

BIOINGENIA: DISEÑO EN BIOINGENIERÍA / BIOENGINEERING DESIGN

Departamento	Ingeniería Mecánica y Fabricación, Mecánica Estructural y Construcciones Industriales, Ingeniería Energética y Fluidomecánica	Coordinador/a de la asignatura
		Andrés Díaz Lantada
Unidad Docente	División de Ingeniería de Máquinas, Elasticidad y Resistencia de Materiales, Mecánica de Fluidos	Número de plazas ofertadas
		25

Profesores con vinculación permanente dispuestos a impartirla

1. Andrés Díaz Lantada
2. Pilar Lafont Morgado
3. Julio Muñoz García
4. José Luis Muñoz Sanz
5. Antonio Ros Felip
6. Rafael Claramunt Alonso
7. Javier Jiménez Fernández
8. Jaime Carpio Huertas

Objetivo general de la asignatura

La asignatura “Bioingenia” está enmarcada en el bloque “Industriales Ingenia” (12 ECTS) del Máster en Ingeniería Industrial de la ETSI Industriales – UPM. Las asignaturas de dicho bloque están orientadas a que los alumnos participen de forma activa en su proceso de aprendizaje, viviendo el desarrollo completo de algún “ingenio”, en nuestro caso dispositivos médicos o “bioingenios”, y fomentando la adquisición de conocimientos y técnicas propias del ámbito de la “Bioingeniería”, así como de competencias transversales fruto de su experiencia en el desarrollo completo de un producto. En la nueva asignatura participan tres unidades docentes: la División de Ingeniería de Máquinas, la Unidad Docente de Elasticidad y Resistencia de Materiales y la Unidad Docente de Mecánica de Fluidos, según la estructura de sesiones teóricas y de laboratorio detallada a continuación.

Los alumnos trabajarán en equipos viviendo el proceso completo de desarrollo de un dispositivo médico, desde las fases de detección de una necesidad y de diseño conceptual, hasta la ingeniería de detalle, incluyendo la construcción de prototipos sobre los que analizar las decisiones de diseño tomadas y proponer mejoras. Pretende aportar a los alumnos una metodología sistemática para el desarrollo de dispositivos médicos, soluciones protésicas, ortésicas y ayudas ergonómicas y, en general, para cualquier proyecto en el área de la Bioingeniería, área para la que la asignatura constituye también una amplia introducción. Pretende servir también como ejemplo de metodología de cara a preparar a los alumnos para afrontar el futuro desarrollo de sus proyectos fin de carrera con mayores garantías de éxito.

Conocimientos que requiere el alumno

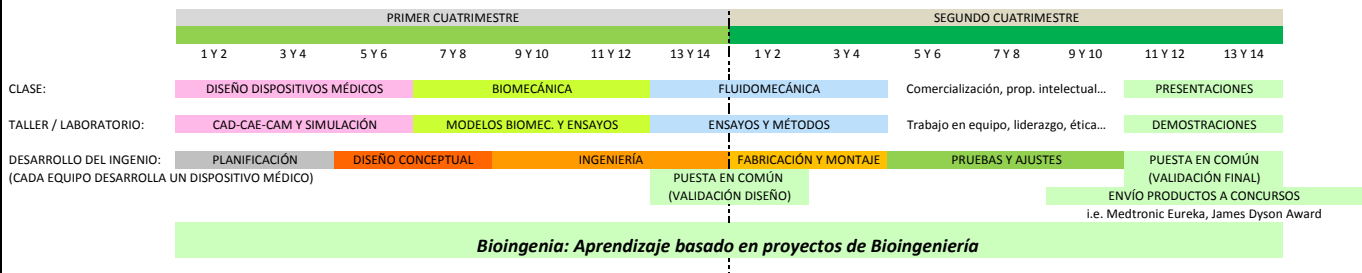
Conocimientos básicos de Ingeniería Mecánica, Estructural y Fluidomecánica, adquiridos en asignaturas de grado como Teoría de Máquinas y Mecanismos, Diseño de Máquinas, Elasticidad y Resistencia de Materiales o Mecánica de Fluidos.

MÓDULO A	Desglose de actividades formativas y contenidos
<p>Módulo A1</p> <p>Lección magistral</p> <p>(36 horas)</p>	<p>Bloque sobre desarrollo de dispositivos médicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción a la industria biomédica (2 horas) 2. El proceso sistemático de desarrollo de productos (2 horas) 3. Herramientas para promoción de la creatividad (2 horas) 4. Diseño, ingeniería y fabricación asistidas por computador (2 horas) 5. Tecnologías de fabricación de prototipos (2 horas) 6. Ergonomía, seguridad y normativa (2 horas) <p>Bloque sobre biomecánica de articulaciones y prótesis</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Fisiología de las articulaciones (2 horas) 8. Cinética articular (2 horas) 9. Biomateriales (2 horas) 10. Modelos biomecánicos (2 horas) 11. Fractura e implantación de sustituciones protésicas (2 horas) 12. Métodos experimentales (2 horas) <p>Bloque sobre fluidomecánica en el organismo y en prótesis</p> <ol style="list-style-type: none"> 13. Reología de fluidos biológicos (2 horas) 14. Revisión de conceptos básicos de Mecánica de Fluidos (2 horas) 15. Flujos no estacionarios en conductos (2 horas) 16. Pérdidas de carga en conductos y bifurcaciones (2 horas) 17. Modelos analíticos de flujo arterial (2 horas) 18. Introducción a métodos numéricos (2 horas)
<p>Módulo A2</p> <p>Clases prácticas</p> <p>(54 horas)</p>	<p>Bloque sobre desarrollo de dispositivos médicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 19. Introducción a diseño asistido por computador (2 horas) 20. Simulación de movimiento (2 horas) 21. Introducción a simulación FEM mecánica (2 horas) 22. Introducción a modelado con Simulink (2 horas) 23. Práctica sobre materiales inteligentes (2 horas) 24. Prácticas sobre ergonomía y seguridad (2 horas) <p>Bloque sobre biomecánica de articulaciones y prótesis</p> <ol style="list-style-type: none"> 25. Fabricación de modelos biomecánicos (2 horas) 26. Montajes para estudios de cinética de articulaciones (2 horas) 27. Ensayos sobre huesos (2 horas) 28. Ensayos sobre articulaciones (2 horas) 29. Ensayo de deformaciones en mandíbula y maxilar (2 horas) 30. Perturbaciones en huesos por presencia de prótesis (2 horas) <p>Bloque sobre fluidomecánica en el organismo y en prótesis</p> <ol style="list-style-type: none"> 31. Medición de propiedades reológicas (2 horas) 32. Régimen laminar y turbulento (2 horas) 33. Pérdidas de carga y medidas de caudal (2 horas) 34. Circuito de circulación sanguínea (2 horas) 35. Métodos numéricos en problemas fluidomec. con Matlab (2 horas) 36. Resolución analítica y numérica de problemas (2 horas) <p>Prácticas ligadas al desarrollo del “bioingenio”</p> <ol style="list-style-type: none"> 37. Fabricación de los dispositivos médicos (10 horas) 38. Montaje y ensayo funcional de los dispositivos (4 horas) 39. Propuestas de mejora y debate (4 horas)

COMPETENCIAS A LAS QUE CONTRIBUYE	
X	(a) Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.
X	(b) Habilidad para diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos.
X	(c) Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.
X	(d) Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.
X	(e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
X	(f) Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.
X	(g) Habilidad para comunicar eficazmente.
X	(h) Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.
X	(i) Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.
	(j) Conocimiento de los temas contemporáneos.
X	(k) Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.
	(l) Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano).
X	(m) Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.
X	(n) Creatividad.
Actividades y metodología prevista para garantizar la adquisición de las competencias anteriores	
<p>Los alumnos se dividirán en grupos de 4 o 5 personas y recibirán un escenario sobre el que trabajar en equipo, ligado al desarrollo completo de distintos dispositivos médicos o “bioingenios” (que irán cambiando curso a curso para mantener la novedad y promover la renovación y mejora continua de la asignatura). Inspirándose en patentes, planos y diseños de dispositivos similares, los alumnos diseñarán versiones sencillas y de bajo coste, de distintos dispositivos propuestos, cumpliendo con su lista de especificaciones iniciales, estableciendo la función global del sistema, dividiéndola en las sub-funciones principales, encontrando los principios resolutivos para las distintas sub-funciones y, por integración y evaluación, llegando al principio resolutivo adecuado, trabajando sobre el concepto de producto para definir geometrías, materiales, principios de accionamiento, transmisión y actuación, con ayuda de herramientas de diseño e ingeniería asistidas por computador, y seleccionando elementos comerciales hasta llegar a un diseño detallado.</p> <p>Los diseños se fabricarán y ensayarán con ayuda de las tecnologías disponibles en el Laboratorio de Desarrollo de Productos, en el Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales y en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y recurriendo a elementos comerciales, para los que los alumnos contarán con nuestro patrocinio.</p>	

Los distintos dispositivos se montarán y ensayarán como apoyo a la validación del diseño y para propuesta de mejoras finales. Los dispositivos construidos quedarán a disposición de las unidades docentes para futuras prácticas en diversas asignaturas.

En cuanto al cronograma propuesto, el primer cuatrimestre terminará con la validación del diseño, como paso previo a la fabricación de los prototipos de los distintos dispositivos. La fabricación, montaje, ensayo y análisis de las soluciones finales será objeto del segundo cuatrimestre. Se seguirá el cronograma previsto según el esquema siguiente:



En relación a la evaluación, se fomentará la interdependencia positiva, planteando problemas de envergadura suficiente como para promocionar la implicación de todos los alumnos de cada equipo en el proyecto de desarrollo del dispositivo médico, y se garantizará la exigibilidad individual, complementando la evaluación grupal ligada al proyecto final (70% de la calificación) con actividades y entregables individuales (30% de la calificación).

Tipo de aulas en las que se impartirían las clases

Las clases magistrales de la asignatura se impartirán en aulas convencionales, mientras que las relacionadas con el empleo de tecnologías de diseño e ingeniería asistidas por computador y con ensayos diversos se desarrollarán en nuestras aulas informáticas y laboratorios, que cuentan con una capacidad adecuada para el número de plazas ofertadas. Las sesiones prácticas ligadas a la fabricación, montaje y ensayo de los distintos prototipos se llevarán a cabo en las dependencias del Laboratorio de Desarrollo de Productos, del Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales y del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.

Financiación necesaria para la impartición de la asignatura, aportada por el Departamento

Los diseños se fabricarán con ayuda de las tecnologías disponibles en los distintos laboratorios y recurriendo a elementos comerciales, para los que los alumnos contarán con nuestro patrocinio. Nuestra intención es ligar los desarrollos de los alumnos a problemas reales de Ingeniería Biomédica, por lo que nuestra relación con empresas, hospitales y agentes diversos del sector será de gran ayuda, no sólo de cara a la renovación de los escenarios de trabajo planteados a los alumnos, sino también de cara a la búsqueda de patrocinios adicionales.

Contamos además con el apoyo de personal técnico de apoyo de los distintos laboratorios, que contribuirán a mejorar la experiencia de los alumnos en la asignatura, soportándoles, junto con los profesores, en tareas ligadas de diseño e ingeniería asistidos por computador, en aspectos sobre fabricación y montaje de prototipos y en la realización de ensayos funcionales y de propuestas de mejora con dichos prototipos.

Experiencias anteriores y demanda habida en las mismas

Las tres unidades docentes que planteamos la asignatura “Bioingeniería: Diseño en Bioingeniería” contamos con una experiencia docente e investigadora de más de 25 años en asignaturas y proyectos ligados a la Bioingeniería y al desarrollo de dispositivos médicos y “bioingenios”. Participamos desde sus inicios en el Máster de Ingeniería Biomédica de la UPM y creemos que los alumnos de nuestra Escuela deberían disfrutar en el nuevo Máster de Ingeniería Industrial de una asignatura en la que puedan adquirir conceptos fundamentales de Bioingeniería y poder aplicar sus conocimientos al desarrollo de biodispositivos.

Para la puesta en marcha de esta asignatura, hemos contado con el apoyo del **Proyecto de Innovación Educativa “Bioingeniería: Aprendizaje basado en proyectos de Bioingeniería”**, uno de los proyectos coordinados por la ETSI Industriales en la última convocatoria UPM de proyectos para Innovación Educativa. Dicho proyecto nos ha permitido organizar los contenidos de la asignatura, planificar su impartición, completar los equipos disponibles con la construcción de diversos bancos de ensayo, de modelos biomecánicos y con la puesta en marcha de bombas extracorpóreas. También hemos elaborado casos de estudio adicionales, recopilando información fruto de proyectos de investigación y hemos realizado una prueba piloto, centrada sólo en la fase de diseño de dispositivos médicos con alumnos del Máster de Ingeniería Mecánica. Los resultados son destacables y consideramos que la vivencia de los alumnos en la asignatura puede ser extraordinaria, puesto que está orientada a participar en el desarrollo completo de un dispositivo en un área relevante desde el punto de vista económico y sobre todo social, que precisa de ingenieros formados en estos aspectos.

Información adicional sobre experiencias previas del equipo proponente en relación a actividades de aprendizaje basado en proyectos en Bioingeniería se puede encontrar en:

- Díaz Lantada, A.- “Project-based learning in Bioengineering”. Capítulo en: Díaz Lantada, A. “Handbook of Advanced Design and Manufacturing Technologies for Biodevices”. Springer 2013.

Por otro lado, aplicaremos numerosas novedades y estrategias de mejora detectadas en el área del aprendizaje basado en proyectos, tras análisis sistemático de dichas metodologías, ligadas a aspectos de planificación, organización, metodología docente, seguimiento y evaluación, según se detalla en:

- Díaz Lantada, A.; Lafont Morgado, P.; et al.- “Towards successful project-based teaching-learning experiences in Engineering Education”. International Journal of Engineering Education, 29(2), 2013.

Otras observaciones:

Se incluyen como anexos algunos ejemplos de posibles escenarios en los que los alumnos irán trabajando año a año, desarrollando diferentes tipos de dispositivos médicos. El empleo de escenarios motiva a que los “bioingenios” a desarrollar por los distintos grupos de alumnos tengan un nivel de dificultad similar y promueve la obtención de resultados comparables.

El hecho de cambiar de escenario año a año fomenta la renovación y evita prácticas inadecuadas por parte de los alumnos (que podrían inspirarse en desarrollo de años anteriores y no disfrutar adecuadamente de la asignatura).

“VÁLVULAS CARDIACAS CON DISTINTOS PRINCIPIOS FUNCIONALES”

Contexto

La empresa de jóvenes ingenieros “Bioingenieros Agrupados S.L.” ha recibido un encargo de una multinacional fabricante de dispositivos médicos para ejercer de consultores en un estudio orientado a comparar sistemáticamente el funcionamiento de diferentes prótesis valvulares cardiacas mecánicas, tanto ya existentes, como en proceso de estudio, para analizar las ventajas de nuevos principios funcionales y poder ayudar en la toma de decisiones de inversión.

Objetivo

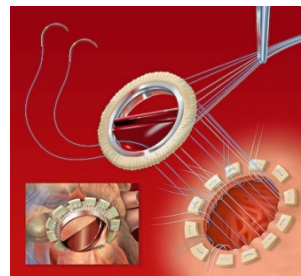
Los distintos equipos deben analizar la evolución y situación actual del mercado de prótesis valvulares cardiacas mecánicas, teniendo en cuenta, no sólo la información disponible en las páginas web de los principales fabricantes, sino también informándose acerca de nuevos principios funcionales y propuestas de futuro, en base información procedente de artículos y patentes.

Posteriormente, cada equipo de alumnos trabajará en el desarrollo completo de una válvula artificial siguiendo un principio funcional concreto (membrana, bola, disco pivotante, velos...). Se inspirarán en patentes y planos de los dispositivos originales, así como en información de patentes y artículos, llevarán a cabo diseños CAD de los distintos componentes de la válvula y del conjunto completo, analizarán posibilidades de personalización en base al empleo de imágenes médicas, calcularán los elementos críticos y seleccionarán de forma adecuada los materiales. Una vez validada la fase de ingeniería básica, se fabricarán prototipos con ayuda de las tecnologías disponibles en el Laboratorio de Desarrollo de Productos y los alumnos procederán al montaje de sus productos, que posteriormente se ensayarán en el Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales y en el de Mecánica de Fluidos, para analizar las ventajas y limitaciones de cada propuesta y poder terminar el estudio comparativo integrando la información de los distintos equipos.

Los prototipos desarrollados quedarán a disposición de la asignatura como casos de estudio para futuras ediciones.

Ejemplos de “Bioingenios” a desarrollar:

- **Válvula tricúspide artificial de membrana.**
- **Válvula mitral artificial de disco pivotante.**
- **Válvulas mecánicas personalizadas.**
- **Válvulas mecánicas basadas en otros principios funcionales.**



“MEDIDORES DE CAUDAL DE FLUJO SANGUÍNEO EMPLEANDO DISTINTOS PRINCIPIOS FUNCIONALES”

Contexto

La empresa de jóvenes ingenieros “Bioingenieros Reunidos S.L.” ha recibido un encargo de una multinacional fabricante de dispositivos médicos para ejercer de consultores en un estudio orientado a comparar sistemáticamente el funcionamiento de diferentes medidores de flujo sanguíneo, tanto ya existentes, como en proceso de estudio, para analizar las ventajas de nuevos principios funcionales y poder ayudar en la toma de decisiones de inversión.

Objetivo

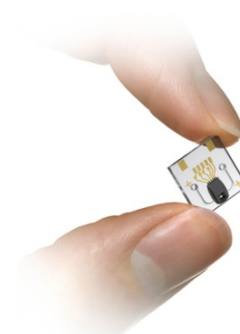
Los distintos equipos deben analizar la evolución y situación actual del mercado de medidores de caudal de flujo sanguíneo, teniendo en cuenta, no sólo la información disponible en las páginas web de los principales fabricantes, sino también informándose acerca de nuevos principios funcionales y propuestas de futuro, en base información procedente de artículos y patentes.

Posteriormente, cada equipo de alumnos trabajará en el desarrollo completo de un medidor de flujo siguiendo un principio funcional concreto (ultrasonidos, EM, sondas...). Se inspirarán en patentes y planos de los dispositivos originales, así como en información de patentes y artículos, llevarán a cabo diseños CAD de los distintos componentes del medidor y del conjunto completo, analizarán posibilidades de personalización, calcularán los elementos críticos y seleccionarán de forma adecuada los materiales. Una vez validada la fase de ingeniería básica, se fabricarán prototipos con ayuda de las tecnologías disponibles en el Laboratorio de Desarrollo de Productos y los alumnos procederán al montaje de sus productos, que posteriormente se ensayarán en el Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales y en el de Mecánica de Fluidos, para analizar las ventajas y limitaciones de cada propuesta y poder terminar el estudio comparativo integrando la información de los distintos equipos.

Los prototipos desarrollados quedarán a disposición de la asignatura como casos de estudio para futuras ediciones.

Ejemplos de “Bioingenios” a desarrollar:

- **Medidor de caudal empleando ultrasonidos.**
- **Medidor de caudal electromagnético.**
- **Otras sondas intracorpóreas.**
- **Medidores basados en microsistemas flúidicos.**



“MICROBOMBAS PARA SUMINISTRO CONTROLADO DE FÁRMACOS”

Contexto

La empresa de jóvenes ingenieros “Bioingenieros Asociados S.L.” ha recibido un encargo de una multinacional fabricante de dispositivos médicos para ejercer de consultores en un estudio orientado a comparar sistemáticamente el funcionamiento de diferentes microbombas intra/extra-corpóreas, tanto ya existentes, como en proceso de estudio, para analizar las ventajas de nuevos principios funcionales y poder ayudar en la toma de decisiones de inversión.

Objetivo

Los distintos equipos deben analizar la evolución y situación actual del mercado de microbombas para el sector médico, teniendo en cuenta, no sólo la información disponible en las páginas web de los principales fabricantes, sino también informándose acerca de nuevos principios funcionales y propuestas de futuro, en base información procedente de artículos y patentes.

Posteriormente, cada equipo de alumnos trabajará en el desarrollo completo de una microbomba implantable o extra-corpórea siguiendo un principio funcional concreto (rodamientos, engranajes, membranas...). Se inspirarán en patentes y planos de los dispositivos originales, así como en información de patentes y artículos, llevarán a cabo diseños CAD de los distintos componentes de la microbomba y del conjunto completo, analizarán posibilidades de personalización en base al empleo de imágenes médicas, calcularán los elementos críticos y seleccionarán de forma adecuada los materiales. Una vez validada la fase de ingeniería básica, se fabricarán prototipos con ayuda de las tecnologías disponibles en el Laboratorio de Desarrollo de Productos y los alumnos procederán al montaje de sus productos, que posteriormente se ensayarán en el Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales y en el de Mecánica de Fluidos, para analizar las ventajas y limitaciones de cada propuesta y poder terminar el estudio comparativo integrando la información de los distintos equipos.

Los prototipos desarrollados quedarán a disposición de la asignatura como casos de estudio para futuras ediciones.

Ejemplos de “Bioingenios” a desarrollar:

- **Microbomba de membrana actuada por piezoeléctricos.**
- **Microbomba peristáltica actuada por rodamientos.**
- **Microbomba volumétrica actuada por engranajes.**
- **Otras microbombas biomiméticas.**

