



**Programa Oficial de  
Posgrado en Física Teórica  
por la  
Universidad Autónoma de Madrid**

Aprobado en Consejo Gob. UAM 11 Nov. 2005

Coordinadora: María José Herrero Solans  
Departamento de Física Teórica, C-XI  
Universidad Autónoma de Madrid  
Cantoblanco, 28049-Madrid  
Tel:914973913,Fax:914973936  
email:maria.herrero@uam.es



# Índice general

<b>1. Presentación y antecedentes</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen del programa de posgrado</b>	<b>5</b>
2.1. Características generales . . . . .	6
2.2. Ficha resumen del Programa de Posgrado . . . . .	8
2.3. Ficha resumen del Título de Máster . . . . .	9
2.4. Ficha resumen del Título de Doctor . . . . .	11
<b>3. Memoria explicativa del programa de posgrado</b>	<b>13</b>
3.1. Datos generales . . . . .	14
3.1.1. Objetivos . . . . .	14
3.1.2. Previsión de la demanda académica . . . . .	14
3.1.3. Contexto institucional . . . . .	14
3.1.4. Instituciones que participan . . . . .	15
3.2. Estructura de los Títulos integrados en el programa . . . . .	15
3.2.1. Título de Máster en Física Teórica . . . . .	15
3.2.2. Fichas ECTS de las asignaturas del Máster . . . . .	19
3.2.3. Título de Doctor por la UAM . . . . .	39
3.2.4. Líneas de Investigación . . . . .	40
3.3. Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa . . . . .	41
3.4. Selección y admisión de estudiantes en el programa . . . . .	41
3.5. Evaluación . . . . .	42
3.5.1. Evaluación de los estudiantes . . . . .	42
3.5.2. Evaluación del profesorado . . . . .	43
3.5.3. Evaluación de la calidad del Programa de Posgrado . . . . .	43

---

3.6.	Recursos humanos del programa . . . . .	43
3.6.1.	Personal docente e investigador que participa en el programa .	43
3.6.2.	Personal de administración y servicios . . . . .	45
3.7.	Recursos materiales . . . . .	45
3.8.	Viabilidad económica y financiación del programa . . . . .	45
3.8.1.	Antecedentes económicos y consideraciones generales . . . . .	45
3.8.2.	Tasas académicas . . . . .	47
3.8.3.	Infraestructura . . . . .	48
3.8.4.	Otros gastos . . . . .	48
3.8.5.	Consideraciones finales . . . . .	48
<b>4.</b>	<b>Anexos</b>	<b>51</b>
4.1.	Anexo I: Resúmenes de las materias componentes del Máster en Física Teórica . . . . .	51
4.1.1.	Teoría cuántica de campos I (M1-S1-OB) . . . . .	51
4.1.2.	Gravitación (M1-S1-OB) . . . . .	51
4.1.3.	Estructura Nuclear (M1-S1-OB) . . . . .	52
4.1.4.	Complementos de Matemáticas (M1-S1-OB) . . . . .	53
4.1.5.	Teoría cuántica de campos II (M1-S2-OB) . . . . .	53
4.1.6.	Cosmología (M1-S2-OB) . . . . .	54
4.1.7.	Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I (M1-S2-OB) . . . . .	54
4.1.8.	Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales II (M2-S1-OB) . . . . .	54
4.1.9.	Física Experimental de Altas Energías (M2-S1-OB) . . . . .	55
4.1.10.	Teoría cuántica de campos III (M2-S2-OP) . . . . .	55
4.1.11.	Física computacional (M2-S2-OP) . . . . .	56
4.1.12.	Introducción a Teorías de Campos en el Retículo (M2-S2-OP) . . . . .	56
4.1.13.	Introducción a la Teoría de Cuerdas (M2-S2-OP) . . . . .	57
4.1.14.	Introducción a Supersimetría (M2-S2-OP) . . . . .	57
4.1.15.	Física más allá del Modelo Estándar (M2-S2-OP) . . . . .	58
4.1.16.	Cosmología Avanzada (M2-S2-OP) . . . . .	58
4.1.17.	Seminarios de Física Teórica (M1-S2-OB) . . . . .	59

4.1.18. Iniciación a la Investigación (M2,S1+S2,OP) . . . . .	59
4.1.19. Tesis de Máster (M2,S2,OB) . . . . .	59
4.2. Anexo II: Esquema Resumen del Plan de Estudios del Título de Máster en Física Teórica . . . . .	60



# Capítulo 1

## Presentación y antecedentes

El presente documento es la propuesta de Programa Oficial de Posgrado en Física Teórica, que ha realizado la comisión delegada por el Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), para su aprobación por los órganos de gobierno pertinentes de dicha universidad y de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Esta iniciativa nace como respuesta a la reforma de la estructura de las enseñanzas universitarias publicada en los Reales Decretos 55/2005 [1] y 56/2005[2] de 21 de Enero de 2005, en los que se establece la regulación de los estudios universitarios de Grado y de Posgrado y agiliza la puesta en marcha del proceso de armonización del sistema universitario español al Espacio Europeo de Educación Superior. En este sentido, y asumiendo la responsabilidad que el gobierno de la universidad delega en sus departamentos, la presente propuesta tiene como objetivo integrar el profundo cambio estructural que supone el establecimiento de nuevos títulos oficiales de Posgrado y al mismo tiempo mantener la máxima calidad, ofertando una programación académica ambiciosa que de respuesta a los continuos cambios y demanda social y que sea atractiva a los mejores estudiantes, tanto españoles, como europeos y de otros lugares del mundo.

En la elaboración de este documento se han seguido muy de cerca las directrices establecidas por la UAM en la 'Normativa de Estudios Oficiales de Posgrado' [3], aprobada en Consejo de Gobierno de 22 de Abril de 2005, y se han incorporado asimismo muchos de los elementos de los actualmente vigentes Programas de Tercer Ciclo y Programa de Doctorado de Física Teórica de la UAM. Dicho programa ha sido evaluado en numerosas ocasiones tanto por la propia universidad como por el Ministerio de Educación y Ciencia, y ha sido calificado como programa de referencia dentro de la Física Teórica española, atrayendo a numerosos estudiantes, tanto de Madrid como de otras universidades españolas y extranjeras. La presidencia de la comisión de doctorado de la UAM le ha asignado la máxima calificación y ha resaltado la relevancia de este programa a nivel nacional, siendo el lugar de formación de muchos jóvenes investigadores de altísimo nivel, algunos de los cuales son actualmente profesores de universidades españolas e investigadores en centros nacionales, con un excelente prestigio internacional.

El programa de doctorado de Física Teórica [4], en el cual está fundamentado la presente propuesta, ha obtenido asimismo la más prestigiosa mención a nivel nacional, la llamada 'Mención de Calidad', que le fue otorgada, en su primera convocatoria, en el curso académico 2003-2004, y ha sido renovada en sus convocatorias posteriores de los cursos 2004-2005 y el actual 2005-2006. La Mención de Calidad es un reconocimiento a la solvencia científica y formadora de los estudios de doctorado que se imparten en dicho programa, ha facultado asimismo la concesión por parte del Ministerio de ayudas económicas de movilidad de estudiantes y profesores, y ha facilitado la obtención de becas FPU y FPI para la realización de tesis doctorales. Como dato significativo de la demanda actual de los estudios de doctorado en Física Teórica ofertados por la UAM, cabe mencionar que en el curso recién concluido



2004-2005 se matricularon un total de 45 estudiantes, de los cuales un 45 % provienen de otras universidades. Es también significativo el número de estudiantes que han obtenido el DEA (Título/Diploma de Estudios Avanzados) y están realizando su tesis en el departamento, dentro del programa de Física Teórica que actualmente es de 20, de los cuales 15 tienen concedida una beca FPU/FPI. Teniendo en cuenta que recientemente le ha sido renovada otra vez la mención de calidad, es previsible que para los próximos cursos la demanda de estudiantes se mantenga.

La comisión delegada del Departamento de Física Teórica que ha elaborado esta propuesta esta integrada por miembros de dicho departamento, entre los que se incluyen al director del departamento y un representante de los estudiantes de tercer ciclo, miembros del Instituto de Física Teórica, IFT, siendo éste un instituto mixto UAM/CSIC, y está presidida por la coordinadora del programa de doctorado. La participación de miembros del IFT en esta comisión refleja la clara implicación de dicho instituto, no solo en el vigente programa de doctorado de Física Teórica, sino que también apunta a la fuerte apuesta conjunta con el departamento de Física Teórica de los nuevos títulos oficiales de posgrado, tanto el de Máster como el de Doctor, que se recogen en la presente propuesta. Para mayor información sobre el Departamento de Física Teórica y el Instituto de Física Teórica se recomienda visitar las páginas web respectivas, [www.ft.uam.es](http://www.ft.uam.es) y [gesalerico.ft.uam.es](http://gesalerico.ft.uam.es).



## Capítulo 2

### Resumen del programa de posgrado

## 2.1. Características generales

El programa de posgrado en Física Teórica que aquí se propone se enmarca dentro del amplio campo científico denominado genéricamente de las Ciencias Experimentales, y está concebido como un programa de tipo único, es decir, con una única universidad implicada, en este caso la Universidad Autónoma de Madrid. El Departamento responsable es el Departamento de Física Teórica y la institución universitaria participante es el Instituto de Física Teórica, que es un instituto mixto UAM/CSIC. Ambas instituciones son hoy en día referentes indiscutibles de excelencia, tanto a nivel nacional como internacional, en su labor formadora de estudiantes de doctorado y en su labor investigadora en el campo de la Física Teórica.

Por área de Física Teórica aquí se refiere a un conjunto amplio de disciplinas que están claramente relacionadas con el ámbito de la Física Fundamental de Altas Energías, y tienen como base común el conocimiento de la naturaleza en su nivel más fundamental, tanto en lo referente a la estructura de la materia como en sus formas de interacción. Entre otras disciplinas, éste área incluye: Teoría Cuántica de Campos y Cuerdas, Física Teórica de Partículas, Física Nuclear, Teoría de la Gravitación, Cosmología, Astrofísica de Altas Energías (llamada también Física de Astropartículas), Física Experimental de Altas Energías, Física Teórica de la Materia Condensada, Física Computacional, Fundamentos de la Mecánica Cuántica y otras. Estas disciplinas y otras más especializadas son la base de las líneas de investigación en las que actualmente se desarrollan los trabajos de investigación de los profesores e investigadores participantes y que, como veremos, son el elemento inspirador fundamental de éste programa.

Los estudiantes a los que va dirigido éste programa son estudiantes en posesión de un título español de Grado o Licenciatura de Física, un 'Bachelor' europeo de Física, o un título equivalente europeo o de otros países europeos y no europeos. Otros títulos y/o 'bachelor' científicos pueden ser admitidos, toda vez que el estudiante adapte su formación básica bajo la supervisión de un Tutor y adquiera los conocimientos requeridos, según los criterios establecidos por la Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa de Posgrado. En cualquier caso, deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en el Real Decreto 56/2005 de 21 de enero de 2005 [2]. Allí se dispone que, excepcionalmente, se podrán admitir a aquellos estudiantes que acrediten haber superado un mínimo de 180 créditos correspondientes a las enseñanzas de primer ciclo, siempre y cuando entre éstos esté comprendida la totalidad de los contenidos formativos comunes de un Título de Grado.

El programa se articula en dos fases bien diferenciadas que dan lugar a dos Títulos oficiales: Título de Máster en Física Teórica y Título de Doctor en Física Teórica. El carácter de estas dos fases es esencialmente distinto. El Máster tiene como objetivos principales la formación académica especializada en el área de la Física Teórica y la iniciación a la investigación. Este Título oficial de Máster da acceso a los estudios de doctorado. El Doctorado por su parte tiene como objetivo

básico la formación investigadora encaminada a la elaboración de una tesis doctoral.

En cuanto al perfil de profesionalización que se espera adquieran los estudiantes que hayan finalizado cualesquiera de las dos fases de este programa es, por una parte, el obvio, de carácter marcadamente investigador y, por tanto, de interés para empresas públicas y privadas de ámbito científico, y por otra de carácter más generalista y versátil y, por tanto, de interés en otros ámbitos de trabajo. No olvidemos que en el pasado, un número importante de Licenciados en Física, con estudios de la extinguida especialidad llamada Física Teórica, se incorporaron exitosamente también a trabajos externos al mundo académico, y en disciplinas bien diferentes como la economía, la informática aplicada, las tecnologías de la comunicación, medicina y otras más. De hecho, algunos de los estudiantes que realizaron sus tesis doctorales en Física Teórica son ahora directivos en empresas de elite. Esto da una idea de lo versátil que es el perfil adquirido con ésta formación.

En lo referente a la estructura organizativa, los estudios que dan lugar al Título de Máster constan de un total de 120 créditos ECTS, y se articulan en dos cursos académicos de 60 créditos cada uno. Cada curso académico está estructurado asimismo en dos semestres. De los 120, 84 créditos son de carácter obligatorio (OB) y 36 créditos son de carácter optativo (OP). El primer curso de Máster, llamado a partir de ahora M1, tiene como objetivo fundamental la formación en las disciplinas básicas de la Física Teórica y conlleva también el aprendizaje de técnicas de aplicación no sólo en el contexto de la Física Teórica sino también en otras disciplinas. Las disciplinas básicas que lo componen son: Teoría Cuántica de Campos, Gravitación, Física Nuclear, Matemáticas, Cosmología y Física de Partículas. El segundo curso, llamado a partir de ahora M2, tiene como objetivo la formación en disciplinas más especializadas y da opción a la iniciación a la investigación. Consta de materias de contenido más avanzado que el M1 y también da opción al estudiante a elegir entre un conjunto de materias optativas de mayor especialización. Una de las materias optativas es la llamada Iniciación a la Investigación, con 18 créditos, que el estudiante realizará a lo largo del M2 bajo la supervisión de un tutor. El M2 concluirá con la defensa de una Tesis de Máster, de carácter obligatorio y con 8 créditos asignados, que incluirá o bien la presentación de los resultados del trabajo de investigación para los alumnos que hayan cursado la asignatura anteriormente citada, o bien la presentación de un trabajo de carácter más bibliográfico, supervisado también por algún profesor del programa, sobre algún tema de actualidad en el area de la Física Teórica, para lo alumnos que no la hayan cursado. Superada con éxito ésta última fase, la Universidad le otorgará el Título de Máster. Finalmente, en cuanto al Título de Doctor, no se ofertará enseñanza reglada en esta etapa y la formación no estará estructurada en cursos. Se ofertarán una serie de seminarios especializados, a los que el estudiante podrá asistir y en los que podrá participar. La Tesis deberá estar enmarcada en una de las Líneas de Investigación del programa. La finalidad de esta etapa es la elaboración de una tesis doctoral y culminará, por tanto, con la presentación de dicha tesis. Una vez superada con éxito, la Universidad le otorgará el Título de Doctor.

## 2.2. Ficha resumen del Programa de Posgrado

### PROGRAMA DE POSGRADO

- 1.- **DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA:**  
Programa de Posgrado en Física Teórica
- 2.- **TIPO DE PROGRAMA:**  
Departamental (Único)
- 3.- **UNIVERSIDAD RESPONSABLE DEL PROGRAMA:**  
Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
- 4.- **DEPARTAMENTO RESPONSABLE DEL PROGRAMA:**  
Departamento de Física Teórica de la UAM
- 5.- **INSTITUCIÓN COLABORADORA EN EL PROGRAMA:**  
Instituto de Física Teórica (IFT, Instituto Mixto UAM/CSIC)
- 6.- **CAMPO CIENTÍFICO DEL PROGRAMA:**  
Ciencias Experimentales
- 7.- **LUGAR DONDE SE VA A DESARROLLAR EL PROGRAMA:**  
Campus de Cantoblanco, 28049 Madrid  
Módulos de la Facultad de Ciencias de la UAM: C-XI y C-XVI
- 8.- **TÍTULOS QUE INTEGRAN EL PROGRAMA:**  
[1.-] Título de Máster en Física Teórica  
[2.-] Título de Doctor en Física Teórica
- 9.- **NÚMERO DE PLAZAS OFERTADAS:** 50 (incluyendo máster y doctorado )

## 2.3. Ficha resumen del Título de Máster

### TÍTULO DE MASTER

**DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE POSGRADO:**

Programa de Posgrado en Física Teórica

**UNIVERSIDAD RESPONSABLE DEL PROGRAMA:**

Universidad Autónoma de Madrid

**1.- DENOMINACIÓN DEL TÍTULO DE MASTER:**

Máster en Física Teórica por la Universidad Autónoma de Madrid

**CAMPO CIENTÍFICO DEL MÁSTER:**

Ciencias Experimentales

**TIPO DE FORMACIÓN:**

Académica e Investigadora

**OBJETIVOS:**

Formación académica especializada e iniciación a la investigación en el campo de la Física Teórica

**TIPO DE MÁSTER:**

Departamental (Único)

**ESPECIALIDADES:**

No incluye especialidades

**MÓDULOS:**

No incluye módulos

**2.- ORGANIZACIÓN ACADÉMICA****INSTITUCIONES PARTICIPANTES:**

Universidad Autónoma de Madrid (UAM)

Instituto de Física Teórica (IFT, Instituto Mixto UAM/CSIC)

**COORDINADOR Y RESPONSABLE DEL MASTER:**

**Nombre y Apellidos:** María José Herrero Solans

**Universidad:** Universidad Autónoma de Madrid

**Centro:** Facultad de Ciencias

**Cargo:** Profesora Titular de la UAM y miembro del IFT-UAM/CSIC

**Dirección:** Departamento de Física Teórica, C-XI,UAM,  
Cantoblanco, 28049 Madrid (Spain)

**Tel:** (34)914973913

**Fax:** (34)914973936

**e-mail:** maria.herrero@uam.es

### 3.- ESTRUCTURA DEL MÁSTER:

**Número total de créditos :** 120

**Número de créditos obligatorios (OB):** 84

**Número de créditos optativos (OP):** 36

**Curso de inicio del Máster:** 2006-2007



## 2.4. Ficha resumen del Título de Doctor

### TÍTULO DE DOCTOR

**DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE POSGRADO:**

Programa de Posgrado en Física Teórica

**UNIVERSIDAD RESPONSABLE DEL PROGRAMA:**

Universidad Autónoma de Madrid

**1.- DENOMINACIÓN DEL TÍTULO DE DOCTOR:**

Doctor en Física Teórica por la Universidad Autónoma de Madrid

**CAMPO CIENTÍFICO DEL DOCTORADO:**

Ciencias Experimentales

**TIPO DE FORMACIÓN:**

Investigadora

**OBJETIVOS:**

Formación investigadora y elaboración de una tesis doctoral en el campo de la Física Teórica

**TIPO DE DOCTORADO:**

Departamental (Único)

**2.- ORGANIZACIÓN ACADÉMICA****INSTITUCIONES PARTICIPANTES:**

Universidad Autónoma de Madrid (UAM)

Instituto de Física Teórica (IFT, Instituto Mixto UAM/CSIC)

**COORDINADOR Y RESPONSABLE DEL DOCTORADO:**

**Nombre y Apellidos:** María José Herrero Solans

**Universidad:** Universidad Autónoma de Madrid

**Centro:** Facultad de Ciencias

**Cargo:** Profesora Titular de la UAM y miembro del IFT-UAM/CSIC

**Dirección:** Departamento de Física Teórica, C-XI,UAM,  
Cantoblanco, 28049 Madrid (Spain)

**Tel:** (34)914973913

**Fax:** (34)914973936

**e-mail:** maria.herrero@uam.es

**3.- ESTRUCTURA DEL DOCTORADO:****ACTIVIDADES FORMATIVAS PREVISTAS:**

Participación en seminarios y conferencias nacionales e internacionales, relacionados con el ámbito de la Física Teórica

**CURSO DE INICIO DEL DOCTORADO: 2008-2009**

## Capítulo 3

# Memoria explicativa del programa de posgrado

## **3.1. Datos generales**

### **3.1.1. Objetivos**

Los objetivos básicos del programa son la formación académica especializada e iniciación a la investigación en su etapa de Máster, y la formación investigadora encaminada a la elaboración de una Tesis Doctoral en su etapa de Doctorado. Ambas en el ámbito de la Física Teórica que, como hemos mencionado previamente, incluye un conjunto amplio de disciplinas, relacionadas con la Física Fundamental de Altas Energías.

### **3.1.2. Previsión de la demanda académica**

Teniendo en cuenta que éste programa de posgrado está fundamentado en la fusión de los estudios académicos de especialización en Física Teórica, sin cabida ni en el vigente plan de estudios de Física de la UAM [5] ni en el futuro Grado de Física, junto con los estudios de Tercer Ciclo y Doctorado actuales del Departamento de Física Teórica[4], es previsible que la demanda de estudiantes sea como mínimo la del actual Tercer Ciclo. En el curso pasado 2004-2005 el número de matriculados en el Programa de Doctorado de Física Teórica de la UAM fue de 45, un número significativamente superior al de otros programas de doctorado nacionales relacionados con la Física Teórica de Altas Energías. También es significativo mencionar el porcentaje de estudiantes que provienen de otras universidades nacionales e internacionales. En el pasado curso 2004-2005 este porcentaje fue de un 45 %. Por tanto, es previsible que el programa de posgrado que aquí se presenta tenga una demanda superior a 50 alumnos, de los cuales un porcentaje elevado sean alumnos de otras universidades e instituciones españolas, europeas y de otros países no europeas.

### **3.1.3. Contexto institucional**

Este programa de posgrado se plantea en respuesta a la reformas anunciadas en los Reales Decretos 55/2005 y 56/2005 del 21 de Enero de 2005 y, por tanto, el contexto institucional en el que se enmarca debe ser coherente con dicha reforma. Dado que éste es un programa asociado a un único departamento, el Departamento de Física Teórica de la UAM, el contexto institucional del programa es el que la UAM tiene para los todos los estudios de posgrado de Física. Los estudios de posgrado que aquí se proponen están dirigidos fundamentalmente a estudiantes con el título actual español de Licenciado en Física, el futuro Grado en Física, un Bachelor Europeo en Física o título equivalente. Por ello, el contexto institucional que marque la UAM será, en cualquier caso, acorde con el proceso de armonización del sistema universitario español al Espacio Europeo de Educación Superior.

Como ya se ha dicho, el programa está claramente relacionado con los estudios

previos de la UAM de, por una parte, especialización en Física Teórica y, por otra, de doctorado en esta misma área, siendo el departamento responsable de esta formación el Departamento de Física Teórica. También ha participado muy activamente en este programa de doctorado el Instituto de Física Teórica IFT-UAM/CSIC, con sede en el mismo campus de la UAM, desde su creación, el 13 de Junio de 2002. El programa que aquí se presenta es una apuesta conjunta del Departamento y del Instituto y está claramente inspirado en las líneas de investigación que se desarrollan con gran éxito en ambas instituciones.

#### **3.1.4. Instituciones que participan**

El responsable del programa de posgrado es el Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid que se encuentra ubicado en el Campus de Cantoblanco, Facultad de Ciencias, Módulo C-XI. Participa también el Instituto Mixto UAM/CSIC de Física Teórica, IFT, que se encuentra ubicado en el mismo Campus y Facultad de Ciencias, Módulo C-XVI. Los datos detallados de estas dos instituciones, incluyendo la lista de sus miembros, grupos y líneas de investigación, proyectos en los que están implicados, publicaciones, etc. se pueden encontrar en en las páginas web: [www.ft.uam.es](http://www.ft.uam.es) y [gesalerico.ft.uam.es](http://gesalerico.ft.uam.es).

## **3.2. Estructura de los Títulos integrados en el programa**

El Programa de Posgrado se estructura en dos periodos bien diferenciados, que dan lugar a dos títulos oficiales: Título de Máster en Física Teórica y Título de Doctor en Física Teórica por la UAM.

### **3.2.1. Título de Máster en Física Teórica**

El Título de Máster consta de 120 créditos ECTS y se articula en dos cursos académicos, divididos asimismo en dos semestres. El primer curso del Máster, M1, consta de 60 créditos, todos obligatorios, y es de carácter esencialmente docente. 54 créditos son de cursos y 6 créditos son de seminarios. Tiene como objetivo la formación especializada en Física Teórica de Altas Energías, y conlleva asimismo el aprendizaje de técnicas computacionales de utilidad para la Física Teórica y otros ámbitos científicos. El segundo curso del Máster, M2, consta de 60 créditos, 24 obligatorios y 36 optativos. De los 24 créditos obligatorios, 16 son de carácter docente, con fines de formación especializada avanzada, y 8 son la Tesis de Máster. Los 36 créditos optativos se pueden cursar siguiendo dos opciones distintas. La opción A está dirigida a los estudiantes más motivados por la investigación y que desean seguir

después su formación en el programa de doctorado. Los 36 créditos optativos en esta opción A se cursan mediante la elección de la asignatura de Iniciación a la Investigación, y los 18 créditos restantes son de cursos introductorios en temas monográficos avanzados. La opción B está dirigida a los estudiantes que no desean seguir su formación en la fase de doctorado y que prefieren no cursar la asignatura de iniciación a la investigación. En este caso los 36 créditos optativos se completarán mediante los cursos introductorios en temas monográficos avanzados que hemos mencionado. En ambas opciones A y B, el estudiante podrá también cursar los créditos optativos eligiendo asignaturas de otros Máster de áreas próximas a la Física Teórica. Por ejemplo, podrá elegir asignaturas de los Máster de la UAM de Matemáticas, Astrofísica, Biofísica y los futuros Máster de otras áreas de la Física. El Máster concluye con la presentación obligatoria de una Tesis de Máster, con 8 créditos, que recogerá o bien los resultados del trabajo de investigación realizado por el estudiante en la opción A, o bien un resumen de carácter más bibliográfico sobre algún tema de actualidad en el área de la Física Teórica, en la opción B. Ambos trabajos serán realizados por el estudiante bajo la supervisión de un Tutor. La Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa de Posgrado es el órgano responsable de proponer a cada estudiante un tutor de entre los miembros participantes en el programa y también de proponer el tribunal que juzgara dicha Tesis de Máster. Una vez aprobados los 120 créditos y superada la Tesis de Máster, el estudiante obtendrá el Título de Máster. Nótese que el esquema propuesto de Iniciación a la Investigación más Tesis de Máster está claramente inspirado en el Tercer Ciclo actual que también tiene una materia de Iniciación a la Investigación y culmina con el Título/Diploma de Estudios Avanzados (DEA). Cabe resaltar que dicho esquema ha dado excelentes resultados durante muchos años en el programa de doctorado de Física Teórica.

La lista de materias (asignaturas), número de créditos asignados (c), y tipo de materias (obligatoria=OB; optativa=OP) que componen el máster son las siguientes:

- Teoría Cuántica de Campos I (8c, OB, nombre abreviado TCC1)
- Gravitación (8c, OB, nombre abreviado Grav)
- Estructura Nuclear (8c, OB, nombre abreviado Est.Nucl)
- Complementos de Matemáticas (6c, OB, nombre abreviado Comp.Mat)
- Teoría Cuántica de Campos II (8c, OB, nombre abreviado TCC2)
- Cosmología (8c, OB, nombre abreviado Cosmo)
- Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I (8c, OB, nombre abreviado ME1)
- Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales II (8c, OB, nombre abreviado ME2)

- Física Experimental de Altas Energías (8c, OB, nombre abreviado Fis.Exp)
- Seminarios de Física Teórica (6c, OB, nombre abreviado SeminarFT)
- Teoría Cuántica de Campos III (6c, OP, nombre abreviado TCC3)
- Física Computacional (6c, OP, nombre abreviado Fis.Comp)
- Introducción a Teoría de Campos en el Retículo (6c, OP, nombre abreviado Int.Ret)
- Introducción a Teoría de Cuerdas (6c, OP, nombre abreviado Int.Cuer)
- Introducción a Supersimetría (6c, OP, nombre abreviado Int.SUSY)
- Física más allá del Modelo Estándar (6c, OP, nombre abreviado BeyondSM)
- Cosmología Avanzada (6c, OP, nombre abreviado CosmoAv)
- Iniciación a la Investigación (18c, OP, nombre abreviado Inic.Inv)
- Tesis de Máster (8c, OB, nombre abreviado TesisMaster)

La distribución de materias (asignaturas) por años académicos (M1 y M2) y semestres (S1 y S2) se presentan en el cuadro 3.1.

El curso M1 lo integran una serie de cursos introductorios a las materias básicas que son indispensables en una formación especializada de Física Teórica. La asignatura TCC1 introduce los conceptos y técnicas básicas de la Teoría Cuántica de Campos, utilizando para ello el formalismo canónico y centrándose en los aspectos perturbativos. La asignatura TCC2 profundiza en los aspectos y técnicas más avanzados de la Teoría Cuántica de Campos, centrándose principalmente en las Teorías Gauge y utilizando el formalismo de la integral de camino. En la asignatura Grav se describen los fundamentos de la Relatividad General, utilizando la formulación Lagrangiana de la Gravitación. La asignatura Cosmo introduce los principios de la Cosmología y describe la Teoría del Big Bang. La asignatura Est.Nucl introduce los modelos más relevantes de la Estructura Nuclear y describe sus técnicas más básicas. La materia Comp.Mat contiene, como su nombre indica, una serie de complementos de matemáticas que son básicos para la formación de un Físico Teórico. Estos incluyen elementos de Geometría Diferencial, Teoría de Grupos, Teoría de la Probabilidad y Estadística y algunas de sus aplicaciones a la Física. La asignatura ME1 introduce la fenomenología básica de la Física Teórica de Partículas y describe los elementos integrantes del Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales en la aproximación de nivel árbol. La asignatura SeminarFT consiste en una serie de seminarios monográficos sobre los problemas abiertos de la Física Teórica de Altas Energías, dados por expertos, con los que el alumno podrá despertar su interés en

Ordenación Académica de Materias del Máster		
	Semestre S1	Semestre S2
Curso M1	TCC1 Grav Est.Nucl Comp.Mat	TCC2 Cosmo ME1 SeminarFT
Curso M2	ME2 Fis.Exp	Elegir 36c de OP A) 18c de (*) + 18c de (**) B) 36c de (*)  — (**) Inic.Inv —
		TesisMaster
(*) Lista de optativas		
Fis.Comp TCC3 Int.Ret Int.Cuer Int.SUSY BeyondSM CosmoAv		

Cuadro 3.1: Máster de Física Teórica

los temas de investigación de actualidad. Los expertos podrán ser tanto profesores del programa de posgrado como investigadores y profesores invitados de otras instituciones españolas y extranjeras.

El curso M2 contiene el resto de asignaturas básicas de formación especializada y el conjunto de asignaturas optativas de contenido más avanzado y/o especializado. La asignatura ME2 introduce los aspectos más relevantes del Modelo Estándar de la Interacciones Fundamentales más allá del nivel árbol y describe los problemas abiertos de este modelo. La asignatura Fis.Exp introduce los aspectos básicos de la Física Experimental de Altas Energías, incluyendo la descripción de las técnicas más relevantes de aceleradores y detectores, métodos para la adquisición y análisis de datos, los tests experimentales básicos del Modelo Estándar y medidas de interés para el futuro de la Física de Partículas. El curso M2 contiene también los 36 créditos optativos del Máster. Además de la opción a la Iniciación a la Investigación en una de las líneas de investigación del programa (ver sección 3.2.4), el estudiante podrá elegir sus asignaturas preferidas entre la lista ofertada. Estas son: TCC3, Fis.Comp, Intro.Ret, Intro.Cuer, Intro.SUSY, BeyondSM y CosmoAv. La asignatura TCC3 introduce los métodos no perturbativos de la Teoría Cuántica de Campos y describe



algunas de sus aplicaciones. La asignatura Fis.Comp contiene una introducción básica a la arquitectura de ordenadores y describe los métodos numéricos y algebraicos más relevantes de aplicación tanto a la Física Teórica como a otros ámbitos científicos. La asignatura Intro.Ret introduce los aspectos y técnicas básicas de la Teoría Cuántica de Campos en el Retículo. La asignatura Intro.Cuer introduce los aspectos básicos y técnicas de la Teoría de Cuerdas. La asignatura Intro.SUSY introduce los aspectos básicos y fenomenología asociada de las Teorías Supersimétricas. La asignatura BeyondSM describe los llamados Modelos más allá del Modelo Estándar y su fenomenología asociada, y presenta las soluciones propuestas más atractivas a los problemas abiertos del Modelo Estándar. También se describen algunas soluciones propuestas a los problemas cosmológicos. La asignatura CosmoAv describe los problemas de la Teoría del Big Bang e introduce el Paradigma Inflacionario y sus soluciones propuestas.

También se contempla la posibilidad de que un estudiante del Máster de Física Teórica desee completar algunos de sus créditos optativos dentro de la oferta de otro programa de posgrado (máster, doctorado o título equivalente). En estos casos, será la Comisión de Dirección y Seguimiento la que decida sobre la convalidación de dichos créditos. También cabe la posibilidad de que, una vez en marcha el sistema de posgrados, los coordinadores correspondientes (o las comisiones responsables correspondientes) puedan, por ejemplo, negociar la inclusión de asignaturas de un máster como optativas de otro. Por ejemplo, como ya hemos dicho, los estudiantes del Máster de Física Teórica podrán cursar asignaturas de los Máster de Matemáticas, Astrofísica, Biofísica de la UAM y los futuros Máster de otras áreas de la Física.. Es deseable, en cualquier caso, que este sistema de convalidaciones de créditos entre másters sea flexible.

Durante el M2, el estudiante tendrá opción también al curso de Iniciación a la Investigación. La asignatura Inic.Inv es anual, consta de 18 créditos optativos y consiste en la realización por parte del estudiante de un trabajo de investigación, en una de las líneas de investigación del programa, bajo la Tutela de un profesor del programa de posgrado, que será el responsable de asignarle un tema de trabajo y otorgarle una calificación al finalizar el curso. El órgano responsable de la asignación de un Tutor para cada estudiante matriculado es la Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa.

Finalmente, la información específica sobre cada una de las asignaturas, ajustada a los estándares europeos, se recoge en las fichas ECTS que se presentan en la sec.3.2.2. Asimismo, un resumen más desarrollado de los contenidos de las asignaturas se presenta en el Anexo I. El resumen esquemático del Plan de Estudios del Título de Master se presenta en el Anexo II.

### **3.2.2. Fichas ECTS de las asignaturas del Máster**

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Teoría Cuántica de Campos I		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 1	<b>Semestre:</b> 1	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 160	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Antonio González-Arroyo, Enrique Alvarez	<b>Coordinador:</b> Antonio González-Arroyo	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Introducción a la Teoría Cuántica de Campos en el formalismo de operadores y aplicación a la Electrodinámica Cuántica.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Descripción cuántica de un sistema de número arbitrario de partículas. Segunda cuantización. Cuantización canónica del campo escalar libre. Campos escalares en interacción. Teoría de perturbaciones relativista. Diagramas y reglas de Feynman. Cuantización canónica del campo espinorial libre. Campo espinorial en interacción. Electrodinámica cuántica. Simetrías en teoría de campos. Introducción a las teorías gauge.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> M. Peskin, Quantum Field Theory. Addison Wesley. S. Weinberg, Quantum Field Theory, Vol. I, Cambridge University Press.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Gravitación		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 1	<b>Semestre:</b> 1	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 160	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> José Fdez Barbón, Juan García-Bellido	<b>Coordinador:</b> José Fdez Barbón	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Adquirir conocimientos básicos sobre la interacción gravitatoria y su aplicación al estudio de la cosmología.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Teoría newtoniana de la gravitación. Relatividad especial. Principio de equivalencia. Gravitación y geometría. Las ecuaciones de Einstein. Métrica de Schwarzschild. Formulación lagrangiana de las Teorías Métricas de la Gravitación. Aproximación post-newtoniana. Ondas gravitacionales. Colapso estelar. Agujeros negros.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> R. d'Inverno, <i>Introducing Einstein's Relativity</i> , Clarendon. R. Wald, <i>General Relativity</i> , Cambridge University Press. S. Weinberg, <i>Gravitation and Cosmology</i> , Addison Wesley.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Estructura Nuclear		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 1	<b>Semestre:</b> 1	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 160	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Alfredo Poves, Jose Luis Egido, Luis Miguel Robledo, Andrea Jungclaus	<b>Coordinador:</b> Alfredo Poves	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Conocer los modelos que explican el comportamiento del núcleo atómico como sistema cuántico de muchos cuerpos. Ser capaz de llevar a cabo cálculos explícitos de propiedades nucleares a partir de la interacción nucleón-nucleón.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Interacción nuclear. Modelos de campo medio. Modelos colectivos. Descripción microscópica de las rotaciones y vibraciones. Superfluidez nuclear. Procesos débiles en el núcleo. Astrofísica Nuclear.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> Ring y Schuck, The Nuclear Many Body Problem (Springer 1980). Talmi, Simple Models of Complex Nuclei, (Harwood, 1993) Bohr y Mottelson, Nuclear Structure, vol 1 y II, (World Scientific) Heyde, The Nuclear Shell Model (Springer 1994)		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Complementos de Matemáticas		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 1	<b>Semestre:</b> 1	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 30	<b>Teoría:</b> 20	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 120	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Antonio González-Arroyo, Tomás Ortín, Francisco Yndurain, Fernando Barreiro, Jose del Peso, Jorge Fdez de Trocóniz	<b>Coordinador:</b> Antonio González-Arroyo	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Proporcionar los instrumentos matemáticas de interés para la Física Teórica: geometría diferencial; teoría de grupos; teoría de probabilidad y estadística matemática.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Definiciones generales de variedades. Algebra tensorial en variedades. Geometría riemanniana. Introducción a la topología de variedades. Grupos y álgebras de Lie. Definiciones generales en teoría de probabilidades. Distribuciones de probabilidad. Tests de hipótesis e intervalos de confianza. Estadística bayesiana. Método de Monte Carlo. Ejemplos y aplicaciones en Física.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> N. Dubrovin, S. Nivikov y A. Fomenko, Geometría diferencial, MIR H. Georgi, Lie Álgebras in Particle Physics, Benjamin. S. Brandt, Statistical and Computational Methods in Data Analysis, North-Holland Publishing Company.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Teoría Cuántica de Campos II.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 1	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 160	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Enrique Alvarez, Antonio González-Arroyo	<b>Coordinador:</b> Enrique Alvarez	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Formulación de la Teoría Cuántica de Campos como integral de camino. Renormalización y aplicación a las teorías gauge no abelianas.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de la asignatura Teoría Cuántica de Campos I.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Simetrías en teoría cuántica de campos. Teorema de Goldstone. Deducción de las reglas de Feynman mediante la integral de camino. Electrodinámica cuántica a un lazo. Identidades de Ward en QED. Acción efectiva y potencial efectivo. Introducción a la simetría gauge no abeliana. El ansatz de Faddeev-Popov y los fantasmas. Cálculo de la función beta a un lazo. BRST e identidades de Slavnov-Taylor. Renormalización de teorías gauge. El grupo de renormalización. La anomalía quiral singlete y no singlete. Cancelación de anomalías en teorías gauge.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> P. Ramond, Field Theory: A Modern Primer, Benjamin. S. Weinberg, Quantum Field Theory, Vol. II, Cambridge University Press.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Cosmología.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 1	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 160	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Juan García-Bellido, Rosa Domínguez, Gustavo Yepes	<b>Coordinador:</b> Juan García-Bellido	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Introducción a los conceptos básicos en Cosmología.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de la asignatura Gravitación.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Los principios de la Cosmología. Modelos de Friedmann-Robertson-Walker. Historia térmica del Universo. La nucleosíntesis primordial. La radiación de fondo de microondas. Teoría de perturbaciones lineales. La determinación de los parámetros cosmológicos. Condiciones iniciales. Bariogénesis. El paradigma inflacionario.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> P. J. E. Peebles, Principles of Physical Cosmology, Princeton (1993). J. Peacock, Cosmological Physics, Cambridge (1998).		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 1	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 160	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> María José Herrero, Andrea Donini	<b>Coordinadora:</b> María José Herrero	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Transmitir los conceptos fundamentales del Modelo Estándar de las partículas elementales y formar en las técnicas de cálculo relevantes en la aproximación de nivel árbol.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Introducción a la Física de Partículas. Simetrías en Física de Partículas. Modelo de quark y modelo de partones. Electrodinámica cuántica. Cromodinámica cuántica. El Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics. F.Halzen and A.D.Martin. Ed. John Wiley:New York. Gauge Theory of Elementary Particle Physics. T.-P. Cheng and L.-F.Li. Oxford Univ.Press, New York. Gauge Theories in Particle Physics, I. Aitchinson and A. Hey. Grad. Stud. Series in Phys.Ed.D.Brewer.Inst.of Phys.Pub,Bristol and Philadelphia.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		



<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Seminarios de Física Teórica.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 1	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 30	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b>
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 120	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores encargados de la asignatura:</b> María José Herrero, Jose Ramón Espinosa, Jesús Moreno	<b>Coordinadora:</b> María José Herrero	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Familiarizar al estudiante con los problemas abiertos de la Física Teórica y motivarlo hacia la investigación en los temas de actualidad.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Serie de seminarios de contenido especializado sobre temas monográficos de interés y actualidad, dados por expertos investigadores en el área, contando entre ellos tanto los miembros participantes en el Máster como posibles investigadores visitantes de otras instituciones españolas y extranjeras.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> La que propongan los expertos que den los seminarios		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Física Experimental de Altas Energías.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 1	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 160	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Luis Labarga, Júan Terrón, Claudia Glasman, Jorge Fdez de Trocóniz, Fernando Barreiro	<b>Coordinador:</b> Luis Labarga	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Visión general de la Física Experimental de Partículas en su estado actual. Familiarización con los experimentos clave en el desarrollo del Modelo Estándar.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de la asignatura Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Técnicas en Física experimental de partículas: aceleradores; detectores; adquisición y análisis de datos. Tests experimentales básicos de la teoría de las interacciones electrodébiles y fuertes. Medidas experimentales de interés para el futuro de la Física de Altas Energías.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> Robert N. Cahn, Gerson Goldhaber; <i>The Experimental Foundations of Particle Physics</i> ; Cambridge University Press (1993). A. Ferrer, E. Ros; <i>Física de partículas y de astropartículas</i> ; Publicaciones Universidad de Valencia (2005)		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales II.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 1	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 30	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 160	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Belén Gavela, Stefano Rigolin	<b>Coordinadora:</b> Belén Gavela	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Presentar los principales problemas abiertos en el Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales y sus posibles soluciones.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de la asignatura Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Elementos del Modelo Estándar mas allá del nivel árbol. Quarks ligeros y simetría quiral. Anomalías. Implicaciones del principio gauge. Problemas abiertos del Modelo Estándar. El problema del sabor en el Modelo Estándar. Física de Neutrinos.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> Dynamics of the Standard Model, J.Donoghue, E.Golowich and B.Holstein, Cambridge Univ.Press.,New York.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Teoría Cuántica de Campos III		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Optativa	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 30	<b>Teoría:</b> 20	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 120	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> José Fdez Barbón, Enrique Alvarez, Antonio González-Arroyo	<b>Coordinador:</b> José Fdez Barbón	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Temas avanzados en Teoría Cuántica de Campos: Operadores compuestos y algunos métodos no perturbativos.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de las asignaturas Teoría Cuántica de Campos I y II.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Renormalización de operadores compuestos y OPE. El límite de gran N. Vórtices en teorías gauge no abelianas. El monopolos de 't Hooft-Polyakov. Aproximación semiclásica de la integral de camino. El instantón BPST. El vacío $\theta$ y el problema de CP de las interacciones fuertes. Solución del problema $U(1)$ en QCD. Esfalerones y violación del número bariónico.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> S. Coleman, Aspects of Symmetry, Cambridge University Press. S. Weinberg, Quantum Field Theory, Vols. I y II, Cambridge University Press		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Introducción a Teorías de Campos en el Retículo.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Optativa	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 30	<b>Teoría:</b> 20	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 120	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Margarita García, Stefan Sint, Antonio González-Arroyo, Francisco Ynduráin	<b>Coordinadora:</b> Margarita García	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Introducir la formulación básica de la teoría de campos en un retículo espacio-temporal y aplicarla a teorías gauge no abelianas y a QCD.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de las asignaturas Teoría Cuántica de Campos I y II y Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I y II.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Discretización del Campo escalar. Discretización de campos gauge abelianos y no abelianos. Confinamiento. Acoplo fuerte. Glueballs. Fermiones en la red. Extracción de cantidades físicas. Simulaciones.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> I. Montvay y G. Münster, "Quantum Fields on a lattice.", Cambridge monographs on Mathematical Physics. M. Creutz, "Quark, gluons and lattices.", Cambridge monographs on Mathematical Physics. J. Smit, "Introduction to quantum fields on a lattice.", Cambridge lecture notes in Physics. H.J. Rothe, "Lattice gauge theories. An introduction.", World Scientific.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Introducción a la Teoría de Cuerdas.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Optativa	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 30	<b>Teoría:</b> 20	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 120	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Angel Uranga, Cesar Gómez, Anamaria Font, Tomás Ortín	<b>Coordinador:</b> Angel Uranga	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Introducir los conceptos básicos de teoría de cuerdas y aplicarlos a la construcción de modelos de Física de Partículas.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de las asignaturas Teoría Cuántica de Campos I y II y Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I y II.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Introducción y propiedades generales. La cuerda bosónica. Supercuerdas en 10 dimensiones. Compactificación. Branas y dualidad.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> J. Polchinski, "String theory" Cambridge University Press. T.Ortin, "Gravity and Strings" Cambridge U.P. (2004) M. B. Green, J. H. Schwarz y E. Witten, "Superstring theory" Cambridge University Press. B. Zwiebach, "A first course in string theory" Cambridge University Press.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Introducción a la Supersimetría.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Optativa	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 30	<b>Teoría:</b> 20	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 120	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Alberto Casas, Esperanza López, Karl Lansteiner, Luis Ibañez	<b>Coordinador:</b> Alberto Casas	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Introducir los conceptos básicos de la supersimetría, aprender a formular modelos supersimétricos y aplicarlos a la fenomenología de partículas.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de las asignaturas Teoría Cuántica de Campos I y II y Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I y II.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> El problema de la jerarquía electrodébil y otras motivaciones. Supersimetría global. Interacciones y lagrangianos supersimétricos. Ruptura de la Supersimetría. Sector observable y sector oculto. Ruptura electrodébil. Señales experimentales de la Supersimetría. Supersimetría local: supergravedad.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> S. Martin, "A supersymmetric primer", in Kane, G.L. (ed.): Perspectives on supersymmetry* 1-98; hep-ph/9709356. D. Bailin y A. Love, "Supersymmetric Gauge Field Theory and String Theory" Institute of Physics. S. Pokonsky, "Gauge Theories", Cambridge University Press.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Física más allá del Modelo Estándar		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Optativa	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 30	<b>Teoría:</b> 20	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 120	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Alberto Casas, Alejandro Ibarra, Luis Ibañez, Belen Gavela	<b>Coordinador:</b> Alberto Casas	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Exponer las deficiencias y los problemas del Modelo Estándar e introducir las ideas modernas para resolverlos (Gran Unificación, Supersimetría, Axiones, Dimensiones Extra, etc.).		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de las asignaturas Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I y II y Teoría Cuántica de Campos I y II.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Exitos y problemas abiertos del Modelo Estándar. Restricciones a la Física más allá del Modelo Estándar. GUTs, Unificación perturbativa. El Axión. Supersimetría. Modelos alternativos de Ruptura Electrodebil. Modelos con Dimensiones Extra. Física del sabor. Problemas Cosmológicos.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> P. Ramond, "Journeys beyond the Standard Model." Benjamin. G.G. Ross, "Grand Unified Theories" Benjamin		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		



<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Física Computacional		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Optativa	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 40	<b>Teoría:</b> 20	<b>Prácticas:</b> 20
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 110	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Luis Miguel Robledo	<b>Coordinador:</b> Luis Miguel Robledo	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Adquirir la capacidad de resolver con la ayuda de un ordenador cualquier ecuación y/o problema de los habituales en Física de forma eficaz y precisa.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Introducción a la arquitectura de los ordenadores. Métodos numéricos. Métodos algebraicos.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> Computational Methods in Physics and Engineering S.S.M. Wong, World Scientific Introduction to numerical analysis J. Stoer y R. Bulirsch, Springer		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Cosmología Avanzada.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Optativa	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Horas presenciales:</b> 30	<b>Teoría:</b> 20	<b>Prácticas:</b> 10
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 120	<b>Horas totales:</b> 150	
<b>Profesores que imparten la asignatura:</b> Juan García-Bellido	<b>Coordinador:</b> Juan García-Bellido	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Estudiar el universo primitivo y su conexión con la física de altas energías.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de las asignaturas Gravitación y Cosmología.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> El problema de las condiciones iniciales del Big Bang. Inflación Cosmológica. El origen de las perturbaciones de la densidad. Las anisotropías del fondo de microondas. Las perturbaciones de la métrica y la estructura a gran escala. Recalentando el universo. El origen de la asimetría materia antimateria. La estructura global del universo.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> A. Liddle y D. Lyth Cosmological Inflation and Large Scale Structure, Cambridge University Press. E. Kolb y M. Turner, The Early Universe, Perseus.		
<b>Metodología docente:</b> Lecciones magistrales y trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Realización de trabajos y ejercicios; exámenes.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Iniciación a la Investigación.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Optativa	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> Anual	<b>Créditos ECTS:</b> 18
<b>Horas presenciales:</b>	<b>Teoría:</b>	<b>Prácticas:</b>
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 450	<b>Horas totales:</b> 450	
<b>Profesores encargados de la asignatura:</b> Ver lista de profesores del máster	<b>Coordinadora:</b> María José Herrero	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> Iniciar al estudiante en la investigación en un tema específico dentro de las líneas de investigación del Máster, tutelado por uno de los profesores participantes en el Máster.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Haber cursado el primer año del Máster.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Trabajo de iniciación a la investigación realizado por el estudiante en una de las líneas de investigación del programa, bajo la tutela de un profesor del Máster.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> La que propongan los tutores.		
<b>Metodología docente:</b> Trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Informe del tutor sobre el trabajo de investigación.		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

<b>Titulación:</b> Máster en Física Teórica		
<b>Departamento:</b> Física Teórica		
<b>Nombre asignatura:</b> Tesis de Máster.		
<b>Código:</b>	<b>Tipo:</b> Obligatoria	<b>Nivel:</b> Postgrado
<b>Curso:</b> 2	<b>Semestre:</b> 2	<b>Créditos ECTS:</b> 8
<b>Horas presenciales:</b>	<b>Teoría:</b>	<b>Prácticas:</b>
<b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b> 200	<b>Horas totales:</b> 200	
<b>Profesores encargados de la asignatura:</b> Ver lista de profesores del máster	<b>Coordinadora:</b> María José Herrero	
<b>Objetivos, destrezas y competencias que se va a adquirir:</b> La realización de esta Tesis de Máster, su presentación ante Tribunal, y la superación de esta prueba, darán acceso al Título Oficial de Máster en Física Teórica.		
<b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b> Haber cursado las otras materias que componen el Máster.		
<b>Contenido (Breve descripción de la asignatura):</b> Realización y presentación ante Tribunal de una Memoria de Tesis conteniendo: o bien los resultados de la investigación realizada (Opción A), o bien un resumen de carácter bibliográfico sobre un tema de actualidad en la Física Teórica de Altas Energías (Opción B). Ambos trabajos serán supervisados por un profesor del programa.		
<b>Bibliografía recomendada:</b> La que propongan los tutores.		
<b>Metodología docente:</b> Trabajo tutelado		
<b>Tipo de evaluación:</b> Presentación de la Memoria de Tesis ante Tribunal		
<b>Idioma en que se imparte:</b> Español o inglés		

### 3.2.3. Título de Doctor por la UAM

Los estudios oficiales de doctorado tienen como finalidad la formación investigadora y la elaboración de una Tesis Doctoral. Estos estudios están dirigidos principalmente a estudiantes con el Título oficial de Máster o Título equivalente (por ejemplo, el DEA). En cualquier caso, y de acuerdo al Real Decreto 56/2005 de 21 de Enero de 2005 que regula los estudios de Posgrado, para su admisión, el estudiante deberá tener aprobados un mínimo de 60 créditos en un programa de posgrado y haber completado un mínimo de 300 créditos en el conjunto de estudios universitarios de Grado y Posgrado. El órgano que propondrá a la Universidad la admisión de un estudiante a los estudios de doctorado será la Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa, que examinará las condiciones particulares de cada caso.

Concluida la etapa de elaboración de la Tesis Doctoral por parte del estudiante, y superada la prueba ante tribunal en la que presentará el trabajo realizado, la Universidad le otorgará el Título de Doctor por la UAM.

En cuanto a la estructura organizativa, no se ofertará enseñanza reglada en esta etapa ni la formación estará articulada en cursos. La única actividad formativa dirigida consistirá en la oferta de una serie de seminarios especializados, llamados aquí Seminarios Avanzados de Física Teórica, a los que el estudiante podrá asistir y en los que podrá participar de forma voluntaria.

La Tesis Doctoral deberá estar enmarcada en una de las Líneas de Investigación del programa, que se resumen en la sección 3.2.4, y deberá estar dirigida o co-dirigida por uno o varios de los miembros participantes en el programa de posgrado, cuya lista se incluye en la sección 3.6.1.

Finalmente, en cuanto a la tramitación de las tesis doctorales, esto es competencia de la universidad y, por tanto, este programa se acogerá al reglamento interno de la UAM. Este reglamento establece las siguientes líneas de actuación [3]:

- 1.- El doctorando, previo informe favorable del Director, depositará la tesis en la forma y lugar que establezca la Universidad.
- 2.- El órgano responsable de la formación investigadora enviará a la Comisión de Doctorado de la Universidad la tesis, la documentación de evaluación y la propuesta de expertos que ha de juzgarla.
- 3.- La Comisión de Doctorado de la Universidad autorizará la lectura de la tesis y nombrará el Tribunal que ha de juzgarla.
- 4.- El órgano responsable de la formación investigadora enviará los ejemplares de la tesis doctoral a cada uno de los miembros del Tribunal encargado de juzgarla.
- 5.- Excepcionalmente, la Comisión de Doctorado de la Universidad podrá someter a un proceso de evaluación previa las tesis doctorales presentadas. A tales

efectos, el proceso de evaluación previa consistirá en la obtención de los informes de dos expertos doctores del ámbito/s de conocimiento sobre el/los que verse la tesis, pertenecientes a otras Universidades o Centros de Investigación españoles o extranjeros que no formen parte de los centros universitarios responsables del Programa de Posgrado que imparte la formación investigadora. La Universidad elegirá y designará, con carácter general, una lista de expertos y asesores de todos los ámbitos de conocimiento para la elaboración de dichos informes.

### 3.2.4. Líneas de Investigación

Las líneas de investigación en las que se enmarca este programa son las de sus miembros componentes, es decir, los profesores de la UAM e investigadores del IFT-UAM/CSIC que se mencionan en la lista de la sección 3.6.1. Reuniéndolas en grandes grupos, estas líneas son las siguientes:

- Gravitación y Teoría de Campos y Cuerdas  
(nombre abreviado: GTCC)
- Fenomenología de Partículas en y más allá del Modelo Estándar  
(nombre abreviado: Feno.Part)
- Teorías Gauge en el Retículo  
(nombre abreviado: Ret)
- Física Nuclear, Materia Condensada y Física Estadística  
(nombre abreviado: Nuc.MatCond.Est)
- Física de Neutrinos  
(nombre abreviado: Neut)
- Fenomenología de Supercuerdas  
(nombre abreviado: Feno.Cuer)
- Cosmología y Física de Astropartículas  
(nombre abreviado: Cosmo.AstroP)
- Física Experimental de Altas Energías  
(nombre abreviado: Exp.AE)
- Fundamentos de la Mecánica Cuántica e Historia de la Física  
(nombre abreviado: FundMC.His)

### **3.3. Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa**

La Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa de Posgrado estará integrada por cuatro miembros participantes en el programa, cuya lista se presenta en la sección 3.6.1, y por el coordinador de dicho programa. El coordinador será el responsable de informar del seguimiento del programa a la Comisión de Estudios de Posgrado de la UAM. Las funciones encomendadas a la Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa son las siguientes:

- 1.- Elaborar y proponer el programa de posgrado y comunicar sus posibles modificaciones en cada curso académico a la Comisión de Estudios de Posgrado de la Universidad.
- 2.- Definir y revisar los criterios de admisión y selección de estudiantes al programa.
- 3.- Determinar el número mínimo de materias que ha de cursar cada estudiante, en función de su formación previa, según los criterios de admisión y selección definidos.
- 4.- Aprobar la posible convalidación de créditos de las asignaturas que componen el Máster, para aquellos estudiantes que justifiquen debidamente haber cursado previamente los contenidos de dichas asignaturas.
- 5.- Asignar un Tutor a cada estudiante matriculado en la asignatura Iniciación a la Investigación
- 6.- Nombrar el Tribunal que juzgará la Tesis de Master
- 7.- Actuar de órgano coordinador en ambas fases del Programa de Posgrado, Master y Doctorado, entre sus miembros integrantes y la Comisión de Estudios de Posgrado de la Universidad.

### **3.4. Selección y admisión de estudiantes en el programa**

La admisión y selección de estudiantes en el programa de posgrado estará basada fundamentalmente en la valoración del Curriculum Vitae del solicitante, incluyendo el expediente académico y posibles informes de referencia de sus instituciones de origen, y será realizada por la Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa. Dicha comisión evaluará cada solicitud de admisión teniendo en cuenta el Título y la formación previa del estudiante y establecerá, en su caso, las materias adicionales

que tendría que cursar previamente el estudiante para ser admitido al programa. La comisión podrá asimismo requerir una entrevista con el solicitante.

Los estudiantes a los que va dirigido éste programa son genéricamente estudiantes en posesión de un título español de Grado o Licenciatura de Física, un 'Bachelor' europeo de Física, o un título equivalente europeo o de otros países no europeos. Otros títulos y/o 'bachelor' científicos pueden ser admitidos, toda vez que el estudiante adapte su formación básica bajo la supervisión de un Tutor y adquiera los conocimientos requeridos, según dicte en cada caso la Comisión de Dirección de Seguimiento del Programa.

En cualquier caso, para su admisión al programa, los solicitantes deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en el Real Decreto 56/2005 de 21 de enero de 2005 [2]. Allí se dispone que, excepcionalmente, se podrán admitir a aquellos estudiantes que acrediten haber superado un mínimo de 180 créditos correspondientes a las enseñanzas de primer ciclo, siempre y cuando entre éstos esté comprendida la totalidad de los contenidos formativos comunes de un Título de Grado.

## 3.5. Evaluación

### 3.5.1. Evaluación de los estudiantes

Los estudiantes del Máster serán evaluados en cada una de las asignaturas en las que estén matriculados por el/los profesor/es responsable/s de dicha asignatura y se utilizará el método establecido correspondiente (ver fichas ETCS). La escala de calificaciones se establecerá siguiendo el estándar europeo, es decir:

- A. Muy destacado (90 %-100 %)
- B. Claramente por encima de la media (80 %-90 %)
- C. Justo por encima de la media (70 %-80 %)
- D. En la media (55 %-70 %)
- E. No aprueba (por debajo del 55 %)

La evaluación de la Tesis de Máster es competencia del Tribunal nombrado por la Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa. La escala de calificaciones para la Tesis de Máster será:

- Apto cum laude (aprueba destacadamente)
- Apto (aprueba)
- No Apto (no aprueba)



La evaluación de la Tesis Doctoral es competencia de la Universidad, y por tanto este programa se acogerá a la normativa establecida por la Comisión de Doctorado de la UAM.

### **3.5.2. Evaluación del profesorado**

La evaluación del profesorado participante en el Máster, se hará siguiendo pautas similares a las que se siguen en la evaluación del profesorado del Grado/Licenciatura, es decir, mediante la realización de encuestas que se pasarán a rellenar a los estudiantes que estén matriculados en las asignaturas componentes del máster. La Comisión de Dirección y Seguimiento del Programa tendrá acceso a los resultados de la encuesta, y podrá recomendar las acciones a tomar para mejorar la calidad de la docencia del Máster que estime oportunas.

### **3.5.3. Evaluación de la calidad del Programa de Posgrado**

Es competencia de la Comisión de Estudios de Posgrado de la Universidad, evaluar la calidad del Programa de Posgrado y designar, en su caso, un comité de expertos nacionales o internacionales que puedan asesorar en esa evaluación.

## **3.6. Recursos humanos del programa**

El Programa de Posgrado cuenta, por una parte, con profesores docentes e investigadores de la UAM e IFT, que serán los encargados de las labores docentes y de investigación y, por otra, cuenta con el personal de administración y servicios de ambas instituciones, que serán los encargados de las labores administrativas del programa.

### **3.6.1. Personal docente e investigador que participa en el programa**

En este programa de posgrado participan profesores e investigadores del Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y profesores e investigadores del Instituto Mixto UAM/CSIC de Física Teórica (IFT). Algunos de los miembros son profesores de la UAM y a la vez investigadores del IFT (UAM-IFT). Otros son investigadores del CSIC y a la vez miembros del IFT (CSIC-IFT). En el cuadro 3.2 se presenta la lista de los miembros integrantes, institución a la que pertenece, categoría del cargo que ocupan, línea/s de investigación en la/s que trabaja actualmente y Título/s de Posgrado en el/los que participa (M=Máster, D=Doctor). En esta lista sólo se incluyen los miembros permanentes (CU=

Catedrático de Universidad, TU= Titular de Universidad, PI= Profesor de Investigación, IC= Investigador Científico, CT= Científico Titular) y los investigadores doctores del Programa Ramón y Cajal (RC).

### **3.6.2. Personal de administración y servicios**

En las labores de administración y servicios se cuenta con la participación de los miembros del PAS del Departamento de Física Teórica de la UAM (FTUAM) y del IFT. A saber:

- Juanas, Juan Carlos (FTUAM)
- Moreno, Inmaculada (FTUAM)
- Pérez, Isabel (IFT)
- Valenzuela, Jose (FTUAM)

## **3.7. Recursos materiales**

El programa de posgrado dispone para su realización de los recursos materiales del Departamento de Física Teórica de la UAM, ubicado en el módulo C-XI de la Facultad de Ciencias del Campus de Cantoblanco, y del Instituto de Física Teórica IFT/UAM-CSIC, ubicado en el módulo C-XVI de la misma Facultad y Campus.

## **3.8. Viabilidad económica y financiación del programa**

### **3.8.1. Antecedentes económicos y consideraciones generales**

Como ya se ha explicado previamente, el programa de posgrado que aquí se propone esta basado en la fusión y reforma de los estudios de especialización en Física Teórica de la antigua Licenciatura de Físicas de 5 años, no existentes en el vigente Plan de Estudios de Físicas de la UAM, y de los estudios de doctorado del actualmente vigente Programa de Doctorado de Física Teórica de la UAM. Asimismo incluye, en su etapa de Máster, la iniciación a la investigación y la Tesis de Máster, que sustituirían a los actuales 12 créditos de iniciación a la investigación y al Título/Diploma de Estudios Avanzados (DEA). Por tanto, el esquema aquí presentado de Título Oficial de Máster estructurado en dos cursos académicos supondría, en la hipótesis de un Grado de Físicas con un máximo de 240 créditos, una reducción en la duración de los estudios actuales conducentes al DEA en la UAM, que se basan en una Licenciatura en 5 años más los estudios del Tercer Ciclo en 2 años. En la fase transitoria, es decir, donde el acceso al programa de los estudiantes de la UAM se hace desde la actual Licenciatura de 5 años, la duración de estos estudios se mantendría. Por tanto, es previsible en cualesquiera de los dos escenarios la viabilidad

económica para su realización, siempre y cuando se mantengan o incluso mejoren los niveles de financiación actuales, tanto en lo que se refiere a la financiación directa del programa como, lo que es en este caso mucho más importante, la de los alumnos, a través de un sistema adecuado de becas.

A modo de resumen representativo de los antecedentes económicos de los que partimos, mencionamos a continuación los principales orígenes de financiación que hemos recibido en el curso pasado, 2004-2005, en relación a nuestro programa de formación de posgrado.

- Financiación para movilidad de profesorado:

Se trata de una partida específica para ayuda a profesores visitantes, externos a la UAM. Hasta ahora el M.E.C., a través del programa de 'Ayudas para la Movilidad de profesorado en programas que han obtenido la Mención de Calidad' proveía parte de esta financiación. También la UAM, por su parte, ha dotado a nuestro programa de doctorado de Física Teórica de ayudas específicas para dicha Movilidad. Como punto de referencia, en el curso pasado 2004-2005 el total concedido para ayudas de movilidad en el programa de doctorado de Física Teórica vigente fué de 14.915 euros.

La financiación de posibles profesores visitantes externos a la UAM que puedan contribuir al programa de posgrado que aquí se presenta, si bien no es determinante para su puesta en marcha, si es deseable. En particular, sería conveniente su participación en la asignatura de primer año "Seminarios de Física Teórica" que precisamente está diseñada como una serie de seminarios de especialización en temas específicos de investigación, que puedan cubrir una gran parte de los temas de actualidad dentro del area de la Física Teórica de Altas Energías, dados por expertos científicos nacionales y extranjeros. Parte de estos temas los podrán impartir los profesores internos del programa, pero para cubrir un mayor número de temas será necesario la participación de profesores externos de la UAM. Creemos que para este tipo de ayudas sería conveniente la creación por parte del MEC de un programa equivalente de ayudas de movilidad asociadas a programas de Máster con Mención de Calidad. También la Comunidad Autónoma de Madrid, a través de sus órganos competentes, podría dar una respuesta a dichas necesidades de financiación.

- Financiación para contratación de profesorado:

Hasta ahora, nuestro Programa de Doctorado de Física Teórica no ha precisado de financiación extra para contratación de profesorado. Si bien, hay que mencionar la participación valiosa en la docencia de algunos de los cursos de doctorado de los actuales Investigadores Ramón y Cajal que pertenecen al Departamento de Física Teórica y/o al IFT. Concretamente en el curso pasado, 2004-2005, participaron un total de 9 Investigadores Ramón y Cajal en los citados cursos.

Cara al futuro posgrado, si bien la participación de los Investigadores Ramón

y Cajal no es determinante para su puesta en marcha, creemos que su contribución sería muy valiosa. En este sentido, creemos conveniente el desarrollo de un plan de estabilización de los Investigadores Ramón y Cajal o asimilados que son uno de los puntales del Programa de Posgrado. Este plan no es cuantificable como gasto corriente y deberá enmarcarse en las negociaciones en curso entre el MEC y las comunidades autónomas en el marco del proyecto I3.

- Financiación de los estudiantes:

Hasta ahora, una gran parte de los estudiantes de Tercer Ciclo/DEA aspirantes a realizar una Tesis Doctoral se financiaban con el sistema de becas FPU/FPI/CAM. Concretamente en el curso pasado, 2004-2005, 15 estudiantes de nuestro programa de doctorado de Física Teórica, de un total de 20 con el Diploma de Estudios Avanzado ya completado, obtuvieron una de estas becas. Por otra parte, también los estudiantes de nuestro programa que provenían de otras instituciones externas a la UAM, han tenido acceso a la financiación de ayudas de movilidad que concede el M.E.C para los programas que, como el nuestro, tienen concedida la "Mención de Calidad". En resumen, podemos decir que el porcentaje de estudiantes de nuestro programa de posgrado con financiación fue alto en el curso pasado.

Cara al futuro posgrado, creemos que la financiación básica en forma de becas es fundamental. Piénsese que en su gran mayoría, y dado los requisitos de calidad académica para su admisión, los estudiantes de este futuro posgrado serán personas que hayan cursado un/a grado/licenciatura brillantemente, en muchos casos financiados gracias a los programas de becas ya sean de tipo económico-familiar o becas de excelencia. Estos estudiantes, necesitarán por tanto una continuidad en su sistema de financiación a través de becas. Sin embargo con la implantación del nuevo Título Oficial de Máster se crea un vacío en este sistema de becas pues, por una parte, el Máster es requisito necesario para realizar la Tesis Doctoral, pero por otra no todos los estudiantes de Máster serán estudiantes de doctorado en la etapa posterior. Creemos conveniente, por tanto, la creación de nuevas becas específicas de máster para dar solución a este vacío. Entendemos que es responsabilidad del MEC y de la CAM la creación de un programa de becas específicas para los Máster de Calidad, de modo que una gran parte de los estudiantes admitidos a dichos Máster, lo fueran con la dotación de una beca asociada.

### 3.8.2. Tasas académicas

Partimos de la hipótesis de un sistema de financiación basado en parte en las Tasas académicas que, deberán ser a precios públicos, fijados por la UAM, dentro de los márgenes autorizados por la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM). Dado que el Máster al que se refiere esta propuesta es un Título Oficial de Posgrado, los

precios públicos a los que nos referimos deberían ser equiparables a los del actual DEA-Tercer Ciclo.

### **3.8.3. Infraestructura**

Partimos de la infraestructura existente en el Departamento de Física Teórica, módulo C-XI, y en el Instituto de Física Teórica, módulo C-XVI. En particular, contamos con las dos aulas de seminarios, una en cada uno de los módulos citados, que disponen de las dotaciones informáticas y de video necesarias. No obstante, dado que estas instalaciones son también utilizadas para otros fines como seminarios del departamento etc, que podrían coincidir en horarios con los del futuro posgrado, pensamos que sería conveniente la dotación de un aula específica para el posgrado, en horario de mañana y tarde, con al menos una pizarra y una capacidad de espacio, sillas y mesas para unos 50 estudiantes. Las dotaciones de red informática y cañón de video para este aula no son determinantes, aunque sí convenientes.

### **3.8.4. Otros gastos**

Dado que este programa de posgrado es esencialmente de contenido teórico, su puesta en marcha no requiere gastos de material, laboratorios, suministros, servicios, edificios, ni equipamiento. En cuanto a los gastos de gestión y administración asociados al programa de posgrado, consideramos que es competencia del Centro de Estudios de Posgrado de la UAM el realizar un estudio de evaluación del impacto de las nuevas necesidades de gestión y administración que supondrán la creación de nuevos Títulos Oficiales. Otros gastos asociados al desarrollo del programa como, por ejemplo, gastos de promoción y publicidad del programa, gastos de documentación científica, manuales y libros especializados, material informático para uso docente, material consumible (transparencias, cartuchos de tinta, etc.) y otros similares podrían ser cubiertos por alguna ayuda específica. Hasta ahora estos gastos se financiaban en parte con la ayuda específica del MEC para 'Gastos Asociados al Desarrollo de los Programas de Doctorado con Mención de Calidad'. Sería conveniente, por tanto, que dichas ayudas se consoliden.

### **3.8.5. Consideraciones finales**

Dado que la Facultad de Ciencias no dispone de una dotación específica para la implantación y desarrollo de programas de posgrado, entendemos que los posibles gastos asociados a la puesta en marcha y desarrollo del programa de posgrado de Física Teórica que aquí se propone deberán ser cubiertos con presupuestos externos a dicha facultad. Como ya hemos dicho a lo largo de esta sección, las ayudas económicas deberán provenir del MEC, la CAM y posiblemente alguna ayuda específica de la UAM.

Nombre	Inst.	Cargo	Linea Invest.	Título
Albajar, Carmen	UAM	TU	Exp.AE	M,D
Alvarez, Enrique	UAM-IFT	CU	GTCC	M,D
Barreiro, Fernando	UAM	CU	Exp.AE	M,D
Casas, Alberto	CSIC-IFT	PI	Feno.Part,Neut	M,D
Dominguez, Rosa	UAM	CU	Cosmo.AstroP	M,D
Donini, Andrea	UAM-IFT	RC	Feno.Part,Neut	M,D
Egido, J.Luis	UAM	CU	Nuc.MatCond.Est	M,D
Espinosa, Jose Ramón	CSIC-IFT	CT	Feno.Part,Neut	M,D
Fdez Barbón, Jose L.	CSIC-IFT	CT	GTCC	M,D
Fdez de Trocóniz, Jorge	UAM	TU	Exp.AE	M,D
Font, Ana María	CSIC-IFT	RC	GTCC,Feno.Cuer	M,D
García-Bellido, Juan	UAM-IFT	TU	Cosmo.AstroP	M,D
García, Margarita	UAM-IFT	RC	Ret	M,D
Gavela, Belén	UAM-IFT	CU	Feno.Part, Neut	M,D
Glasman, Claudia	UAM	RC	Exp.AE	M,D
Gómez,Cesar	CSIC-IFT	PI	GTCC	M,D
Glez-Arroyo, Antonio	UAM-IFT	CU	Ret, GTCC	M,D
Herrero, María José	UAM-IFT	TU	Feno.Part,Neut	M,D
Ibañez, Luis E.	UAM-IFT	CU	Feno.Cuer, GTCC	M,D
Ibarra, Alejandro	CSIC-IFT	RC	Feno.Part, Neut	M,D
Junclaus, Andrea	UAM	RC	Nuc.MAtCond.Est	M,D
Labarga, Luis	UAM	TU	Exp.AE	M,D
Landsteiner, Karl	CSIC-IFT	RC	GTCC	M,D
López, Cayetano	UAM-IFT	CU	Feno.Part	M,D
López, Esperanza	UAM-IFT	RC	GTCC	M,D
Moreno, Jesús	CSIC-IFT	CT	Feno.Part	M,D
Muñoz, Carlos	UAM-IFT	TU	Feno.Part, Feno.Cuer	M,D
Ortín, Tomás	CSIC-IFT	IC	GTCC	M,D
Parga, Néstor	UAM	TU	Nuc.MatCond.Est	D
Peso, Jose del	UAM	TU	Exp.AE	M,D
Poves, Alfredo	UAM-IFT	CU	Nuc.MatCond.Est	M,D
Quirós, Mariano	CSIC-IFT	PI	Feno.Part, Feno.Cuer	M,D
Rigolín, Stefano	UAM-IFT	RC	Feno.Part,Neut	M,D
Robledo, Luis M.	UAM	TU	Nucl.MatCond	M,D
Sánchez-Gómez, Jose L.	UAM	CU	FundMC.His	M,D
Sánchez Ron, Jose M.	UAM	CU	FundMC.His	M,D
Sierra, Germán	CSIC-IFT	IC	Nuc.MatCon.Est	M,D
Sint, Stefan	UAM-IFT	RC	Ret,Feno.Part	M,D
Terrón, Juan	UAM	TU	Exp.AE	M,D
Uranga, Angel	CSIC-IFT	CT	GTCC,Feno. Cuer	M,D
Yepes, Gustavo	UAM	TU	Cosmo.AstroP	M,D
Ynduráin, Francisco	UAM	CU	Feno.Part	M

Cuadro 3.2: Miembros integrantes del Programa de Posgrado





# Capítulo 4

## Anexos

### 4.1. Anexo I: Resúmenes de las materias componentes del Máster en Física Teórica

#### 4.1.1. Teoría cuántica de campos I (M1-S1-OB)

- 1.- Introducción: El camino hacia la Teoría Cuántica de Campos
- 2.- Descripción cuántica de un sistema de número arbitrario de partículas. Teoría de scattering relativista
- 3.- La segunda cuantización
- 4.- Cuantización canónica del campo escalar libre
- 5.- Campos escalares en interacción. Teoría de perturbaciones relativista. Diagramas y reglas de Feynman.
- 6.- Cuantización canónica del campo espinorial libre
- 7.- Campo espinorial en interacción. Teoría de Yukawa
- 8.- Electrodinámica cuántica. Teoría de perturbaciones para QED
- 9.- Simetrías en teoría de campos. Introducción a teorías gauge

#### 4.1.2. Gravitación (M1-S1-OB)

- 1.- Teoría Newtoniana de la Gravitación
- 2.- Relatividad especial

3. Principio de Equivalencia de Einstein
- 4.- Gravitación y Geometría
- 5.- Las ecuaciones de Einstein
- 6.- Soluciones exactas. Métrica de Schwarzschild
- 7.- Formulación Lagrangiana de las Teorías Métricas de la Gravitación
- 8.- Aproximación post-Newtoniana
- 9.- Ondas gravitacionales
- 10.- Colapso estelar. Agujeros negros

#### **4.1.3. Estructura Nuclear (M1-S1-OB)**

- 1.- Sistemas cuánticos de muchos cuerpos. El núcleo atómico
- 2.- La interacción nucleón-nucleón libre. Interacciones efectivas en el medio nuclear.
- 3.- El modelo de capas nuclear. Derivación del campo medio nuclear en la aproximación de Hartree-Fock.
- 4.- Descripción microscópica de las excitaciones vibracionales. Fonones nucleares. Coherencia/Colectividad.
- 5.- Núcleos con deformación cuadrupolar estable. Ruptura espontánea de las simetrías del hamiltoniano. Estados intrínsecos.
- 6.- La simetría  $SU(3)$  del oscilador armónico y el modelo de Elliott.
- 7.- Superfluidez nuclear. La aproximación BCS. El método de de Hartree-Fock-Bogolyubov
- 8.- Más allá de la aproximación de campo medio. Restauración de simetrías. Métodos de proyección.
- 9.- El método de la Coordenada Generadora. La ecuación de Hill-Wheeler.
- 10.- Temas Avanzados: Núcleos exóticos. Astrofísica nuclear. El núcleo como sede de procesos débiles; Desintegración beta doble.

#### 4.1.4. Complementos de Matemáticas (M1-S1-OB)

- 1.- Geometría diferencial: Definiciones generales de variedades y ejemplos. Álgebra tensorial en variedades, Álgebra exterior y diferencial exterior. Geometría Riemanniana, Conexión y curvatura. Introducción a la topología de variedades.
- 2.- Grupos y Álgebras: Definición y ejemplos de grupos. Grupos y Álgebras de Lie. Introducción a la teoría de representaciones de grupos y Álgebras de Lie. Ejemplos y aplicaciones en Física.
- 3.- Probabilidad y Estadística: Definiciones generales en Teoría de Probabilidades. Distribuciones de Probabilidad. Estimadores. Método de máxima verosimilitud. Tests de hipótesis. Intervalos de Confianza. Estadística Bayesiana. Método de Monte Carlo.

#### 4.1.5. Teoría cuántica de campos II (M1-S2-OB)

- 1.- Simetrías en TCC. Teorema de Goldstone.
- 2.- Deducción de las reglas de Feynman mediante la integral de camino
- 3.- Electrodinámica cuántica a un lazo. Regularizaciones Pauli-Villars y dimensional.
- 4.- Identidades de Ward en QED
- 5.- Acción efectiva y potencial efectivo.
- 6.- Introducción a la simetría gauge no abeliana.
- 7.- El ansatz de Faddeev-Popov y los fantasmas. Reglas de Feynman para una teoría gauge no abeliana.
- 8.- Estructura a un lazo: Cálculo de la función beta.
- 9.- BRST e identidades de Slavnov-Taylor
- 10.- Renormalización de teorías gauge
- 11.- El grupo de renormalización. Ecuaciones de Callan-Symanzik.
- 12.- Teorías gauge espontáneamente rotas
- 13.- La anomalía quiral singlete y no singlete. Cancelación de anomalías en teorías gauge

#### 4.1.6. Cosmología (M1-S2-OB)

- 1.- Los principios de la Cosmología
- 2.- Modelos de Friedmann-Robertson-Walker
- 3.- Historia térmica del universo
- 4.- La nucleosíntesis primordial
- 5.- La radiación de fondo de microondas
- 6.- Teoría de perturbaciones lineales
- 7.- La determinación de los parámetros cosmológicos
- 8.- Condiciones iniciales. Bariogénesis
- 9.- El Paradigma Inflacionario

#### 4.1.7. Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales I (M1-S2-OB)

- 1.- Introducción a la Física de Partículas.
- 2.- Simetrías en Física de Partículas.
- 3.- Modelo Quark y Modelo de Partones.
- 4.- Interacciones electromagnéticas. Aspectos básicos de QED y aplicaciones a la Física de Partículas. Aprendizaje de las técnicas de cálculo a nivel árbol y uso de las reglas de Feynman.
- 5.- Interacciones fuertes. Aspectos básicos de QCD y aplicaciones a la Física de Partículas.
- 6.- Interacciones Electrodébiles. Elementos básicos del Modelo Estándar  $SU(2) \times U(1)$  y aplicaciones a la Física de Partículas.

#### 4.1.8. Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales II (M2-S1-OB)

- 1.- El Modelo Estándar  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$  mas allá del nivel árbol.
- 2.- Quarks ligeros y Simetría quiral.
- 3.- Anomalías en el Modelo Estándar.

- 4.- Implicaciones del principio gauge.
- 5.- Problemas abiertos del Modelo Estándar. El problema del Flavour. Mecanismo de GIM. Masas de Dirac y Majorana de los fermiones. Mecanismo de Seesaw. Matrices CKM y PMNS. Violación de CP. Conservación de B-L.
- 6.- Física de neutrinos. Escala absoluta de masas: desintegración del Tritio y  $\nu 0\beta\beta$ . Oscilaciones de neutrinos: fenomenología y experimentos.
- 7.- Física de mesones B y K . Violación de CP en el sector hadrónico.
- 8.- El problema de violación de CP en QCD.
- 9.- Momento dipolar eléctrico del neutrón y electrón. Límites al problema CP fuerte y a física electrodébil.
- 10.- Asimetría materia-antimateria: Bariogénesis y Leptogénesis.

#### 4.1.9. Física Experimental de Altas Energías (M2-S1-OB)

- 1.- Técnicas en Física experimental de partículas: Aceleradores. Detectores. Adquisición y análisis de datos: aplicaciones de métodos estadísticos en Física de Altas Energías.
- 2.- Tests experimentales del Modelo Estándar: Tests básicos de QCD, QED y  $SU(2) \times U(1)$ . Medidas de los parámetros básicos del Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales. Medidas de la matriz CKM. Medidas de correcciones radiativas.
- 3.- Temas de interés en Física de Partículas: Estado presente y perspectiva futura de las medidas experimentales de las propiedades de los neutrinos. Búsqueda del(os) boson(es) de Higgs en los futuros aceleradores: LHC y aceleradores lineales. Búsqueda de nuevas partículas en los futuros aceleradores. Medidas más relevantes en Física de Astropartículas y Cosmopartículas. Mejoras en las medidas de violación de CP: Factorías de mesones B.

#### 4.1.10. Teoría cuántica de campos III (M2-S2-OP)

- 1.- Renormalización de operadores compuestos y OPE.
- 2.- Ejemplos de métodos no perturbativos en TCC: El límite de gran N en teorías escalares. El límite de gran N en teorías gauge.
- 3.- Ejemplos de configuraciones clásicas estacionarias en TCC: Vórtices en teorías gauge abelianas. El monopolo de 't Hooft-Polyakov.

- 4.- Configuraciones de tipo pseudopartícula: Aproximación semiclásica de la integral de camino: soluciones euclideas y efecto tunel. Aplicación a teorías gauge no-abelianas: El instantón BPST. Aproximación de gas diluido. Aplicaciones fenomenológicas: El vacío  $\theta$  y el problema de CP de las interacciones fuertes. Solución del problema  $U(1)$  en QCD. Esfalerones y violación del número bariónico.

#### 4.1.11. Física computacional (M2-S2-OP)

- 1.- Introducción a la arquitectura de los ordenadores  
Componentes y características principales de un ordenador y su impacto en el cálculo científico. Ordenadores secuenciales. Ordenadores paralelos: memoria compartida y distribuida
- 2.- Métodos numéricos  
Métodos numéricos básicos: interpolación, diferenciación, integración, ceros de funciones. Resolución de sistemas de ecuaciones lineales: factorizaciones Diagonalización de matrices: métodos directos y de Krilov. Minimización de funciones multidimensionales. Ecuaciones diferenciales ordinarias: valores iniciales y de frontera Ecuaciones en derivadas parciales: método de los elementos finitos. Metodo Montecarlo. Transformadas de Fourier y Waveletes.
- 3.- Métodos algebraicos  
Breve introducción a los métodos del álgebra simbólica.

#### 4.1.12. Introducción a Teorías de Campos en el Retículo (M2-S2-OP)

- 1.- Campo escalar  
Discretización del campo escalar. Funciones de correlación euclideas. Formulación de integral funcional. Matriz de transferencia. Cuantización canónica vs. cuantización euclídea.
- 2.- Campos gauge  
Discretización de teorías gauge abelianas. Teorías gauge no abelianas, formulación de Wilson. Medida de integración. Matriz de transferencia.
- 3.- Teorías gauge puras  
Criterios de confinamiento. Acoplo fuerte. Glueballs.
- 4.- Fermiones en la red  
Discretización naif de los fermiones. El problema de las réplicas. Fermiones de Wilson. Fermiones staggered. Fermiones de Ginsparg-Wilson.

- 5.- Extracción de cantidades físicas  
Límite al continuo. Espectros. Elementos de matriz.
- 6.- Simulaciones  
Método Monte-Carlo. Generadores de números random. Dinámica molecular.  
Solución iterativa de sistemas lineales.
- 7.- Temas específicos  
Trivialidad. Temperatura finita y potencial químico. Transiciones de fase. Acciones ‘improved’.

#### 4.1.13. Introducción a la Teoría de Cuerdas (M2-S2-OP)

- 1.- Introducción y propiedades generales
- 2.- La cuerda bosónica. La cuerda bosónica cerrada: Cuantización, espectro y algunas propiedades. Amplitud de vacío a 1-loop e invariancia modular. Compactificación toroidal de la cuerda cerrada.
- 3.- Supercuerdas en 10 dimensiones Supercuerdas de tipo II: Cuantización, espectro, y algunas propiedades. Supercuerdas heteróticas: Cuantización, espectro y propiedades. Cuerdas abiertas. Supercuerda tipo I
- 4.- Compactificación. Compactificación toroidal de supercuerdas. Compactificación en espacios Calabi-Yau: Fenomenología de la cuerda heterótica. Compactificación en orbifolios.
- 5.- Branas y dualidad. P-branas en teorías de cuerdas. D-branas en teorías de cuerdas. Dualidad en teoría de cuerdas. Teoría M. Efectos no perturbativos. D-branas y teorías gauge. Fenomenología de modelos de D-branas. Estados (D-branas) no supersimétricos en teoría de cuerdas.

#### 4.1.14. Introducción a Supersimetría (M2-S2-OP)

- 1.- Motivación. El problema de la jerarquía electrodébil.
- 2.- Supersimetría Global. Espinores de Weyl. Algebra supersimétrica. Espectro de una teoría supersimétrica. Transformaciones supersimétricas. Superespacio y Supercampos.
- 3.- Interacciones y Lagrangianos. Superpotencial y Potencial de Kähler. Gauge de Wess-Zumino. Teoremas de no-renormalización. Aplicación al MSSM.
- 4.- Ruptura de Supersimetría. Ruptura F y Ruptura D. Goldstino. Mecanismo de super-Higgs. Descripción efectiva. Términos soft. Aplicación al MSSM.

- 5.- Sector observable y sector oculto
- 6.- Ruptura Electrodebil. Potencial de Higgs en el MSSM. Ruptura radiativa. Problema  $\mu$ . Modelos no Minimales (NMSSM, etc.). Espectro del MSSM despues de la ruptura electrodebil.
- 7.- Señales Experimentales de la Supersimetría.
- 8.- Supersimetría Local: Supergravedad

#### 4.1.15. Física más allá del Modelo Estándar (M2-S2-OP)

- 1.- Exitos y Problemas abiertos del Modelo Estándar. Incorporación de la gravitación. Problemas de Naturalidad. Problemas Cosmológicos.
- 2.- Restricciones a la Física más allá del Modelo Estándar. Expansión en Operadores efectivos.
- 3.- GUTs, Unificación Perturbativa. Aspectos básicos de SU(5) y SO(10).
- 4.- El vacío de QCD y el Problema CP fuerte. Mecanismo de Peccei-Quinn. Axiones.
- 5.- Solución de SUSY al problema de las jerarquías. El MSSM.
- 6.- Modelos alternativos de Ruptura Electrodebil. Technicolor. Modelos de Little Higgs.
- 7.- Modelos con Dimensiones Extras. Motivación (Teoría de cuerdas). Modelos a la ADD. Modelos a la Randall-Sundrum.
- 8.- El problema del sabor y posibles soluciones. Posible origen de la jerarquía fermiónica. Simetrías de sabor. Mecanismos de generación de masas de neutrinos.
- 9.- Problemas Cosmológicos. Posibles candidatos a Materia Oscura y Energía Oscura. Modelos de Bariogénesis y Leptogénesis. Producción de Defectos Topológicos

#### 4.1.16. Cosmología Avanzada (M2-S2-OP)

- 1.- Los problemas de condiciones iniciales de la Teoría del Big Bang. El problema de la planitud. El problema de la homogeneidad. El origen de la materia y la estructura en el universo.
- 2.- El paradigma de la inflación cosmológica. Dinámica de un campo escalar homogéneo. La aproximación de "slow-roll".



- 3.- El origen de las perturbaciones de densidad. La Teoría de Perturbaciones Cosmológicas invariantes gauge. Teoría Cuántica de Campos en Espacios Curvos.
- 4.- Las anisotropías del fondo de radiación de microondas. Oscilaciones acústicas en el plasma. El efecto Sachs-Wolfe. Los espectros de potencia de las anisotropías en la temperatura y la polarización del fondo de radiación. COBE, MAP y Planck
- 5.- De las fluctuaciones de la métrica a la estructura a gran escala. El espectro de potencia de la materia. El Sloan Digital Sky Survey.
- 6.- El recalentamiento del universo. La producción de partículas en el universo primitivo. Resonancia paramétrica e inestabilidad espinodal. Dependencia con los acoplos y masas de las partículas.
- 7.- El origen de la asimetría materia-antimateria. Bariogenesis electrodébil a partir del recalentamiento después de inflación.
- 8.- La estructura global del universo. Inflación estocástica y cosmología cuántica. Inflación eterna.

#### **4.1.17. Seminarios de Física Teórica (M1-S2-OB)**

Serie de seminarios impartidos por los miembros del programa de posgrado y miembros visitantes de otras instituciones nacionales y extranjeras, sobre temas monográficos relacionados con las líneas de investigación del programa, expuestos en la sec.3.2.4. Existirá asimismo un profesor encargado de la coordinación y de la calificación de la asignatura.

#### **4.1.18. Iniciación a la Investigación (M2,S1+S2,OP)**

Trabajo de iniciación a la investigación que el estudiante (en Opción A) deberá realizar durante el segundo curso del Máster, bajo la tutela de un profesor o investigador participante en el Programa de Posgrado (ver sección 3.6.1), sobre algún tema relacionado con las líneas de investigación del programa (ver sección 3.2.4). Dicho Tutor será el encargado de proponer el tema de iniciación a la investigación y de proponer la calificación. Existirá asimismo un profesor encargado de la coordinación y de la calificación de la asignatura.

#### **4.1.19. Tesis de Máster (M2,S2,OB)**

Realización y presentación ante Tribunal de una Memoria de Tesis conteniendo: o bien los resultados de la investigación realizada (Opción A), o bien un resumen

de carácter bibliográfico sobre un tema de actualidad en la Física Teórica de Altas Energías (Opción B). Ambos trabajos serán supervisados por un profesor del programa. La realización de esta Tesis de Máster, su presentación ante Tribunal, y la superación de esta prueba, darán acceso al Título Oficial de Máster en Física Teórica.

## **4.2. Anexo II: Esquema Resumen del Plan de Estudios del Título de Máster en Física Teórica**

Mód.	Materia	Duración	Tipo	Esp.	ECTS	Horas de aprendizaje		
						Teoría	Prácticas	Trab. personal y otras act.
-	Teoría Cuántica de Campos I	Semest.	OB	-	8	30	10	160
-	Gravitación	Semest.	OB	-	8	30	10	160
-	Estructura Nuclear	Semest.	OB	-	8	30	10	160
-	Complementos de Matemáticas	Semest.	OB	-	6	20	10	120
-	Teoría Cuántica de Campos II	Semest.	OB	-	8	30	10	160
-	Cosmología	Semest.	OB	-	8	30	10	160
-	Modelo Estándar de las Int. Fund. I	Semest.	OB	-	8	30	10	160
-	Modelo Estándar de las Int. Fund. II	Semest.	OB	-	8	30	10	160
-	Física Exp. de Altas Energías	Semest.	OB	-	8	30	10	160
-	Seminarios de Física Teórica	Semest.	OB	-	6	30		120
-	Iniciación a la Investigación	Anual	OP	-	18			450
-	Teoría Cuántica de Campos III	Semest.	OP	-	6	20	10	120
-	Física Computacional	Semest.	OP	-	6	20	20	110
-	Int. a Teoría de C. en el Retículo	Semest.	OP	-	6	20	10	120
-	Int. a Teoría de Cuerdas	Semest.	OP	-	6	20	10	120
-	Int. a Supersimetría	Semest.	OP	-	6	20	10	120
-	Física más allá del Mod. Estándar	Semest.	OP	-	6	20	10	120
-	Cosmología Avanzada	Semest.	OP	-	6	20	10	120
-	Tesis de Máster	Semest.	OB	-	8			200
TOTAL CRÉDITOS MÁSTER (OFERTADOS)					120 (144)	OB 84	OP 36 (60)	



# Bibliografía

- [1] M.E.C. *Real Decreto 55/2005 de 21 de Enero de 2005*, B.O.E.num.21,1255, 25 de Enero de 2005
- [2] M.E.C., *Real Decreto 56/2005 de 21 de Enero de 2005* B.O.E.num.21,1256, 25 de Enero de 2005
- [3] Centro de Estudios de Posgrado y Formación Continua de la U.A.M, *Normativa de estudios oficiales de posgrado, aprobado en Consejo de Gobierno de 22 de Abril de 2005*, Ed. Servicio de edición e imprenta de la U.A.M., 2005.  
Consultar página web:[www.uam.es/estudios/doctorado/default\\_principal1.html](http://www.uam.es/estudios/doctorado/default_principal1.html)
- [4] *Programas de Tercer Ciclo y Doctorado en Física Teórica de la U.A.M* Páginas web:  
[www.ft.uam.es/docencia/doctoradoft.html](http://www.ft.uam.es/docencia/doctoradoft.html), [www.uam.es/estudios/doctorado](http://www.uam.es/estudios/doctorado)
- [5] *Plan de Estudios de la Licenciatura de Físicas de la U.A.M.* Página web:  
[www.uam.es/estudios/titulaciones/licenciaturas/ciencias/lfisicas.html](http://www.uam.es/estudios/titulaciones/licenciaturas/ciencias/lfisicas.html)