta frecuencia.

#### 4.- Objetivos de la asignatura

- Obtener una visión general de los tipos de sensores que existen, el principio físico en el que se basan y de sus aplicaciones.
- Conocer los parámetros que caracterizan el comportamiento de un sensor.
- Caracterizar experimentalmente algunos de estos parámetros.

#### 5.- Contenidos

- Fundamentos y aspectos generales de los sensores
- Sensores térmicos
- Sensores electromagnéticos
- Sensores optoelectrónicos
- Sensores químicos

#### 6.- Competencias a adquirir

##### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

##### Específicas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE4. Los estudiantes adquirirán conocimientos para plantear y realizar experimentos y medidas físicas de carácter avanzado.

CE6. Los estudiantes identificarán las tecnologías basadas en las propiedades específicas de los materiales a escala nanométrica y sus múltiples aplicaciones.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

- Los estudiantes serán capaces de distinguir los fenómenos físicos en que se basa el funcionamiento de diferentes familias de sensores.
- Los estudiantes adquirirán criterios para la elección del sensor más adecuado para detectar una determinada magnitud en distintas condiciones de operación.

## 7.- Metodologías docentes

- **Clases magistrales.** Se dedicarán a la exposición de los aspectos teóricos de la materia: fundamentos físicos, clasificación de los sensores en base a los mismos, parámetros característicos, aplicaciones, etc.
- **Prácticas de laboratorio.** Se dedicarán a caracterizar el comportamiento de diversos sensores utilizando técnicas de medida básicas, así como al diseño y construcción de dispositivos sencillos para fines concretos que utilicen alguno de estos sensores.
- **Exposiciones de trabajos.** Los alumnos expondrán sus trabajos, que podrán ser de carácter teórico o práctico.

## 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales	25		25	50
Prácticas	- En aula			
	- En el laboratorio	15	25	40
	- En aula de informática			
	- De campo			
	- De visualización (visu)			
Seminarios				
Exposiciones y debates	3		1	4
Tutorías				
Actividades de seguimiento online				

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Preparación de trabajos			10	10
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	2		6,5	8,5
TOTAL	45		67,5	112,5

### 9.- Recursos

#### Libros de consulta para el alumno

- *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. J. Fraden (Springer, New York, 2010).
- *The measurement, instrumentation, and sensors handbook*. John G. Webster, editor in chief (CRC Press, Boca Raton, 1998).
- *Sensores y acondicionadores de señal*. Ramón Pallás Areny (Marcombo, Barcelona, 2005).

#### Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso

### 10.- Evaluación

#### Consideraciones Generales

La evaluación estará basada en medir el grado de adquisición de las competencias propias de la asignatura, tanto de carácter teórico como práctico.

#### Criterios de evaluación

La evaluación tendrá dos componentes, cuyo peso relativo en la calificación final es el siguiente:

- Evaluación continua: 60 %
- Prueba escrita final: 40 %

Para aprobar la asignatura se requiere:

- Mínimo de 4 (sobre 10) en la prueba escrita final.
- Mínimo de 5 (sobre 10) en la calificación global.

Instrumentos de evaluación
<p>Para la evaluación continua se utilizarán dos instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Evaluación de las prácticas de laboratorio (30%), en la que se valorará la calidad del trabajo realizado y la corrección y rigor de los informes elaborados.</li><li>- Elaboración y presentación de un trabajo (30%), que podrá ser de carácter teórico o práctico y en la que se valorará el contenido del trabajo y la exposición del mismo.</li></ul> <p>La prueba escrita final constará de varias cuestiones y ejercicios relacionados con los contenidos teóricos de la asignatura.</p>
Recomendaciones para la evaluación.
<ul style="list-style-type: none"><li>- Estudio y seguimiento de la materia desde el primer día de actividad docente.</li><li>- Asistencia y actitud participativa en las clases magistrales.</li><li>- Realización de las prácticas de laboratorio.</li><li>- Elaboración y presentación del trabajo propuesto.</li></ul>
Recomendaciones para la recuperación.
<p>Los criterios e instrumentos de evaluación son los mismos que en la primera convocatoria y el peso relativo de cada uno de ellos se mantiene.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- La prueba escrita tendrá las mismas características que la de la primera convocatoria.</li><li>- El trabajo podrá ser el mismo que el de la primera convocatoria u otro distinto.</li><li>- Se mantendrá la calificación correspondiente a las prácticas de laboratorio. Este apartado no es recuperable.</li></ul>

**NANOELECTRÓNICA Y APLICACIONES EN ALTA FRECUENCIA**

**1.- Datos de la Asignatura**

Código	304303	Plan	2012	ECTS	4.5
Carácter	Optativo	Curso	1.º	Periodicidad	2º Cuatrimestre
Área	Electrónica				
Departamento	Física Aplicada				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es">http://studium.usal.es</a>			

**Datos del profesorado**

Profesor Coordinador	Tomás González Sánchez	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electrónica		
Centro	Facultad de Ciencias.		
Despacho	T2103 (Trilingüe)		
Horario de tutorías	Lunes, Martes, Miércoles y Jueves de 17:00 a 18:30 h		
URL Web	<a href="http://web.usal.es/tomasg">http://web.usal.es/tomasg</a>		
E-mail	tomasg@usal.es	Teléfono	1304

Profesor	Yahya Moubarak Meziani	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electrónica		
Centro	Facultad de Ciencias.		
Despacho	T1322 (Trilingüe)		
Horario de tutorías	Martes y miércoles de 17 a 20 h		

URL Web			
E-mail	meziani@usal.es	Teléfono	1304

Profesor	Ignacio Íñiguez de la Torre Mulas	Grupo / s	
Departamento	Física Aplicada		
Área	Electrónica		
Centro	Facultad de Ciencias.		
Despacho	T2101 (Trilingüe)		
Horario de tutorías	Martes y viernes de 10 a 13 h		
URL Web			
E-mail	indy@usal.es	Teléfono	1304

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Es una materia que forma parte del módulo "Física y Tecnología de Materiales y Dispositivos Avanzados", que a su vez está compuesto por cinco asignaturas ("Materiales para la nanotecnología", "Electromagnetismo en materiales avanzados", "Física y aplicaciones de sensores", "Nanoelectrónica y aplicaciones en alta frecuencia y "Óptica avanzada").
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
Se trata de una asignatura optativa en la que se desarrollan los fundamentos de dispositivos electrónicos avanzados que operan a alta frecuencia (desde algunos GHz hasta THz) y las aplicaciones en las que se utilizan. Tiene un importante contenido práctico.
Perfil profesional.
Corresponde a un perfil profesional aplicado, orientado al campo de las nanotecnologías y las comunicaciones.

## 3.- Recomendaciones previas

Haber cursado previamente las asignaturas "Instrumentación avanzada" y "Materiales para la Nanotecnología"
--



#### 4.- Objetivos de la asignatura

- Manejar las diferentes familias de dispositivos electrónicos avanzados de dimensiones nanométricas.
- Identificar las limitaciones que imponen los procesos tecnológicos al funcionamiento de los dispositivos.
- Saber utilizar los circuitos equivalentes de los dispositivos en aplicaciones de alta frecuencia.
- Identificar los elementos que limitan la respuesta de los dispositivos a alta frecuencia y diseñar estrategias para su optimización.
- Distinguir las características particulares de la banda de THz y manejar los principios físicos de funcionamiento de las diferentes familias de dispositivos capaces de operar a tales frecuencias.

#### 5.- Contenidos

##### TEÓRICOS

##### 1. INTRODUCCIÓN

Interés y aplicaciones de las bandas de GHz y THz

Materiales semiconductores utilizados en dispositivos de alta frecuencia

Principales familias de dispositivos de alta frecuencia

Conceptos básicos sobre medidas a alta frecuencia

##### 2. DIODOS GENERADORES DE SEÑALES

Diodos de tiempo de tránsito: IMPATT, BARITT

Dispositivos de transferencia de electrones: diodo Gunn

Multiplicadores de frecuencia

Aplicaciones

##### 3. TRANSISTORES EN ALTA FRECUENCIA

Tecnología y comportamiento a alta frecuencia de transistores

Transistor bipolar de heterounión (HBT)

Transistor de efecto de campo metal óxido semiconductor (MOSFET)

Transistor de electrones de alta movilidad (HEMT)

Circuitos equivalentes. Aplicaciones

##### 4. GENERACIÓN Y DETECCIÓN DE THz

Antenas fotoconductoras para generación de THz

Láser de cascada cuántica (QCL)

Diodo túnel resonante (RTD)

Principios de detección de THz y aplicaciones

##### PRÁCTICOS

- Prácticas de laboratorio:

1. Caracterización DC de dispositivos en oblea

2. Analizador vectorial de redes: caracterización de dispositivos hasta 50 GHz
  3. Dispositivos para THz: QCL, detector piroeléctrico, antena fotoconductive
  4. Espectroscopía en THz
- Resolución de problemas referentes a los temas anteriores.
  - Elaboración y exposición de problemas y trabajos, supervisados por el profesor, ligados a los temas anteriores.

## 6.- Competencias a adquirir

### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

### Específicas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE4. Los estudiantes adquirirán conocimientos para plantear y realizar experimentos y medidas físicas de carácter avanzado.

CE5. Los estudiantes deberán identificar los cambios que se producen en las propiedades físicas de diversos materiales y estructuras fabricadas con ellos cuando sus dimensiones descienden a la escala nanométrica.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

Los estudiantes serán capaces de identificar los principios físicos de funcionamiento de los dispositivos electrónicos nanométricos y las particularidades que les permiten operar a frecuencias elevadas

Los estudiantes sabrán utilizar los circuitos equivalentes de los dispositivos para representar su funcionamiento en circuitos de alta frecuencia

## 7.- Metodologías docentes

### Clases magistrales de teoría

Se expondrá el contenido teórico de los temas en clases presenciales para transmitir a los estudiantes los conocimientos ligados a las competencias previstas.

### Resolución de problemas

Los conocimientos teóricos se aplicarán en clases prácticas de resolución de problemas. Se desarrollarán los conceptos clave por medio de problemas modelo. Asimismo se propondrán problemas adicionales para resolución individual de los estudiantes.

### Seminarios

En los seminarios se ilustrarán aspectos concretos de los temas, bien por medio de presentaciones y/o simulaciones de los dispositivos estudiados dirigidas por el profesor, bien mediante la presentación y discusión de artículos científicos (en forma de trabajos) por parte de los estudiantes.

### Clases prácticas (laboratorio)

Las clases prácticas se desarrollarán en laboratorios de investigación de dispositivos semiconductores de RF y de THz. Consistirán, por una parte, en el conocimiento y manejo de la instrumentación para caracterizar dispositivos a alta frecuencia y, por otra, en la realización de medidas DC y RF en dispositivos concretos (diodos y transistores) y experiencias de espectroscopía en THz. Se fomentará la interacción profesor/estudiante y el trabajo en equipo como forma de adquirir las competencias transversales inherentes al máster. Los estudiantes elaborarán informes acerca de los resultados obtenidos en las prácticas.

### Interacción online

Se realizará mediante la plataforma Studium de la USAL. Se utilizará para la planificación, el intercambio de documentos y la interacción habitual con los estudiantes para el desarrollo de las actividades previamente descritas.

## 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		18		18	36
Prácticas	- En aula	6		8	14
	- En el laboratorio	12		12.5	24.5
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		6		8	14
Exposiciones y debates					

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Tutorías				
Actividades de seguimiento online				
Preparación de trabajos			6	6
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	3		15	18
TOTAL	45		67.5	112.5

## 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno
<ul style="list-style-type: none"> <li>- S. M. Sze and K. K. Ng, <i>Physics of Semiconductor Devices</i>, Wiley Interscience (2007).</li> <li>- S. Prasad, H. Schumacher and A. Gopinath, <i>High-speed Electronics and Optoelectronics</i>, Cambridge University Press (2009)</li> <li>- W. Liu, <i>Fundamentals of III-V Devices</i>, Wiley Interscience (1999).</li> <li>- S. L. Dexheimer, <i>Terahertz Spectroscopy: Principles and Applications (Optical Science and Engineering)</i>, CRC Press (2008).</li> </ul>
Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- T. G. van de Roer, <i>Microwave Electronic Devices</i>, Chapman &amp; Hall (1994).</li> <li>- M. Shur, <i>GaAs Devices and Circuits</i>, Plenum Press (1987).</li> <li>- K. Sakai, <i>Terahertz Optoelectronics (Topics in Applied Physics)</i>, Springer (2005).</li> </ul> <p>Los estudiantes también manejarán artículos científicos.</p>

## 10.- Evaluación

Consideraciones Generales
El grado de adquisición de las competencias se valorará a través de los resultados de aprendizaje de carácter teórico y práctico obtenidos. Tal valoración se realizará mediante actividades de evaluación continua y una prueba escrita final.
Criterios de evaluación
Las actividades de evaluación continua supondrán el 70% de la nota total de la asignatura y la prueba escrita final el restante 30%. Para superar la asignatura será necesario alcanzar en la prueba escrita final al menos un 30% de la nota máxima de la misma.

#### Instrumentos de evaluación

##### Evaluación continua (70%):

- Resolución y discusión de ejercicios. Elaboración y defensa de trabajos (35%).
- Participación en las clases prácticas y elaboración de informes (35%).

##### Prueba escrita final (30%):

- Examen escrito de cuestiones teóricas.

#### Recomendaciones para la evaluación.

Para la adquisición de las competencias previstas en esta asignatura se recomienda la asistencia y participación activa en todas las actividades programadas.

#### Recomendaciones para la recuperación.

Se realizará una prueba escrita de recuperación que supondrá el 70% de la nota. El restante 30% corresponderá a la nota de la evaluación continua obtenida en los apartados de ejercicios/trabajos (15%) y prácticas (15%), que no será recuperable.

## ÓPTICA AVANZADA

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304301	Plan		ECTS	4.5
Carácter	Optativo	Curso	1.º	Periodicidad	1er semestre
Área	Óptica				
Departamento	Física Aplicada				
Plataforma Virtual	Plataforma:	<a href="https://moodle.usal.es/">https://moodle.usal.es/</a>			
	URL de Acceso:	<a href="https://moodle.usal.es/">https://moodle.usal.es/</a>			

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Luis Plaja Rustein	Grupo / s	Todos
Departamento	Física Aplicada		
Área	Óptica		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	Trilingüe T2310		
Horario de tutorías	Concertar previamente		
URL Web	<a href="http://optica.usal.es">optica.usal.es</a>		
E-mail	<a href="mailto:lplaja@usal.es">lplaja@usal.es</a>	Teléfono	923294678

Profesor	Íñigo Sola Larrañaga	Grupo / s	Todos
Departamento	Física Aplicada		
Área	Óptica		
Centro	Facultad de Ciencias.		
Despacho	Trilingüe T2312		
Horario de tutorías	Concertar previamente		

URL Web	optica.usal.es		
E-mail	ijsola@usal.es	Teléfono	923294678

Profesor	Enrique Conejero Jarque	Grupo / s	Todos
Departamento	Física Aplicada		
Área	Óptica		
Centro	Facultad de Ciencias.		
Despacho	Trilingüe T2309		
Horario de tutorías	Concertar previamente		
URL Web	optica.usal.es		
E-mail	enrikecj@usal.es	Teléfono	923294678

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Máster
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
Asignatura optativa, de especialización en aspectos actuales de la óptica
Perfil profesional.
Cualquier alumno de master de física. Licenciados/graduados en Física, Ingenierías y estudios afines.

## 3.- Recomendaciones previas

Se recomienda un buen nivel de inglés para entender referencias bibliográficas y partes de la asignatura impartidas en dicho idioma,.

#### 4.- Objetivos de la asignatura

Introducirse en temas de investigación y desarrollo actuales dentro del ámbito de la óptica, en especial de los láseres.  
Refinar los conceptos básicos sobre la óptica y láseres adquiridos en el grado.  
Desarrollar estrategias para la solución de problemas realistas, es decir, problemas que constituyen hoy en día desafíos en la investigación.  
Desarrollar una visión panorámica de algunas aplicaciones de la óptica avanzada.

#### 5.- Contenidos

##### Tema 1 El láser.

- Modelo semiclásico de la interacción láser-átomo.
- Radiación de átomos en colectividades: Ecuaciones del láser.
- Láseres: Dinámica, tipos y aplicaciones.

##### Tema 2 Óptica extrema

- Pulsos ultracortos.
- Técnica CPA y pulsos de alta intensidad.
- Aplicaciones de los pulsos ultracortos y ultraintensos.

##### Tema 3 Cuantificación del campo libre.

- Estrategia de cuantificación.
- Diversas formas del campo cuántico y sus propiedades.

##### Tema 4 Interacción del campo libre con materia.

- Modelo de Jaynes-Cummings
- Emisión espontánea
- Experimentos de la óptica cuántica.

#### 6.- Competencias a adquirir

##### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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.

CB10. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

Específicas.

CE2. Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE7. Los estudiantes deben estudiar y resolver tanto analítica como numéricamente ecuaciones en derivadas parciales que aparecen en diversos problemas físicos.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física

## 7.- Metodologías docentes

### *Clases magistrales*

El profesor expondrá el contenido teórico de los temas. Se proporcionará al alumno apuntes o las presentaciones para facilitar el seguimiento de las mismas.

### *Clases de problemas*

En ellas se resolverán cuestiones prácticas relativas a la teoría de las clases magistrales. Ayudan a fijar conceptos y permiten aprender estrategias para la solución de problemas en física.

### *Seminarios*

Permiten resolver dudas y fomentar la discusión entre los alumnos.

## 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales	22		40	62

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Prácticas	- En aula	5		10	15
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		5		10	15
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online				5	5
Preparación de trabajos				5	5
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		2		8.5	10.5
TOTAL		34		78.5	112.5

## 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno
<p>S. Hooker, C. Webb, "Laser Physics", Oxford University Press (2010)  A. E. Siegman. "Lasers", University Science Books (1986)  O. Svelto, "Principles of Lasers", Springer (2010)  C. Ruillère , "Femtosecond laser pulses", Springer 2005  M. O. Scully, M. S. Zubairy "Quantum Optics" Cambridge, 1997  C. Gerry, P. Knight "Introductory Quantum Optics", Cambridge 2005</p>
Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

## 10.- Evaluación

### Consideraciones Generales

La evaluación de las competencias de esta materia se hará teniendo en cuenta el trabajo del alumno durante el curso, los resultados de trabajos y evaluaciones continuadas.

### Criterios de evaluación

### Instrumentos de evaluación

Evaluación continua:

Resolución de problemas y desarrollos de algunas cuestiones, previamente planteadas por el profesor.

Presentación de trabajos:

Al finalizar el curso y en el periodo previsto en el calendario académico se realizará una presentación de trabajos.

### Recomendaciones para la evaluación.

Se recomienda la asistencia a clase y la participación activa en clases y seminarios.

### Recomendaciones para la recuperación.

Se realizará una prueba oral.

## MÓDULO IV: FÍSICA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y DISPOSITIVOS AVANZADOS

## CAMBIO CLIMÁTICO

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304304	Plan		ECTS	4.5
Carácter	Optativa	Curso	2013-14	Periodicidad	Semestral S1
Área	Física de la Tierra				
Departamento	Física General y de la Atmósfera				
Plataforma Virtual	Plataforma:	STUDIUM			
	URL de Acceso:				

## Datos del profesorado

Profesor Coordinador	Concepción Rodríguez Puebla	Grupo / s	
Departamento	Física General y de la Atmósfera		
Área	Física de la Tierra		
Centro	Facultad de Ciencias (Sección de Físicas)		
Despacho	23, Edificio Trilingüe (Facultad de Ciencias)		
Horario de tutorías	Jueves de 17:00 a 18:00		
URL Web			
E-mail	concha@usal.es	Teléfono	923294500 (1320)

Profesor	M <sup>a</sup> del Rosario Fidalgo Martínez	Grupo / s	
Departamento	Física General y de la Atmósfera		
Área	Física de la Tierra		
Centro	Facultad de Ciencias (Sección de Físicas)		
Despacho	22, Edificio Trilingüe (Facultad de Ciencias)		
Horario de tutorías	Jueves de 17:00 a 18:00		
URL Web			
E-mail	mrf@usal.es	Teléfono	923294500 (1326)

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
Física aplicada al medio ambiente y sostenibilidad.
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
El objetivo de esta asignatura es proporcionar conocimientos sobre las variaciones y cambios observados en el sistema climático. Centrado en los procesos físicos que caracterizan el sistema atmosférico y en la influencia del hombre en el cambio del clima.
Perfil profesional.
Esta materia es de enorme importancia para la ciencia del clima, así como por los impactos que la variabilidad y el cambio del clima causan en la sociedad. Por ello, es básica para áreas que van desde la investigación hasta la actividad empresarial, que requieren profesionales con formación y conocimientos sobre los impactos de las actividades del hombre en el medio ambiente.

### 3.- Recomendaciones previas

Se recomienda conocimiento previo de:  
Formación avanzada en Física.  
Nivel de Inglés científico.  
Lenguajes de programación y métodos para el análisis de datos.  
Conocimientos básicos del clima y ciencia atmosférica.

### 4.- Objetivos de la asignatura

Capacitar al estudiante para, que comprenda los procesos energéticos que tienen lugar en la atmósfera, los aspectos más importantes en el campo de la vigilancia y control de la calidad del aire, así como las metodologías para el análisis de la variabilidad y cambio climático.

### 5.- Contenidos

#### Módulo teórico.-

- 1.- Causas de variaciones de balances de radiación en la Tierra. Efectos en procesos energéticos y en el ciclo del agua. Modelos Climáticos. Escenarios de emisiones y proyecciones climáticas.
- 2.- Contaminación de la atmósfera. Fuentes, reactividad química, efectos y control de los contaminantes atmosféricos. Meteorología y contaminación. La Teledetección en el seguimiento de problemas ambientales.

#### Módulo práctico.-

Análisis de la variabilidad espacio-temporal de series térmicas, hídricas, circulación atmosférica y teleconexiones climáticas.

### 6.- Competencias a adquirir

Básicas/Generales.

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.

CB8. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

#### Específicas.

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

### 7.- Metodologías docentes

Clases magistrales. Prácticas en el aula de informática. Seminarios con exposiciones y debates. Evaluación continua.

### 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		21		33	54
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática	12		12	24
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		6		10	16
Exposiciones y debates					
Tutorías		3			3
Actividades de seguimiento online					



	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Preparación de trabajos			8	8
Otros (detallar)				
Evaluaciones	3		4,5	7.5
TOTAL	45		67,5	112.5

## 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno
<p>Barry, R.G. and A.M. Carleton: Synoptic and Dynamic Climatology. Routledge, 2001, ISBN 0-415-03115-8.</p> <p>Kondratiev, K.Y. <i>Radiation in the Atmosphere</i>. AC, Press, London, 1969.</p> <p>Seinfeld, J.H.; Pandis Spyros N., (2006) "Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change", Wiley-Interscience, 2ª ed.</p> <p>Washington, W.M. and C.L. Parkinson: An Introduction to three-dimensional climate modeling. University Science Books, Sausalito, California. ISBN: 1-891389-35-1.</p>
Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.
<p><a href="http://www.ipcc.ch/">http://www.ipcc.ch/</a> (Intergovernmental Panel on Climate Change).</p> <p>Liou, K.N. <i>An Introduction to Atmospheric Radiation</i>. Academic Press, 2ª Edit.,2002.</p> <p>Orozco, C; Pérez, A.; González, M.N.; Rodríguez, F.J. y Alfayate, J.M. (2002) "Contaminación ambiental: una visión desde la Química". Ed. Thomson- Paraninfo. Madrid.</p>

## 10.- Evaluación

Consideraciones Generales
<p>La evaluación de los alumnos se realizará fundamentalmente continua, considerando todas las actividades y trabajos desarrollados a lo largo del curso. No obstante, se podrá, si las circunstancias lo requieren, establecer alguna prueba final.</p>

Criterios de evaluación
En la evaluación se asignará: un peso del 60% a las tareas, participación y actividades que se planteen; un 40% al trabajo final.
Instrumentos de evaluación
Se considerarán las tareas que se planteen a lo largo del curso, tanto teóricas como prácticas, los trabajos a desarrollar y las exposiciones orales. Así como otras actividades que los profesores consideren de interés para conseguir los objetivos y competencias previstas.
Recomendaciones para la evaluación.
Para conseguir las competencias previstas en esta materia, se recomienda asistencia y participación activa de los alumnos en todas y cada una de las actividades programadas.
Recomendaciones para la recuperación.
Se realizará, en su caso, una prueba escrita, que servirá para recuperar la asignatura y se tendrá en cuenta posibles actividades realizadas por el estudiante a lo largo del curso.

DINÁMICA ATMOSFÉRICA Y PREDICCIÓN METEOROLÓGICA

1.- Datos de la Asignatura

Código	304305	Plan		ECTS	4.5
Carácter	Optativo	Curso	2.º	Periodicidad	
Área	Física de la Tierra				
Departamento	Física General y de la Atmósfera				
Plataforma Virtual	Plataforma:	STUDIUM			
	URL de Acceso:				

Datos del profesorado

Profesores Coordinadores	Fernando de Pablo Dávila Luis Rivas Soriano Eulogio García Díez	Grupo / s	
Departamento	Física General y de la Atmósfera		
Área	Física de la Tierra y Tecnología del Medioambiente		
Centro	Fac. de Ciencias		
Despacho	1320 y 1318 (Ed. Trilingüe)		
Horario de tutorías	A fijar por los alumnos y los profesores		
URL Web			
E-mail	fpd123@usal.es ljrs@usal.es elga@usal.es	Teléfono	923294438 ext. 1321, 1318

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia

Esta asignatura se encuadra dentro de las dos que constituyen una introducción a la Física de la Atmósfera y los conocimientos y competencias adquiridos en la misma han de resultar provechosos para afrontar otras muchas asignaturas incluidas en este Master

Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.

La Física de la Atmósfera en su conjunto y esta asignatura en particular, proporcionan al alumno del Master un conocimiento de las herramientas operativas que hoy en día se utilizan para la interpretación de los modelos numéricos empleados en la predicción operativa.

Perfil profesional.

Licenciados y Graduados en carreras de ámbito científico.

## 3.- Recomendaciones previas

Conocimientos de tratamiento estadístico de datos y resolución de ecuaciones de la Física, correspondientes al currículo de las carreras científicas.

## 4.- Objetivos de la asignatura

El objetivo fundamental de esta asignatura es capacitar al alumno para que comprenda los aspectos más importantes de la Física atmosférica, así como aspectos relacionados con la Predicción Numérica del Tiempo Atmosférico (conceptos básicos, teoremas de conservación, aplicaciones, etc.), a través de los contenidos propios de la asignatura.

Además, se pretende motivar al alumno en su interés por el conocimiento de los fundamentos de las leyes que rigen los modelos operativos y así, unir la realidad que le rodea al desarrollo tecnológico, por medio de ejemplos y aplicaciones de interés.

## 5.- Contenidos

- Escalas y ecuaciones del sistema atmosférico.
- Análisis de escala: ecuaciones baroclinas en latitudes medias
- Teoría cuasigeostrófica y ondas baroclinas.

- Predicción numérica del tiempo. Modelos no hidrostáticos.
- Modelos estadísticos.
- Predicción inmediata de corto y largo plazo. Predictibilidad. Control y validez de la predicción.

## 6.- Competencias a adquirir

### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

### Específicas.

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE2. Los estudiantes deberán identificar y aplicar los métodos que permitan la descripción de sistemas de muchas partículas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

## 7.- Metodologías docentes

Esta asignatura se desarrolla coordinadamente con el resto de las del módulo formativo, siguiendo las pautas metodológicas establecidas en la Facultad; se estructura en las siguientes actividades:

1.- Clases teóricas: 3 horas/semana

2.- Seminarios, clases de problemas y tutorías: 1-2 hora/semana

El profesor propondrá la resolución de cuestiones y problemas, siempre tutelados, sobre aspectos teóricos o prácticos; dichos trabajos se plantearán con carácter individual o en equipo.

3.- Clases prácticas (Meteosat y aula de informática): 2 horas/semanas específicas.

En estas prácticas, los alumnos han de adquirir destrezas en el manejo de instrumentación científica para la resolución de problemas prácticos, en la obtención de datos experimentales, en la aplicación de los conocimientos adquiridos, en el análisis de la información obtenida, en la elaboración y presentación de informes y conclusiones sobre el trabajo realizado, desarrollando, además, el espíritu crítico y autocrítico.

#### 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES	
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.			
Sesiones magistrales	20		30	50	
Prácticas	- En aula				
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática	12		18	30
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios	10		15	25	
Exposiciones y debates					
Tutorías	3		4,5	7,5	
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes					
TOTAL	45		67,5	112,5	

#### 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno

Se recomendarán en su momento, según las necesidades.

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

Se recomendarán en su momento, según las necesidades.

## 10.- Evaluación

### Consideraciones Generales

La evaluación en esta asignatura se basa en una evaluación continua, en la que se considerarán todas las actividades desarrolladas a lo largo del semestre en las clases de teoría, seminarios, tutorías y clases prácticas de laboratorio.

### Criterios de evaluación

Desarrollando las disposiciones adoptadas con carácter general para esta titulación de Master, el peso de cada parte de la evaluación en la calificación final de esta asignatura se atenderá a lo siguiente:

- a) La evaluación continua, en la que se considerarán todas las actividades desarrolladas a lo largo del semestre, representará entre un 80% -100% de la calificación final del alumno, correspondiendo la mitad a la valoración continua de las actividades abordadas en seminarios y tutorías y la otra mitad a la de valoración de las clases prácticas de laboratorio.
- b) Si fuera necesario por las diferentes circunstancias que pudieran presentarse y no se pudiera efectuar la valoración indicada en el apdo. anterior, se planteará una prueba final de evaluación por escrito, a la que le corresponderá el 100% de la calificación final del alumno.

### Instrumentos de evaluación

Caso de evaluación continua: Para esta evaluación se tendrán en cuenta los ejercicios y problemas que se planteen a lo largo del curso, las tareas a desarrollar, los controles periódicos y cuantas otras pruebas se planteen. Para la evaluación de las prácticas de laboratorio, se tendrá en cuenta la actitud y el trabajo del alumno en el laboratorio y los informes de las prácticas.  
Caso de evaluación final: Constará básicamente de cuestiones relativas a conocimientos teóricos y problemas a resolver

### Recomendaciones para la evaluación.

La recomendación básica y fundamental para que el alumno pueda afrontar con posibilidades de éxito la superación de esta asignatura, se centra en el trabajo constante, en la dedicación continuada a la realización de las tareas planteadas en las diferentes actividades que componen el conjunto de herramientas puestas a su disposición para la adquisición de las competencias previstas en la asignatura

#### Recomendaciones para la recuperación.

Aquellos alumnos que no superen la asignatura a lo largo del semestre correspondiente, tendrán una segunda oportunidad en el mismo curso, en la que podrán mejorar su calificación en aquellos aspectos de la evaluación en los que hayan obtenido una valoración insuficiente.

Los alumnos que no consigan superar la asignatura dentro del curso académico, deberán mejorar los aspectos que les impidieron superarla; y para conocer cuáles son esos aspectos, habrán de ponerse en comunicación con los profesores al inicio del curso académico.



OPTIMIZACIÓN TERMODINÁMICA Y SOSTENIBILIDAD

1.- Datos de la Asignatura

Código	304306	Plan	2013	ECTS	4,5
Carácter	Optativo	Curso	1.º	Periodicidad	Semestral
Área	Física Aplicada				
Departamento	Física Aplicada				
Plataforma Virtual	Plataforma:	Studium			
	URL de Acceso:	<a href="http://studium.usal.es">http://studium.usal.es</a>			

Datos del profesorado

Profesor Coordinador	José Miguel Mateos Roco	Grupo / s	Todos
Departamento	Física Aplicada		
Área	Física Aplicada		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	Edificio Trilingüe. Planta 2ª. T3319		
Horario de tutorías	Martes y Miércoles de 9:30 a 11 h.		
URL Web			
E-mail	roco@usal.es	Teléfono	923294436 Ext.: 1311

Profesor	Antonio Calvo Hernández	Grupo / s	Todos
Departamento	Física Aplicada		
Área	Física Aplicada		
Centro	Facultad de Ciencias.		
Despacho	Edificio Trilingüe. Planta 2ª. T3313		
Horario de tutorías	Martes y Miércoles de 9:30 a 11 h.		

URL Web			
E-mail	anca@usal.es	Teléfono	923294436 Ext.: 1311
Profesor	Alejandro Medina Domínguez	Grupo / s	Todos
Departamento	Física Aplicada		
Área	Física Aplicada		
Centro	Facultad de Ciencias		
Despacho	Edificio Trilingüe. Planta 2ª. T3313		
Horario de tutorías	Martes y Miércoles de 9:30 a 11 h.		
URL Web			
E-mail	amd385@usal.es	Teléfono	923294436 Ext.: 1311

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia
La asignatura pertenece al módulo "Física Aplicada al medio ambiente y sostenibilidad"
Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.
La asignatura aborda desde un punto de vista termodinámico el estudio del problema de la conversión energética con la finalidad de establecer regímenes de funcionamiento sostenibles para diferentes convertidores energéticos.
Perfil profesional.
La asignatura contribuye tanto en la formación de un estudiante encaminado hacia una futura labor docente e investigadora, como en la formación de un profesional adaptado a las necesidades de una sociedad preocupada por el medio ambiente y el desarrollo sostenible

## 3.- Recomendaciones previas

Esta asignatura amplía y complementa a la asignatura «Física de convertidores energéticos» del Grado en Física. Por tanto, aunque no es estrictamente necesario haber cursado dicha asignatura, es recomendable haberlo hecho. En cualquier caso, para cursar esta asignatura es necesario tener conocimientos de Termodinámica.

#### 4.- Objetivos de la asignatura

Aplicar las bases termodinámicas del funcionamiento de los convertidores energéticos.  
Aplicar sus conocimientos de Termodinámica para determinar los regímenes de funcionamiento sostenible de varios tipos de convertidores energéticos.

#### 5.- Contenidos

Optimización termodinámica: regímenes óptimos y criterios sostenibles.

- Ciclos irreversibles tipo Carnot
- Conversión fototérmica
- Motores de combustión interna: simulación y optimización
- Plantas de cogeneración

#### 6.- Competencias a adquirir

##### Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

##### Específicas.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

## 7.- Metodologías docentes

Clases de teoría y problemas: mediante las cuales el profesor, o bien desarrollará aspectos teóricos relevantes o especialmente complejos de la materia, o bien presentará y resolverá problemas y/o ejemplos para la mejor comprensión de la materia.

Seminarios: podrán tener tanto carácter teórico como práctico y en los mismos se plantearán problemas o supuestos prácticos que serán trabajados y resueltos con la participación de los estudiantes, exposiciones y debates de los trabajos realizados previamente por los estudiantes en grupo o individualmente.

Actividades de evaluación: mediante las cuales se evaluará La consecución de los objetivos y la adquisición de las competencias por parte de los estudiantes.

## 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

		Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
		Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales		15	30		45
Prácticas	- En aula	5	15		20
	- En el laboratorio				
	- En aula de informática				
	- De campo				
	- De visualización (visu)				
Seminarios		10	20		30
Exposiciones y debates					
Tutorías					
Actividades de seguimiento online					
Preparación de trabajos					
Otras actividades (detallar)					
Exámenes		3,75	13,75		17,5
TOTAL		33,75	78,75		112,5

## 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bejan, A. "Advanced Engineering Thermodynamics". <i>Wiley</i>, 2006</li> <li>- de Vos, A. "Thermodynamics of Solar Energy Conversion". <i>Wiley</i>, 2008</li> <li>- Horlock, J. "Advanced Gas Turbine Cycles". <i>Pergamon</i>, 2003</li> <li>- Heywood, J. "Internal Combustion Engine Fundamentals". <i>McGraw-Hill</i>, 1988</li> </ul>
Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

## 10.- Evaluación

Consideraciones Generales												
La evaluación de la asignatura contempla tanto el trabajo diario del estudiante, verificado mediante una evaluación continua, como el aprovechamiento global de la asignatura, que será analizado mediante una prueba final.												
Criterios de evaluación												
Para superar la asignatura el estudiante debe obtener una nota mínima de 5 sobre 10. Los pesos relativos de cada uno de los elementos de evaluación son los siguientes:												
<table border="0"> <thead> <tr> <th>Instrumento</th> <th>Peso mín.</th> <th>Peso máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Participación en actividades presenciales</td> <td>15</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Presentación de trabajos</td> <td>30</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Prueba final</td> <td>30</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	Instrumento	Peso mín.	Peso máx.	Participación en actividades presenciales	15	40	Presentación de trabajos	30	60	Prueba final	30	60
Instrumento	Peso mín.	Peso máx.										
Participación en actividades presenciales	15	40										
Presentación de trabajos	30	60										
Prueba final	30	60										
Instrumentos de evaluación												
Participación en actividades presenciales: No se valorará la mera asistencia a las clases, sino que se requerirá la participación activa en ellas.												
Presentación de trabajos: Los estudiantes realizarán uno o más trabajos que serán expuestos ante todo el grupo durante el curso.												
Prueba final: Se realizará en las fechas determinadas en la planificación docente del Máster												

#### Recomendaciones para la evaluación.

Se recomienda la asistencia y participación activa en las clases. También se recomienda llevar la asignatura al día y utilizar las tutorías siempre que sea necesario.

#### Recomendaciones para la recuperación.

Sólo es recuperable la parte de la calificación correspondiente al prueba final, manteniéndose la nota de la evaluación continua (participación y trabajos).

## MÓDULO V: TRABAJO FIN DE MÁSTER

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

## 1.- Datos de la Asignatura

Código	304307	Plan	2013	ECTS	15
Carácter	Trabajo Fin de Máster	Curso	1.º	Periodicidad	Cuatrimestral
Área	Electromagnetismo; Electrónica; Física Aplicada, Física Atómica, Molecular y Nuclear; Física de la Materia Condensada; Física de la Tierra; Física Teórica; Óptica; Tecnología del Medio Ambiente				
Departamento	Depto. Física Aplicada, Depto. Física Fundamental, Depto. Física General y de la Atmósfera				
Plataforma Virtual	Plataforma:	studium.usal.es			
	URL de Acceso:				

## Datos del profesorado

Cada trabajo fin de máster tendrá un tutor asignado entre los profesores del Máster

## 2.- Sentido de la materia en el plan de estudios

Bloque formativo al que pertenece la materia

Trabajo Fin de Máster

Papel de la asignatura dentro del Bloque formativo y del Plan de Estudios.

Esta asignatura permite completar las competencias previstas para el estudiante del Máster, al tiempo que adquirir el máximo grado de especialización posible de cara a su iniciación como investigador.

Perfil profesional.

A través de esta asignatura el estudiante adquiere una formación avanzada y especializada que facilita su acceso a los Programas de Doctorado en Física.

### 3.- Recomendaciones previas

Para la presentación y defensa del TFM se requerirá que el estudiante haya superado el resto de asignaturas del plan de estudios.

### 4.- Objetivos de la asignatura

A través de esta asignatura el estudiante aprenderá a desarrollar, presentar y defender de una manera adecuada ante una audiencia científica un trabajo relacionado con los contenidos del Máster Universitario en Física.

### 5.- Contenidos

De acuerdo con el Reglamento de Trabajos Fin de Grado y Máster de la Universidad de Salamanca (Aprobado por el Consejo de Gobierno de la Universidad en su sesión de 27 de julio de 2010), el contenido de cada TFG o TFM podrá corresponder a uno de los siguientes tipos:

- 1) Trabajos experimentales o teóricos relacionados con la titulación y ofertados por los docentes que participan en el Máster Universitario, que podrán desarrollarse en los laboratorios de los departamentos implicados en la docencia del Máster.
- 2) Trabajos de revisión e investigación bibliográfica centrados en diferentes campos relacionados con la titulación.

Los TFG/TFM podrán adaptarse a dos modalidades:

- 1) Generales, si son propuestos para que a la vez puedan ser realizados autónomamente por un número no determinado de estudiantes.
- 2) Específicos, cuando se ofertan para que los realice un único estudiante.

### 6.- Competencias a adquirir

Básicas/Generales.

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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes serán 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. Los estudiantes sabrán 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. Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1. Los estudiantes serán capaces de obtener y analizar información adquirida a través de fuentes especializadas en diferentes campos de investigación.

### Específicas

CE1. Los estudiantes deberán saber aplicar métodos destinados a interpretar y relacionar características de datos procedentes de la observación de fenómenos físicos, de los experimentos o de la teoría.

CE3. Los estudiantes profundizarán sus conocimientos en diferentes campos de la Física, entrando en contacto con problemas que son actualmente objeto de investigación.

CE8. Los estudiantes deberán ser capaces de adentrarse en nuevos campos de la Física de modo independiente a través de la lectura de artículos científicos y de otras fuentes de aprendizaje.

CE9. Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos y las técnicas aprendidas para resolver problemas complejos en algunas de las áreas de la Física, en contextos académicos o profesionales.

CE10. Los estudiantes deberán conocer y saber integrar las diferentes fases de la investigación científica en el ámbito de la Física: utilizar fuentes especializadas de información, plantear y realizar experimentos, formular hipótesis, proponer y desarrollar modelos, e interpretar resultados tanto procedentes de cálculos teóricos, como de medidas experimentales.

## 7.- Metodologías docentes

Trabajo tutelado por un profesor del Máster

## 8.- Previsión de distribución de las metodologías docentes

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Sesiones magistrales				
Prácticas	- En aula			
	- En el laboratorio			
	- En aula de informática			
	- De campo			
	- De visualización (visu)			

	Horas dirigidas por el profesor		Horas de trabajo autónomo	HORAS TOTALES
	Horas presenciales.	Horas no presenciales.		
Seminarios				
Exposiciones y debates				
Tutorías	30		309	339
Actividades de seguimiento online				
Preparación de trabajos				
Otras actividades (detallar)				
Exámenes	1		35	36
TOTAL	31		344	375

### 9.- Recursos

Libros de consulta para el alumno

El tutor asignado a cada estudiante será el encargado de informarle de la bibliografía necesaria para la realización del trabajo fin de grado

Otras referencias bibliográficas, electrónicas o cualquier otro tipo de recurso.

### 10.- Evaluación

Consideraciones Generales

Para superar esa asignatura el estudiante deberá presentar, exponer oralmente y defender una memoria sobre el trabajo realizado

Criterios de evaluación

Se evaluará la presentación, la exposición oral y la defensa de la memoria sobre el trabajo realizado

Instrumentos de evaluación

Presentación de la memoria: supondrá entre 40 y 70% de la nota de la asignatura  
 Exposición oral de la memoria: supondrá entre 15 y 40% de la nota de la asignatura  
 Defensa de la memoria: supondrá entre 20 y 50% de la nota de la asignatura

Recomendaciones para la evaluación.
Recomendaciones para la recuperación.

