



## Máster en Ingeniería Biomédica 69310 - Modelado biomecánico del sistema cardiovascular

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 3.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **María Begoña Calvo Calzada** bcalvo@unizar.es
- **Miguel Ángel Martínez Barca** miguelam@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Los profesores encargados de impartir la docencia pertenecen al área de *Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras*.

Los alumnos deberían haber cursado las asignaturas troncales del máster, especialmente *Fundamentos de Anatomía, Fisiología, Patología y Terapéutica; Biomecánica y Biomateriales y Bioestadística y Bioestadística y Métodos Numéricos*.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura se imparte en cuatrimestre de primavera. Entre las principales actividades previstas se encuentran la exposición de los contenidos teóricos-prácticos y resolución de problemas, la realización de prácticas de laboratorio y la realización de trabajos prácticos tutorizados relacionados con los contenidos de la asignatura.

Las fechas de inicio y fin de las clases teóricas y de problemas, así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio y las pruebas de evaluación global serán las fijadas por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura y publicadas en la página web del máster (<http://www.masterib.es>). Las fechas de exámenes parciales, entrega y seguimiento de los trabajos prácticos tutorizados se darán a conocer con suficiente antelación en clase y en la página web de la asignatura en el anillo digital docente, <https://moodle.unizar.es/> > (o bien en el servidor Alfresco del Máster).

---

### Inicio

---

#### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Conocer las características principales que definen el comportamiento mecánico de los tejidos del sistema cardiovascular.

- 2: Identificar los modelos matemáticos de comportamiento (elástico, hiperelástico, inelástico, etc.) que mejor reproducen las propiedades de cada tipo de tejido (corazón, arterias y venas), así como del comportamiento de la sangre.
- 3: Saber aplicar metodologías numéricas para modelar el comportamiento de las diferentes estructuras biológicas que componen el sistema cardiovascular.
- 4: Estar en condiciones de aplicar metodologías numéricas para analizar y modelar el flujo sanguíneo y su interacción con los vasos y el corazón.
- 5: Saber aplicar las metodologías numéricas para analizar y estudiar la interacción del sistema cardiovascular con dispositivos médicos e implantes.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura optativa forma parte de la materia *Tecnologías de Biomecánica, Biomateriales e Ingeniería de Tejidos*, dentro de la especialidad en *Biomecánica y Biomateriales Avanzados*.

En esta asignatura se profundiza en el desarrollo de modelos de comportamiento para los principales tejidos del sistema cardiovascular, fundamentalmente vasos sanguíneos y corazón. Los modelos se presentarán haciendo hincapié en resaltar aquellos factores que condicionen la implementación y uso en un código de elementos finitos, para poder así abordar la simulación de problemas biomecánicos dentro del sistema cardiovascular, de patologías asociadas a ellos y su interacción con dispositivos médicos y el flujo sanguíneo.

Se tomarán como base los modelos presentados en la asignatura de *Biomecánica y Materiales* y se procederá a la particularización de los mismos incorporando los aspectos principales del tejido cardiovascular, tanto en régimen elástico como inelástico.

---

## Contexto y competencias

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo de la asignatura *Modelado biomecánico del sistema cardiovascular* es dotar al estudiante de las capacidades necesarias para realizar modelos simples que permitan reproducir las principales características del sistema cardiovascular. La asignatura se centra en proporcionar al estudiante una serie de herramientas básicas en simulación computacional que permita reproducir el comportamiento funcional de distintos componentes del sistema, como son los vasos sanguíneos, corazón o flujo sanguíneo. Se presentarán modelos capaces de simular las principales condiciones fisiológicas de los órganos o tejidos, así como algunas de las patologías más extendidas en este ámbito. Por último, se presentarán algunas situaciones de interés clínico, como puede ser el modelado de la interacción del tejido con prótesis o dispositivos intravasculares.

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura *Modelado Biomecánico del Sistema Cardiovascular* es una asignatura optativa enmarcada en la especialidad en *Biomecánica y Biomateriales Avanzados*. Esta especialidad pretende dar a conocer herramientas ingenieriles en el contexto biomédico tanto para diagnóstico, prevención, terapias, diseño de dispositivos e implantes, etc. Para ello, la construcción de modelos numéricos que permitan mimetizar el comportamiento de los tejidos biológicos que constituyen el

sistema cardiovascular y del flujo sanguíneo ante diferentes condiciones fisiológicas o patológicas son de gran interés científico y tecnológico en el contexto de la titulación.

### **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación (CB. 6)
- 2:** Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio (CB.7)
- 3:** Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimiento y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios (CB.8)
- 4:** Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades (CB.9)
- 5:** Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo (CB.10)
- 6:** Poseer las aptitudes, destrezas y método necesarios para la realización de un trabajo de investigación y/o desarrollo de tipo multidisciplinar en cualquier área de la Ingeniería Biomédica (CG.1)
- 7:** Ser capaz de usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la resolución de problemas del ámbito biomédico y biológico (CG.2)
- 8:** Ser capaz de comprender y evaluar críticamente publicaciones científicas en el ámbito de la Ingeniería Biomédica (CG.3)
- 9:** Ser capaz de aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (CG.4)
- 10:** Ser capaz de gestionar y utilizar bibliografía, documentación, legislación, bases de datos, software y hardware específicos de la ingeniería biomédica (CG.5)
- 11:** Ser capaz de analizar, diseñar y evaluar soluciones a problemas del ámbito biomédico mediante conocimientos y tecnologías avanzados de biomecánica, biomateriales e ingeniería de tejidos (CO.3)

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Hoy en día, los modelos computacionales han ido adquiriendo una importancia cada vez más creciente. Conjuntamente con el desarrollo de modelos analíticos y estudios experimentales han permitido importantes avances en distintos ámbitos, como son la mejor comprensión de numerosas patologías cardiovasculares, mejoras en las terapias o tratamiento de las mismas, nuevos métodos de detección o el desarrollo de nuevos dispositivos y prótesis, entre otras muchas. Las competencias adquiridas por el estudiante en la presente asignatura le permitirán abordar este tipo de planteamientos, e incorporarse en grupos de trabajo de índole multidisciplinar, que permitirán plantear estos problemas desde un punto de vista mucho más integral. El ingeniero biomédico debe poseer un perfil más amplio que permita lanzar puentes entre dos campos tradicionalmente algo distantes como son la ingeniería y las ciencias biomédicas.

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:**
- E1: Examen final (40%).

Examen escrito, con puntuación de 0 a 10 puntos, común para todos los grupos de la asignatura. La prueba constará de diversas cuestiones teórico-prácticas. Se dispondrá de una prueba global en cada una de las convocatorias establecidas a lo largo del curso, en las fechas y horarios determinados por la Escuela

El alumno ha de obtener una puntuación mínima total de 4 puntos sobre 10 para promediar con el resto de actividades de evaluación, en caso de ser inferior la evaluación global de toda la asignatura será suspensa

- 2:**
- E2: Trabajos prácticos tutorizados (20%).

Puntuación de 0 a 10 puntos. En la evaluación de los trabajos tutorizados propuestos a lo largo del cuatrimestre se tendrá en cuenta tanto la memoria presentada, como la idoneidad y originalidad de la solución propuesta, así como la presentación oral.

- 3:**
- E3: Prácticas de laboratorio (40%).

Puntuación de 0 a 10 puntos. La evaluación de las prácticas se realizará a través de los informes presentados posteriormente a las mismas, así como del trabajo realizado en el laboratorio o sala de ordenadores. Podrá requerir de la obtención de algún resultado teórico previo relacionado con el contenido de la práctica. El alumno ha de obtener una puntuación mínima total de 4 puntos sobre 10 para promediar con el resto de actividades de evaluación, en caso de ser inferior la evaluación global de toda la asignatura será suspensa.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

**A01 Clase magistral participativa** (20 horas). Exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial.

**A03 Prácticas de laboratorio.** (6 horas). Se realizarán varias prácticas de ordenador y de laboratorio. Para el desarrollo de las prácticas se tendrán unos guiones que el alumno deberá leerse antes de la práctica, planteándose una serie de actividades a realizar durante las mismas. Posteriormente a la finalización de las prácticas se deberá entregar un cuestionario debidamente cumplimentado.

**A05 Realización de trabajos prácticos de aplicación o investigación.** Al principio de curso se explicará el trabajo a realizar. Será un trabajo orientado a la aplicación de los conocimientos teóricos presentados en la asignatura. Se deberá entregar un informe escrito.

**A06: Tutoría.** Horario de atención personalizada al alumno con el objetivo de revisar y discutir los materiales y temas presentados en las clases tanto teóricas como prácticas.

**A08: Evaluación.** Conjunto de pruebas escritas teórico-prácticas y presentación de informes o trabajos utilizados en la

evaluación del progreso del estudiante. El detalle se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación

## **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

- 1:** Introducción
- 2:** Composición, estructura y funcionalidad de tejidos del sistema cardiovascular.
- 3:** Modelos elásticos del comportamiento del tejido cardiovascular.
- 4:** Modelos inelásticos del comportamiento del tejido cardiovascular.
- 5:** Modelado del flujo sanguíneo.
- 6:** Modelado de los procesos adaptativos y degenerativos en patologías del sistema cardiovascular.
- 7:** Interacción de dispositivos e implantes con el sistema cardiovascular.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

El calendario de la asignatura, tanto de las sesiones presenciales en el aula como de las sesiones de laboratorio, estará determinado por el calendario académico que el centro establezca para el curso correspondiente. El calendario de presentación de trabajos se anunciará convenientemente al inicio de la asignatura.

## **Bibliografía**

### **Bibliografía y Recursos**

- Fung Y.C. Biomechanics: Mechanical properties of living tissues. Springer-Verlag, 1993
- Fung Y.C. Biomechanics: Motion, Flow, Stress and Growth. Springer Verlag. 1990
- Fung Y.C. Biomechanics: Circulation. Springer Verlag. 1997
- Holzapfel, Gerhard A., Ogden, Ray W. (Eds.) Biomechanics of Soft Tissue in Cardiovascular Systems. Springer Verlag. 2003
- Diferentes artículos en revistas especializadas que se irán citando a lo largo del desarrollo del curso.

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**