

Convocatoria de Acciones para la Adaptación de la UEx al EEES

Modalidad A

Proyecto FISCUESTA

MEMORIA FINAL

Autores:

Vicente Garzó Puertos
Andrés Santos Reyes
Juan Jesús Ruíz Lorenzo
Santos Bravo Yuste

Análisis previo de la Titulación

Objetivos del título

La Física es una ciencia experimental básica cuyo desarrollo es importante para el sistema de ciencia y tecnología de cualquier país moderno, por lo que tiene una fuerte implantación en todos los sistemas universitarios de los países desarrollados. Los estudios de Física, sin embargo, no sirven solamente a aquellos estudiantes interesados en integrarse profesionalmente en el sistema de investigación, sino que les provee de una formación amplia que proporciona una capacidad de empleo muy elevada. Además, el espectro de trabajos que desarrollan los titulados es muy amplio.

Esto indica que la amplitud y aplicabilidad de las destrezas adquiridas por los estudiantes de Física es apreciada por la sociedad y no se limita, como en ocasiones se cree, a formar futuros docentes e investigadores. Debido a la versatilidad que ofrece, es importante que se imparta una titulación de Física variada y de calidad. Mediante el estudio y aprendizaje de las materias básicas de la física se consiguen los siguientes objetivos:

- El físico debe ser capaz de evaluar y discernir entre los órdenes de magnitud, así como de desarrollar una clara percepción de situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías, lo que permite el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas. Para ello es importante que el estudiante, además de dominar las teorías físicas, adquiera un buen conocimiento y dominio de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados.
- El estudiante debe desarrollar la capacidad de identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja, lo que le permitirá construir un modelo simplificado que describa con la aproximación necesaria el objeto de estudio y permita realizar predicciones sobre su evolución futura. El físico debe ser capaz también de identificar la forma de comprobar la validez del modelo y de introducir las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones del modelo y las observaciones.
- El estudiante debe familiarizarse con el trabajo en el laboratorio, la instrumentación y los métodos experimentales más usados. Además, debe ser capaz de realizar experimentos de forma independiente y describir, analizar y evaluar críticamente los datos obtenidos.

Situación de los estudios en Europa

Un estudio amplio de la situación de los estudios de Física en diversas universidades europeas permite extraer una serie de conclusiones generales. La primera de ellas es que muchos de los países europeos han dado pasos decididos a favor de la organización de la convergencia al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), que en muchos casos se ha regulado por decretos o disposiciones ministeriales. El horizonte de convergencia se sitúa en el periodo 2005-2007 para la mayoría de estos países. Sin embargo, quedan algunos países en los que este horizonte parece más lejano.

También hay que destacar un punto: ¿hacia dónde se converge? Desde el punto de vista de España, país pionero en la enseñanza universitaria en los siglos XIII a XV y que ha ido evolucionando

continuamente hacia una pérdida de peso específico en este tema, parece que lo más adecuado es, más que una convergencia propiamente dicha, una primera etapa de aproximación al entorno. Es posible y no demasiado traumático acercarnos a la situación del entorno continental. El modelo del Reino Unido queda algo alejado de esa convergencia. Presenta ciertas particularidades que lo alejan del núcleo antes mencionado. El acercamiento entre el modelo continental y el modelo británico presentará sin duda algunas singularidades puesto que el Reino Unido tiene una estructura articulada en dos ciclos y las enseñanzas de menos duración son una tradición en este país.

Aunque la diferente tradición de los países europeos provoca que el nivel alcanzado después de tres años de estudios pueda ser algo dispar de uno a otro (por ejemplo, en algunas universidades alemanas se llega a contemplar un trabajo conectado con empresas o con la iniciación a la investigación después de tres años), los contenidos cubiertos en materias de física, desde la física clásica a la física moderna, son más bien uniformes en todos los países. Esa complementariedad también se aprecia en los trabajos de laboratorio docente. Por contra, el mayor o menor énfasis en la preparación matemática o en métodos computacionales es muy específico de cada universidad, teniendo en cuenta que no hay una troncalidad externamente definida cuando se trata de titulaciones de Física. La característica más sobresaliente en los estudios de los tres primeros años es el énfasis en el conocimiento de los fenómenos físicos que han conducido a la síntesis científica de un cuerpo de conocimiento. La titulación del “Bachelor” en Física es nueva en la mayor parte de países, salvo en el Reino Unido o la “Licence” francesa, por lo que es prematuro querer identificar cuáles son las funciones que este titulado podrá ejercer, mucho más en unos estudios de tanta versatilidad como los de Física. También es prematuro asignar al “Bachelor” una formación finalista o no. Consultas con algunas universidades parecen indicar que, de momento, se considera el “Bachelor” de tres años como una titulación “intermedia”.

Dentro de la pluralidad de sistemas educativos y opciones de convergencia, a pesar de provenir de estructuras académicas muy distintas (como por ejemplo las de Francia y Alemania), se perciben tendencias uniformes y convergencia en las propuestas para la duración del primer ciclo o Grado. Tomando como muestra 15 países europeos (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Irlanda, Islandia, Italia, Noruega, Portugal, Reino Unido y Suecia), 13 optan por un primer ciclo de 3 años y sólo 2 (Grecia y Portugal) lo hacen por el de 4 años. Hay que señalar que los sistemas educativos de los países de gran tradición científica, que representan un porcentaje muy elevado del volumen de estudiantes en Europa, optan por un primer ciclo de 3 años. Nótese que esta uniformidad facilita la movilidad de estudiantes dentro de estos países y que, adicionalmente, un segundo ciclo de dos años (Master) permite una buena especialización con complementos de formación muy diversos, aprovechando así las orientaciones específicas de las distintas universidades hacia las distintas ramas de la Física.

Debe hacerse notar, sin embargo, que el sistema de educación pre-universitario es bastante dispar, y no uniforme, en los distintos países europeos. En algunos casos, como en Alemania, Italia y Noruega, la duración de esos estudios es superior en un año a la española debido a que la conclusión de la enseñanza secundaria y, por tanto, la entrada en la Universidad tiene lugar a los 19 años. En otros países, como el Reino Unido y Holanda, la mayor duración de los estudios pre-universitarios se debe al inicio de la escuela primaria a los 5 años. Aún en otros, como los nórdicos Dinamarca y Finlandia, la duración de estudios pre-universitarios es igual a la de España, pero con edades de entrada y de conclusión un año más tarde. A la vista de este panorama, es difícil dar un criterio convergente sobre la formación recibida a la entrada del estudiante en la Universidad, tanto en contenidos como en el nivel de los mismos. Al menos en cuanto a nivel, es probable que esa disparidad también se dé entre estudiantes de un mismo país procedente de distintas instituciones de enseñanza secundaria. Todas esas incertidumbres parecen aconsejar que el primer año de los estudios de Física universitaria tenga como misión, entre otras, la de señalar una referencia para los contenidos y el nivel de inicio de esos estudios.

Un análisis de la situación en Europa indica que la duración del “Bachelor” es de tres años en casi todos los países, con algunas excepciones. Uno de los problemas que podría desmotivar a algunos

estudiantes es la existencia de un itinerario de cuatro años en el que no aparezca ningún título intermedio—con competencias evidentemente reducidas—para aquéllos que, por las causas que sean, abandonen los estudios antes de su finalización completa. A este respecto, son remarcables modelos como el francés. La estructura francesa hace que un estudiante, tras dos años superados, obtenga el “DEUG” (“Diplôme d’Études Universitaires Générales”), al siguiente año la “Licence” y al siguiente la “Maîtrise”. Así el punto final lo decide el estudiante en función de una serie de parámetros personales y recibe un reconocimiento de todo lo que ha estudiado. Si España se decidiese por la opción de cuatro cursos para el Grado, quizás sería recomendable para el proceso de convergencia pensar seriamente en la definición de un título oficial intermedio después de tres años. Ello permitiría una mejor adaptación para la movilidad de los estudiantes a otros países. No habría serios problemas en mantener dos niveles de titulación en el Grado, más luego el Posgrado y finalmente el Doctorado.

En cuanto a los contenidos de las materias que conforman el Grado, ya hemos indicado antes que son suficientemente uniformes en los distintos países. Por el reconocimiento profesional de los graduados españoles, podemos afirmar que estos contenidos son muy asimilables. En España existe una cierta tendencia, en recesión, hacia el academicismo. Comparados con Europa, los contenidos actuales españoles son, en ocasiones, excesivamente formales y quizá no suficientemente enfocados al carácter fenomenológico y experimental de la Física.

Otro aspecto importante que merece ser considerado es la formación del profesorado que imparte las diversas asignaturas del Grado. La procedencia del profesorado en la mayoría de los modelos hacia los que parece debemos converger es mucho más “transversal” que en España. Así, aunque la Física, como toda ciencia, está dividida en una serie de campos, en los primeros cursos universitarios el profesorado en el resto de Europa es bastante permeable de un campo a otro e imparte materias que no son necesariamente de su campo científico. Podemos decir que la especialización de un profesor universitario en Europa viene dada por su actividad de investigación mientras que, en docencia, es algo más polivalente que el profesorado español.

Situación actual de los estudios en las universidades españolas

En la actualidad los estudios de Física se ofertan en 21 universidades públicas (UAB, UAM, UB, UCM, UCO, UEX, UGR, UIB, ULL, UMU, UNED, UNICAN, UNIOVI, UPV-EH, USAL, USC, USEV, UVA, UVEG, UVIGO y UZAR). Las licenciaturas en Física están adscritas a una Facultad de Física (UB, UCM, ULL, USC, USEV y UVEG) o a una Facultad de Ciencias (UAB, UAM, UCO, UEX, UGR, UIB, UNED, UNICAN, UNIOVI, UPV-EH, USAL, UVA, UVIGO y UZAR), excepto en la Universidad de Murcia, donde está adscrita a su Facultad de Química.

En las Universidades donde existe una Facultad de Física específica, la Licenciatura en Física se imparte como única titulación (Universidad de Santiago de Compostela y Universidad de Sevilla) o conjuntamente con algunos estudios de segundo ciclo (Ingeniería Electrónica o Ingeniería de Materiales) o de primer ciclo (Ingenierías Técnicas o Diplomatura en Óptica), como es el caso de la Universitat de Barcelona, la Universidad Complutense de Madrid, la Universitat de València o la Universidad de La Laguna. En la Universitat de València recientemente ha sido creada la Escuela Técnica Superior de Ingenierías (ETSE) y en este nuevo centro se impartirán las 4 ingenierías actualmente adscritas a la Facultad de Física. Por tanto, la Facultad de Física de la Universitat de València impartirá únicamente la Licenciatura en Física y la Diplomatura en Óptica y Optometría.

Por otra parte, en las Universidades donde existe una Facultad de Ciencias, la Licenciatura en Física se imparte conjuntamente con otras titulaciones afines (Química, Matemáticas, Biología, Bioquímica, Ciencias Ambientales, Geología, Informática, Ingeniero Químico, Ingeniero Geólogo)

y diplomaturas (Estadística, Óptica y Optometría, Nutrición y Dietética). Esta estructura es muy variada en las distintas universidades.

La simultaneidad de titulaciones en un mismo centro tiene una cierta correlación con algunas de las asignaturas obligatorias y con las asignaturas optativas que se ofertan en el Plan de Estudio de la Licenciatura en Física de cada Centro. La oferta de títulos propios es bastante más reducida, limitándose a títulos de Master en Temas Medioambientales o Informáticos. Es de destacar la Universitat de les Illes Balears que es la única que oferta un título propio con el primer ciclo de la Licenciatura actual.

Un aspecto importante a destacar es la disminución general del número de alumnos que cursan los estudios de Física. Así por ejemplo, en el curso 1995-1996 había un total de 15.000 alumnos aproximadamente, mientras que ese número disminuyó hasta unos 8.500 en el curso 2003-2004. Dado que generalmente la oferta de plazas es superior a las solicitudes, la nota mínima de acceso es prácticamente de 5. La caída en el número de alumnos se observa también, de forma especial en el curso 2000-2001, en el número de alumnos de nuevo ingreso. Éste es un fenómeno que se ha observado tanto a nivel europeo como en los Estados Unidos. En este país la tendencia se ha frenado claramente en los tres últimos años y parece que se aprecia un repunte en el número de alumnos que empiezan sus estudios de Física. En España la disminución de nuevos alumnos ha venido agravada por la creación en muchas universidades durante los últimos años de nuevas titulaciones que compiten por el mismo perfil de alumno con la de Física. Por otro lado, el porcentaje de alumnos que han escogido Física como primera opción ha sido siempre alto, aumentando desde el 82% en el curso 1999-2000 hasta el 89% en el curso 2002-2003.

Una vez completado el primer ciclo de la licenciatura en Física es posible acceder, bien directamente, bien mediante pasarelas, a diversas titulaciones de segundo ciclo, especialmente a la titulación de Ingeniería Electrónica, que está adscrita en muchas universidades a la misma facultad que la licenciatura en Física.

Es de destacar que en la actualidad el promedio del número de años que tardan los alumnos en terminar la licenciatura desde su ingreso es alrededor de 6.5 años, con una edad media de 24.9 años. Además, en general el porcentaje de alumnos que abandonan sus estudios es relativamente alto, situándose alrededor del 40%.

Estructura actual de los planes de estudio

El plan de estudios de Licenciado en Física ha sido renovado, basándose en las directrices generales para el título de Licenciado en Física, en todas las universidades españolas excepto en la UNED. La UNED aprobó un plan de estudios renovado, que fue publicado en el BOE N° 68 del 20 de marzo de 1997, pero no se ha llegado a implantar nunca, manteniendo por tanto la estructura del plan de estudios anterior a las directrices generales. En cualquier caso la estructura de este plan es asimilable a las de los planes renovados, asignándose 15 créditos a las asignaturas anuales y 7,5 a las asignaturas cuatrimestrales.

En los planes renovados se distingue entre asignaturas troncales (definidas por el Real Decreto del Ministerio), obligatorias de la universidad (específicas de cada universidad y que necesariamente deben cursar sus alumnos), optativas (que se ofertan específicamente para esta titulación) y de libre configuración por el alumno. Usualmente, los alumnos pueden conseguir créditos de libre configuración con actividades diferentes al seguimiento de una asignatura. Las asignaturas troncales incorporan los contenidos de las materias troncales indicados en el Real Decreto 1413/1990, debiendo tener al menos el número de créditos fijado en dicho Real Decreto, pero en la mayoría de los casos los créditos asignados a estos descriptores han sido ampliados.

Los estudios están estructurados en cuatro o cinco años, con una mayoría de 17 universidades optando por los cinco años y 4 universidades optando por la titulación en cuatro años (UAM, UB, UGR y ULL). Además, dos de estas universidades (UAM y UGR) con planes de estudio de cuatro años ofertan a sus alumnos la opción de repartir las materias entre cuatro o cinco años. Los cambios recientes han recuperado los cinco años de licenciatura en algunas universidades que optaron inicialmente por los cuatro. Los planes de estudio de Licenciatura en Física en las universidades españolas tienen entre 300 y 340 créditos repartidos en dos ciclos. Diez universidades (UAB, UAM, UB, UGR, UIB, ULL, UMU, UNED, USC, UVEG) se quedan en el límite inferior de 300 créditos totales fijados por el Real Decreto, mientras que otras once universidades superan este límite, la mayoría en un porcentaje reducido.

En cuanto a la distribución dentro de la licenciatura por tipo de asignatura, los créditos troncales han sido ampliados en todas las universidades desde los 138 requeridos por el Real Decreto a un rango entre 150 y 207 (sin considerar el caso de la UNED que no oferta su plan de estudios renovado). En media, la troncalidad ha sido ampliada desde los 138 (46%) hasta los 169,2 (54%). Las asignaturas obligatorias de las universidades suponen entre 24 y 87 créditos (de nuevo, sin considerar la UNED), con una media de 80,5 créditos (7% de media). Como asignaturas optativas se requieren entre 30 y 86 créditos, con una media de 59,2 (19%) del total de la titulación. Por último, los créditos de libre configuración se limitan a poco más del mínimo exigido (10%) en los planes renovados.

Respecto a la estructura del primer ciclo, dependiendo de la universidad, los alumnos deben superar 150 créditos o algo más de 200. La media de créditos asignados a las materias troncales es de 115 créditos, superior a los 90 establecidos por el Real Decreto (se han ampliado los créditos de las asignaturas troncales del primer ciclo en 27,8%). En media, el 62% de los créditos del primer ciclo son troncales y el 24% obligatorios, dejando poco margen para otro tipo de créditos en el primer ciclo. Así, los créditos optativos y de libre configuración son un porcentaje pequeño del total de créditos para este ciclo. Se observa así unos primeros ciclos muy cerrados con poca optatividad.

Sin tener en cuenta la UNED, que mantiene el plan de estudios antiguo, la media de créditos obligatorios en el primer ciclo se distribuyen como sigue:

- 20,5 créditos de asignaturas de física (44,1%)
- 5,5 créditos de laboratorio de física (11,7%)
- 3 créditos de química (6,4%)
- 8,5 créditos de matemáticas (18,2%)
- 9,1 créditos de cálculo numérico, informática o programación (19,5%)

Es de destacar que un buen número de los créditos de física aparecen ligados a una asignatura de “Fundamentos de Física” en primer curso, previa a cursar las materias de física establecidas como troncales. Estos créditos obligatorios se suman a los troncales y la ampliación de créditos de troncales para configurar los créditos que deben superar los alumnos de manera obligatoria. Como referencia, los créditos troncales (según el Real Decreto) se distribuyen en:

- 93 créditos de asignaturas de física (67,4% de la troncalidad)
- 18 créditos de laboratorio de física (13% de la troncalidad)
- 27 créditos de matemáticas (19,6% de la troncalidad)

En cuanto a la estructura del segundo ciclo, el número total de créditos varía entre 120 y 150, con un valor medio de 129, de manera que la mayoría de las universidades se quedan en la zona próxima al mínimo de 120 créditos. La media de créditos asignados a las materias troncales es de 56 créditos, levemente superior a los 48 establecidos por el Real Decreto (aumentan en un 16,7%,

frente al 27,8% de ampliación de créditos de troncalidad en el primer ciclo). En media, poco más del 54% de los créditos del segundo ciclo son troncales y algo menos del 10% son obligatorios. Así, el porcentaje de asignaturas optativas en el segundo ciclo (48,6 créditos de media, representando un 37,6%) es muy superior al establecido en el primer ciclo (5,5%), reduciéndose el peso relativo de las asignaturas troncales (42%) y obligatorias (7,5%) en relación al primer ciclo (63% y 24%, respectivamente). En algunas universidades, todas las asignaturas optativas se concentran en el segundo ciclo. Las asignaturas troncales en el segundo ciclo representan una carga docente para los alumnos normalmente inferior a la mitad de los créditos totales que deben superar en este ciclo. Considerando toda la licenciatura, las asignaturas troncales representan entre el 45% y el 67% del total de créditos (la troncalidad en la UNED es del 85%, pero su licenciatura se mantiene con el plan de estudios antiguo).

El segundo ciclo es mucho más abierto que el primero, dejando espacio al establecimiento de itinerarios o intensificaciones que recuperan, en parte, las especialidades que existían en los planes anteriores. La estructura de estos itinerarios es muy variada, un síntoma de la gran diversidad de la física y en muchos casos, responde a una recuperación de las especialidades que desaparecieron con los planes de estudios renovados.

Inserción laboral y perfiles profesionales

De una encuesta realizada por la ANECA y respondida por 857 egresados (65,6% hombres y 34,4% mujeres) que terminaron sus estudios entre 1999 y 2003, se obtienen los siguientes resultados:

- Nota media expediente
 - Aprobado: 51,6%
 - Notable: 23,3%
 - Sobresaliente: 3,3%
 - Matrícula: 0,4%
 - No contesta: 21%

- Situación laboral
 - Trabajo relacionado con sus estudios: 34,3%
 - Trabajo no relacionado con estudios: 25,9%
 - Amplia estudios: 15,9%
 - Paro y ha trabajado: 5,8%
 - Busca primer empleo: 8,5%
 - Otra: 9,6%

- Empleos por sector (perfiles profesionales)
 - Docencia Universitaria/Investigación: 30,1%
 - Docencia no universitaria: 21,5%
 - Administración Pública: 3,9%
 - Banca, Finanzas, Seguros: 1,9%
 - Consultoría 6,2%
 - Informática y Telecomunicaciones: 19,4%
 - Industria: 7,9%
 - Otros: 9,1%

Es muy posible que haya un cierto sesgo en las respuestas en el sentido de que éstas provengan en gran medida del ámbito universitario y no respondan en cuanto a porcentajes a una distribución real del tipo de trabajo que realizan los físicos. No obstante, los datos sí que recogen los sectores más comunes donde los licenciados en Física ejercen su actividad laboral. El análisis de los datos desglosados por años muestra que el paro disminuye con los años, estabilizándose alrededor del 6% para egresados con 3 ó más años después de terminar la carrera. Existe también un aumento del porcentaje de docencia universitaria en los últimos años que posiblemente responde a la actividad en la Universidad como becarios o profesores asociados. Por otra parte, se puede apreciar claramente la disminución en el tiempo a medida que pasan los años del porcentaje de licenciados que desarrollan su actividad en la docencia no universitaria, mientras que el sector de la Informática/Telecomunicaciones va teniendo un peso cada vez más relevante para los físicos.

Es de destacar que un importante número de licenciados en Física trabaja actualmente en empresas de banca, finanzas y seguros. El motivo por el que se da este fenómeno es la capacidad de los físicos para construir modelos que describan procesos complejos (como puede ser la evolución de mercados financieros) y, mediante estos modelos, predecir la evolución futura de esos procesos.

Competencias genéricas y específicas

Competencias genéricas

En este apartado vamos a resumir la valoración que los licenciados en Física encuestados dan a las competencias transversales o genéricas de la titulación.

Las competencias *Capacidad de análisis y síntesis*, *Capacidad de organización y planificación*, *Conocimientos de informática*, *Resolución de problemas*, *Trabajo en equipo*, *Razonamiento crítico* y *Aprendizaje autónomo* constituyen competencias muy bien valoradas para todos los perfiles profesionales. Además, las encuestas realizadas entre los empleadores muestran que también constituyen para éstos competencias muy relevantes.

Por el contrario, un grupo de competencias que tienen una valoración muy baja en la mayor parte de los perfiles son *Conocimiento de otras culturas y costumbres*, *Liderazgo* y *Compromiso ético*. La competencia *Sensibilidad hacia temas medioambientales* también tiene una valoración baja, salvo para el perfil de profesorado no universitario.

También se han realizado encuestas a profesores de Física (universitarios y no universitarios) y empleadores sobre las competencias genéricas. Tanto unos como otros creen que el conocimiento de una lengua extranjera es importante. Esto no es percibido igualmente (o al menos con tanta importancia) por los graduados. Además, los profesores estiman como muy relevante el trabajo en un contexto internacional, algo no tan relevante para empleadores y menos para graduados. Los empleadores no creen que la creatividad sea algo demasiado relevante, mientras que la capacidad de liderazgo es valorada por éstos como importante. Sin embargo, en el caso de graduados y profesores parecen estar orientados en estas opiniones en la dirección contraria a la de los empleadores.

En general, la percepción para todos los perfiles profesionales de los graduados, y también para los empleadores, es que la formación obtenida en los estudios universitarios de la mayor parte de las competencias genéricas ha sido inferior a la importancia que le asignan a las mismas. Algunas competencias de las que se consideraron más importantes (*Capacidad de análisis y síntesis*, *Resolución de problemas* y *Trabajo en equipo*) son también las que en mayor medida se obtuvieron

durante la licenciatura. Sin embargo, sucede lo contrario en otras competencias también consideradas importantes (*Conocimiento de una segunda lengua* y *Conocimientos de informática*). Por otra parte, todos los perfiles profesionales valoran positivamente el grado de aprendizaje autónomo obtenido durante los estudios. La opinión de los empleadores es generalmente de un nivel medio-bajo en lo que se refiere a la competencia alcanzada en los estudios universitarios, con excepción de la competencia *Capacidad de análisis y síntesis*, que recibe una alta valoración.

Se dispone también de datos sobre encuestas realizadas a distintas sociedades e instituciones (Colegio Oficial de Físicos, Conferencia de Decanos de Física, Societat Catalana de Física, Sociedad Española de Astronomía, Sociedad Española de Óptica y Red Académica de Astrofísica y Astronomía), que recogen su opinión acerca de las competencias genéricas y específicas que consideran más importantes. En lo que a las competencias genéricas se refiere, las más valoradas son *Capacidad de análisis y síntesis*, *Capacidad para la resolución de problemas* y *Capacidad de aprender autónomamente*. Éstas parecen ser las competencias más genuinas asociadas a la titulación en Física. En el lado opuesto, la *Apreciación de la diversidad y multiculturalidad* y *conocimiento de otras cultura y costumbres*, las *Habilidades en las relaciones interpersonales* y el *Conocimiento de una segunda lengua* son competencias que ocupan los últimos puestos en una clasificación de competencias genéricas.

Competencias específicas

A continuación resumimos los resultados de encuestas realizadas sobre profesores con docencia en la licenciatura en Física acerca de las competencias específicas.

Las competencias más valoradas son aquéllas relacionadas con el modelado y la resolución de problemas, así como aquéllas relacionadas con la comprensión teórica de los fenómenos físicos y las destrezas experimentales, todas ellas a priori muy ligadas a lo que constituye la formación de un físico.

Sin embargo, las competencias consideradas poco relevantes son aquéllas relacionadas con la capacidad interdisciplinar, las destrezas en la gestión, el estar al día de una especialidad física y las relacionadas con la capacidad de llevar adelante actividades profesionales en el marco de tecnologías aplicadas o de promover y desarrollar la innovación científica y tecnológica.

Las comparación de las opiniones de las instituciones con las de los académicos acerca de las competencias específicas muestran que existe un alto grado de coincidencia.

Plan Docente de una materia

Física Cuántica

I. Descripción y contextualización

<i>Identificación y características de la materia</i>				
<i>Denominación</i>	Física Cuántica			
<i>Curso y Titulación</i>	3º de la Licenciatura en Física			
<i>Profesor</i>	Andrés Santos Reyes			
<i>Área</i>	Física Teórica			
<i>Departamento</i>	Física			
<i>Tipo y ctos. LRU</i>	Troncal (8+4 créditos LRU)		1º Ciclo	
<i>Coeficientes</i>	Practicidad: 3 (Medio-alto, profesional)		Agrupamiento: 3 (Medio-alto)	
<i>Duración ECTS (créditos)</i>	Anual		10,9 ECTS (273 horas)	
<i>Distribución ECTS (rangos)</i>	Grupo Grande:	Seminario-Lab.:	Tutoría ECTS:	No presenciales:
	29,3%	11,4%	3,3%	56%
	80 horas	31 horas	9 horas	153 horas
<i>Descriptorios (según BOE)</i>	Los orígenes de la Mecánica Cuántica. Mecánica Cuántica Elemental. Ecuación de Schrödinger en tres dimensiones, momento angular y átomos de hidrógeno. Estructura de los átomos y moléculas y espectroscopia. Cristales: dinámica de redes; propiedades térmicas, eléctricas y magnéticas de sólidos. Estructura de los núcleos y modelos. Introducción a las partículas elementales. Interacciones fundamentales			

<i>Perfil profesional de la Titulación</i>	
<i>Perfiles</i>	<i>Subperfiles o contextualización en el entorno (en su caso)</i>
I. Docencia no universitaria	
II. Docencia universitaria	
III. Investigación	
IV. Informática y Telecomunicaciones	
V. Industria	
VI. Consultoría	

<i>Competencias Específicas de la Titulación (CET)</i>	<i>Nº Perfil/es</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Destrezas para la resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías, permitiendo el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas 	I-III
<ul style="list-style-type: none"> • Destrezas matemáticas: Comprender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados 	II-VI
<ul style="list-style-type: none"> • Modelización: Ser capaz de comprender lo esencial de un problema para así establecer un modelo de trabajo del mismo, pudiendo realizar las aproximaciones requeridas a fin de reducir el problema hasta un nivel manejable 	III-VI
<ul style="list-style-type: none"> • Comprensión de fenómenos físicos: Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes, localizando en su estructura lógica y matemática su soporte experimental y el fenómeno físico que puede ser descrito a través de ellas 	I-III
<ul style="list-style-type: none"> • Destrezas experimentales y de laboratorio: Haberse familiarizado con los modelos experimentales más importantes, ser capaces de realizar experimentos de manera independiente, así como describir, analizar y evaluar críticamente los datos experimentales 	II, III, V

<i>Competencias Genéricas de la Titulación (CGT)</i>	<i>Nº Perfil/es</i>
INSTRUMENTALES	
1. Capacidad de análisis y síntesis	I-VI
2. Capacidad de organización y planificación	I, IV-VI
3. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio	II-IV
4. Resolución de problemas	III, VI
PERSONALES	
5. Trabajo en equipo	III-VI
6. Razonamiento crítico	I-III
SISTÉMICAS	
7. Aprendizaje autónomo	I-IV, VI
8. Adaptación a nuevas situaciones	I-IV, VI
9. Creatividad	III, V
10. Iniciativa y espíritu emprendedor	I-V

II. Objetivos

<i>Competencias Específicas de la Materia</i>	<i>CET</i>
1. Conocer las bases experimentales de la Física Cuántica	1, 4
2. Conocer el carácter onda-corpúsculo de los fenómenos microscópicos	1, 4
3. Adquirir los conceptos de función de onda y las bases de la descripción de los fenómenos cuánticos mediante la ecuación de Schrödinger	4
4. Resolver la ecuación de Schrödinger para problemas unidimensionales y ser capaz de calcular el efecto túnel en diversos sistemas físicos	2-4
5. Comprender el significado del operador momento angular en física cuántica	4
6. Resolver problemas tridimensionales, en particular los invariantes bajo rotaciones (átomo de hidrógeno, oscilador armónico)	2
7. Manejar con soltura las unidades típicas de la escala atómica	1
8. Analizar los experimentos que conducen a la introducción del espín	1, 4
9. Entender el comportamiento de las partículas idénticas. Utilizar el principio de Pauli para explicar la estructura de la tabla periódica de los elementos	4
10. Entender el significado de la teoría de perturbaciones independientes del tiempo y aplicarla en diversas situaciones, por ejemplo al cálculo de la estructura fina de los espectros atómicos	1, 2
11. Adquirir nociones básicas sobre el enlace químico	1, 3, 4

III. Contenidos

Secuenciación de bloques temáticos y temas

I. LOS ORÍGENES DE LA MECÁNICA CUÁNTICA

1. RADIACIÓN TÉRMICA Y PROPIEDADES CORPUSCULARES DE LA RADIACIÓN

Radiación térmica. Teoría de Planck de la cavidad radiante. Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Radiación de frenado. Producción y aniquilación de pares.

2. MODELOS ATÓMICOS

Modelos atómicos de Thomson y de Rutherford. Espectros atómicos. Modelo atómico de Bohr. Regla de cuantización de Wilson-Sommerfeld. Principio de correspondencia.

3. PROPIEDADES ONDULATORIAS DE LAS PARTÍCULAS

Hipótesis de de Broglie. Dualidad onda-corpúsculo. Paquetes de ondas. Principio de incertidumbre.

II. MECÁNICA CUÁNTICA ELEMENTAL

4. ECUACIÓN DE SCHRÖDINGER Y CUANTIZACIÓN

Ecuación de Schrödinger. Interpretación de Born de las funciones de onda. Valores esperados y operadores. Ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Cuantización de la energía.

5. SOLUCIONES DE LA ECUACIÓN DE SCHRÖDINGER INDEPENDIENTE DEL TIEMPO EN UNA DIMENSIÓN

Partícula libre. Potencial escalón. Barrera de potencial. Efecto túnel. Potencial pozo cuadrado. Oscilador armónico simple.

6. ÁTOMOS CON UN ELECTRÓN. CUANTIZACIÓN DEL MOMENTO ANGULAR

Solución de la ecuación de Schrödinger para un potencial con simetría esférica. Autofunciones, autovalores y densidad de probabilidad para el potencial de Coulomb. Momento angular orbital.

7. ESPÍN E INTERACCIONES MAGNÉTICAS

Momentos dipolares magnéticos orbitales. Experimento de Stern-Gerlach y espín del electrón. Composición de espines. Interacción espín-órbita. Momento angular total. Estructura fina del átomo de hidrógeno. Reglas de selección.

8. ÁTOMOS MULTIELECTRÓNICOS

Partículas idénticas y principio de exclusión. El átomo de helio y las fuerzas de intercambio. Teoría de Hartree. Espectros de rayos X. Átomos alcalinos. Acoplamiento *LS*. Efectos Zeeman y Paschen-Back.

Interrelación

Requisitos (Rq) y redundancias (Rd)		Tema	Procedencia
Ley de Coulomb	Rq	2, 6, 8	Física General (1º curso)
Propiedades ondulatorias	Rq	1-4	Mecánica y Ondas (2º curso)
Fuerzas centrales	Rq	2, 6-8	Mecánica y Ondas (2º curso)
Momento angular	Rq	2, 6, 7	Mecánica y Ondas (2º curso)
Dinámica relativista	Rq	1, 2, 7	Mecánica y Ondas (2º curso)
Función hamiltoniana	Rq	4-6	Mecánica y Ondas (2º curso)
Cálculo integral	Rq	4-6	Análisis Matemático (1º curso)
Matrices hermiticas, autovalores y autovectores	Rq	4-6	Métodos Matemáticos (1º curso)
Ecuaciones diferenciales de segundo orden	Rq	5, 6	Ampliación de Métodos Matemáticos (2º curso)
Funciones especiales	Rq	5, 6	Métodos de la Física Matemática (3º curso)

IV. Metodología docente y plan de trabajo del estudiante

<i>Actividades de enseñanza-aprendizaje</i>				<i>Vinculación</i>	
<i>Descripción y secuenciación de actividades</i>	<i>Tipoⁱ</i>		<i>Dⁱⁱ</i>	<i>Tema</i>	<i>Objet.</i>
1. Presentación del plan docente de la asignatura	GG	C-E	1	1-8	1-11
2. Explicación y discusión de los contenidos teóricos del tema	GG	T	8	1	1, 7
3. Estudio de los contenidos teóricos explicados	NP	T	8	1	1, 7
4. Resolución, análisis y discusión de los problemas prácticos del tema	S	P	4	1	1, 7
5. Estudio de los problemas resueltos	NP	P	6	1	1, 7
6. Realización, en equipo, de uno de los problemas no resueltos en clase	NP	P	1	1	1, 7
7. Tutorización, discusión, prácticas de ordenador y resolución de dudas	Tut	P	1	1	1, 7
8. Explicación y discusión de los contenidos teóricos del tema	GG	T	8	2	1, 7
9. Estudio de los contenidos teóricos explicados	NP	T	8	2	1, 7
10. Resolución, análisis y discusión de los problemas prácticos del tema	S	P	4	2	1, 7
11. Estudio de los problemas resueltos	NP	P	6	2	1, 7
12. Realización, en equipo, de uno de los problemas no resueltos en clase	NP	P	1	2	1, 7
13. Tutorización, discusión, prácticas de ordenador y resolución de dudas	Tut	P	1	2	1, 7
14. Explicación y discusión de los contenidos teóricos del tema	GG	T	8	3	1, 2, 7
15. Estudio de los contenidos teóricos explicados	NP	T	8	3	1, 2, 7
16. Resolución, análisis y discusión de los problemas prácticos del tema	S	P	4	3	1, 2, 7
17. Estudio de los problemas resueltos	NP	P	6	3	1, 2, 7
18. Realización, en equipo, de uno de los problemas no resueltos en clase	NP	P	1	3	1, 2, 7
19. Tutorización, discusión, prácticas de ordenador y resolución de dudas	Tut	P	1	3	1, 2, 7
20. Explicación y discusión de los contenidos teóricos del tema	GG	T	10	4	2, 3, 7
21. Estudio de los contenidos teóricos explicados	NP	T	10	4	2, 3, 7
22. Resolución, análisis y discusión de los problemas prácticos del tema	S	P	4	4	2, 3, 7
23. Estudio de los problemas resueltos	NP	P	6	4	2, 3, 7
24. Realización, en equipo, de uno de los problemas no resueltos en clase	NP	P	1	4	2, 3, 7
25. Tutorización, discusión, prácticas de ordenador y resolución de dudas	Tut	P	1	4	2, 3, 7
26. Exposición por parte de los alumnos de los problemas no resueltos en clase	GG	P	1	1-4	1-3, 7
27. Estudio y preparación del primer examen parcial	NP	T-P	8	1-4	1-3, 7
28. Realización del primer examen parcial	GG	C-E	4	1-4	1-3, 7
29. Explicación y discusión de los contenidos teóricos del tema	GG	T	8	5	2-4, 7
30. Estudio de los contenidos teóricos explicados	NP	T	8	5	2-4, 7
31. Resolución, análisis y discusión de los problemas prácticos del tema	S	P	4	5	2-4, 7
32. Estudio de los problemas resueltos	NP	P	6	5	2-4, 7
33. Realización, en equipo, de uno de los problemas no resueltos en clase	NP	P	1	5	2-4, 7
34. Tutorización, discusión, prácticas de ordenador y resolución de dudas	Tut	P	1	5	2-4, 7
35. Explicación y discusión de los contenidos teóricos del tema	GG	T	9	6	2, 3, 5-7
36. Estudio de los contenidos teóricos explicados	NP	T	9	6	2, 3, 5-7
37. Resolución, análisis y discusión de los problemas prácticos del tema	S	P	4	6	2, 3, 5-7
38. Estudio de los problemas resueltos	NP	P	6	6	2, 3, 5-7
39. Realización, en equipo, de uno de los problemas no resueltos en clase	NP	P	1	6	2, 3, 5-7
40. Tutorización, discusión, prácticas de ordenador y resolución de dudas	Tut	P	1	6	2, 3, 5-7
41. Explicación y discusión de los contenidos teóricos del tema	GG	T	8	7	5-8, 10
42. Estudio de los contenidos teóricos explicados	NP	T	8	7	5-8, 10
43. Resolución, análisis y discusión de los problemas prácticos del tema	S	P	4	7	5-8, 10
44. Estudio de los problemas resueltos	NP	P	6	7	5-8, 10
45. Realización, en equipo, de uno de los problemas no resueltos en clase	NP	P	1	7	5-8, 10
46. Tutorización, discusión, prácticas de ordenador y resolución de dudas	Tut	P	1	7	5-8, 10
47. Explicación y discusión de los contenidos teóricos del tema	GG	T	8	8	5-7, 9-11
48. Estudio de los contenidos teóricos explicados	NP	T	8	8	5-7, 9-11
49. Resolución, análisis y discusión de los problemas prácticos del tema	S	P	3	8	5-7, 9-11
50. Estudio de los problemas resueltos	NP	P	5	8	5-7, 9-11
51. Realización, en equipo, de uno de los problemas no resueltos en clase	NP	P	1	8	5-7, 9-11
52. Tutorización, discusión, prácticas de ordenador y resolución de dudas	Tut	P	2	8	5-7, 9-11

53.	Exposición por parte de los alumnos de los problemas no resueltos en clase	GG	P	1	4-8	2-11
54.	Estudio y preparación del segundo examen parcial	NP	T-P	9	4-8	2-11
55.	Realización del segundo examen parcial	GG	C-E	4	4-8	2-11
56.	Estudio y preparación del examen final	NP	T-P	14	1-8	1-11
57.	Realización del examen final	GG	C-E	4	1-8	1-11

<i>Distribución del tiempo (ECTS)</i>		<i>Dedicación del alumno</i>		<i>Dedicación del profesor</i>		
<i>Distribución de actividades</i>		<i>Nº alumnos</i>	<i>H. presenciales</i>	<i>H. no presenc.</i>	<i>H. presenciales</i>	<i>H. no presenc.</i>
Grupo grande (Más de 20 alumnos)	Coordinac./Evaluac.	25	11	-	11	38
	Teóricas	25	67	67	67	33,5
	Prácticas	25	2	-	2	1
	Subtotal	25	80	67	80	72,5
Seminario-Laboratorio (6-20 alumnos)	Coordinac./Evaluac.	13	-	-	-	-
	Teóricas	13	-	-	-	-
	Prácticas	13	31	55	62	15,5
	Subtotal	13	31	55	62	15,5
Tutoría ECTS (1-5 alumnos)	Coordinac./Evaluac.	5	-	-	-	-
	Teóricas	5	-	-	-	-
	Prácticas	5	9	-	45	3
	Subtotal	5	9	-	45	3
Tutoría comp. y preparación de ex. (VII)		1	-	31	-	23
Totales			120 (4,8 ECTS)	153 (6,1 ECTS)	187	114

V. Evaluación

<i>Descripción</i>	<i>Criterios de evaluación*</i>		<i>Vinculación*</i>	
	<i>Objetivo</i>	<i>CCⁱⁱⁱ</i>	<i>Objetivo</i>	<i>CCⁱⁱⁱ</i>
1. Demostrar la comprensión de los conceptos y aplicaciones fundamentales de la materia mediante la realización de los exámenes	1-11	80%	1-11	80%
2. Ser capaz de resolver problemas de forma independiente, trabajando en equipo	1-11	10%	1-11	10%
3. Ser capaz de exponer la solución de los problemas asignados de forma concisa y eficaz al resto de la clase mediante exposiciones de 5-10 min.	1-11	5%	1-11	5%
4. Ser capaz de trabajar autónomamente, proponiendo ejercicios y/o cuestiones para su posible inclusión en los exámenes	1-11	5%	1-11	5%

<i>Actividades e instrumentos de evaluación</i>		
Seminarios y Tutorías ECTS	<ul style="list-style-type: none"> • Cada alumno se incluirá en un equipo de 3-4 alumnos. Al final de cada tema cada equipo se responsabilizará de la resolución de uno de los problemas propuestos y no realizados en clase. En un plazo razonable el equipo entregará al profesor (preferentemente en formato electrónico) la solución del problema asignado. Una vez comprobada su corrección, la solución se publicará en la página web de la asignatura en forma de fichero pdf • De forma rotatoria, un alumno de cada equipo hará una exposición (con transparencias o presentación mediante ordenador) de alguno de los problemas asignados. Se valorará la claridad y la calidad en la exposición y presentación. • Cada alumno, de forma individualizada, podrá proponer al profesor cuestiones, ejercicios, preguntas de opción múltiple, problemas, etc., susceptibles de ser incluidos en examen. La propuesta deberá incluir la solución dada por el propio alumno al ejercicio en cuestión. El profesor evaluará esta actividad teniendo en cuenta la originalidad de las propuestas y su adecuación al nivel del curso. Siempre que haya un número suficiente de propuestas, el profesor se compromete a incluir en cada examen al menos uno de los ejercicios propuestos por los alumnos. 	20%
Exámenes parciales y final	<ul style="list-style-type: none"> • Cada examen consistirá en 4 ó 5 cuestiones teórico-prácticas, cada una de las cuales puntuará por igual. • El alumno podrá utilizar durante el examen un guión elaborado por él mismo con una extensión no mayor de una hoja. • De acuerdo con el grado de corrección de la respuesta a cada cuestión, se le asignará una calificación de 0, 1, 2, 3 ó 4 puntos. • La calificación global del examen se obtendrá sumando la calificación de cada cuestión y normalizando la suma entre 0 y 10. • Aquellos alumnos que hayan superado los dos parciales no precisarán presentarse al examen final. No obstante, podrán presentarse al examen final para mejorar la calificación, si así lo desean, • manteniéndoseles en todo caso la nota obtenida por curso. • Es posible aprobar por curso, aun habiendo suspendido uno de los dos exámenes parciales, si el trabajo realizado por el alumno así lo merece. • El examen final comprenderá toda la asignatura. 	80%

VI. Bibliografía

*Bibliografía o documentación de lectura obligatoria**

R. Eisberg y R. Resnick, *Física Cuántica. Átomos, Moléculas, Sólidos y Partículas* (Limusa).

Bibliografía de apoyo seleccionada

- P. A. Tipler, *Física Moderna* (Reverté).
- M. Alonso y E. J. Finn, *Fundamentos Cuánticos y Estadísticos. Vol III.* (Fondo Educativo Interamericano).
- R. P. Feynmann, R. Leighton y M. Sands, *Mecánica Cuántica.* (Addison-Wesley Iberoamericana).
- R. Gautreau y W. Savin, *Física Moderna (Serie Schaum)* (McGraw-Hill).
- Galindo y P. Pascual, *Problemas de Mecánica Cuántica.* (Eudema Universidad).
- R. F. Álvarez Estrada y J. L. Sánchez Gómez, *Problemas de Física Cuántica.* (Alianza Editorial).
- J. Tejada Palacios y J. García Roger, *Problemas de Física Atómica* (EUNIBAR).

*Bibliografía o documentación de ampliación, sitios web...**

- C. Sánchez del Río (Coordinador), *Física Cuántica* (Pirámide).
- D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics.* (Prentice Hall).
- R. A. Serway, C. J. Moses y C. A. Moyer, *Modern Physics* (Saunders College Publishing).
- Y. Peleg, R. Pnini y E. Zaarur, *Theory and Problems of Quantum Mechanics (Schaum's outlines)* (McGraw-Hill).
- Yung-Kuo Lim. *Problems and Solutions on Quantum Mechanics.* (World Scientific).
- E. Iridov, *Problems in Atomic and Nuclear Physics* (Mir).
- J. Ph. Pérez y N. Saint Cricq-Chéry, *Relativité et quantification* (Masson).
- http://www.unex.es/fisteor/andres/fisica_cuantica/fisica_cuantica.html

¹ *Tipos de actividades:* GG (Grupo Grande); S (Seminario o Laboratorio); Tut (Tutoría ECTS); No presenciales (NP); C-E, I (Coordinación o evaluación); T, II (Teórica de carácter expositivo o de aprendizaje a partir de documentos); T, III (Teórica de discusión); P, IV (Prácticas basadas en la solución de problemas); P, V (Prácticas basadas en la observación, experimentación, aplicación de destrezas, estudio de casos...); P, VI (Prácticas con proyectos o trabajos dirigidos); T-P, VII (Otras teórico-prácticas).

¹ *D:* Duración en sesiones de 1 hora de trabajo presencial o no presencial (considerando en cada hora 50-55 minutos de trabajo neto y 5-10 de descanso).

¹ *CC:* Criterios de Calificación (ponderación del criterio de evaluación en la calificación cuantitativa final)