

ALEGACIONES

A.1 Alegaciones al informe sobre la solicitud de verificación de fecha: 03/05/2016; Expediente Nº: 8491/2015; ID TÍTULO: 4315730

En función de los comentarios y sugerencias propuestos por los evaluadores de la propuesta de verificación del título “Máster Universitario en Ingeniería Biomédica de la UPM” y siguiendo los apartados reflejados en el informe emitido por la Fundación para el Conocimiento Madrid+d el día 03/05/2016, se detallan a continuación los cambios realizados en la memoria de verificación:

CRITERIO 3. COMPETENCIAS

Siguiendo las recomendaciones de los evaluadores, se han modificado las competencias generales de la titulación. Las competencias generales modificadas quedarían de la siguiente forma:

Referencia	Descripción Competencias Generales
CG-MIB-1	Capacidad de resolver resolución de problemas e integrar conocimiento en temas nuevos o escasamente definidos y en entornos multidisciplinares del área de la Ingeniería Biomédica
CG-MIB-2	Analizar y aplicar sensibilidad social y ética en las . Conocimiento de la reglamentación correspondiente a la sensibilidad social y ética en los ámbitos de operación que pueden darse en Ingeniería Biomédica
CG-MIB-3	Fomento de actitudes creativas. Utilizar Introducción a la filosofía, el método científico y el método experimental para la búsqueda de innovación, la curiosidad científica y el desarrollo de actitudes creativas. El método experimental
CG-MIB-4	Preparación del alumno en los métodos con los que abordar su formación permanente y el trabajo autónomo. Utilizar las nuevas herramientas tecnológicas de la información y la comunicación para la búsqueda de información, datos bibliográficos y adquisición de nuevo conocimiento para la formación permanente y el trabajo autónomo.
CG-MIB-5	Fomento de la capacidad de comunicación. Utilizar técnicas de expresión oral y escrita para comunicar trabajos y conclusiones a comunidades de iguales o divulgación científica, elaboración de papers artículos , manuales de estilo y herramientas de edición para fomentar la capacidad de comunicación y disseminación de resultados.
CG-MIB-6	Capacidad de Aplicar técnicas de trabajo colaborativo en equipos multidisciplinares internacionales y liderazgo, así como utilizar métodos para asumir la responsabilidad de orientar y dirigir investigación trabajos científicos en el ámbito de la ingeniería Biomédica
CG-MIB-7	Use Utilizar de la lengua inglesa como herramienta de trabajo
CG-MIB-8	Analizar y aplicar métodos de La gestión de investigación, organización y planificación de proyectos avanzados en Ingeniería Biomédica.
CG-MIB-9	Identificar y utilizar métodos para la búsqueda de recursos, la gestión económica y administrativa de proyectos avanzados en Ingeniería Biomédica

CRITERIO 4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

Siguiendo las recomendaciones de los evaluadores, se ha modificado la limitación del máximo de 18 ECTS de complementos de formación por un máximo de 30 ECTS, siendo la Comisión

Académica del Máster quien decidirá y definirá el número de ECTS de complementos formativos necesario para cada perfil de ingreso.

El texto a incluir en la memoria quedaría de la siguiente forma:

*Se requiere que el alumno que ingrese en este título oficial haya cursado estudios de nivel de grado o superior (graduado, ingeniero o licenciado) y el perfil de ingreso corresponde a algunos ámbitos de la ingeniería (telecomunicación, informática, industrial, biomédica) y las ciencias físicas. Si los estudiantes poseen una titulación de ingeniería biomédica no necesitarán la realización de complementos formativos. En el caso de las otras titulaciones, la Comisión Académica del Máster ~~podrá especificar~~ **hasta un máximo de 30 ECTS hasta un máximo de 30 ECTS de el número de ECTS** de complementos formativos **para cada perfil de ingreso**. Los complementos formativos serán asignaturas del Grado en Ingeniería Biomédica, del Grado de Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación y del Máster Universitario de Ingeniería de Telecomunicación de la UPM de las áreas de fisiología, mecánica, electrónica o/y señales y sistemas.*

Como criterios que debe utilizar el órgano de selección para la definición de los complementos formativos específicos, se tendrán en cuenta los conocimientos previos adquiridos por los candidatos, en función de su titulación de origen o de su experiencia profesional.

Dado que la presente titulación de master tiene un enfoque muy especializado, se considera que los alumnos provenientes de otras titulaciones diferentes a las especificadas no cumplen con los requisitos mínimos para ser admitidos.

CRITERIO 5. PLANIFICACIÓN DE ENSEÑANZAS

Se han solventado los errores detectados por los evaluadores y que se explican a continuación:

1) Carácter de la materia “Prácticas Externas”.

La materia de “Prácticas Externas” es una materia OPTATIVA. Así se ha reflejado en la ficha incluida en el pdf. Sin embargo, al incluir la ficha de la materia en la aplicación web y desplegar las opciones del “carácter” de la materia, se reflejó por error que correspondía a “Prácticas Externas” en vez de “Optativa”. Siguiendo las sugerencias de los evaluadores, se ha modificado la ficha de la aplicación para que el carácter sea “optativo”.

Se ha reflejado en la ficha de la asignatura que “existirán un número limitado de plazas para esta materia optativa de prácticas; la Comisión Académica del Máster seleccionará los alumnos en función del perfil establecido en la oferta de la práctica y de los conocimientos y experiencia de los candidatos”.

2) Distribución de créditos del título

Se ha modificado la distribución de créditos del título en la aplicación, eliminando el número de créditos con carácter “prácticas externas”, que pasa a ser cero. Por tanto, resultarían: 15

ECTS obligatorios, 27 ECTS optativos (18 de especialidad y 9 de optativas, incluyendo en estos últimos la materia de “Prácticas Externas” de 3 créditos), 3 ECTS de seminarios y 15 ECTS de TFM.

3) Materias y asignaturas optativas

Las asignaturas optativas en el segundo semestre son todas de 3 créditos. Sin embargo, la descripción de la oferta docente de contenidos optativos se ha organizado por materias, cada una de las cuales agrupa 1, 2, 3 o 4 asignaturas optativas de 3 créditos. Cuando se indica en la planificación de las enseñanzas “3 asignaturas a elegir por el alumno entre las ofertadas”, se está hablando de 3 asignaturas de 3 créditos, para hacer un total de 9 créditos. En las fichas de las materias en el fichero pdf se refiere el número de asignaturas de 3 créditos que corresponden a cada materia. Se ha revisado el fichero pdf del criterio 5 al respecto.

No obstante para explicar mejor la descripción de las materias y asignaturas optativas se ha modificado la tabla de materias y asignaturas de la planificación de enseñanzas, así como las fichas de las materias optativas, incluyendo la siguiente información de agrupamiento de asignaturas en materias:

- 1) *MATERIA- “Tecnologías avanzadas de imágenes y señales biomédicas” (12 ECTS), comprende las siguientes asignaturas:*
 - *Cirugía guiada por imagen (3 ECTS)*
 - *Temas avanzados de imágenes biomédicas-II (3 ECTS)*
 - *Laboratorio de Señales Biomédicas (3 ECTS)*
 - *Laboratorio de Imágenes Médicas (3 ECTS)*

- 2) *MATERIA- “Tecnologías de la información y las comunicaciones en medicina” (9 ECTS), comprende las siguientes asignaturas:*
 - *Inteligencia ambiental (3 ECTS)*
 - *Tecnologías asistivas (3 ECTS)*
 - *Laboratorio de Telemedicina (3 ECTS)*

- 3) *MATERIA- “Dispositivos biomédicos” (9 ECTS), comprende las siguientes asignaturas:*
 - *Biofotónica (3 ECTS)*
 - *Bioelectromagnetismo (3 ECTS)*
 - *Laboratorio de Bioinstrumentación (3 ECTS)*

- 4) *MATERIA- “Medicina regenerativa” (3 ECTS)- una asignatura*

- 5) *MATERIA- “Temas avanzados de biomecánica” (6 ECTS), comprende las siguientes asignaturas:*
 - *Modelos numéricos para biomecánica de tejidos y del flujo sanguíneo (3 ECTS)*
 - *Laboratorio de Biomecánica (3 ECTS)*

En las fichas de las materias se ha incluido un texto que refiere que los contenidos de las materias se organizan en asignaturas de 3 créditos. También se referirá que dichas asignaturas serán definidas en la programación docente anual aprobada en la Junta de Escuela.

4) Carácter temporal del TFM

El carácter del TFM es semestral y en concreto asignado al segundo semestre, tal como se indica por los evaluadores, para equilibrar la carga docente. Sin embargo y con motivo de permitir que los alumnos que por razones laborales no terminen el TFM en el curso indicado, puedan matricularse y presentar el TFM en el primer semestre del curso siguiente, se indicó erróneamente su carácter anual en la aplicación.

Se ha solventado el error indicando en la memoria pdf y en la aplicación el carácter semestral del TFM, aunque desde un punto de vista administrativo se permitirá excepcionalmente a los alumnos repetidores matricularse en el primer semestre.

5) Denominación de módulos y materias en el pdf y en la aplicación

Se han revisado las denominaciones en el fichero pdf y en la aplicación para evitar errores de confusión de nombres.

CRITERIO 7. RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

Siguiendo las sugerencias de los evaluadores, se ha eliminado el enlace del Centro de Orientación e Información de Empleo. En la actualidad la Universidad Politécnica de Madrid dispone de convenios de prácticas con más de 5.000 empresas, incluyéndose a continuación una lista de aquellas más relevantes:

- Philips Iberica
- Praxair
- ATOS
- Medtronic Ibérica
- Alma IT
- Accenture
- Dräger Medical Hispania
- RGB
- General Electric Healthcare
- Everis
- INDRA
- GMV
- SENER
- Vodafone
- LUG Healthcare Technology
- Meirovich consulting

CRITERIO 10. CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN

Errores en la tabla de adaptaciones

Se han solventado los errores detectados por los evaluadores en la equivalencia curricular entre planes de estudios. En concreto se ha eliminado la posibilidad de reconocimiento del TFM y de la asignatura de Fundamentos médicos de Bioingeniería.

En el caso del reconocimiento entre las asignaturas de “Biomateriales” y “Medicina regenerativa” es importante resaltar que la asignatura actual de biomateriales ya incluye contenidos relevantes en temas de interacción biológica, biomateriales e ingeniería de tejidos que cubren las competencias de la asignatura de medicina regenerativa.

A continuación se incluye la nueva tabla de adaptaciones de asignaturas:

OBLIGATORIAS	
Plan 2012 (28 ECTS)	Plan 2016 (24 ECTS)
Bioinstrumentación	Bioinstrumentación
Procesamiento de Señales Biomédicas	Señales Biomédicas
Imágenes Biomédicas	Imágenes Biomédicas
Telemedicina	Telemedicina
Modelado y simulación de biosistemas	Modelado y simulación de biosistemas
Biomecánica	Biomecánica

OPTATIVAS, SEMINARIOS, TFM	
Plan 2012 (32 ECTS)	Plan 2016 (36 ECTS)
Tecnologías avanzadas de imágenes y señales biomédicas	Tecnologías avanzadas de imágenes y señales biomédicas
Tecnologías de la información y las comunicaciones en medicina	Tecnologías de la información y las comunicaciones en medicina
Dispositivos biomédicos	Dispositivos biomédicos
Biomateriales	Medicina regenerativa
Biomecánica de tejidos y fluidos	Modelos numéricos para biomecánica de tejidos y del flujo sanguíneo
Seminarios de investigación	Seminarios clínicos

**A.2 Alegaciones al informe sobre la solicitud de verificación de fecha: 16/03/2016;
Expediente Nº: 8491/2015; ID TÍTULO: 4315730**

En función de los comentarios y sugerencias propuestos por los evaluadores de la propuesta de verificación del título “Máster Universitario en Ingeniería Biomédica de la UPM” y siguiendo los apartados reflejados en el informe emitido por la Fundación para el Conocimiento Madrid+d, se detallan a continuación los cambios realizados en la memoria de verificación:

CRITERIO 1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO**C1.1- Tabla de distribución de créditos**

El máster ofrece la posibilidad de realizar prácticas externas (3 ECTS) pero efectivamente no se había incluido ninguna asignatura relativa a dichas prácticas. Por ello se ha incluido una asignatura nueva relativa a estas prácticas denominada “Prácticas Externas”.

C1.2- Créditos máximo y mínimo

Efectivamente y tal como refiere el informe, se ha detectado que existía un error en la introducción de la información en la aplicación en el apartado 1.3.1 relativa al número de créditos máximo y mínimo. Se ha modificado la memoria y la aplicación, siguiendo los valores que exige la normativa de permanencia de la UPM y que corresponden a:

- *Matrícula a tiempo completo. Se matricularán de un mínimo de 38 por curso, con un mínimo de 19 créditos por semestre, o lo que le falte para terminar los estudios.*
- *Matrícula a tiempo parcial. Se matricularán de un mínimo de 24 y de un máximo de 37, con un mínimo de 12 créditos por semestre, o lo que le falte para terminar los estudios.*

C1.3- Idiomas de impartición

En un plazo máximo de dos cursos académicos está previsto que todas las asignaturas se impartan en inglés. De hecho el material docente se generará esencialmente en inglés.

En concreto, y en el caso de que se inicie la impartición del máster en el curso 2016-2017, las asignaturas que se impartirán totalmente en inglés serán las siguientes:

- 1) Obligatorias:
 - *Organización de empresas y tecnología médica*
 - *Diseño de tecnologías biomédicas*
 - *Proyectos de investigación y desarrollo en ingeniería biomédica*
 - *Proyectos profesionales en ingeniería biomédica*

- 2) Optativas de especialidad:
 - *Bioinstrumentación*
 - *Señales biomédicas*
 - *Control y robótica en medicina*
 - *Temas avanzados de señales e imágenes médicas*
 - *Tecnologías para nanomedicina*
- 3) Optativas (segundo semestre): la mayoría se impartirán en inglés.

CRITERIO 2. JUSTIFICACIÓN

Siguiendo las sugerencias de los evaluadores se ha modificado la justificación de las dos especialidades que incluye el título y que se pasa a explicar a continuación. De igual forma se ha modificado la memoria y en concreto la sección de justificación para explicar mejor la propuesta de especialidades y sus contenidos y competencias.

Efectivamente la redacción relativa a la adecuación de la especialidad de “Tecnologías Biomédicas” para graduados en Ingeniería Biomédica no era correcta. Tal como se dice en el apartado de justificación de la memoria, la propuesta de verificación del máster actual en Ingeniería Biomédica se fundamenta en la versión actual acreditada del máster y tiene por objetivo ampliar el plan de estudios para dar mejor cabida a los egresados de las nuevas titulaciones de Grado en IB, tanto de la UPM como de otras titulaciones en España. Estos graduados tienen una formación diferente a la que disponen los alumnos que han cursado el máster actual.

Con estas premisas, el máster que se propone verificar incluye la creación de dos especialidades, una más tecnológica, coincidente en gran medida con el máster actualmente acreditado, y otra nueva, más orientada a la gestión tecnológica:

- 1) La especialidad de “Tecnologías Biomédicas” se fundamenta esencialmente en las asignaturas de primer semestre y las optativas del máster actual que ha venido impartándose durante los últimos 10 años y que fue acreditado por la Fundación para el Conocimiento Madri+d en julio de 2015. El enfoque de la especialidad es esencialmente tecnológico y profundiza en las áreas principales de la IB. En función de la experiencia del máster actual, se indica en la memoria que esta especialidad debería seguir siendo atractiva para alumnos de titulaciones de ingeniería que no han cursado estudios específicos de grado en IB, aunque eso no quiere decir que no pueda ser de interés para alumnos de grado en IB. Por ello y tal como sugieren los evaluadores, se ha cambiado la sección de redacción de la modificación del máster actual para reflejar este hecho.
- 2) La especialidad de “Gestión e Innovación en Tecnologías Sanitarias”, tiene un enfoque centrado en los aspectos de gestión e innovación en tecnologías médicas y se ha diseñado como forma de responder a aquellos alumnos que quieren profundizar en estos temas. Se afirma que esta especialidad puede ser de mayor interés para los egresados del Grado en IB de la UPM, porque en el proceso de elaboración del título y en el proceso de consultas, mediante encuestas, y entrevistas con delegados de alumnos de la UPM, se identificaron contenidos y competencias que estos alumnos

desearían tener en la titulación de máster. Sin embargo eso no quiere decir que esta especialidad no pueda ser cursada por alumnos de otras titulaciones. Por ello y tal como sugieren los evaluadores, se ha cambiado la sección de redacción de la modificación del máster actual para reflejar este hecho.

CRITERIO 3. COMPETENCIAS

Siguiendo las recomendaciones de los evaluadores, se han modificado las competencias específicas de la titulación para asegurar que tienen el preceptivo nivel de máster. En concreto se han modificado las competencias CE-MIB-1, CE-MIB-2, CE-MIB-7, CE-MIB-8, CE-MIB-9, CE-MIB-10, CE-MIB-11 y CE-MIB-12.

Las competencias modificadas quedarían de la siguiente forma:

Referencia	Descripción competencias específicas
CE-MIB-1	Utilizar Conocer el lenguaje comúnmente especializado empleado en entornos biomédicos a un nivel básico y comprender los fundamentos de las ciencias biomédicas para su aplicación en la resolución de problemas médicos de la Ingeniería Biomédica.
CE-MIB-2	Comprender Analizar los procesos organizativos y de dirección de las empresas de ingeniería biomédica para aplicar herramientas de gestión en las distintas áreas funcionales de la misma.
CE-MIB-7	Utilizar Conocer los métodos y técnicas actuales en bioinstrumentación para el análisis y diseño de sistemas avanzados de diagnóstico, terapia y monitorización de pacientes
CE-MIB-8	Identificar y utilizar Conocer y aplicar los métodos y técnicas actuales en el procesamiento de señal para el análisis y diseño de sistemas avanzados de procesamiento de señales biomédicas
CE-MIB-9	Analizar, aplicar y proponer Conocer y aplicar métodos y técnicas de generación actuales en y procesamiento de imagen para el análisis, diseño e innovación de sistemas avanzados de generación y procesamiento de imágenes biomédicas
CE-MIB-10	Conocer Aplicar los métodos de análisis, modelado y tecnologías más actuales para el análisis, diseño, desarrollo y evaluación de sistemas y servicios avanzados de telemedicina.
CE-MIB-11	Conocer Seleccionar y aplicar métodos avanzados de modelado para el diseño y simulación de sistemas biomédicos.
CE-MIB-12	Analizar Conocer los métodos y técnicas más actuales en la cinemática y la cinética para su aplicación en la biomecánica del ser humano.

CRITERIO 4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

C4.1 Conocimiento de lengua inglesa

En la memoria de verificación se refiere: *“es requisito de la Universidad tener el nivel B2 de Inglés para poder ser admitido en la titulación, demostrable mediante acreditación oficial o por haber cursado una titulación con el requisito de que los egresados dispongan del nivel B2 de inglés, como es el caso de las titulaciones de la UPM”.*

Este punto se ha especificado en los comentarios de los criterios de admisión.

C4.2 Perfil de ingreso

Siguiendo las recomendaciones de los evaluadores, se ha detectado que efectivamente existía un error en la descripción de los ámbitos formativos de los perfiles de ingreso.

Se requiere que el alumno que ingrese en este título oficial haya cursado estudios de nivel de grado o superior (graduado, ingeniero o licenciado) y el perfil de ingreso corresponde a algunos ámbitos de la ingeniería (telecomunicación, informática, industrial, biomédica) y las ciencias físicas. Si los estudiantes poseen una titulación de ingeniería biomédica no necesitarán la realización de complementos formativos. En el caso de las otras titulaciones, la Comisión Académica del Máster podrá especificar hasta un máximo de 18 ECTS de complementos formativos. Los complementos formativos serán asignaturas del Grado en Ingeniería Biomédica de la UPM de las materias de fisiología, mecánica, electrónica o señales y sistemas.

Como criterios que debe utilizar el órgano de selección para la definición de los complementos formativos específicos, se tendrán en cuenta los conocimientos previos adquiridos por los candidatos, en función de su titulación de origen o de su experiencia profesional.

Dado que la presente titulación de master tiene un enfoque muy especializado, se considera que los alumnos provenientes de otras titulaciones diferentes a las especificadas no cumplen con los requisitos mínimos para ser admitidos.

C4.3. Criterios de admisión

Siguiendo las sugerencias de los evaluadores, se han incluido comentarios en todos los criterios de admisión para facilitar su aplicación. En relación con las posibles entrevistas personales, el objetivo es ampliar la información presentada por el alumno, en el caso que sea necesario, y se utilizarán los mismos criterios de evaluación reflejados a continuación.

Se ha modificado la memoria de la siguiente forma:

Criterio	%Baremo	Comentarios
Expediente académico del título que le da acceso al programa y Universidad de origen.	60 – 80	Se valorará la nota media del mismo.
Otros méritos académicos	5 – 10	Se valorará la formación adicional relacionada con el ámbito de la ingeniería biomédica
Experiencia investigadora	5 – 10	Se valorará la motivación y la participación en proyectos de investigación en IB.
Conocimiento de las lenguas española e inglesa	5 – 10	Es requisito de la Universidad tener el nivel B2 de Inglés para poder ser admitido en la titulación, demostrable mediante acreditación oficial o por haber cursado una titulación con el requisito de que los egresados dispongan del nivel B2 de inglés, como es el caso de las titulaciones de la UPM.

Informes positivos, por escrito, y cartas de recomendación.	5 - 10	Se valorarán aquellas que provengan de profesores de los departamentos responsables del Programa y de otros departamentos o universidades.
Observaciones Generales	En caso de duda o igual puntuación entre solicitantes, se realizará una entrevista personal al alumno. <i>Dicha entrevista tendrá el objetivo de ampliar la información presentada por el alumno y se basará en los criterios de evaluación referidos anteriormente.</i> Así mismo, el Comité de Gestión se reserva la posibilidad de realizar pruebas para regular el acceso al Programa.	

C4.4 Reconocimiento de créditos por Experiencia Laboral y Profesional

Se ha subsanado una errata en la introducción de datos en la aplicación porque se decía que existía un reconocimiento de 3 créditos por experiencia laboral y profesional que no está contemplado.

Se ha modificado el dato en la aplicación.

CRITERIO 5. PLANIFICACIÓN DE ENSEÑANZAS

C5.1 Tabla de distribución temporal (apartado 5.1)

Siguiendo la recomendación de los evaluadores, se ha corregido la errata relativa al número total de créditos de materias obligatorias para reflejar que son 9 créditos del módulo fundamental en el primer semestre y 3 del módulo de seminarios clínicos.

C5.2 Créditos de optativas

Se ha detectado la errata relativa al número de asignaturas y créditos y que se refiere a lo siguiente. El número total de asignaturas de 3 ECTS incluidas en la memoria es de 14, lo que supone un total de 42 créditos porque se incluye la asignatura de “Prácticas” (3 ECTS). En la aplicación se habían incluido 5 materias que suponían un total de 39 ECTS porque no se había incluido la materia de prácticas.

El error se ha subsanado creando la asignatura de “Prácticas externas” de 3 ECTS que se ha incluido en la memoria, de forma que aparecen 14 asignaturas de 3 ECTS que suponen un total de 42 créditos.

C5.3 Aseguramiento de las competencias

Se han revisado y modificado las competencias específicas (CRITERIO 3) y consecuentemente se han revisado y modificado los contenidos de las materias afectadas para asegurar que los alumnos pueden conseguir dichas competencias.

C5.4 Contenidos de la especialidad “Tecnologías Biomédicas”

En relación a los contenidos de la especialidad “Tecnologías Biomédicas” y su adecuación a nivel de máster, es importante decir en primer lugar que se fundamentan esencialmente en las

asignaturas del primer semestre del máster actual “Máster Universitario de Ingeniería Biomédica” que fue acreditado por la Fundación para el Conocimiento Madrid+d en julio de 2015. En el informe final de acreditación del máster actual se afirma que “las metodologías docentes desarrollan las competencias recogidas en las guías, contribuyendo a una adecuada adquisición de los resultados de aprendizaje correspondientes al nivel MECES de la titulación”.

No obstante y siguiendo la sugerencia de los evaluadores, se han revisado las competencias, resultados de aprendizaje y los contenidos de las 6 asignaturas para explicar y detallar mejor su adecuación al preceptivo nivel avanzado de máster así como su mejor coordinación con la revisión de las competencias específicas de la titulación.

C5.5 Número de horas por crédito

En relación con el número de horas por crédito que debe estar asociado a un intervalo de 25 a 30 horas, se ha constatado que existía un error de formulación e interpretación de la distribución de horas y carácter presencial de las actividades formativas. Por ello se han revisado y modificado las actividades formativas en todas las materias del título.

CRITERIO 6. PERSONAL ACADÉMICO

El personal académico del máster corresponde esencialmente a los profesores que imparten el máster actual acreditado, al que se han sumado profesores de las asignaturas nuevas en las áreas de gestión e innovación tecnológica.

Todos los profesores son doctores con gran experiencia docente e investigadora en Ingeniería Biomédica. En concreto, el claustro de profesores del máster que se pide verificar está compuesto por: 38 profesores (Catedráticos de Universidad: 14; Profesores Titulares de Universidad: 17; Profesores Contratados Doctores: 6; Titulares de Escuela Universitaria: 1) con un total de 98 sexenios. Asimismo participan 22 expertos de otras universidades, hospitales, empresas de tecnología sanitaria y de centros de postgrado en seminarios y charlas invitadas.

Con el objetivo de aportar información adicional del profesorado, además de las tablas incluidas en la memoria de verificación, se han incluido detalles del CV de los profesores actuales coordinadores de las materias principales.

Prof.	Materias	Titulación	Exp. Docente e Investigadora
1	<i>Coordinación del máster MUIB</i> -Telemedicina -Imágenes Biomédicas	Dr. Ing. de Telecomunicación	- Catedrático - 30 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde su origen (primera versión en 1997, primera verificación en EEES en 2006) - 5 quinquenios / 4 sexenios - Grupo/línea de investigación: Bioingeniería y Telemedicina
2	<i>Coordinación del Grado en Ingeniería Biomédica</i> -Modelado y simulación de biosistemas	Dr. Ing. de Telecomunicación	- Profesor titular - 25 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde su origen - 3 quinquenios / 3 sexenios - Grupo/línea de investigación: Bioingeniería y Telemedicina

3	Señales Biomédicas	Dr. Ing. de Telecomunicación	<ul style="list-style-type: none"> - Catedrático - 40 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde su origen - 6 quinquenios / 6 sexenios - Grupo/línea de investigación: Tecnologías para ciencias de la salud
4	Seminarios clínicos	Dr. Ing. de Telecomunicación	<ul style="list-style-type: none"> - Catedrático - 30 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde su origen - 4 quinquenios / 4 sexenios - Grupo/línea de investigación: Life supporting technologies
5	Diseño de tecnologías biomédicas	Dr. Ing. de Telecomunicación	<ul style="list-style-type: none"> - Catedrático - 30 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde su origen - 6 quinquenios / 4 sexenios - Grupo/línea de investigación: Tecnologías de Imágenes Biomédicas
6	Biomecánica	Dr. Ing. Industrial	<ul style="list-style-type: none"> - Profesor titular - 34 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde su origen - 4 quinquenios / 3 sexenios - Grupo/línea de investigación: Biomecánica de las articulaciones protésicas. Análisis experimental de la fiabilidad de los implantes
7	Control y Robótica	Dr. Ing. de Telecomunicación	<ul style="list-style-type: none"> - 10 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde 2012 - 2 quinquenios / 1 sexenio - Grupo/línea de investigación: Robótica y control inteligente - 1 año de experiencia profesional
8	Organización de empresas	Dr. Ing. de Telecomunicación	<ul style="list-style-type: none"> - 15 años como profesor universitario - 3 quinquenios / 1 sexenio - Grupo/línea de investigación: Organización de empresas - 3 años de experiencia profesional
9	Bioinstrumentación	Dr. Ing. de Telecomunicación	<ul style="list-style-type: none"> - 25 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde el inicio - 4 quinquenios / 3 sexenio - Grupo/línea de investigación: LST, bioinstrumentación, biosensores y tecnologías para nanomedicina
10	Temas avanzados de señales e imágenes médicas	Dr. Ing. de Telecomunicación	<ul style="list-style-type: none"> - Profesor titular - 15 años como profesor universitario - Experiencia docente en el máster: desde su origen - 3 quinquenios / 2 sexenios - Grupo/línea de investigación: Tecnologías de Imágenes Biomédicas

En relación al personal de apoyo técnico, el máster cuenta con 4 técnicos del Personal de Administración y Servicios del Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería, así como miembros de los grupos de investigación de los profesores participantes en el Máster. También se dispone de personal de apoyo técnico (3 personas) en el Centro de Tecnología Biomédica de la UPM.

Además, al igual que en versiones anteriores del Máster Universitario en Ingeniería Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid, los grupos de investigación cuentan con doctores de alto prestigio nacional e internacional que a través de diferentes colaboraciones docentes, sujetas a la legislación vigente en la Universidad Politécnica de Madrid, que ofrecen apoyo al profesorado durante la impartición del mismo.

CRITERIO 7. RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

C7.1 Laboratorios

Se ha revisado la descripción de los laboratorios para incluir únicamente los laboratorios de los centros principales de impartición: ETSI Telecomunicación, ETSI Caminos, Canales y Puertos, ETSI Industriales y Centro de Tecnología Biomédica.

Laboratorios en el centro ETSIT-UPM:

Los laboratorios docentes de la ETSIT-UPM que específicamente se van a dar servicio a las diferentes prácticas que los estudiantes realizan a lo largo de la titulación son los siguientes:

Laboratorio	Nº de puesto	Dedicación	Equipamiento más importante
Bioingeniería y Telemedicina	10	60%	PC con software MATLAB, IDL, BIOPAC Student Lab
			Equipo de adquisición de señales biomédicas BIOPAC MP30
Ciencias Biomédicas	20	20%	20 puestos, microscopio, microcentrifugadora, equipo de adquisición análisis EEG, EMG/PE-MICROMED, espectrofotómetro luz visible/Ultravioleta-Biolab, balanza precisión
Imágenes Biomédicas	25	60%	PC con software MATLAB y entornos de procesamiento de imagen (3D Slicer)
Robótica:	2	10%	Ordenadores, robots e-pucks, interfaces bluetooth para comunicación con los robots y diferente material para crear entornos para los robots
Control	10	10%	Ordenadores, osciloscopios, generadores de señal, fuentes de alimentación, motores, calculadores analógicos, tarjetas de adquisición de datos, tarjetas de interconexión, motores y microcontroladores
Instrumentación virtual	4	15%	Ordenador con Tarjeta de adquisición de datos
			Generador de funciones

			Fuente de alimentación
			Analizador dinámico de señales
			Osciloscopio y polímetro de sobremesa

Para la realización del Trabajo Fin de Máster se dispone de los recursos de los grupos de investigación, departamentos y otros centros participantes.

Centro de Tecnología Biomédica

Los recursos materiales del CTB están a disposición del máster, prácticamente en su totalidad. Aulas: En El Centro de Tecnología Biomédica, disponible desde Marzo de 2011, además de los laboratorios de investigación (que se presentan a continuación), accesibles para las prácticas de los alumnos, se han previsto los medios de aulas, seminarios, salas de trabajo en equipo, biblioteca, y salón de actos para alojar el Grado en Ingeniería Biomédica.

Bibliotecas: Se cuenta con Centro de Documentación específico en el tema de la Ingeniería Biomédica que será instalado en el CTB

Laboratorios: Los alumnos del Máster en IB dispondrán para realizar sus prácticas, trabajos de asignaturas y Trabajo Fin de Máster de los laboratorios del Centro de Tecnología Biomédica CTB que son:

- Laboratorio de Bioinstrumentación
- Laboratorio de Bioelectromagnetismo. Caracterización física y funcional de nanoestructuras
- Laboratorio de Biofuncionalización
- Laboratorio de Bioquímica
- Laboratorio de Cultivos, Microscopía. Fluorescencia, patchclamp y voltageclamp
- Laboratorio de modelos celulares y animales
- Laboratorio de efectos Biológicos de Campos Electromagnéticos
- Laboratorio Cajal de Circuitos Corticales
- Laboratorio HPC-MAGERIT: Computación de altas prestaciones
- Laboratorio de Informática Biomédica
- Laboratorio de BIO-TICs
- Laboratorio de Análisis Imágenes Biomédicas: Neuroimagen
- Laboratorio de BrainConnectivity&Synchronization
- Centro de Magnetoencefalografía (MEG)
- Laboratorio de Neurociencias cognitivas
- Laboratorio de Biomateriales

Laboratorios concertados:

- Laboratorio de nanobioingeniería. Colaboración con GDM/ISOM-UPM: Grupo de Dispositivos Magnéticos y GDM-UCM: Grupo de Dispositivos Magnéticos
- Fabricación de nanopartículas y nanohilos magnéticos
- Unidad de caracterización mecánica de materiales biológicos
- Laboratorio de modelado y simulación de biosistemas: IB-US: Grupo de Ingeniería Biomédica Univ. Sevilla
- Laboratorio de experimentación con grandes animales: CCMI-UE: Centro de cirugía de mínima invasión. Cáceres

Unidades de soporte del CTB:

- Centro de documentación de Tecnología Biomédica
- Ensayos clínicos
- Infraestructura de sistemas de información y comunicaciones
- Transferencia tecnológica. Incubadora de empresas
- Apoyo a la financiación del CTB
- Infraestructura disponible

C7.2 Listado de entidades para la realización de prácticas externas

Las prácticas externas se plantean en los hospitales con los que la UPM mantiene convenio de colaboración académica. Se incluye a continuación el listado de hospitales con convenio:

- Hospital Universitario Infanta Leonor
- Hospital Universitario de la Princesa
- Hospital Universitario Gregorio Marañón
- Hospital Universitario 12 de Octubre
- Centros UPS-Quirón Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas
- Unidad Central de Radiodiagnóstico CAM

Esta lista aumentará en los próximos meses cuando finalice el proceso de firma de otros 4 convenios. De igual forma los alumnos podrán realizar prácticas en empresas del sector de tecnología médico dentro de las empresas incluidas en el Centro de Orientación e Información de Empleo (www.coie.upm.es).

CRITERIO 10. CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN

C10.1-Cronograma

Se ha modificado el cronograma de implantación del nuevo máster y extinción del actual siguiendo las sugerencias de los evaluadores.

Cronograma de implantación del Máster verificado para el **curso 2016/2017**

	2016/2017	2016/2017
Plan 2012	Sólo TFM	
Plan 2016	Implantación	

C10.2 Tabla de adaptaciones

Se ofrecerá a todos los alumnos la posibilidad de adaptar su curriculum al nuevo plan de estudios, mediante la selección de las materias obligatorias del itinerario de tecnologías biomédicas y las optativas que mantienen la estructura del programa anterior.

A continuación se incluye la tabla de adaptaciones de asignaturas:

OBLIGATORIAS	
Plan 2012 (28 ECTS)	Plan 2016 (24 ECTS)
Fundamentos médicos de Bioingeniería	Proyectos profesionales en IB
Bioinstrumentación	Bioinstrumentación
Procesamiento de Señales Biomédicas	Señales Biomédicas
Imágenes Biomédicas	Imágenes Biomédicas
Telemedicina	Telemedicina
Modelado y simulación de biosistemas	Modelado y simulación de biosistemas
Biomecánica	Biomecánica

OPTATIVAS, SEMINARIOS, TFM	
Plan 2012 (32 ECTS)	Plan 2016 (36 ECTS)
Tecnologías avanzadas de imágenes y señales biomédicas	Tecnologías avanzadas de imágenes y señales biomédicas
Tecnologías de la información y las comunicaciones en medicina	Tecnologías de la información y las comunicaciones en medicina
Dispositivos biomédicos	Dispositivos biomédicos
Biomateriales	Medicina regenerativa
Biomecánica de tejidos y fluidos	Modelos numéricos para biomecánica de tejidos y del flujo sanguíneo
Seminarios de investigación	Seminarios clínicos
Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster

C10.3 Implantación del nuevo y extinción del existente

El plan 2016 extingue el plan 2012

RECOMENDACIÓN

CRITERIO 2. JUSTIFICACIÓN: Se ha modificado el documento pdf asociado a la justificación para que sólo incluya dicho apartado.

2. JUSTIFICACIÓN

2.1 Justificación de la verificación del Máster Universitario en Ingeniería Biomédica

Introducción

La UPM ofrece en la actualidad dos titulaciones en la disciplina de Ingeniería Biomédica:

- 1) *Grado en Ingeniería Biomédica (GIB)*: se implantó el curso 2011-2012, es decir, la primera promoción de alumnos se encuentra ahora en el cuarto curso y ha obtenido sus primeros egresados al finalizar el curso 2014-2015. Anteriormente se ha impartido docencia de ingeniería biomédica en la intensificación en bioingeniería del título de Ingeniero de Telecomunicación (desde 1984 hasta la actualidad).
- 2) *Máster Universitario en Ingeniería Biomédica (MIB)*: es un máster de 60 ECTS que con diversas modificaciones viene impartándose en la UPM desde el curso 2006-2007 en el formato adaptado al EEES, por lo que se este año cumple su décimo aniversario de impartición continuada. Asimismo se puede resaltar que el máster obtuvo el pasado mes de junio su acreditación por un periodo de 5 años por la agencia de acreditación de la Comunidad de Madrid (Fundación Madri+d). Anteriormente se ha impartido formación de doctorado y máster internacional en IB (desde 1988).

La oferta de máster se inicia en el 2006 con el denominado “Máster Universitario en Telemedicina y Bioingeniería” (MTyB) de 60 ECTS y se planteó como una extensión de la intensificación en bioingeniería asociada a la ingeniería de telecomunicación. Por ello, los alumnos que ingresaban al MTyB tenían un perfil técnico, con titulaciones de las áreas TIC (Telecomunicación, Informática, Electrónica, etc.), interesados en introducirse profesionalmente en el área de la IB. La estructura del máster era de enseñanzas de 60 ECTS, una oferta de 17 materias organizadas en un primer semestre común y un segundo semestre de especialidad, que incluye el TFM. El número total de alumnos matriculados en este máster fue de 142 alumnos: 14 (2006-2007), 17 (2007-2008), 32 (2008-2009), 22 (2009-2010), 30 (2010-2011) y 27 (2011-2012).

El incremento de actividad en IB en áreas de aplicación de ingeniería en la IB, esencialmente en biomateriales y biomecánica, junto con una mayor demanda de profesionales en IB que no solo dispusieran de una formación en IB soportada en las TIC, llevó a proponer en la UPM un nuevo máster en esta disciplina denominado “Máster en Ingeniería Biomédica” (MIB). Este máster empezó a impartirse en el curso 2009/2010 con un plan de enseñanzas de 120 ECTS, y con 46 materias optativas de las que se llegaron a impartir un total de 34. El número de plazas ofertadas era de 40 y el número total de alumnos matriculados de nuevo ingreso fue de 43: 13 (2009-2010), 16 (2010-2011) y 14 (2011-2012). La organización del MIB basado únicamente en materias optativas implicaba una compleja gestión de matrícula para cubrir un número de alumnos mínimo por asignatura así como de organización de las clases teóricas y laboratorios.

En un intento de racionalizar la oferta docente de la UPM en IB y la gestión académica del MIB anterior, en el año 2012 se realizó una modificación de dicho máster MIB con una reducción a 60 ECTS. Dicha modificación del MIB integraba la oferta docente de ambos másteres existentes en la UPM y ponía las bases para futuras modificaciones del máster al integrarse con el GIB. En este sentido se dejó de ofrecer e impartir el MTyB en el curso 2012.

La demanda del máster actual MIB está siendo muy satisfactoria con una matrícula de 27 alumnos en el

curso 2012-2013, 29 en el curso 2013-2014 y 31 en el curso 2014-2015. Fundamentalmente, el perfil actual de ingreso en este máster es de titulados en algunos ámbitos de la ingeniería (telecomunicación, informática, industrial, biomédica) y las ciencias físicas.

~~que no disponen de conocimientos en IB, por lo que las enseñanzas de las materias se plantean desde los fundamentos de la IB, lo que no hace suficientemente atractiva esta oferta docente para los futuros alumnos egresados del GIB de la UPM y de otras universidades.~~

La propuesta de verificación del máster actual en Ingeniería Biomédica se fundamenta en la versión actual acreditada del máster y tiene por objetivo ampliar el plan de estudios para dar mejor cabida a los egresados de las nuevas titulaciones de Grado en IB, tanto de la UPM como de otras titulaciones en España. Estos graduados tienen una formación diferente a la que disponen los alumnos que han cursado el máster actual.

Con esta premisas, el máster que se propone verificar incluye la creación de dos especialidades, una más tecnológica, coincidente en gran medida con el máster actualmente acreditado, y otra nueva, más orientada a la gestión tecnológica:

1) La especialidad de “Tecnologías Biomédicas” se fundamenta esencialmente en las asignaturas de primer semestre y las optativas del máster actual que ha venido impartándose durante los últimos 10 años y que fue acreditado por la Fundación para el Conocimiento Madri+d en julio de 2015. El enfoque de la especialidad es esencialmente tecnológico y profundiza en las áreas principales de la IB. En función de la experiencia del máster actual, esta especialidad debería seguir siendo atractiva para alumnos de titulaciones de ingeniería que no han cursado estudios específicos de grado en IB, aunque eso no quiere decir que no pueda ser de interés para alumnos de grado en IB.

2) La especialidad de “Gestión e Innovación en Tecnologías Sanitarias”, tiene un enfoque centrado en los aspectos de gestión e innovación en tecnologías médicas y se ha diseñado como forma de responder a aquellos alumnos que quieren profundizar en estos temas. Esta especialidad puede ser de mayor interés para los egresados del Grado en IB de la UPM, porque en el proceso de elaboración del título y en el proceso de consultas, mediante encuestas, y entrevistas con delegados de alumnos de la UPM, se identificaron contenidos y competencias que estos alumnos desearían tener en la titulación de máster. Sin embargo eso no quiere decir que esta especialidad no pueda ser cursada por alumnos de otras titulaciones.

3) La inclusión de nuevas materias que ayuden a los alumnos a formarse e identificar mejor sus futuros perfiles profesionales, dentro de los más demandados en IB, como son el trabajo en empresas de tecnología sanitaria (gestión y diseño de equipos) o en centros de investigación.

~~Estas motivaciones llevan a proponer una modificación del actual Máster en Ingeniería Biomédica de la UPM que contemple:~~

- ~~1.— El mantenimiento de la oferta actual de máster en IB para los titulados que no son graduados en IB, con una media de 25 alumnos desde 2006, que siendo titulados en ingeniería o en ciencias físicas-químicas se interesan por una oferta docente de especialización en IB y reenfocan su futuro profesional en esta disciplina.~~
- ~~2.— Una estructura ampliada que se adapte también a las necesidades de los alumnos del Grado en Ingeniería Biomédica y permita ofrecerles una titulación de máster tal como existe en multitud de universidades europeas y norteamericanas.~~

Propuesta de modificación del actual MIB de la UPM

En función de estas necesidades se plantean las siguientes modificaciones en la estructura y contenidos del Máster en Ingeniería Biomédica actual:

- 1) La inclusión de un conjunto de materias obligatorias enfocadas a los perfiles profesionales demandados en IB. Para ello se definen tres materias obligatorias en el primer semestre enfocadas a: 1) organización y gestión de empresas de tecnología médica; 2) diseño de tecnologías biomédicas y 3) proyectos de investigación y desarrollo en ingeniería biomédica. Asimismo se complementan estas asignaturas obligatorias con una asignatura de seminarios impartidos por profesionales clínicos que presenten desde su experiencia las principales necesidades tecnológicas en sus áreas de especialidad (neurología, cardiología, respiratorio, inmunología, traumatología, cirugía, etc.). Todo ello define un módulo básico de 12 ECTS.
- 2) La definición de un especialidad en **“Tecnologías Biomédicas”**, se fundamenta esencialmente en las asignaturas de primer semestre y las optativas del máster actual que lleva impartándose durante los últimos 10 años y que fue acreditado por la Fundación para el Conocimiento Madri+d en julio de 2015. El enfoque de la especialidad es esencialmente tecnológico y profundiza en las áreas principales de la IB. Este itinerario añade en el primer semestre las nuevas materias obligatorias, e integra las actuales asignaturas de **“Fundamentos Biomédicos”** con la de **“Seminarios”** en la asignatura **“Seminarios clínicos”**. Se reduce el número de créditos optativos para dar cabida a las tres materias obligatorias detalladas en el punto anterior.
- 1) La segunda especialidad en **“Gestión e Innovación en Tecnologías Sanitarias”**, tiene un enfoque hacia los aspectos de gestión e innovación en tecnologías médicas y se ha diseñado como forma de responder a aquellos alumnos que quieren profundizar en estos temas, como un medio para facilitar su incorporación en las empresas del sector o en la creación de empresas de base tecnológica en tecnologías sanitarias. La especialidad seguida por el alumno quedará reflejada en el suplemento al título para mostrar la formación recibida. En cada una de estas especialidades se deben cursar 18 ECTS que constituyen un módulo de materias obligatorias de itinerario.
- 2) La inclusión de una materia obligatoria de proyectos en IB, organizada en formato taller con grupos pequeños tutelados por un profesor, en la que todos los alumnos trabajen juntos independientemente de su perfil de ingreso. Este tipo de materias con una metodología de formación basada en casos y resolución de problemas concretos se ha demostrado muy adecuada en un campo tan interdisciplinar como la IB, en la que alumnos con formación diversa puedan compartir su formación básica para cooperar en la ejecución de un proyecto enfocado a la empresa, al hospital o a la investigación. Esto define un módulo obligatorio de proyectos profesionales de 6 ECTS.
- 3) Complementar la oferta actual de asignaturas optativas con un conjunto de asignaturas nuevas, esencialmente enfocadas a los graduados en IB. De la amplia oferta de optativas se impartirán aquellas seleccionadas previamente por los alumnos con el objetivo de asegurar un mínimo de 5 alumnos en cada asignatura. Las optativas pueden elegirse libremente, con independencia de la especialidad seguida, debiendo cursarse 9 ECTS del módulo de materias optativas.

En función de la estructura actual del MIB, y al aplicar las modificaciones propuestas, la estructura del máster quedaría de la siguiente forma:

Distribución temporal de las enseñanzas	
Primer semestre (30 ECTS)	Segundo semestre (30 ECTS)
<ul style="list-style-type: none"> Materias obligatorias del módulo básico fundamental (9 ECTS) (12 ECTS) Materias de seminarios (3 ECTS) Materias optativas: obligatorias de los módulos de itinerario (18 ECTS) 	<ul style="list-style-type: none"> Materia obligatoria de módulo fundamental (6 ECTS) Materias optativas (9 ECTS) Trabajo Fin de Máster (15 ECTS)

Lo que implica la siguiente estructura en la planificación de las enseñanzas:

Créditos	ECTS	Planificación de las enseñanzas	ECTS
Créditos obligatorios	18	MATERIAS COMUNES (Modulo fundamental)	15
		SEMINARIOS	3
Créditos optativos	27	MATERIAS DE ITINERARIO	18
		MATERIAS OPTATIVAS	9
Créditos de trabajo fin de Máster	15	TRABAJO FIN DE MÁSTER	15
Total	60	TOTAL	60

La propuesta de módulos es la siguiente:

Módulos	ECTS	Tipo
Módulo I: Módulo Fundamental	15	OB
Módulo II: Itinerario "Tecnologías biomédicas"	18	OPT
Módulo III: Itinerario "Gestión e innovación en tecnologías sanitarias"	18	OPT
Módulo IV: Materias Optativas	9	OPT
Módulo V: Seminarios	3	OB
Módulo VI: Trabajo Fin de Máster	15	OB

La distribución de asignaturas e itinerarios en los diversos módulos según la distribución temporal y planificación de las enseñanzas es la siguiente:

Módulo I: Módulo fundamental				
ASIGNATURA		ECTS	Semestre	
Organización de empresas de tecnología médica	OB	3	S1	
Diseño de tecnologías biomédicas	OB	3	S1	

Proyectos de investigación y desarrollo en IB	OB	3	S1	
Proyectos profesionales en IB	OB	6		S2

Módulo II: Itinerario Tecnologías biomédicas				
ASIGNATURA		ECTS	Semestre	
Bioinstrumentación	OPT	3	S1	
Señales Biomédicas	OPT	3	S1	
Imágenes Biomédicas	OPT	3	S1	
Telemedicina	OPT	3	S1	
Modelado y simulación de biosistemas	OPT	3	S1	
Biomecánica	OPT	3	S1	

Módulo III: Itinerario Gestión e innovación en tecnologías sanitarias				
ASIGNATURA		ECTS	Semestre	
Gestión e innovación empresarial en IB	OPT	3	S1	
Análisis inteligente de datos médicos	OPT	3	S1	
Control y robótica en medicina	OPT	3	S1	
Medicina personalizada	OPT	3	S1	
Temas avanzados de señales e imágenes médicas	OPT	3	S1	
Tecnologías para nanomedicina	OPT	3	S1	

Módulo IV: Materias optativas				
ASIGNATURA		ECTS	Semestre	
3 asignaturas a elegir por el alumno entre las ofrecidas	OPT	9		S2

Módulo V: Seminarios				
ASIGNATURA		ECTS	Semestre	
Seminarios clínicos	OB	3	S1	

Módulo VI: Módulo Trabajo Fin de Máster				
ASIGNATURA		ECTS	Semestre	
Trabajo Fin de Máster	OB	15		S2

2.2 Justificación del título propuesto, argumentando el interés académico, científico o profesional del mismo

Introducción

La Ingeniería Biomédica es un área científica interdisciplinar que requiere la participación de múltiples áreas de conocimiento de la ingeniería y de la biomedicina. Esta singularidad justifica que el Máster en Ingeniería Biomédica por la UPM haya sido de carácter intercentros desde su creación e involucre Departamentos de seis Centros de la UPM, así como profesores e investigadores invitados de diversos centros clínicos de toda España.

Experiencias anteriores

La formación de tercer ciclo se inicia en la UPM en 1984 con un programa de doctorado de título Ingeniería Biomédica y Tecnología Sanitaria, que se integró en el curso 1998/1999 en un programa de doctorado inter-departamental denominado “Tecnologías de la Información y Comunicaciones”, cuando la nueva legislación aconsejó unificar los programas de doctorado de la Universidad Politécnica de Madrid. Durante esa etapa se imparten además cursos específicos de postgrado, orientados a profesionales involucrados de una u otra forma en actividades de IB, para los que no existían programas.

En Diciembre de 2005 se aprueba el nuevo Programa de Doctorado en Ingeniería Biomédica de carácter intercentros con la participación de departamentos de siete centros de la UPM, que constituye el uno de los antecedentes del Máster en Ingeniería Biomédica, que obtiene la mención de calidad en su primer año de vida, vigente por renovación hasta la actualidad.

En ese mismo año se crea el Máster de Telemedicina y Bioingeniería que es el principal antecedente del Máster en Ingeniería Biomédica, fusionándose posteriormente ambos en 2012. El Máster de Telemedicina y Bioingeniería (TyB) estaba incluido dentro del Máster de Ingeniería de Telecomunicación y tenía el objetivo de acomodar la actual intensificación en Bioingeniería del Plan 1992 del Título de Ingeniero de Telecomunicación al nuevo marco del Espacio Europeo de Educación Superior.

La actividad de grado se inicia en 1984 como Bioingeniería o Ingeniería Biomédica en la E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT) de la Universidad Politécnica de Madrid, dentro de la recientemente creada Cátedra de Bioingeniería. Con dos asignaturas de grado del título de Ingeniero de Telecomunicación del Plan de Estudios entonces vigente (1964-M2): ‘Fundamentos de Bioingeniería’ y ‘Señales Biológicas y su Tratamiento’.

En el curso 1998/99 comienza una nueva etapa con la Intensificación en Bioingeniería que ofrecía una especialización, accesible desde cualquiera de las especialidades del Plan de Estudios de Ing. de Telecomunicación (Tecnología Electrónica, Teoría de la Señal y las Comunicaciones e Ingeniería Telemática), permitiendo de esta forma organizar perfiles de formación distintos. Dicha intensificación se empezó a impartir como una de las primeras experiencias de especialización de grado en IB en España. La Intensificación de Bioingeniería consta 24 créditos de teoría, de los cuales 18 son teóricos y 6 de prácticas, y 8 créditos de materias de laboratorio impartidas, todas ellas en el último curso del título (5º curso). Desde el curso 99/00 hasta la actualidad se están impartiendo además asignaturas de libre elección. Esta Intensificación en Bioingeniería continúa en la actualidad.

Análisis del mercado potencial. Características de esa demanda en el entorno de influencia. Referentes nacionales e internacionales de la propuesta.

El importante avance que ha experimentado la medicina durante la segunda mitad del siglo XX no habría sido posible sin la aportación de nuevas y avanzadas tecnologías soportadas por la Ingeniería Biomédica, que han permitido el desarrollo de nuevas soluciones a problemas médicos y sociales relacionadas con enfermedades y discapacidades, el análisis de la eficacia, efectividad y seguridad de tales soluciones, y la gestión de recursos, sistemas de información y sistemas de comunicación al entorno socio-sanitario.

El concepto global de tecnologías socio-sanitarias es muy amplio y se relaciona, de un modo genérico, con todo lo que supone una innovación al servicio de la salud o, en un sentido amplio, de la calidad asistencial de la población, y se dirige a las personas que sufren una enfermedad (potencialmente todos los ciudadanos), a las personas discapacitadas y a los sectores de población que requieren una especial atención como son las personas mayores. En este contexto, la adecuada selección y utilización de las tecnologías sanitarias, juntamente con la investigación científica, el desarrollo y la innovación tecnológica (I+D+i), se convierten en instrumentos fundamentales no sólo para la mejora en términos absolutos de la salud, del bienestar social y de la calidad de vida de la población, sino también para optimizar los beneficios sociales que se derivan de los recursos que se utilizan con este propósito.

Los profesionales de IB trabajan en empresas de tecnología sanitaria, en hospitales y centros de salud, en universidades y centros de investigación y en la administración pública (local, autonómica, nacional e internacional) relacionada con la regulación de la utilización de tecnología sanitaria. Su formación en las dos disciplinas, ingeniería y medicina, les capacita para coordinar equipos interdisciplinares formados por ambos tipos de profesionales (ingenieros y médicos). En las empresas de tecnología sanitaria, investigan, diseñan y desarrollan nuevos productos y servicios sanitarios. En los hospitales y centros sanitarios, los ingenieros biomédicos asesoran en la selección y la utilización del equipamiento médico, además de supervisar su control y mantenimiento. En las universidades y centros de investigación, participan directamente en proyectos de investigación en colaboración con investigadores de diferentes disciplinas, medicina, ingeniería y biología. En la administración pública, los ingenieros biomédicos realizan tareas relacionadas con ensayos de productos sanitarios novedosos y con la aplicación de la legislación relacionada con la adecuada utilización de dichos productos, por ejemplo, en temas relacionados con la seguridad de los pacientes.

Mientras en Europa hay una gran tradición en Ingeniería Biomédica, con un gran número de universidades impartiendo programas de Grado y de Máster, en España no han existido este tipo de profesionales hasta el año 2007. Además, sólo se imparten este tipo de enseñanzas de máster en 5 universidades públicas, por lo que el número de egresados cada año es muy inferior a las demandas del mercado laboral. Es previsible un continuo incremento de la demanda de ingenieros biomédicos dado que el aumento de la edad media de la población provoca un aumento de la demanda de servicios sanitarios. En el ámbito sanitario (800 hospitales) se estima la incorporación durante los próximos 10 años de dos personas por centro. En los centros de investigación se prevé una incorporación en un plazo de 5 años de 50 titulados. (Informes Eucomed y MedistatReports).

Según el US Bureau of Labor Statistics, en un informe revisado el 2010, la profesión con más crecimiento entre 2008 y 2018 sería ingeniería biomédica (72%, frente a una media del 11% del resto de ingenierías). En un informe de la CNN en 2013, el crecimiento se estimaba en un 62%, además de considerarla la profesión número uno en cuanto a crecimiento en los siguientes 10 años. En otro de CareerCast de 2013, aparecía como la número dos, con un 62% de crecimiento.

Durante las últimas décadas, el impacto del ingeniero biomédico en la sociedad ha sido muy relevante. Una buena prueba de ello es la gran proliferación de *workshops* a escala europea y mundial, así como los esfuerzos de integración de organismos como la Federación Internacional de Ingeniería Biomédica (IFMBE), donde la sección europea y las diferentes sociedades nacionales están tratando de definir posturas convergentes en aspectos que van desde la normalización, certificación y definición de directrices sobre equipamientos médicos hasta la docencia. Otro aspecto revelador del desarrollo de la

IB vino dado por la inversión en millones de dólares de la fundación norteamericana Whitaker Foundation para dar soporte económico a los planes de estudio en IB de las universidades norteamericanas, velando por su continua optimización y permanente adecuación a los cambios. Por otro lado, la evolución de las tecnologías y la llegada de la sociedad de la información han generado, en un tiempo relativamente corto, una explosión de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la IB, condicionando la práctica de los profesionales involucrados en este campo y definiendo nuevas áreas alrededor de los potentes recursos disponibles en relación con las comunicaciones. También cabe destacar que en el año 2001 se creó en los EEUU el National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB), con un presupuesto anual de 280 millones de dólares, como un nuevo miembro de los National Institutes of Health (NIH).

El sector de la tecnología médica en Europa emplea a más de 520.000 personas, con más de 11.000 empresas, de las cuales el 80% son PYMEs. El mercado mueve unos 80.000 M€, que a nivel mundial supone un 35% del total. Actualmente, hay un crecimiento anual del mercado del 5%. Las empresas de este sector invierten un 8% de su ventas en I+D y representa más del 11% de las patentes.

La federación patronal del sector en España FENIN representa actualmente a unas 500 empresas del sector, que equivale en términos económicos a más de 3.000 M€ anuales, proporcionando trabajo muy cualificado a más de 29.000 personas. El volumen de negocio en 2012 fue de 7.700 millones de euros y las exportaciones en ese mismo año del sector español de tecnología sanitaria ascendió a 1.883 millones euros.

También puede apreciarse el auge de la IB en el continuo crecimiento de iniciativas nacionales e internacionales para la creación de centros de investigación interdisciplinares como el CIBER-BBN del Instituto de Salud Carlos III.

CIBER-BBN: Centro Nacional de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomecánica y Nanomedicina.

El Ciber-BBN es sin duda un referente de la investigación e innovación a nivel nacional e internacional, posicionándose como líder en la investigación sobre avances tecnológicos y su transferencia a la práctica clínica. Aglutina 52 grupos españoles seleccionados por paneles de evaluación internacional exclusivamente por su excelencia científica y reconocimiento internacional. En su segundo año de actividades elaboró, en colaboración con expertos internacionales del sector, un Plan Director con el fin de determinar las líneas prioritarias de la investigación e innovación a nivel estatal e internacional, para que los distintos agentes implicados puedan posicionarse como líderes en la investigación en ingeniería biomédica. Este Plan ha sido un referente principal de la revisión realizada del Programa de Postgrado en Ingeniería Biomédica (www.ciber-bbn.es), por su doble dimensión: internacional en la identificación de los temas preferentes y nacionales en su contextualización española; encajando perfectamente en el aforismo de “pensar globalmente y actuar localmente”. Las líneas prioritarias identificadas son:

TELEMEDICINA:

La investigación en telemedicina y aplicación de las TIC en biomedicina y salud va a permitir en los próximos años el desarrollo de nuevos procesos, modelos, tecnologías y sistemas para la mejora de:

- La prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades
- El cuidado del paciente y la rehabilitación en cualquier momento y lugar
- La evaluación de la tecnología sanitaria
- La optimización de la práctica médica y la provisión de mejores servicios sanitarios, más universales y económicos

Las áreas principales de investigación asociadas al Máster, soportadas por los grupos de investigación y departamentos que lo imparten asociadas a las áreas de formación principales son: 1) Monitorización de las actividades de la vida diaria: El registro instrumental de las actividades de la vida diaria (AVD) es de un gran valor para el control de calidad de los cuidados y la gestión personalizada de los servicios. La idea es que sistemas de sensores y algoritmos de registro y reconocimiento permitan evaluar el estado general de una persona en un momento y la evolución a corto y largo plazo, ayudando a la toma de decisiones

para la gestión personal (auto cuidados), para aviso a un familiar o cuidador, o para la posible intervención de soporte que se requiera; 2) Dispositivos inteligentes de control y órganos artificiales en domicilio: Cada vez es más necesario disponer de dispositivos médicos que suplan la pérdida funcional de un órgano o un sistema fisiológico, como puede ser el desarrollo de sistemas de páncreas artificial para diabetes. Esta investigación requiere investigar en nuevos algoritmos de control en lazo cerrado (control adaptativo, redes neuronales y lógica borrosa), caracterización de modelos fisiológicos, simuladores de paciente y caracterización de los dispositivos biomédicos de monitorización de variables fisiológicas; 3) Arquitecturas multi-agente para sistemas de telemedicina: La definición de procesos autónomos y distribuidos que colaboran para la consecución de los objetivos de los usuarios contemplando aspectos de redundancia (computacional, comunicaciones, almacenamiento de información) que garantizan la robustez y disponibilidad del sistema; 4) Conectividad de redes e interoperabilidad: Más allá de la conectividad y la interoperabilidad técnica hay que alcanzar la interoperabilidad semántica entre las aplicaciones y en último término la interoperabilidad organizativa y así garantizar la interoperabilidad entre sistemas de información de ámbitos dispares (sanidad, seguridad social, entes gestores, operadores de servicios) y a nivel trasnacional (marco europeo y global). Un área muy importante, es la interoperabilidad con los sistemas de información sanitarios, en particular en lo referente a identificación de usuario y profesional, sistemas de historias clínicas, y receta electrónica entre otros. Los estándares abiertos siguiendo las normas internacionales y los acuerdos de interoperabilidad tendrán un papel muy importante; 5) Sistemas basados en contexto: El desarrollo de los sistemas basados en contexto involucra la aplicación de tecnologías multimodales de localización de forma fiable y robusta del usuario, seguir su actividad a corto y largo plazo y en relación con otras personas, objetos o situaciones en el entorno, especialmente de los cuidadores profesionales o familiares, así como servicios sociales, sanitarios, de urgencia o de otro tipo relevantes para el tipo de servicio; 6) Gestión del conocimiento y ayuda a la decisión: Es fundamental disponer de herramientas de extracción de conocimiento en bases de datos clínicas por técnicas de data mining y sistemas de ayuda a la decisión en procesos terapéuticos, que exploten la cantidad ingente de información clínica que genera la historia clínica electrónica y la telemedicina; 7) Interfaces accesibles y diseño para todo: Bajo el concepto de diseño para todos está el compromiso de diseñar interfaces de usuario basados en paradigmas familiares a los usuarios finales que respeten de forma estricta el entorno en el que viven y atiendan las necesidades especiales de los mayores y personas con discapacidad; tanto en lo que se refiere al acceso a la información como a la interacción con los medios técnicos necesarios para implantar los servicios propuestos. Las soluciones que se propongan deben estar orientadas a ocultar la tecnología y exponer la funcionalidad; 8) Tecnologías de rehabilitación: Es necesario aprovechar al máximo posible las tecnologías de realidad virtual para la creación de entornos virtuales interactivos (2D, 3D y realidad aumentada) para rehabilitación (cognitiva y funcional), monitorización y análisis en tiempo real de los procesos de rehabilitación, así como análisis automático de bases de conocimiento para optimización de programas de rehabilitación; 9) Privacidad, confidencialidad y seguridad de los datos: Estas cuestiones son transversales para todas las aplicaciones y se deben abordar de forma integrada incluyendo los aspectos legales no sólo en el ámbito nacional sino también para situaciones de movilidad en el marco europeo y global.

SEÑALES E IMÁGENES MÉDICAS. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN MÉDICA. DIAGNOSTICO POR IMAGEN MULTIMODAL:

El diagnóstico basado en imagen ha de estar complementado cada vez más por otros basado en distintos elementos biofísicos como el uso combinado de distintas técnicas de captación de imagen (TAC, RMN, PET, DTI, etc.), el propio tratamiento previo de la imagen (atlas, sistemas avanzados de segmentación y detección, corregistrado morfológico, etc.), señales de muy diverso tipo (ECG, EEG, MEG, etc.), así como modelos morfológicos y funcionales derivados del modelado de tejidos y órganos. Estos componentes permiten un diagnóstico más eficiente, completo y riguroso.

El objetivo de esta línea está relacionado, por tanto, con el análisis combinado de toda esta información, promoviendo mejoras en los sistemas de diagnóstico, elaborando herramientas de ayuda a la decisión clínica y potenciando los sistemas de planificación pre e intraoperatoria.

Esta línea se complementa a su vez con otras como la relacionada con Biosensores y Diagnóstico

Molecular y la de Diseño de Implantes en las que se utilizan técnicas similares o complementarias.

Asimismo, la necesidad de mejorar los procesos de formación en cirugía y de disponer de tecnologías que disminuyan los errores médicos generados en las intervenciones quirúrgicas lleva a la necesidad de investigar en caracterizar a interacción sensorial, el desarrollo de simuladores por realidad virtual, el análisis y procesamiento de video laparoscópico, la reconstrucción 3D de la escena laparoscópica y diseño de aplicaciones de realidad aumentada para guiado quirúrgico en procedimientos complejos, y la planificación quirúrgica basada en imágenes médicas del paciente.

DISPOSITIVOS INTELIGENTES:

La introducción de dispositivos médicos más portables, eficientes y con mayor grado de autonomía respecto del especialista clínico (incorporando cierto grado de inteligencia) está suponiendo un aumento significativo en la calidad de vida de los pacientes. Entre estos dispositivos pueden citarse los sistemas de monitorización a distancia para pacientes de alto riesgo, en conjunción con sistemas de telecomunicación automática; sistemas de dispensado automatizado de fármacos, incluso en lazo cerrado; implantes adaptables de forma controlada, entre otros muchos ejemplos. Esta implantación supondrá una mayor autonomía de los pacientes y se traducirá en una mayor liberación de carga asistencial del personal facultativo. Adicionalmente, los resultados de la investigación procedentes de esta línea ofrecerán un control más exhaustivo y continuo de los pacientes, ya que se podrá realizar un seguimiento de la evolución de su estado de salud pudiéndose monitorizar diferentes variables simultáneamente.

BIOMATERIALES E INGENIERÍA TISULAR. MEDICINA REGENERATIVA:

La ingeniería tisular basada en andamios abarca el desarrollo de nuevos materiales para andamios, el diseño y uso de biorreactores para cultivo celular, el análisis de los procesos involucrados y el efecto de distintos estímulos a la regeneración tisular sobre andamios, tanto in vitro como in vivo, la funcionalización de la superficie de andamios o sistemas de seguimiento y monitorización in vitro e in vivo no invasivos, entre otros varios.

La terapia celular se refiere preferentemente a las tecnologías involucradas en la terapia celular, incluyendo sistemas de inyección directa de células, biorreactores y prediferenciación in vitro, sistemas combinados fármaco-célula, sistemas de liberación controlada, sistemas de seguimiento y monitorización in vivo no invasivos, etc.

La biofísica celular persigue un mejor conocimiento del funcionamiento de la célula, tanto en lo que se refiere a sus propiedades biofísicas (canales celulares, mecánica de membrana y citoesqueleto, etc.), como en su respuesta a estímulos biofísicos (mecanotransducción, adaptación y plasticidad celular) y, finalmente, el modelado del comportamiento de la célula individual y de poblaciones celulares llegando hasta la organización de tejidos y órganos. Esta línea de investigación presenta un gran potencial de desarrollo, debido al gran interés actual y futuro de la medicina regenerativa.

ENDOPRÓTESIS E IMPLANTES:

El objetivo global de esta línea es avanzar en una nueva generación de implantes y endoprótesis paciente-específicos, con un mayor control de su comportamiento y de la evolución del órgano tras implantación. Se incluyen en ella, por tanto, todos aquellos elementos que contribuyan a la mejora del diseño y prestaciones de los implantes, tales como: modelado avanzado que tenga en cuenta la interacción implante-órgano (osteointegración, adaptación tisular, influencia de fármacos, etc.), sistemas de apoyo a la decisión quirúrgica, sistemas de tratamiento y funcionalización superficial, sistemas de liberación localizada y controlada de fármacos desde la superficie del implante, biomateriales para implantación, prótesis inteligentes (monitorización y control activo), etc.

NANOMEDICINA: DIAGNÓSTICO MOLECULAR Y BIOUSENSORES:

En esta línea se priorizará la realización de proyectos dirigidos a solventar problemas clínicos donde la aplicación de sistemas basados en biosensores y detectores de biomarcadores específicos aporte una

solución factible y una ventaja clara en el diagnóstico. Se priorizará preferentemente el desarrollo de tecnologías en el contexto de necesidades clínicas relevantes.

En ella se incluye, tanto el uso de biomarcadores para seguimiento de la evolución de una determinada enfermedad, como el reconocimiento de dianas para terapias específicas. Técnicas basadas en RMN espectroscópica, anticuerpos específicos, etc., serán objeto preferente de la misma, así como el uso de nanobiosensores de gran especificidad e incluso multiplexados. El uso de estas técnicas permitirá diagnósticos con una base biológica más firme y resultados más fiables, lo que se traducirá en una mayor precisión en el diagnóstico de diferentes patologías.

NANOCONJUGADOS TERAPÉUTICOS Y SISTEMAS DE LIBERACIÓN DE FÁRMACOS:

Esta línea se concentrará en el desarrollo de nuevas terapias farmacológicas basadas en el diseño inteligente de nanoconjugados dirigidos. Se contempla tanto el desarrollo de sistemas de liberación farmacológica optimizados para atravesar la barrera hematoencefálica, como la liberación especialmente de enzimas, proteínas o estrategias de inhibición génica por siRNA. Se priorizará la obtención de nanoconjugados terapéuticos en áreas clínicas de alta prevalencia y en enfermedades raras.

El desarrollo de nanoconjugados terapéuticos y de sistemas de liberación localizada y controlada de los mismos permitirá dirigir el tratamiento a la zona de actuación, intentando conseguir un perfecto control de la terapia, evitando con ello la actuación del fármaco o partícula terapéutica en zonas que puedan suponer un riesgo potencial para el paciente.

Procedencia del Doctorado de calidad en Ingeniería Biomédica

El Máster en IB continúa la experiencia del Doctorado Intercentros en Ingeniería Biomédica de la UPM, que con participación intercentros arranca en el 2004 pero cuyos antecedentes con diferentes formatos, ajustados a la reglamentación vigente en cada momento, se inician en 1987 como programa de doctorado oficial denominado Doctorado en Ingeniería Biomédica y Tecnología Sanitaria de la UPM.

El Doctorado en Ingeniería Biomédica tiene la mención de calidad desde su inicio en 2005. En el año 2011 obtuvo la Mención hacia la Excelencia y en 2013 fue verificado favorablemente conforme al Real Decreto 99/2011.

Experiencia investigadora de los departamentos y grupos de investigación de la ETSIT que participan en el Máster

Los departamentos y grupos de investigación de la ETSI Telecomunicación que participan en el Máster son los siguientes:

1) Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería (coordinador del Máster)

- Grupo de Bioingeniería y Telemedicina
- LifeSupporting Technologies
- Grupo de Neurofotónica
- Grupo de Robótica y Control

2) Departamento de Ingeniería Electrónica

- Grupo de Tecnología de Imágenes Biomédicas

3) Departamento de Ingeniería Telemática

- Grupo de Sistemas Inteligentes

Grupo de Bioingeniería y Telemedicina (GBT) del Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería

El Grupo de Bioingeniería y Telemedicina (GBT) del Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT) es un grupo de investigación reconocido por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

El GBT está formado por más de 40 personas entre profesores, investigadores doctores, investigadores doctorandos, investigadores colaboradores y más de 20 alumnos realizando su Proyecto Fin de Carrera, Trabajo Fin de Grado y Trabajo Fin de Máster.

Las actividades docentes del grupo en la ETSIT comprenden dos asignaturas teóricas y dos laboratorios de la Intensificación de Bioingeniería del título de grado de Ingeniero de Telecomunicación, un programa de Máster Universitario en Ingeniería Biomédica y el Programa de Doctorado de Ingeniería Biomédica, que cuenta con Mención de Calidad desde el año 2005. Asimismo participa en la especialización en Bioingeniería en el Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación.

Además, el GBT colabora en otros programas docentes como los cursos ERASMUS-SOCRATES "Biomedical Engineering and Medical Physics" y "Health and Medical Informatics" impartidos en Grecia en colaboración con otras universidades europeas, y el curso "Telemedicina" impartido en la Universidad Szczecin de Polonia dentro del programa Tempus.

Durante los últimos 10 años, el GBT ha participado en un total de 77 proyectos de investigación en convocatorias públicas con concurrencia competitiva, de los cuales 49 están o han estado financiados por organismos nacionales, y 28 por la Unión Europea. En lo que respecta a publicaciones de los últimos 5 años, cabe destacar 30 artículos en revistas internacionales y 7 nacionales, así como 13 capítulos de libros internacionales y 1 nacional en ese mismo periodo, haciendo un total de más de 50 publicaciones. Este grupo ha obtenido 5 patentes en los últimos 3 años, así como diversos premios nacionales e internacionales. En los últimos 5 años se han defendido 10 Tesis Doctorales en el GBT.

Las líneas de investigación de GBT se dividen en diez grandes áreas:

- Dispositivos inteligentes
- Páncreas artificial
- Telemedicina domiciliaria
- Gestión del conocimiento y ayuda a la decisión
- Simulación virtual y planificación quirúrgica en cirugía mínimamente invasiva
- Imagen biomédica
- Ingeniería de la neurorrehabilitación en daño cerebral adquirido y deterioro cognitivo

Estas líneas de investigación sustentan varias áreas de especialización del máster como son:

1. Telemedicina e Informática Biomédica

- Telemedicina
- Sistemas de Ayuda a la Decisión en Medicina
- Sistemas de Inteligencia Ambiental para apoyo a la salud y a la inclusión social
- Bioinformática

2. Imágenes Biomédicas y Simulación Médica

- Tecnologías y Procesamiento de Imágenes Biomédicas
- Simulación y planificación quirúrgica
- Técnicas no invasivas de observación biológica

Dichas áreas de investigación se plasman en las materias obligatorias y optativas que conforman el plan de estudios del máster.

Grupo LST (LifeSupporting Technologies) del Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería

Este grupo de investigación del Dpto. de Tecnología Fotónica y Bioingeniería centra su trabajo de investigación en las siguientes líneas de trabajo:

- Plataformas de Acceso y Sistemas Información, I+D arquitecturas SW, seguridad, middleware, modelos de programación, etc.

- Gestión del Conocimiento, ontologías, Web Semántica, data mining, userprofiling, agentes inteligentes, etc.
- Inteligencia Ambiental, arquitecturas de sistemas Aml, control del contexto y el ambiente, adaptabilidad de sistemas, sensores...
- Interacción de Usuarios, accesibilidad, adaptabilidad, interfaces de alta usabilidad, interacción natural, modelado del comportamiento, etc.
- Neurofotónica

Grupo de Sistemas Inteligentes [GSI] del Dpto. de Ingeniería Telemática

El Grupo de Sistemas Inteligentes [GSI] está integrado por profesores y becarios de los departamentos de Ingeniería de Sistemas Telemáticos [DIT] y Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información [MAT] de la Universidad Politécnica de Madrid [UPM], interesados en diversos temas de I+D relacionados con la Inteligencia Artificial, principalmente:

- Aprendizaje e Inducción de Conocimiento
- Procesamiento de Lenguaje Natural.
- Sistemas de agentes
- Socioinformática

Grupo de Robótica y Control

El Grupo de Robótica y Control está integrado por profesores y personal investigador del Dpto. de Tecnología Fotónica y Bioingeniería, interesados en las siguientes líneas de trabajo:

- Sistemas dinámicos.
- Sistemas de control inteligente y bioinspirado .
- Robótica autónoma.
- Realimentación de fuerza y sistemas hápticos.

CTB: Centro de Tecnología Biomédica de la UPM.

El Centro de Tecnología Biomédica es un centro tecnológico y de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid, que reúne en colaboración con otras instituciones de investigación biomédica participantes, investigadores de muy distintas disciplinas de la Tecnología Biomédica, siendo uno de sus objetivos principales configurar un entorno propicio para la formación de nuevos investigadores del campo.

El análisis de las líneas de investigación del CTB es por tanto obligado para identificar las necesidades y metodologías de formación, teniendo en cuenta que los laboratorios del CTB serán el entorno principal de prácticas al que estarán vinculados los alumnos durante toda la duración del Máster. Y será el entorno de trabajo posterior de muchos de esos alumnos. Las líneas prioritarias del CTB-UPM se describen a continuación:

- Diseño y fabricación de nanoestructuras (nanopartículas, nanohilos simples y modulados en composición) bio-compatibles y estables en el medio biológico para su uso como marcadores/contrastes (RM y MEG), y su utilización para diagnóstico precoz de enfermedades neurodegenerativas y diagnóstico y terapia en oncología
- Internalización de nanopartículas por células de glioblastoma humano. Nuevas estrategias diagnósticas para la cuantificación de lesiones isquémicas cerebrales. Aplicaciones terapéuticas
- Análisis de la sincronización cerebral en la Enfermedad de Alzheimer (EA) y en el deterioro cognitivo leve (DCL). Caracterización física y funcional de nanopartículas magnéticas. Propiedades físicas (magnéticas, mecánicas de las NPM en biofluidos, físico-químicas, coloidales) y funcionales/biológicas (comportamiento térmico – hipertermia, relajatividad, biofuncionalización, toxicidad)
- Instrumentación para el guiado externo de nanoestructuras magnéticas para el transporte de moléculas terapéuticas y focalización en tejidos/células objetivo. Tratamientos oncológicos de hipertermia o liberación localizada de fármacos.
- Dispositivos inteligentes y biosensores
- Desarrollo de técnicas avanzadas de análisis funcional y cuantitativo de imagen (PET, MR, MEG) para el diagnóstico temprano de neuropatologías (Volumetría, Morfometría (VBM), Tensor de

difusión, Cuantificación de depósitos de hierro, Cuantificación espectroscópica, RMF, Perfusión, etc) y patologías cardiacas (US,MR, CT). Nuevas técnicas de imagen complementarias al estudio de conectividad cortical (MEG) y el uso de nano-marcadores. Nuevos modelos anatómicos y fisiológicos (biología computacional). Segmentación automática de estructuras subcorticales, Anatomía computacional de estructuras subcorticales y de cortex, Análisis de curvatura y forma, Modelos de sincronidad y conectividad cortical validados fMRI.

- Investigación sobre microorganización de la corteza cerebral, modelado morfológico y funcional
- Análisis de la conectividad cerebral mediante técnicas funcionales de alta resolución temporal (MEG/EEG) y espacial (RMI/PET) para neurociencia cognitiva y marcadores biológicos precoces de patologías neurodegenerativas y neurociencia en general. Nueva metodología de análisis de señales neurofisiológicas (MEG) para el estudio de los mecanismos de sincronización cerebral. Desarrollo de algoritmos de reconstrucción de fuentes (*minimumnormestimate*, *beamforming*). Fusión entre conectividad anatómica y funcional mediante RM (DTI) y actividades funcionales MEG
- Investigación sobre los mecanismos de comunicación cerebrales con campos magnéticos pulsados de muy baja frecuencia e intensidad. Efectos de los campos en el tejido vivo. Nuevos dispositivos actuadores y terapias basadas en la estimulación electromagnética. Estudio de mecanismos neurales del dolor y aplicación a fibromialgia y neuralgia del trigémino.
- Tecnologías de simulación, realidad virtual y guiada por imagen para entrenamiento y planificación en cirugía mínimamente invasiva.
- Investigación en sistemas de control en lazo cerrado en diabetes: páncreas artificial telemédico
- Comportamiento biomecánico de tejidos cardiovasculares: Estudio de las propiedades mecánicas de la pared vascular. Influencia de la edad, el sexo y patologías. Interacción pared arterial-placa de ateroma. Comportamiento biomecánico de injertos arteriales criopreservados.
- Fibras biológicas para aplicaciones biomédicas estructurales. Procesos de producción y síntesis de fibras bioinspiradas. Caracterización y modelización microestructural y mecánica de sedas. Andamiajes para Ingeniería de tejidos
- Integración, análisis multiescala de información biomédica, modelado y simulación en investigación traslacional.
- Tecnología para la atención sanitaria, personal y ubicua, de enfermos crónicos, discapacitados y frágiles: Monitorización, redes de sensores para entornos inteligentes de monitorización y extracción de conocimiento, labon a chip, interoperabilidad, estándares.
- Tecnologías para la atención sanitaria por telemedicina: Metodologías de modelado formal de procesos. Desarrollo de plataformas tecnológicas en estandarización e interoperabilidad de sistemas de telemedicina e historia clínica electrónica.
- Gestión del conocimiento y ayuda a la decisión: Extracción de conocimiento en bases de datos clínicas. Definición de índices de riesgo y generación automática de alarmas. Integración de información multiparamétrica.
- Sistemas de integración y recuperación de información clínica y “ómica”. Minería de textos y de datos. Inteligencia Artificial en medicina. Sistemas de información en ayuda a la medicina genómica y regenerativa
- Ingeniería de neurorrehabilitación: monitorización y análisis en tiempo real de movimiento en rehabilitación funcional de extremidad superior, entornos virtuales interactivos (2D, 3D y realidad aumentada) para rehabilitación cognitiva adaptativa, técnicas de data mining para optimización de programas de rehabilitación neuropsicológica y segmentación y reconstrucción volumétrica de estudios de imagen médica (CT, RM) para categorización de alteraciones estructurales,

Referentes externos a la universidad proponente que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales para títulos de similares características académicas

Referentes de universidades españolas

El título de IB de 2002

En la elaboración inicial del Máster en IB se respetaron sustancialmente las directrices del Título de Ingeniero Biomédico de segundo ciclo aprobado en el año 2002 por el Pleno del Consejo de Universidades, desarrollado por profesores de cinco universidades (Politécnicas de Cataluña, Madrid, Valencia y Zaragoza y la Universidad de Sevilla). En dicha propuesta participaron activamente profesores del Grupo de Bioingeniería y Telemedicina de la Universidad Politécnica de Madrid, tanto en la concepción general de la estrategia y metodologías como en el desarrollo de los contenidos, cuyos descriptores se presentan en la tabla siguiente:

MATERIAS TRONCALES	Créditos			DESCRIPTORES	ÁREAS
	Teóricos	Prácticas	Total		
Fundamentos médicos de la Ingeniería Biomédica	6	3	9	Nociones generales sobre morfología, estructura y función de los aparatos y sistemas corporales. Patología médico-quirúrgica general: grandes síndromes. Algoritmos diagnósticos y principios terapéuticos. Introducción a la radiología y rehabilitación médicas. Órganos de los sentidos.	Anatomía y Embriología Humanas, Bioquímica y Biología Molecular, Histología, Fisiología, Anatomía Patológica, Medicina, Cirugía, Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Psiquiatría, Otorrinolaringología, Dermatología, Radiología y Medicina Física.
Bioelectricidad y Bioelectromagnetismo.	4,5	1,5	6	Origen y propagación de las señales bioeléctricas. Potenciales intracelulares y extracelulares. Efectos de los campos electromagnéticos y de las radiaciones ionizantes sobre células y tejidos.	Tecnología Electrónica, Física Aplicada, Electrónica, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Ingeniería de Sistemas y Automática, Ingeniería Eléctrica, Fisiología, Radiología y Medicina Física.
Instrumentación y dispositivos biomédicos.	6	3	9	Sensores y transductores. Sensores activos y de parámetro variable. Sensores químicos. Acondicionadores de señales biomédicas. Equipos médicos de monitorización, radiodiagnóstico, radioterapia y medicina nuclear. Implantes. Exoprótesis y ortesis. Órganos artificiales.	Tecnología Electrónica, Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Ingeniería Mecánica, Mecánica de Fluidos, Física Atómica, Molecular y Nuclear, Ingeniería Nuclear, Fisiología, Radiología y Medicina Física.
Señales e imágenes médicas.	6	3	9	Obtención y procesamiento de señales e imágenes médicas. Diagnóstico por imagen: segmentación y reconstrucción 3D. Técnicas de diagnóstico y visualización. Realidad virtual. Realidad aumentada. Técnicas de endoscopia. Técnicas de microscopía.	Tecnología Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática, Expresión Gráfica en la Ingeniería, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Electrónica, Ingeniería Telemática, Física Aplicada, Óptica, Arquitectura y Tecnología de Computadores, Lenguajes y Sistemas Informáticos, Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial, Ingeniería Nuclear, Histología, Anatomía Patológica, Medicina, Cirugía, Radiología y Medicina Física.
Biomateriales y Biomecánica.	6	3	9	Clasificación y descripción de biomateriales. Características físicas, biocompatibilidad y estabilidad biológica de los biomateriales. Campos de aplicación de la biomecánica. Comportamiento biomecánico de los tejidos, estructuras y sistemas corporales. Fundamentos y técnicas de análisis biomecánico del organismo humano. Biomecánica clínica.	Ingeniería Mecánica, Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Máquinas y Motores Térmicos, Anatomía y Embriología Humanas, Histología, Fisiología, Medicina, Cirugía, Estomatología.
Modelado y simulación de sistemas fisiológicos.	3	3	6	Modelado de los sistemas de control fisiológicos. Regulación endógena y exógena. Análisis del comportamiento dinámico de los sistemas fisiológicos retroalimentados. Aplicaciones terapéuticas.	Física Teórica, Tecnología Electrónica, Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Mecánica de Fluidos, Fisiología, Medicina, Cirugía.
El conocimiento médico y la ayuda al diagnóstico.	4,5	1,5	6	Bioestadística y epidemiología. Heurística. Sistemas basados en el conocimiento. Inteligencia artificial. Sistemas expertos para el diagnóstico médico. Gestión del conocimiento.	Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial, Ingeniería de Sistemas y Automática, Tecnología Electrónica, Electrónica, Lenguajes y Sistemas Informáticos, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Estadística e Investigación Operativa, Medicina, Cirugía, Medicina Preventiva y Salud Pública.
Sistemas de información y redes de comunicación en Medicina.	4,5	1,5	6	Estructuras básicas (centros de atención primaria, centros de especialidades, hospitales, atención domiciliaria, centros de crónicos y otros). Bases de datos. Bases epidemiológicas de los sistemas de información sanitarios. Historia clínica. Conceptos básicos de clasificación y codificación. Medida del output sanitario. Flujos de información. Redes de comunicación. Telemedicina.	Lenguajes y Sistemas Informáticos, Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial, Arquitectura y Tecnología de Computadores, Ingeniería Telemática, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Ingeniería de Sistemas y Automática, Tecnología Electrónica, Electrónica, Física Aplicada, Organización de Empresas, Historia de la Ciencia, Medicina, Medicina Preventiva y Salud Pública, Biblioteca Economía y Documentación.
Ingeniería Clínica: Evaluación tecnológica y seguridad.	6	1,5	7,5	Normas técnicas aplicables a la evaluación de productos sanitarios. Evaluación epidemiológica de la tecnología sanitaria. Técnicas de valoración de la eficacia, efectividad y seguridad de procesos sanitarios y tecnologías sanitarias. Criterios de seguridad. Modelos de agencias de evaluación de tecnología sanitaria.	Organización de Empresas, Tecnología Electrónica, Electrónica, Ingeniería Eléctrica, Proyectos en Ingeniería, Ingeniería de Sistemas y Automática, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Ingeniería Nuclear, Medicina, Medicina Preventiva y Salud Pública, Radiología y Medicina Física.
Modelos sanitarios: Regulación, normativas y gestión.	4,5	1,5	6	Descripción de modelos organizativos sanitarios. Legislación y normativa básicas. Regulación y organización. Teorías y técnicas de organización y gestión de empresas y tecnología: investigación de operaciones, técnicas de ayuda a la decisión, dirección, planificación y gestión de proyectos.	Proyectos en Ingeniería, Organización de Empresas, Medicina Preventiva y Salud Pública, Medicina Legal y Forense, Medicina.
Proyecto y diseño de equipos y sistemas biomédicos.	0	6	6	Diseño de equipos. Normalización y seguridad. Control de calidad. Metodología, organización y gestión de proyectos.	Proyectos de Ingeniería, Anatomía y Embriología Humanas, Histología, Bioquímica y Biología Molecular, Fisiología, Anatomía Patológica, Medicina, Cirugía, Obstetricia y Ginecología, Radiología y Medicina Física, Pediatría, Psiquiatría, Otorrinolaringología, Dermatología, Medicina Preventiva y Salud Pública, Medicina Legal y Forense, Estomatología, Física Aplicada, Óptica, Física Atómica, Molecular y Nuclear, Tecnología Electrónica, Electrónica, Teoría de la Señal y Comunicaciones, Ingeniería de Sistemas y Automática, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Nuclear, Expresión Gráfica en la Ingeniería, Arquitectura y Tecnología de Computadores, Lenguajes y Sistemas Informáticos, Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial, Ingeniería Mecánica, Mecánica de Fluidos, Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Máquinas y Motores Térmicos, Estadística e Investigación Operativa, Historia de la Ciencia, Biblioteca Economía y Documentación, Ingeniería Telemática, Organización de Empresas.
TOTAL CRÉDITOS	51	28,5	79,5		

csv: 21670496489961268

Títulos similares de las universidades españolas. Acuerdos de cooperación de Programas de Doctorado con la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad de Zaragoza

En la Universidad española se ofrecen actualmente siete másteres en IB, en las universidades Politécnica de Cataluña, Universidad de Valencia, Universidad de Navarra, Universidad pública de Navarra, Universidad de Zaragoza y Universidad de Extremadura.

Desde el inicio de esas actividades de postgrado ha existido una intensa colaboración entre las diferentes iniciativas, bajo el empuje y soporte de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica (para más información <http://seib.org.es/formacion/educacion/>).

Referentes de universidades europeas

Profesores del presente Máster en IB (de los Grupos de Bioingeniería y Telemedicina y de Imagen Médica) han participado en la creación e impartición de dos Programas de doctorado europeos en temas de Ingeniería Biomédica, en concreto:

- Creación y participación del primer Máster Europeo (ERASMUS-Sócrates) en Biomedical Engineering and Medical Physics, Universidad de Patras, Grecia, que se imparte desde el año 1989 sin interrupción.
- Creación y participación en el Máster Europeo (ERASMUS) Health and Medical Informatics, Universidad de Atenas, Grecia, director Prof. John Mantas, desde el año 1991.

De igual forma los responsables del máster han tenido una participación relevante en la creación de la EAMBES: European Alliance for Medical and Biological Engineering & Sciences

Los primeros programas universitarios que incluyen la Ingeniería Biomédica (IB) como disciplina aparecen en Europa en 1946, en la Universidad Tecnológica de Varsovia. Desde entonces se ha multiplicado la oferta docente en los tres ciclos universitarios convencionales hasta llegar a más de 200 universidades que imparten en la actualidad titulaciones en IB en 28 países europeos.

En los EEUU, los estudios de IB empezaron en el año 1961 como respuesta a los progresivos avances de la tecnología médica, sobre todo después de la Segunda Guerra Mundial y la consecuente extensión de la utilización de radiaciones ionizantes y la creciente utilización de aparatos electromédicos. A finales de los años sesenta 1968 había 47 universidades con planes de estudios en IB y a principios de los ochenta eran más de 110. En la actualidad, existen más de 125 universidades norteamericanas que ofrecen programas de IB y que se pueden consultar en el sitio web de la fundación Whitaker (<http://bmes.seas.wustl.edu/Whitaker/>) como referente principal para la elaboración de los más de programas académicos que en la actualidad imparten titulaciones de grado.

Una de las primeras iniciativas que se desarrollaron en Europa con el objetivo de aunar esfuerzos en el desarrollo de programas académicos en IB fue la creación en 1989 del Máster titulado “Másteron Biomedical Engineering and Medical Physics”. Este programa de postgrado, coordinado por la Universidad de Patras de Grecia, se realizó dentro de los programas europeos Erasmus y Sócrates, y en él participó desde su origen la Universidad Politécnica de Madrid.

En la actualidad, la European Alliance for Medical and Biological Engineering and Science (EAMBES), a la que pertenece la UPM, y la IFMBE (Internacional Federation for Medical and Biological Engineering), están preparando un procedimiento de acreditación de estudios de Ingeniería Biomédica en Europa. Este trabajo se origina al no existir en Europa un organismo similar al ABET, “Accreditation Board for Engineering and Technology – ABET” que tiene por función principal la monitorización, evaluación y certificación de la calidad de la educación en ingeniería en las universidades de los EEUU. Uno de los retos que la EAMBES quiere afrontar es el establecimiento de un proceso de acreditación basado en la definición de unos requisitos mínimos que un programa de IB debe cumplir. La propuesta de recomendaciones que se están elaborando incluye los siguientes aspectos: 1) cualificación de los programas; 2) titulaciones; 3) requisitos mínimos en términos de competencias, estructuras organizativas, profesorado, administración, infraestructuras y recursos; e 4) impacto de estos criterios en el proceso de acreditación, particularmente en los procedimientos de evaluación.

Este trabajo de la EAMBES se ha coordinado con las directrices para la elaboración de Planes de Estudios de Grado y Máster en Ingeniería Biomédica desarrollada dentro del proyecto europeo BIOMEDEA

(<http://www.biomedea.org>), en el que ha participado la UPM desde su gestación ,y que a su vez se fundamentó en el análisis de los programas académicos en Europa realizada en el proyecto europeo “CHART- Cartography of biomedicalengineering in Europe- Advancement of Medicine and Healthcare throughTechnology (QLG1-CT-2002-30535) liderado por la UPM conjuntamente con el centro finlandés VTT.

La Sociedad Española en Ingeniería Biomédica (SEIB) creó a principios de la década pasada una comisión de elaboración de programas de IB, en la que miembros de la comisión del título UPM participaron activamente, y en la que se propusieron recomendaciones de contenidos y materias para titulaciones de grado y máster. Dichas directrices están alineadas con las recomendaciones de la fundación Whitaker así como al proyecto BIOMEDEA, adaptadas a la realidad española y han permitido fundamentar titulaciones en IB en diversas universidades españolas.

Titulaciones similares en otras universidades extranjeras

Existen diversas titulaciones europeas semejantes a la propuesta por la UPM, la mayoría lideradas por universidades tecnológicas. A continuación se refieren algunos títulos similares:

Alemania

- En este país se imparten 37 másters en IB, entre los que se puede destacar los ofrecidos en las universidades de: RWTHAachenUniversity, FachhochschuleLübeck; TechnicsheUniversitätIlmenau; Friedrich-Alexander-UniversitätErlangen-Nürnberg (Erlangen Campus).

Austria

- Graz University of Technology;
- ViennaUniversity of Technology;

Dinamarca

- TechnicalUniversity of Denmark;
- Aalborg University;

Eslovaquia

- University of Zilina;
- University of Kosice;

Eslovenia

- University of Ljubljana

Finlandia

- University of Oulu;

Francia

- IUP de Montpellier;
- IUP de Nancy;
- IUP de París;
- IUP de Toulouse;
- Université de Technologie de Compiègne;
- EcoleSupérieured'Ingénieurs de Luminy-Marseille;
- ISTG de Grenoble;

Holanda

- EindhovenUniversity;
- University of Twente;

Inglaterra

- University of Bath;
- University of Birmingham;
- University of City;
- University of Imperial, London;
- University of NottinghamTrent;
- Queen Mary University, London;
- University of Sheffield;
- University of Ulster;

Irlanda

- Cork Institute of Technology;
- University of Limerick;
- Dublin City University;
- National University of Ireland, Galway;

Italia

- University of Bologna;
- University of Genova;
- Politechnic of Milano;
- University of Padova;
- University of Pavia;
- University of Pisa;
- University of Roma 2 TorVergata;
- Roma Campus Biomedico;
- Politecnico de Torino;

República Checa

- CzechTechnicalUniversityPrague;

Rumania

- Technical University of Cluj-Napoca;
- TechnicalUniversity of Timisoara;
- TechnicalUniversity of Oradea;

Suecia

- Linköping InstituteTechnology;
- UniversityCollege of Boras;
- MälardalenUniversityCollege, Västeras;
- MidSwedenUniversity, Östersund;

Suiza

- InterstaatlicheHochschulefürTechnikBuchs;

2.2. Descripción de los procedimientos de consulta internos utilizados para la elaboración del plan de estudios

Desde la creación del Máster según el RD 56/2005 se han realizado consultas con todos los órganos competentes de los Centros (Comisión de Ordenación Académica de Postgrado, Junta de Escuela) y de la Universidad, con cuya aprobación, por otra parte obligatoria, se contó.

En relación con las modificaciones realizadas en este proceso actual de verificación se han realizado los siguientes procedimientos de consulta:

- Comisión Académica del máster
- Comisión de asesoramiento de la Dirección de la ETSIT, constituida por profesionales del sector de tecnologías sanitarias así como por profesores de IB de los departamentos de la ETSIT
- Comisión de Ordenación Académica de Postgrado de la ETSIT
- Delegados de alumnos del Grado en Ingeniería Biomédica de la UPM

2.3. Descripción de los procedimientos de consulta externos utilizados para la elaboración del plan de estudios

Con vistas a introducir posibles mejoras en el plan de estudios y a aportar referencias externas para esta evaluación, se ha solicitado a investigadores y profesionales externos de prestigio, en su mayoría del ámbito internacional, un juicio crítico sobre el plan de estudios de este máster. Por citar algo reciente se incluye al Consejo Científico del CIBER-bbn seleccionado para las líneas de investigación antes presentados, referente principal del Máster en IB:

- Jean Louis Coatrieux Responsable del "Laboratoire Traitement du Signal et de L'Image", Univ. De Rennes
- Niilo Saranummi. Professor in Health Technology Finlandia VTT Information Technology
- Roger Kamm,. Profesor de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Biológica, MIT
- C. James Kirkpatrick. Professor & Director Institute of Pathology Johannes Gutenberg University
- Ruth Ducan. Professor of Cell Biology and Drug Delivery Cardiff University
- Jon Vander Sloten, Professor, Leuven University

Se han considerado también las opiniones de investigadores senior del mundo de las disciplinas de biociencias de referencia y de la industria biomédica.

En relación con las modificaciones realizadas en este proceso actual de verificación se han realizado los siguientes procedimientos de consulta:

- Junta de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica

Coordinadores de máster oficiales de la Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Politécnica de Valencia y Uni