



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Tratamiento de Bioseñales.
Clave de la asignatura:	IBJ-2403
SATCA¹:	4-2-6
Carrera:	Ingeniería Electrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La asignatura Tratamiento de Bioseñales aporta al perfil del Ingeniero en Electrónica Médica, el conocimiento sobre la naturaleza y origen de los potenciales eléctricos que se desarrollan a través de la membrana celular (Biopotenciales). Así mismo, trata sobre el diseño de distintos tipos de electrodos apropiados para la detección y registro de dichos biopotenciales.

La asignatura también aporta el conocimiento y las técnicas de diseño de los circuitos para la amplificación, el filtrado, el aislamiento, la transmisión y el registro de las diferentes clases de biopotenciales. El material académico de esta asignatura proporciona al profesionista de la electrónica médica, las competencias necesarias para que se desarrolle en actividades de instalación, puesta en marcha, mantenimiento, operación y diseño de equipo médico para el análisis de biopotenciales.

Intención didáctica

El temario de esta asignatura se organiza en ocho temas, las cuales se pueden cubrir en dieciséis semanas de clase, con la realización de prácticas de laboratorio que permitan cristalizar los conocimientos teóricos expuestos en clase.

En el tema uno, el estudiante conoce el origen de los potenciales eléctricos que se desarrollan a través de la membrana celular, así como los fenómenos que hacen posible que dichos biopotenciales se propaguen a través de fibras y tejidos del cuerpo humano. Finalmente, se estudian las diferentes clases de biopotenciales y sus características.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



El tema dos trata todo lo concerniente a la función de transducción que realiza un bioelectrodo, su fundamento, el modelo eléctrico de la interfaz electrodo-electrolito-piel, los diferentes tipos de electrodos y sus aplicaciones.

El tema tres versa sobre los circuitos de amplificación que se utilizan en el tratamiento de los biopotenciales. Se hace énfasis en las características especiales de impedancia de entrada, impedancia de salida, operación en modo común, operación en modo diferencial. La unidad finaliza con el diseño de diferentes clases de amplificadores.

El tema cuatro desarrolla el tema de los filtros activos, para comenzar se puntualiza sobre las propiedades de los filtros pasivos y los filtros activos, sus ventajas y desventajas. Enseguida se trata el tema de filtros de primer orden activos y se profundiza en el diseño de filtros de segundo orden tipo Sallen-Key. La parte final de esta unidad está centrada en el diseño de filtros Butterworth de orden superior, mediante etapas Sallen_Key.

Tema cinco trata el tema relacionado con la adquisición de una señal analógica y su tratamiento hasta obtener su codificación digital; temas sobre señales continuas, señales discretas, el muestreo y la retención, los procesos de conversión analógico a digital y digital a analógico.

En el tema seis tiene como finalidad la discusión sobre el tema del aislamiento de un sistema, su conveniencia y ventajas. Se discuten las diferentes técnicas de aislamiento.

El tema siete presenta el tema clásico sobre electrocardiografía, se estudia el músculo cardíaco, la circulación del fluido sanguíneo en el corazón, su sistema de conducción eléctrico, los potenciales de acción de las células cardíacas y su propagación. Enseguida se describe el grafico ECG y su relación con las fases de operación del corazón, así como las derivaciones electrocardiográficas del plano frontal y horizontal. Finalmente se trata el diseño de un dispositivo electrocardiógrafo de 3 derivaciones.

El tema ocho trata de manera puntual los temas sobre tratamiento de señales electromiográficas, medición de presión arterial, medición de temperatura corporal y espirometría. Se dejan como temas de investigación los correspondientes a electrooculografía y electroencefalografía.



3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de La Laguna. Torreón Coahuila, Julio de 2017.	MC. David García Mora. MC Felipe De Jesús Cobos González	Diseño curricular de la Especialidad: Instrumentación Biomédica
Instituto Tecnológico de la Laguna. Marzo 2024.	Subacademia de Instrumentación Biomédica del Instituto Tecnológico de la Laguna	Rediseño curricular de la Especialidad: Instrumentación Biomédica, actualización de programas

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia general de la asignatura
Interpreta, caracteriza y analiza el origen de los biopotenciales, de manera que diseña sistemas electrónicos que las procesen, con la finalidad de presentar evidencia de la actividad electro-fisiológica del órgano de interés.

5. Competencias previas

El estudiante cuenta con conocimientos sobre química general, circuitos con diodos y transistores, circuitos con amplificadores operacionales, uso de microcontroladores, manejo de equipo de laboratorio de electrónica. El estudiante ha cursado las materias de Sensores Bioelectrónicos y Electrofisiología. El estudiante maneja programación en lenguajes visuales, tales como Visual Basic, C+, C#, etc, programación en Matlab.



6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1.	Origen de los potenciales bioeléctricos	1.1 Fenomenología de la membrana celular 1.2 Transporte de iones a través de la membrana celular 1.3 Origen del potencial de membrana celular 1.4 Potencial de acción de células nerviosas y musculares 1.5 Factores que intervienen en el desarrollo del potencial de acción 1.6 Comportamiento eléctrico de la membrana 1.7 Propagación del potencial de acción 1.8 Los potenciales bioeléctricos
2.	Electrodos para biopotenciales	2.1 El electrolito como medio de conducción 2.2 Polarización y voltaje de media celda 2.3 Modelo eléctrico electrodo-electrolito-piel 2.4 Características de un electrodo 2.5 Tipos de electrodos y sus aplicaciones 2.6 Registro de biopotenciales
3.	Amplificadores para biopotenciales	3.1 El amplificador operacional ideal 3.2 El amplificador inversor 3.3 El amplificador no inversor 3.4 El amplificador seguidor de voltaje 3.5 El amplificador de diferencia 3.6 El amplificador diferencial 3.7 El amplificador de instrumentación
4.	Filtros activos	4.1 Filtros pasivos y sus propiedades 4.2 Filtros activos y sus ventajas 4.3 Tipos de filtros 4.4 Filtros simples de primer orden 4.5 Función bicuadrática de filtro 4.6 Topología sallen-key 4.7 Filtro activo pasa-bajas sallen-key



		<p>4.8 Filtro activo pasa-altas sellen-key</p> <p>4.9 Filtro activo pasa-banda sellen-key</p> <p>4.10 Filtros de rechazo de banda</p> <p>4.11 Filtros butterworth de orden superior</p>
5	Adquisición de señales	<p>5.1 Señales continuas y señales discretas</p> <p>5.2 Muestreo y retención de señales</p> <p>5.3 Convertidores analógico a digital</p> <p>5.4 Convertidores digital a analógico</p>
6	Métodos de aislamiento	<p>6.1 Aislamiento de fuentes de alimentación</p> <p>6.2 Aislamiento a base de transformador</p> <p>6.3 Aislamiento mediante opto-acopladores</p> <p>6.4 Aislamiento inalámbrico</p>
7	Electrocardiografía (ECG)	<p>7.1 El corazón humano</p> <p>7.2 Circulación de sangre en el corazón</p> <p>7.3 Sistema de conducción cardíaco</p> <p>7.4 Potenciales de acción de las células cardíacas</p> <p>7.5 El electrocardiograma, nomenclatura y descripción</p> <p>7.6 Derivaciones electrocardiográficas</p> <p>7.7 El electrocardiógrafo</p>
8	Estudio de biopotenciales importantes	<p>8.1 Electromiografía (EMG)</p> <p>8.2 Espirometría</p> <p>8.3 Presión arterial</p> <p>8.4 Temperatura corporal</p> <p>8.5 Electrooculografía (EOG)</p> <p>8.6 Electroretinografía (ERG)</p> <p>8.7 Electroencefalografía (EEG)</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1 Origen de los potenciales bioeléctricos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Interpreta el origen de los potenciales eléctricos que se desarrollan a través de la membrana celular, así como los fenómenos que hacen posible que dichos biopotenciales se propaguen a través de fibras y tejidos del cuerpo humano. Caracteriza las diferentes clases de biopotenciales y sus características.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante comprende los fenómenos que dan origen al desarrollo de potenciales a través de la membrana celular.• Aplica capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.	<ul style="list-style-type: none">• Investiga sobre la organización a nivel químico y a nivel celular del cuerpo humano.• Interpreta los fenómenos de difusión y transporte de sustancias a través de una membrana semipermeable.• Analiza los procesos que dan origen a la aparición de los potenciales de reposo y de acción a través de las membranas celulares. Así como la propagación de estos.• Desarrolla prácticas sobre difusión de sustancias a través de membranas semipermeables.
Tema 2 Electrodo para biopotenciales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none">• Caracteriza el fundamento de los electrodos para biopotenciales y usa diferentes tipos de ellos y distingue los diferentes tipos de biopotenciales, sus características y propiedades. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Comprende el fundamento de los electrodos para biopotenciales y usa adecuadamente los diferentes tipos de ellos.• Distingue los diferentes tipos de biopotenciales, sus características y propiedades.• Desarrolla capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.	<ul style="list-style-type: none">• Investiga sobre electroquímica y fenómenos que dan origen a un potencial de media celda.• Caracteriza el modelo eléctrico de la interfaz electrodo-electrolito-piel.• Desarrolla prácticas de laboratorio para estudiar los potenciales de media celda y el fenómeno de transducción de corrientes iónicas a corrientes eléctricas.• Analiza los conceptos de los bioelectrodos y sus aplicaciones.

Tema 3. Amplificadores para biopotenciales.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none">Realiza el diseño de los circuitos para lograr la amplificación de biopotenciales y utiliza herramientas modernas de diseño y simulación de circuitos electrónicos para comprobar su operación. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none">Diseña circuitos para la amplificación de biopotenciales.Utiliza herramientas modernas de diseño y simulación de circuitos electrónicos para el tratamiento de bioseñales.Aplica capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.Aplica destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo de laboratorio electrónico, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información.	<ul style="list-style-type: none">Específica sobre las características de los amplificadores operacionales.Elabora un reporte sobre las diferentes configuraciones de los amplificadores monopolares y bipolares, sus propiedades y su aplicación en amplificación de biopotenciales.Representa el diseño de circuitos amplificadores para biopotenciales y probar preliminarmente su operación usando simuladores.Desarrolla prácticas de laboratorio para comprobar la operación en físico de los amplificadores estudiados.

Tema 4. Filtros activos

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none">Diseña circuitos para lograr el filtraje de biopotenciales contaminados con ruido proveniente de diferentes fuentes tales como biológicas, eléctricas y electromagnéticas. Asimismo, utiliza herramientas modernas de diseño y simulación de circuitos electrónicos para evaluar la relación de señal a ruido lograda en el tratamiento de bioseñales. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none">Diseña circuitos para el filtraje de	<ul style="list-style-type: none">Investiga sobre las ventajas y desventajas de los filtros pasivos y activos,Caracteriza los filtros pasa bajas y pasa altas, activos, de primer orden.Especifica los filtros de segundo orden, pasa bajas, pasa altas, pasa banda y rechazo de banda, de tipo Sallen-Key.Caracteriza los filtros Butterworth de orden superior.



<p>bioseñales contaminadas con diversas clases de ruido.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliza herramientas modernas de diseño y simulación de circuitos electrónicos para el tratamiento de bioseñales. • Aplica capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos. • Aplica destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo electrónico, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información. • Aplica destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita o conocimientos de una segunda lengua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elabora el diseño de circuitos de filtro de primero y segundo orden, así como de orden superior y probar preliminarmente su operación usando simuladores. • Desarrolla prácticas de laboratorio para comprobar la operación en físico de los filtros estudiados.
<p>Tema 5 Adquisición de señales</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracteriza el proceso de transformación de una magnitud analógica a su equivalente en un código digital, con la finalidad de procesar la información adquirida y propiciar su registro en computadores digitales y lograr su desplegado digital. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce el proceso de adquisición de una bioseñal, que incluye el muestreo, la retención, la conversión analógico a digital y el registro de los datos generados. • Aplica capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos. • Aplica destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo electrónico, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información. • Aplica destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita o conocimientos de una segunda lengua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caracteriza las propiedades de las señales continuas y discretas. • Diferencia los procesos de muestreo y retención de señales. • Expone las técnicas más importantes para realizar la conversión de señales de analógico a digital. • Desarrolla prácticas para ilustrar sobre el proceso de conversión A/D.

Tema 6 Métodos de aislamiento	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none">• Diferencia la problemática de la interacción entre sistemas alimentados con fuentes de energía, con diferente potencial de referencia. Así mismo comprende las ventajas del aislamiento de los sistemas interconectados y aprende las diversas técnicas de aislamiento. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Conoce la problemática y los riesgos asociados a la interconexión de sistemas eléctricos con fuentes de energía de diferente potencial de referencia.• Conoce y aplica las diferentes técnicas de aislamiento.• Aplica capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.• Aplica destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo electrónico, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información.• Aplica destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita o conocimientos de una segunda lengua.	<ul style="list-style-type: none">• Investiga sobre la problemática de sistemas eléctricos no aislados.• Caracteriza sobre las ventajas y desventajas de los sistemas aislados.• Expone las diferentes técnicas de aislamiento eléctrico, sus características y propiedades.• Desarrolla las prácticas de laboratorio para estudiar y comprobar el aislamiento de sistemas eléctricos. Se verifican las ventajas de los métodos de aislamiento.
Tema 7. Electrocardiografía (ECG)	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none">• Analiza la electrofisiología del músculo cardíaco. Conoce las derivaciones electrocardiográficas del plano frontal y el plano horizontal y aplica sus conocimientos en el diseño de circuitos para el procesamiento de las señales ECG. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante diseña circuitos para la	<ul style="list-style-type: none">• Investiga sobre los antecedentes de la electrocardiografía.• Analiza las bases de la electrofisiología del corazón humano.• Caracteriza que son las derivaciones electrocardiográficas.• Especifica la construcción modular de un equipo electrocardiógrafo.



<p>amplificación de biopotenciales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El estudiante utiliza herramientas modernas de diseño y simulación de circuitos electrónicos para el tratamiento de bioseñales. • Capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos. • Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo de laboratorio electrónico, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información. • Destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita o conocimientos de una segunda lengua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla el proyecto de diseño de un electrocardiógrafo básico con tres derivaciones bipolares; probar preliminarmente los circuitos por módulo y comprobar su operación en físico.
<p>Tema 8. Estudio de biopotenciales importantes</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investiga sobre diversas clases de bioseñales y las maneras para realizar el tratamiento de dichas bioseñales. Elige una de ellas y realiza un proyecto de diseño e implementación. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El estudiante investiga diversas clases de bioseñales, sus características y propiedades. • Investiga las maneras de adquirir los bioseñales y su modo de procesamiento. • Usa su iniciativa para proponer circuitos de medición y comprobar su correcto funcionamiento. • Implementa un dispositivo de procesamiento de la bioseñal asignado por el profesor. • Aplica capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Aplica destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de instrumentación electrónica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investiga sobre los temas Electromiografía (EMG), Espirometría, Presión Arterial, Temperatura Corporal, Electrooculografía (EOG), Electroretinografía (ERG), y Electroencefalografía (EEG). • Elabora el reporte por cada tema. • Organiza por equipos, expongan los esquemas de bloques correspondientes a cada dispositivo para procesar la bioseñal asignada por el profesor, así como la circuitería necesaria. • Desarrolla la implementarán un proyecto, según el dispositivo asignado por el profesor.



8. Práctica(s)

1. Preparación De Soluciones Químicas
2. Difusión, Ósmosis Y Permeabilidad Selectiva
3. Conductividad Eléctrica De Las Soluciones Salinas
4. Potenciales De Media Celda
5. Bioelectrodos, Impedancia Y Respuesta A La Frecuencia
6. Amplificadores Para Biopotenciales
7. Filtros Activos
8. Adquisición De Señales
9. Aislamiento De Sistemas Eléctricos
10. Electrocardiógrafo De tres Derivaciones Bipolares
11. Medidor de Presión Arterial
12. Proyecto Final

9. Proyecto de asignatura

Por equipos, los estudiantes de la materia de tratamiento de Bioseñales desarrollan un proyecto integrador en el cual los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en esta materia y en las demás materias cursadas. El proyecto integrador deberá consistir en el diseño de un sistema de tratamiento de bioseñales, conectado a una interfaz de computadora, para lograr el registro de los valores de la señal en archivos numéricos y gráficos de la señal correspondiente. El objetivo de este proyecto es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.



- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Se sugiere utilizar como herramienta de evaluación el portafolio de evidencias y como instrumento la lista de cotejo y la rúbrica.

11. Fuentes de información

- [1] JHON G. WEBSTER, Medical Instrumentation Application And Design, 4th Edition, John Wiley & sons, 2010.
- [2] TORTORA, GRABOWSKY, Principios de Anatomía y Fisiología, Editorial Médica Panamericana, S.A. de C.V. 2022.
- [3] SKOOG, HOLLER, NIEMAN, Principios de Análisis Instrumental, 5ª, Edición, Editorial Mc Graw Hill, 2010.
- [4] MA TERESA GARCÍA GONZÁLEZ, AÍDA JIMÉNEZ GONZALEZ, MA DEL ROCÍO ORTIZ PEDROZA, MIGUEL ANGEL PEÑA, Potenciales Bioeléctricos: Origen Y Registro, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, 1998.
- [5] PILAR CASTELLANOS ÁBREGO, RAFAEL GODÍNEZ FERNÁNDEZ, JOEL JIMÉNEZ CRUZ, VERÓNICA MEDINA BAÑUELOS, Electrofisiología Humana. Un Enfoque Para Ingenieros, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, 1997.
- [6] STANLEY WOLF, RICHARD F.M. SMITH, Guía Para Mediciones Electrónicas Y Prácticas de Laboratorio, Prentice Hall, 1992.
- [7] ROBERT F. COUGHLIN, FREDERICK F. DRISCOLL, Amplificadores Operacionales Y Circuitos Integrados Lineales, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., 2010.