

# CONTEXTO ACADÉMICO DE LA CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES EN LA UNIVERSITAT DE BARCELONA

A.I. Fernández, M. Cruells, J.M. Chimenos, F. Espiell, N. Llorca, M. Martínez, P. Molera, A. Roca, M. Segarra, J. Viñals, E. Xuriguera, E. Vilalta

Grupo Consolidado de Innovación Docente. GIDePPM. Universitat de Barcelona, c/Martí i Franqués 1, PL7, Barcelona, España.

e-mail de autor que recibe la correspondencia: [ana\\_inesfernandez@ub.edu](mailto:ana_inesfernandez@ub.edu)

Palabras Claves: Ciencia de Materiales, Ingeniería de Materiales, EEES

## RESUMEN

La disciplina de Materiales está presente en diversas titulaciones de la Universitat de Barcelona. La tradición docente e investigadora en materiales en la Facultad de Química se remonta al año 1933 en que se creó en la UB el Instituto de Metalurgia y Mecánica. La primera cátedra de Metalurgia de la Facultad de Ciencias de la UB data de 1966. Hasta las reformas de planes de estudio del año 1992, se formaron graduados en Química con una especialidad en Metalurgia. Tras esa reforma, se imparten asignaturas obligatorias y optativas relacionadas con la Ciencia e Ingeniería de Materiales en la Licenciatura de Química, en Ingeniería Química, y en la titulación de segundo ciclo de Ingeniería de Materiales, que desde el curso académico 2001-02 se imparte de forma compartida entre la Universitat de Barcelona y la Universitat Politècnica de Catalunya. El Master oficial de la Facultad dispone de una especialidad en Ciencia e Ingeniería de Materiales, a la vez que la Facultad colabora en otros Masters oficiales como el de Nanociencia y Nanotecnología y el Master de Ingeniería en Energía, que incorporan materias del área de conocimiento impartidas por profesores de la misma. En el programa de doctorado de Tecnología de Materiales, aún vigente, participan varios departamentos de la Universidad de Barcelona.

En el proceso de integración al EEES la Universitat de Barcelona ha aprobado presentar, a instancias de la Facultad de Química y la Facultad de Física, las propuestas de títulos de grado para la Ingeniería Química, Ingeniería Electrónica e Ingeniería de Materiales. En la elaboración de estas propuestas se ha trabajado con la premisa de conseguir la mayor coincidencia de contenidos posible en los dos primeros cursos, de acuerdo con los contenidos básicos establecidos por el Real Decreto 1393/2007, los Libros Blancos de cada titulación y las características propias de cada una.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Ciencia e Ingeniería de Materiales ha progresado muy rápidamente en los últimos años como campo unificado de estudio, con estudios que cubren los aspectos científicos y tecnológicos de los elementos básicos: síntesis y procesado, estructura y propiedades y comportamiento en servicio.

La relación entre la Ciencia y la Ingeniería de los materiales es la causante de que cualquier avance científico dé lugar a una mejora en el terreno de la ingeniería, y que ambas impulsen los avances tecnológicos, siendo éste uno de los factores determinantes del progreso social y la mejora de nuestra calidad de vida. Este impulso tecnológico que tiene su origen en la mejora del conocimiento y de las aplicaciones de los materiales, también debe saber

responder a las inquietudes sociales surgidas en los últimos años, y debe compaginar los intereses y las necesidades de la sociedad.

### 1.1. La formación en Ciencia e Ingeniería de Materiales

En términos más generales, el rol central que juega la ciencia de materiales hoy en día se puede evidenciar teniendo en cuenta el ciclo de vida de los materiales, dado que la investigación en el campo de la Ciencia e Ingeniería de Materiales no se centra únicamente en la búsqueda de nuevos materiales en función de sus propiedades y aplicaciones, sino también en la mejora de sus procesos productivos, sin dejar de lado otros aspectos como el reciclaje, la revalorización o el uso más racional de la energía. Es evidente que sólo un enfoque multidisciplinar puede tratar todas las cuestiones tecnológicas y de marketing relacionadas con la industria de los materiales. Esta industria, se encuentra sujeta a presiones y oportunidades que se pueden representar en un triángulo, donde los vértices son los materiales básicos, la energía y la ecología que deben ser tratados como un sistema integrado.

Enseñar en las diferentes áreas de la ciencia de los materiales es una puerta de entrada para abordar la mayoría de los aspectos más críticos para el futuro de la humanidad. Las necesidades en todo el ciclo de los materiales requieren un tratamiento científico interdisciplinario. Los procesos y productos dentro del ciclo de los materiales determinan la calidad de vida, por lo tanto, todas las ciencias de la vida deben ser conscientes de su condición de frontera y darse cuenta que no están aisladas sino inmersas en un entorno real. Enseñar en un campo interdisciplinar como es la ciencia de los materiales abre la mente de las personas involucradas, y los hace conscientes de las interdependencias que tienen lugar.

Asumiendo que se necesitarán en el futuro muchos más científicos e ingenieros en el campo de los materiales, hace falta reflexionar sobre cuales deben ser los conocimientos que debe adquirir el ingeniero de materiales para contribuir a las necesidades de la sociedad, cual es el núcleo de conocimiento que define la Ciencia e Ingeniería de Materiales y cómo se pueden reforzar las titulaciones de Materiales para complementar el enfoque científico actual.

## 2. DE LA METALURGIA A LA CIENCIA DE MATERIALES

Aún cuando más del 30% de los titulados en Química trabajan con materiales, sólidos inorgánicos o polímeros, su formación universitaria no refleja la importancia que tendrá en su futuro el estudio de los sólidos y así, la mayor parte del aprendizaje que necesitarán lo adquieren trabajando. Al igual que en otras Universidades, la materia de Ciencia de los Materiales en las diferentes titulaciones es el resultado de la propia evolución de los Departamentos de Metalurgia a Departamentos de Materiales. Con anterioridad a la reforma de los planes de estudio de los años 92-93, los graduados en Química lo hacían con una especialidad, que en nuestro caso era Metalurgia. Durante el quinto y último año de carrera los estudiantes de la especialidad de Metalurgia cursaban las asignaturas de la en la Tabla 1.

Asignatura	Carácter
Metalurgia Extractiva	Obligatoria
Mecánica	Obligatoria
Metalografía	Obligatoria
Siderurgia y corrosión	Obligatoria
Metalurgia Física	Obligatoria

**Tabla 1:** Asignaturas de la especialidad de Metalurgia del plan de estudios anterior al plan 92.

Todas ellas presentaban un contenido importante desarrollado en prácticas de laboratorio, siendo los estudiantes licenciados con la especialidad de Metalurgia entre 15-25 estudiantes/año.

Aún cuando en algunos países se ha introducido una especialización en el grado, obteniéndose un título en Química con énfasis en materiales, actualmente en la UB el título de Química no hace distinciones aún cuando los alumnos cursan asignaturas de una especialidad y complementan con asignaturas optativas de otras especialidades. La reforma de los planes de estudio en la cual se introdujo el sistema de créditos, incluyó la asignatura obligatoria de Ciencia de Materiales. Esto comportó un cambio cualitativo y cuantitativo importante, ya que se pasó a unos 200 alumnos/año en Química y 50 alumnos/año en Ingeniería Química con una formación básica en materiales dentro de su currículo.

### **2.1. La Ciencia de Materiales en Química**

En el Plan de Estudios de la Licenciatura de Química en vigor (Resolución del 23/11/1992, BOE número 1/2000 de 1/1/2000), se establece la Ciencia de Materiales como materia troncal de segundo ciclo, correspondiente al quinto semestre del itinerario curricular. También se establece que la carga lectiva asignada a la asignatura de Ciencia de Materiales es de 7,5 créditos académicos, que se distribuyen en 6 créditos teóricos y de problemas y 1,5 créditos de prácticas de laboratorio.

Según acuerdo de Junta de Gobierno del 17/7/1997, un crédito equivale a 10 horas de actividad académica, de las cuales al menos 7,5 deben ser de docencia teórica o práctica reglada con presencia del estudiante, mientras que el resto pueden ser no presenciales. Esto quiere decir que la asignatura tiene asignadas un máximo de 75 horas académicas distribuidas en 60 horas de teoría y problemas, incluyendo las horas no presenciales y 15 horas de prácticas obligatorias. Se establece además el prerrequisito de haber cursado y aprobado la asignatura de Enlace Químico y Estructura, obligatoria de primer ciclo.

### **2.2. La Ciencia de Materiales en Ingeniería Química**

En el Plan de Estudios de Ingeniería Química, Materiales es una asignatura obligatoria correspondiente al primer ciclo en el quinto semestre de itinerario con una asignación de 6 créditos, distribuidos en 4,5 créditos teóricos y 1,5 créditos de prácticas de laboratorio. Como prerrequisito para se debe haber superado la asignatura de Enlace Químico y Estructura. La formación troncal obligatoria en el ámbito de los materiales se complementa con la asignatura Diseño de Equipos e Instalaciones, asignatura de segundo ciclo, séptimo semestre de itinerario y con una asignación de 6 créditos (que incluyen 1,5 créditos prácticos).

Asimismo, las asignaturas de Ciencia de Materiales y Materiales son prerrequisito para matricularse y cursar las asignaturas optativas del área de conocimiento que se ofrecen en de segundo ciclo y se detallan en la Tabla 2.

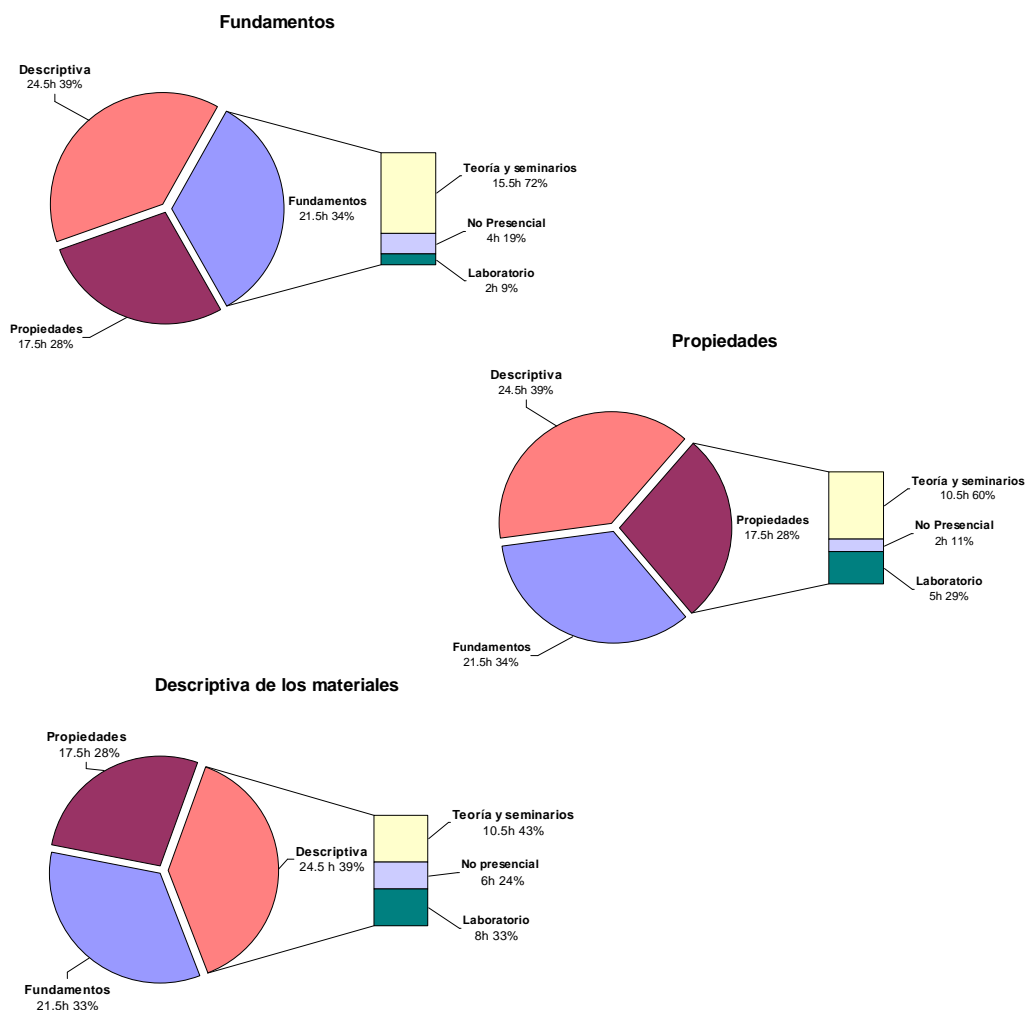
<b>Asignatura</b>	<b>Creditos</b>
Laboratorio de Materials A	6
Laboratorio de Materials B	3
Fisicoquímica y análisis de superficies	6
Materialografía	6
Mecánica de materiales	6

**Tabla 2.** Asignaturas optativas en el actual plan de estudios de Química.

Para completar la formación en el ámbito de la Ciencia e Ingeniería de Materiales un alumno puede matricular hasta 30 créditos de libre elección en asignaturas de Ingeniería de Materiales.

### 2.3. Distribución por bloques y tipos de docencia en la Ciencia de Materiales

A modo de resumen se presenta en la Figura 1 la distribución temporal de los tres bloques del temario, así como la distribución por tipo de docencia de cada uno. De esta distribución se desprende que al bloque de fundamentos se dedica una mayoría de docencia teórica; mientras que los temas correspondientes a propiedades y descriptiva, la docencia de prácticas y la docencia no presencial juegan un papel más preponderante.



**Figura1.** Distribución por bloques y tipos de docencia de la asignatura Ciencia de Materiales

### 2.4. La Ingeniería de Materiales

En la actualidad estos estudios corresponden a un título de segundo ciclo impartido en 13 universidades de España, 12 públicas y una privada. La procedencia del alumnado es aproximadamente un 50% de las Ingenierías Técnicas Industriales y en un 34% de las licenciaturas e ingenierías de ciclo largo. El resto son ingenierías técnicas aeronáuticas, minas, obras públicas, diseño industrial, etc.

En el curso académico 2001-2002 se inicia en la UB la titulación de Ingeniería de Materiales, titulación de segundo ciclo compartida entre la Universitat de Barcelona y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya. Los objetivos de esta titulación son los de poder completar el conocimiento dentro del campo de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. El título de Ingeniero de Materiales pasa por la obtención previa de un mínimo de 150 créditos académicos, de los cuales 91,5 créditos corresponden a asignaturas obligatorias, 15 créditos académicos a un trabajo final de carrera, 28,5 créditos académicos de asignaturas optativas y finalmente 15 créditos de asignaturas de libre elección.

El plan de estudios de la titulación de Ingeniería de Materiales, publicado en el BOE de 5/10/2000, consta de las siguientes asignaturas obligatorias, y optativas:

<b>Asignaturas obligatorias</b>	<b>Créditos</b>	<b>Docencia</b>	<b>Semestre itinerario</b>
Comportamiento electrónico, térmico, magnético y óptico de los materiales	9	UB	7
Comportamiento mecánico de los materiales	6	UPC	7
Economía y organización de procesos industriales	6	UPC	7
Metalurgia física	9	UB	7
Estructura y caracterización de los materiales	6	UB	7
Cerámicos	6	UPC	8
Corrosión y degradación de los materiales	6	UPC	8
Metales y aleaciones	6	UB	8
Plásticos y Compuestos	7,5	UB	8
Proyectos	6	UPC	8
Fractura y fatiga de materiales	7,5	UPC	10
Materiales naturales y biomateriales	4,5	UPC	10
Proyecto final de carrera	15	UB-UPC	10
Tecnología de plásticos y compuestos	4,5	UPC	10
Tecnología metalúrgica	7,5	UPC	10
<b>Asignaturas optativas</b>	<b>Créditos</b>	<b>Docencia</b>	<b>Semestre itinerario</b>
Biopolímeros tecnológicos	6	UPC	8
Caracterización microestructural de los materiales	6	UB-UPC	8
Tecnologías de fabricación y tecnología de máquinas	6	UPC	8
Tratamientos térmicos de materiales	6	UPC	8
New perspectives on materials science and technology	6	UPC	8
Aplicación de Rayos X en Ciencia de Materiales	4,5	UB	9
Laboratorio de materiales	9	UB	9
Materiales funcionales I	4,5	UB	9
Materiales funcionales II	4,5	UB	9
Materiales funcionales III	4,5	UB	9
Reactividad de sólidos	4,5	UB	9
Reciclaje	4,5	UB	9
Aleaciones ligeras	4,5	UPC	9
Tecnologías de unión de materiales		UPC	
Tecnología de superficies	4,5	UPC	9
Estada industrial	37,5		9

**Tabla 3.** Asignaturas obligatorias y optativas de Ingeniería de Materiales (UB-UPC)

Después del octavo semestre el alumno de Ingeniería de Materiales dispone de dos opciones de itinerario, la primera es superar en el noveno semestre 22,5 créditos de asignaturas optativas y, la segunda opción es superar 37,5 créditos de estancia industrial que equivalen a los 22,5 créditos optativos más los 15 créditos de libre elección. La opción de estancia industrial significa para el alumno un trabajo de 600 horas en una empresa, con la presentación del mismo ante una comisión para su evaluación.

Un 30% de la docencia impartida en la UB corresponde a créditos prácticos que cubren diversos aspectos como la síntesis de materiales, tratamientos, caracterización y selección de materiales. En esta docencia participan profesores de varios departamentos de las Facultades de Física y de Química.

El número de alumnos matriculados en la titulación ha sido entre 50-60 alumnos/año. Los últimos tres años este número ha ido decreciendo, simultáneamente con el aumento de oferta de estudios de postgrado y másteres europeos de las Universidades del entorno, con acceso directo para ingenieros técnicos y licenciados, como son por ejemplo el Máster de Ingeniería Biomédica, Máster de Nanociencia y Nanotecnología o el Máster de Ingeniería en Energía.

### **3. El Espacio Europeo de Educación Superior, una realidad**

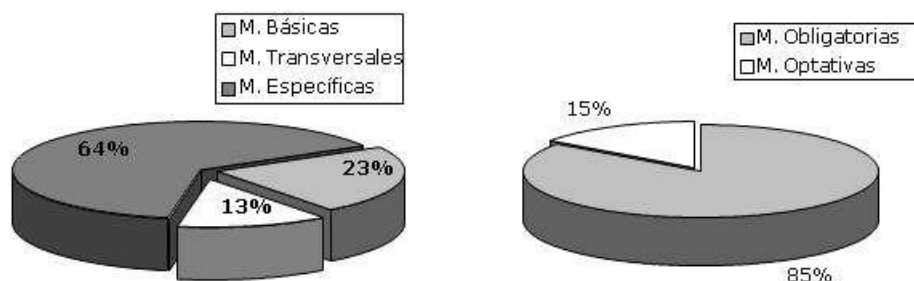
La Declaración de Bolonia insta a los estados miembros de la Unión Europea a adoptar un sistema de titulaciones comprensible y comparable para promover las oportunidades de trabajo y la competitividad de los sistemas educativos superiores. Además insta a establecer un sistema de titulaciones con estudios de primer nivel que habrán de proporcionar una cualificación para poder ejercer profesionalmente en el espacio europeo, y con estudios de segundo nivel (postgrados, masters, doctorados) que habrán de proporcionar especialización. Finalmente, a adoptar un sistema común de créditos que fomente la comparación entre los estudios y promueva la movilidad de estudiantes y de titulados.

Con respecto a la Ingeniería de Materiales, los estudios están presentes en todos los países económicamente desarrollados del mundo desde hace ya algunos años y, en particular en Europa. El grado de Ingeniero de Materiales aparece como una titulación con competencias profesionales accesible desde los estudios de bachillerato. Además, en la gran mayoría de países donde existe el grado, los estudios se pueden completar posteriormente con estudios de postgrado en el área de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. España es uno de los pocos países europeos en los que no hay una titulación de grado en Ingeniería de Materiales accesible desde bachillerato. Esto contrasta con el hecho de que en el año 2004 la Ingeniería de Materiales aparece en sexta posición de estudios técnicos más demandados por las empresas, por delante de la Ingeniería Técnica y Superior de Telecomunicaciones, de la Ingeniería Geológica o la Ingeniería de Organización Industrial.

Los diversos planes de estudio de los países integrados en el EEES, con más de 2000 asignaturas diferentes, se pueden agrupar en tres grandes bloques: materias básicas comunes a estudios de ciencia e ingeniería; materias específicas, que constituyen la identificación y el núcleo de la formación de los estudios de ingeniería de materiales, y materias transversales que complementan y enriquecen la formación de los titulados. El peso relativo de cada tipo de materia así como la relación de obligatorias y optativas se representa en la Figura 2.

Dentro de las materias específicas, las asignaturas que presentan un menor porcentaje de optatividad son las correspondientes al diseño, utilización y aplicaciones de los materiales, estructura y caracterización de materiales y a las propiedades mecánicas de los materiales.

Mientras que las que presentan un mayor grado de optatividad son las correspondientes a la descripción de las familias de materiales, propiedades electrónicas, térmicas y ópticas y las tecnologías de materiales.



**Figura 2:** Estudios de Ingeniería de Materiales en los países integrados en el EEES según los tipos de materias.

La Universidad de Barcelona establece, en el documento de trabajo *Horizonte 2020*, como objetivo a medio plazo un 70% de estudiantes de grado y 30% de estudiantes de postgrado. La nueva configuración de títulos de grado es una oportunidad para proponer una oferta diferenciada, potenciar el valor y las ventajas de nuestra diversidad y dimensión, facilitar la transversalidad, integrar la docencia y la búsqueda de calidad, facilitar la movilidad y fomentar la internacionalización.

En España la implantación de los nuevos títulos se está haciendo progresivamente, aunque de forma lenta teniendo en cuenta que en el año 2010 todas las titulaciones serán adaptadas al EEES, y principalmente condicionada por las decisiones referentes al marco normativo de los títulos, la definición de las fichas en el caso de profesiones reguladas, y las decisiones que se han de adoptar en las comunidades autónomas con competencias transferidas. La Universidad de Barcelona ha trabajado con el 2009 como horizonte para este cambio.

### 3.1. Adaptación al EEES en la Universitat de Barcelona

Los nuevos títulos y su estructura están basados en el mecanismo de la acumulación de créditos y un sistema de reconocimiento que facilite la movilidad. Por tanto necesitamos un marco conceptual que permita: aplicabilidad, desarrollo personal, diversidad, especialización, especificidad, profesionalización y transversalidad en la medida y el momento adecuados.

En el proceso de integración al EEES, la Universitat de Barcelona ha aprobado presentar la propuesta de título de grado para Ingeniería de Materiales. El proyecto formativo consiste en el protocolo para presentar al proceso de verificación al Consejo de Universidades y a la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación ANECA, para su seguimiento y acreditación posterior. Este protocolo incluye el programa formativo que consta de los objetivos, competencias y resultados esperados, que de acuerdo con el cumplimiento del plan de estudios y el resto de actividades formativas así como los mecanismos para asegurar la calidad, permite lograr unos resultados concretos y cuantificables.

El Plan de estudios es la estructura concreta de materias, módulos y asignaturas, ordenadas secuencialmente y planificadas en 240 ECTS. El diseño del Plan de estudios está sujeto a las indicaciones generales del Decreto 1393/2007 y a las indicaciones concretas aprobadas por la comisión académica de la UB. De forma general los planes de estudios se estructurarán en dos

niveles: materias y asignaturas. La materia incluye la especificación de determinadas competencias que ha de lograr el estudiante, contenidos de aprendizaje y criterios metodológicos y organizativos y de evaluación. Cada materia tiene asignados un número de créditos y puede ser de formación básica, obligatoria u optativa. El plan de estudios contendrá un mínimo de 60 créditos en materias de formación básica. Un mínimo de 36 estarán vinculados a algunas de las materias que figuran en el Real Decreto para la rama de conocimiento de Ingeniería y Arquitectura. El resto tienen que estar configurado por materias básicas de la misma rama o de otras que justifiquen el carácter básico para la formación inicial del estudiante o el carácter transversal.

Habrán asignaturas de formación básica (AFB) en la primera mitad del plan de estudios, asignaturas obligatorias (AOB) y asignaturas optativas (AOP). El trabajo de fin de grado entre 6 y 30 créditos deberá hacerse el último curso y estar orientado a la adquisición y a la evaluación de competencias asociadas al título. Las prácticas externas se ofrecerán durante el último curso tanto si se programan obligatorias como optativas. El trabajo fin de grado y las prácticas externas obligatorias no podrán exceder los 30 créditos ECTS.

Otros aspectos de las directrices a tener en cuenta son los que se refieren al reconocimiento de hasta 6 ECTS a cargo de créditos optativos por la participación en diversas actividades universitarias, o al nivel de idiomas. La opción prioritaria es el inglés, y para graduarse en la UB el alumno tiene que demostrar competencias adecuadas de un nivel 5 (B1/B2) mediante asignaturas impartidas en inglés, programas de movilidad, defensa del trabajo de fin de grado en inglés y/o un examen de nivel. Por último se recomienda que la movilidad tenga lugar durante los últimos 120 créditos del plan de estudios.

### **3.2. Procedimiento para la preparación del proyecto formativo del grado de Ingeniería de Materiales.**

Se ha definido un procedimiento para la elaboración de la memoria de verificación del título que implica agentes internos y externos de la Universidad mediante la formación de un grupo de trabajo, la interacción con el Consejo Asesor de la Facultad, una comisión de la titulación formada por profesores, alumnos, egresados y representantes de las empresas, y la Agencia la Calidad de la UB. La propuesta así elaborada es aprobada por los diversos órganos de gobierno, desde la Junta de Facultad hasta el Consejo Social. Un esquema de este procedimiento se representa en la Figura 3.

El grupo de trabajo se formó con profesores del área de conocimiento, ingenieros, químicos y físicos con experiencia docente en la titulación actual de segundo ciclo, a la vez que una amplia experiencia investigadora en el campo de los materiales. Para la elaboración de la propuesta el grupo de trabajo tuvo en cuenta no sólo el marco normativo (RD 1393/2007), sino también la necesaria relación con las otras titulaciones que se ofrecen en el campus como ingenierías, ciencias o economía y administración de empresas. Se ha trabajado estrechamente con los grupos de trabajo de los grados de Ingeniería Química e Ingeniería Electrónica, principalmente en las materias básicas comunes. Los tres grados tienen la particularidad de estar estrechamente vinculados con los grados de ciencias como Física, Química o Matemáticas con los que hay una complementariedad evidente. Otro input importante ha sido el trabajo previo de la comisión de la ANECA de la titulación, plasmado en el Libro Blanco.



## REFERENCIAS

1. MRS Bulletin, XV (8) August 1990. Materials Science and Engineering Education
2. Cahn, Robert. Transition from Metallurgy to Materials Science. Proceedings of the conference “Materials Science and Engineering. It’s nucleation and growth”. Imperial College of London, UK, May 2001. Maney Publishing for the institute of materials.
3. Habermeier, H. Education through materials science. Materials Science & Engineering A199, 1995, p. 69-72
4. Libro Blanco. Título de Grado en Ingeniería de Materiales. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. Madrid 2007
5. Protocolo de evaluación para la verificación de títulos universitarios oficiales. V5.20/12/07. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación ANECA.