

## 69327 - Bioelectricidad y electrofisiología

### Información del Plan Docente

<b>Año académico</b>	2017/18
<b>Centro académico</b>	110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura
<b>Titulación</b>	330 - Complementos de formación Máster/Doctorado 547 - Máster Universitario en Ingeniería Biomédica
<b>Créditos</b>	3.0
<b>Curso</b>	XX
<b>Periodo de impartición</b>	Indeterminado
<b>Clase de asignatura</b>	Optativa, Complementos de Formación
<b>Módulo</b>	---

### 1. Información Básica

#### 1.1. 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, particularmente aplicados a la electrofisiología cardiaca, haciendo énfasis no solo en los principios físicos sino también en los aspectos numéricos asociados. La asignatura se inicia con una introducción a los principios de la electrofisiología cardiaca, 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 estudian las bases teóricas de los modelos bioeléctricos de las células y tejidos cardiacos en condiciones fisiológicas y patológicas. Se establecen las ecuaciones asociadas a cada escala del modelo, i.e., canal iónico, célula cardiaca, tejido y órgano. En una tercera parte del curso se incide sobre los diferentes métodos numéricos empleados en la resolución de las ecuaciones de la electrofisiología cardiaca. Se discuten los principales retos encontrados, las estrategias empleadas, aspectos de paralelización y computación de altas prestaciones.

#### 1.2. Recomendaciones para cursar la 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.

El profesor encargado de impartir la docencia pertenece al área de Teoría de la Señal y Comunicaciones (Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones).

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

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

La asignatura *Bioelectricidad y Electrofisiología* es una asignatura optativa enmarcada dentro de las Tecnologías

## 69327 - Bioelectricidad y electrofisiología

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 cardiaca de patologías como la isquemia o determinadas canalopatías, así como también la simulación del efecto de fármacos anti-arrítmicos. Asimismo, la generalidad de las ecuaciones y modelos matemáticos tratados, permiten que los estudiantes que cursen esta asignatura junto a otras asignaturas como mecanobiología celular puedan llevar a cabo investigaciones en el área de ingeniería de tejidos.

Los objetivos de esta asignatura se construyen sobre los resultados del aprendizaje obtenidos de asignaturas como 1) *Fundamentos de Anatomía, Fisiología, Patología y Terapéutica*: i) reconocer todos los componentes y orgánulos de una célula tipo y 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. 2) *Bioestadística y Simulación Numérica*: i) métodos de resolución numérica de ecuaciones y sistemas de ecuaciones diferenciales de sistemas biológicos; ii) métodos de resolución numérica de ecuaciones en derivadas parciales que describen sistemas biológicos. 3) *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 esta asignatura se podrán utilizar en la realización del proyecto fin de máster, así como en la investigación en simulación electrofisiológica. 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.

### 1.4.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/>.

## 2.Resultados de aprendizaje

### 2.1.Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

Conocer los principios de la electrofisiología cardiaca

Conocer los modelos bioeléctricos de la membrana celular y los canales iónicos

Conocer los modelos de potencial de acción de células cardiacas

Conocer los métodos de resolución numérica de las ecuaciones de bioelectricidad.

Comprender la sinergia entre las diferentes escalas presentes en el problema de electrofisiología cardiaca.

### 2.2.Importancia de los resultados de aprendizaje

La importancia de los resultados de aprendizaje diseñados para esta asignatura radica en los conocimientos adquiridos en bioelectricidad tanto en los aspectos físicos 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 para la evaluación del efecto de fármacos. En la asignatura 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 relacionados con la señal observada a nivel de superficie, esto es, el electrocardiograma.

### 3.Objetivos y competencias

#### 3.1.Objetivos

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

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

#### 3.2.Competencias

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

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)

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)

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)

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)

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)

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)

Ser capaz de usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la resolución de problemas

## 69327 - Bioelectricidad y electrofisiología

del ámbito biomédico y biológico (CG.2)

Ser capaz de comprender y evaluar críticamente publicaciones científicas en el ámbito de la Ingeniería Biomédica (CG.3)

Ser capaz de aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (CG.4)

Ser capaz de gestionar y utilizar bibliografía, documentación, legislación, bases de datos, software y hardware específicos de la ingeniería biomédica (CG.5)

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)

### 4.Evaluación

#### 4.1.Tipo de pruebas, criterios de evaluación y niveles de exigencia

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

- **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.

- **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.

- **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.

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

### 5.Metodología, actividades, programa y recursos

#### 5.1.Presentación metodológica general

La metodología docente de la asignatura se basa en:

Clases magistrales participativas tomando como referencia el trabajo de Prof. Roger G. Mark, 2004 *Principles Of Cardiac Electrophysiology*. Massachusetts Institute Of Technology Departments of Electrical Engineering, Mechanical

## 69327 - Bioelectricidad y electrofisiología

*Engineering, and the Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology* (dos primeros temas del programa de la asignatura).

Clases magistrales participativas basadas en diapositivas Power Point (resto de temas del programa de la asignatura).

Dos sesiones de prácticas tuteladas en el aula divididas en dos partes: 1) presentación tutorial del profesor acerca del software a utilizar (OpenCOR y Matlab), y 2) trabajo individual de cada alumno con su ordenador personal o en el aula de informática.

Una sesión tutelada acerca del trabajo de la asignatura.

### 5.2. Actividades de aprendizaje

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

**A01 Clase magistral participativa** (22 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 dos 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 dos horas cada una y se realizarán en aulas informáticas. Habrá una tercera sesión para finalizar el trabajo desarrollado en las dos sesiones previas. Para cada práctica el alumno deberá preparar un temario de los conceptos discutidos en clase entregando un guion al final de la misma, el cual 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 final.

**A05 Realización de trabajos prácticos de aplicación o investigación.** Se asignará un trabajo para llevar a cabo de forma individual, que consiste en la resolución de un problema de simulación en electrofisiología. Cada alumno hará entrega de una memoria. 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

### 5.3. Programa

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

Electrofisiología de células cardíacas

Principios físicos de electrofisiología

Modelos bioeléctricos de la membrana celular y canales iónicos

## 69327 - Bioelectricidad y electrofisiología

Modelos de potencial de acción

Modelos de propagación del potencial de acción en tejido

Solución numérica de la propagación del potencial de acción

Resolución del potencial extracelular. Solución del Torso

### 5.4. 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.

### 5.5. Bibliografía y recursos recomendados

- |           |   |
|-----------|---|
| <b>BB</b> | Ferrero Corral, José María. Bioelectrónica General (I) : señales bioeléctricas / José María Ferrero Corral : Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de Ingenieros industriales, cátedra de electrónica, sección de publicaciones, 1981 |
| <b>BB</b> | Gulrajani, Ramesh M. Bioelectricity and Biomagnetism / Ramesh M. Gulrajani. New York ; Chichester : John Wiley Sons, 1998   |
| <b>BB</b> | Malmivuo, Jaakko. Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields / Malmivuo, Jaakko; Plonsey, Robert. Oxford University Press 1995  |
| <b>BB</b> | Mark, Roger G. Principles of Cardiac electrophysiology / Roger G. Mark. Massachusetts : Institute Of Technology Departments of Electrical Engineering, Mechanical Engineering, and the Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology, 2004         |

#### LISTADO DE URLs:

Malmivuo, Jaakko; Plonsey, Robert. Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields. Oxford University Press 1995. [<http://www.bem.fi/book/>]