



## Máster en Ingeniería Biomédica 69327 - Bioelectricidad y electrofisiología

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 3.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Carlos Sánchez Tapia** cstapia@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Se recomienda que el estudiante esté familiarizado con elementos básicos de álgebra lineal así como conocimientos de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.

Los profesores encargados de impartir la docencia pertenecen a las áreas de Tecnología de la Señal y Comunicaciones (Departamento de Ingeniería Electrónica) y Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras (Departamento de Ingeniería Mecánica).

Para el correcto desarrollo de esta asignatura es necesario que el estudiante haya cursado la asignatura de Bioestadística y Métodos Numéricos.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

Entre las principales actividades previstas se encuentran la exposición de los contenidos teóricos, el planteamiento 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 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 los principios de la electrofisiología cardiaca

- 2: Conocer los modelos bioeléctricos de la membrana celular y los canales iónicos
- 3: Conocer los modelos de potencial de acción de células cardíacas
- 4: Conocer los métodos de resolución numérica de las ecuaciones de bioelectricidad.
- 5: Comprender la sinergia entre las diferentes escalas presentes en el problema de electrofisiología cardíaca.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura optativa forma parte de la materia *Tecnologías Horizontales*, y por tanto, puede interesar a estudiantes de las dos especialidades *Biomecánica y Biomateriales Avanzados*, y *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*.

Esta asignatura profundiza en los principios de bioelectricidad, enfocándose en la electrofisiología cardíaca, haciendo énfasis no solo en los principios físicos, pero también en los aspectos numéricos asociados. La asignatura inicia con una introducción de los principios de la electrofisiología cardíaca describiendo los aspectos multi-escala del problema y la sinergia existente entre eventos que ocurren a nivel microscópico (canal iónico) y su manifestación a nivel de superficie en la señal del electrocardiograma. Seguidamente se estudiarán las bases teóricas de los modelos bioeléctricos de las diferentes células cardíacas en condiciones fisiológicas y patológicas, así como del tejido cardíaco. Se establecerán las ecuaciones asociadas a cada escala del modelo, i.e., canal iónico, célula cardíaca, tejido y órgano. En una tercera parte del curso se incidirá sobre los diferentes métodos numéricos empleados en la solución de las ecuaciones de la electrofisiología cardíaca. Se discutirán los principales retos encontrados y las diferentes estrategias empleadas. Se discutirán aspectos de paralelización y computación de altas prestaciones.

---

## 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 *Electrofisiología: Principios y aspectos numéricos* es el de introducir al estudiante a los principios de bioelectricidad relacionados con la electrofisiología cardíaca, haciendo énfasis no solo en los principios físicos, pero también en los aspectos numéricos asociados. El curso proveerá al estudiante las herramientas básicas para llevar a cabo trabajo de investigación en la simulación numérica de electrofisiología cardíaca. A pesar de que la aplicación fundamental alrededor de la cual se plantea la asignatura es la electrofisiología cardíaca, los aspectos numéricos se concentran en la solución de la clase de problemas del tipo reacción-difusión presente en numerosos problemas de biología.

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

La asignatura *Electrofisiología: Principios y aspectos numéricos* es una asignatura optativa enmarcada dentro de las *Tecnologías Horizontales*, que pueden servir a las dos especialidades del máster. Junto con la asignatura *Tratamiento de señales biológicas* permite que el estudiante lleve a cabo investigación en la simulación de electrofisiología cardíaca en patologías específicas, i.e., isquemia, canalopatías, así como la simulación del efecto de fármacos anti-arrítmicos. Sin embargo, la generalidad de las ecuaciones y modelos matemáticos tratados, permitirían que estudiantes cursando esta asignatura junto a asignaturas como *Mecanobiología celular* y *Mecanobiología celular*, llevar a cabo investigación en el área de ingeniería de tejidos.

Los objetivos de esta asignatura se construyen sobre los resultados del aprendizaje obtenidos de asignaturas como

*Fundamentos de Anatomía, Fisiología, Patología y Terapéutica*: i) reconocer todos los componentes y orgánulos de una célula tipo y de saber sus funciones además de identificar diferentes tipos celulares y saber su organización en un determinado tejido; ii) reconocer diferentes tejidos así como su localización y función dentro del organismo. *Bioestadística y Simulación Numérica*: i) métodos de resolución numérica de ecuaciones y sistemas de ecuaciones diferenciales de sistemas biológicos; ii) métodos de solución numérica de ecuaciones en derivadas parciales que describen sistemas biológicos. Así como *Tratamiento de señales e imágenes biomédicas*: i) origen y los mecanismos de generación de las señales e imágenes biomédicas ii) comprensión y realización de tareas típicas de procesamiento de señales e imágenes médicas, como filtrado, acondicionamiento, detección de eventos, estimación de parámetros, segmentación.

Los resultados del aprendizaje obtenidos en esa asignatura se podrán utilizar en la realización del proyecto fin de máster, investigación en simulación de electrofisiología. Sin embargo, debido al carácter general del tratamiento numérico de las ecuaciones, los métodos numéricos y algoritmos aquí descritos podrán emplearse en otros ámbitos como la mecanobiología celular y tisular.

## **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 avanzadas de biomecánica, biomateriales e ingeniería de tejidos (CO.3)

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

La importancia de los resultados de aprendizaje diseñados para esta asignatura radica en los conocimientos adquiridos en

bioelectricidad tanto en los aspectos físicos, así como en la modelización y resolución numérica de las ecuaciones asociadas. Estos conocimientos permitirán al estudiante investigar en la simulación de electrofisiología para el estudio de patologías, así como el efecto de fármacos. En las asignaturas se abordarán los aspectos relacionados con la naturaleza multi-escala del problema describiendo las particularidades tanto a nivel de modelización como de resolución numéricas asociadas con cada escala. Con esto se pretende que el estudiante comprenda la sinergia entre los eventos que se suceden en cada nivel y su implicación sobre los restantes. Este enfoque dota al estudiante con la capacidad para relacionar los mecanismos microscópicos y mesoscópicos relacionadas con la señal observada a nivel de superficie, e.g., el electrocardiograma.

---

## 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 (50%).**

Examen escrito, con puntuación de 0 a 10 puntos, común para todos los grupos de la asignatura. La prueba consiste en cuestiones teórico-prácticas y duración estimada 2h.

El alumno ha de obtener una puntuación mínima total de 4.0 puntos sobre 10 en el examen final. 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.

**2:**

- **E2: Trabajos prácticos tutorizados (30%).**

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

**3:**

- **E3: Prácticas de laboratorio (20%).**

Puntuación de 0 a 10 puntos. La evaluación de las prácticas se realizará a través de los informes presentados en las mismas, así como del trabajo realizado en el laboratorio.

**4:**

Para aprobar la asignatura es necesario que el alumno obtenga un cuatro en cada una de las partes.

---

## 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. La clase comprenderá la exposición del tema con ejemplos prácticos, donde proceda, para demostrar los conceptos impartidos. Adicionalmente, la asignatura contará con un seminario de cuatro horas impartido por un experto invitado.

**A03 Prácticas de laboratorio.** (6 horas). Actividades desarrolladas en espacios especiales con equipamiento especializado (aulas informáticas). La asignatura cuenta con dos sesiones prácticas de tres horas cada una y se realizarán en aulas informáticas. Para cada práctica el alumno deberá preparar un temario de los conceptos discutidos en clase

entregando un guión al final de la misma y que estará disponible en el anillo digital docente de la Universidad de Zaragoza. La práctica se evaluará de acuerdo a los resultados presentados en los guiones, siendo esta nota la correspondiente a la evaluación E3 (prácticas de laboratorio) correspondiente a un 20% de la nota total.

**A05 Realización de trabajos prácticos de aplicación o investigación.** Se asignará un trabajo a llevar a cabo en grupos de dos y que consiste en la resolución de un problema de simulación en electrofisiología. Cada grupo hará entrega de una memoria así como una copia del programa informático desarrollado. La evaluación se llevará a cabo de acuerdo a lo establecido en el punto E2 de la sección de evaluación de esta guía.

**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: Electrofisiología de células cardiacas
- 2: Principios físicos de electrofisiología
- 3: Modelos bioeléctricos de la membrana celular y canales iónicos
- 4: Modelización del potencial de acción
- 5: Propagación del potencial de acción, modelos de tejido
- 6: Solución numérica de la propagación del potencial de acción
- 7: Resolución del potencial extracelular. Solución del Torso

## 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

- Ferrero Corral, José María; Ferrero de Loma Osorio, José María; Arnau Vives, Antonio. *Bioelectrónica : señales biológicas*. Universidad Politécnica de Valencia 1994.
- Gulrajani, Ramesh M. *Bioelectricity and Biomagnetism*. John Wiley Sons 1998.
- Malmivuo, Jaakko; Plonsey, Robert. *Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*. Oxford University Press 1995. (Gratis en Internet <http://www.bem.fi/book/>).

- Prof. Roger G. Mark, 2004 *Principles Of Cardiac Electrophysiology*. Massachusetts Institute Of Technology Departments of Electrical Engineering, Mechanical Engineering, and the Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology

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