



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Bioimpedancia y Bioelectricidad

Laboratorio de Ingeniería Biomédica

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Ing. Biomédica
2020
11/06/2025
1.0



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la Secretaría
General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
IDENTIFICACIÓN	5
<i>Carga Horaria de la asignatura</i>	<i>5</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>5</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	6
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	8
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>8</i>
<i>Se deberá seguir el reglamento general institucional vigente aplicable a laboratorios de electrónica.</i>	<i>8</i>
<i>Reglamento de uniforme.....</i>	<i>8</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales.....</i>	<i>8</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos.....</i>	<i>8</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>8</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA....	9
PRÁCTICAS.....	11
FUENTES DE INFORMACIÓN	23
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	23
ANEXOS	24

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

Propósito del manual

Guiar a los estudiantes en la aplicación práctica de los fundamentos de la bioimpedancia y bioelectricidad, a través de experimentos diseñados para desarrollar habilidades en la medición, análisis y diseño de sistemas electrónicos aplicados al campo biomédico.

Justificación de su uso en el programa académico

El uso de este manual en el programa académico permite una formación integral del alumnado, fortaleciendo sus habilidades para el análisis, diseño y evaluación de sistemas de medición bioeléctrica, con apego a estándares de calidad.

Competencias para desarrollar

- **Disciplinares:** Comprender los principios físicos de la bioimpedancia y la instrumentación biomédica.
- **Blandas:** Trabajo en equipo, liderazgo, organización.
- **Profesionales:** Aplicación del conocimiento para el diseño de sistemas de medición eléctrica en escenarios reales.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Bioimpedancia y Bioelectricidad	
Clave	071CE087	Créditos	6
Asignaturas Antecedentes	071CE082	Plan de Estudios	2020

Área de Competencia	Competencia del curso
Específicas / Especializantes	Diseño de prototipos biomédicos mediante la aplicación de anatomía, electrónica, física, química, para el apoyo en el diagnóstico y terapia médica, de acuerdo con la normatividad nacional e internacional de la instrumentación biomédica

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
3	2	0	2	9

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Hermosillo
Fecha de elaboración	11/06/2025
Responsables del diseño	Jesús Antonio Maldonado Arriola
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

Señalar la relación de cada práctica con las competencias del perfil de egreso

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Práctica No. 1: Introducción a la bioelectricidad y la impedancia en tejidos	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer equipos médicos y su aplicación para el entorno de la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. - Implementar metodologías de diseño biomédico. - Seleccionar los distintos materiales para modelar sistemas biomédicos.
Práctica No. 2: Medición de impedancia en modelos eléctricos de tejidos	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer equipos médicos y su aplicación para el entorno de la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. - Implementar metodologías de diseño biomédico. - Gestión de tecnología médica. - Seleccionar los distintos materiales para modelar sistemas biomédicos.
Práctica No. 3: Análisis de respuesta en frecuencia de un tejido simulado	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar sistemas integrales y autónomos con tecnología de vanguardia a partir del análisis de problemáticas o necesidades, con el fin de implementarlas en el área médica bajo las normas y estándares nacionales e internacionales. - Generar propuestas innovadoras de diseño de prótesis, ortesis e implantes con base en metodologías de diseño biomédico, para dar solución, de manera multidisciplinaria a problemáticas en el área de la salud, tomando en consideración los estándares y normas nacionales e internacionales. - Identificar las propiedades de los distintos materiales, con el fin de seleccionar de manera crítica los adecuados para el desarrollo de sistemas biomédicos, tomando en consideración los estándares y normas nacionales e internacionales.
Práctica No. 4: Determinación experimental de la constante de tiempo en tejidos simulados	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar sistemas integrales y autónomos con tecnología de vanguardia a partir del análisis de problemáticas o necesidades, con el fin de implementarlas en el área médica bajo las normas y estándares nacionales e internacionales. - Identificar las propiedades de los distintos materiales, con el fin de seleccionar de manera crítica los adecuados para el desarrollo de sistemas biomédicos, tomando en consideración los estándares y normas nacionales e internacionales. - Diseñar propuestas eficientes e innovadoras a través de la solución de problemas, con el fin de disminuir las necesidades del sector salud en apego a las normas y estándares nacionales e internacionales.
Práctica No. 5: Obtención y análisis de señales bioeléctricas simuladas	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar ambientes virtuales para el monitoreo de las bioseñales y software especializado de calidad, con el fin de incrementar la eficiencia de los sistemas biomédicos en el área de salud o ingeniería biomédica, tomando en consideración normas y estándares nacionales e internacionales. - Conocer equipos médicos y su aplicación en el entorno de la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la salud, para la gestión de la tecnología médica en el ámbito hospitalario de manera organizada y bajo un enfoque de calidad, cumpliendo con los estándares y normas nacionales.

	<ul style="list-style-type: none">- Diseñar sistemas integrales y autónomos con tecnología de vanguardia a partir del análisis de problemáticas o necesidades, con el fin de implementarlas en el área médica bajo las normas y estándares nacionales e internacionales.- Contribuir en el desarrollo de la investigación en el ámbito biomédico para la generación de tecnologías innovadoras en laboratorios especializados de la región o el extranjero, apegándose a los estándares y normas según corresponda.
--	--

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio

Se deberá seguir el reglamento general institucional vigente aplicable a laboratorios de electrónica.

Reglamento de uniforme

El uso del uniforme y equipo de protección personal será conforme al reglamento oficial de prácticas en laboratorios de electrónica.

Uso adecuado del equipo y materiales

El uso de instrumentos y equipos deberá realizarse siguiendo los manuales de operación respectivos.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

El tratamiento de residuos se realizará conforme a la normativa ambiental vigente y los lineamientos institucionales para la disposición segura de residuos.

Procedimientos en caso de emergencia

Ante cualquier incidente, descarga eléctrica, conato de incendio o emergencia médica, se deberá actuar conforme al protocolo institucional de seguridad para laboratorios.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC I
	Identificar los principios físicos y químicos que rigen el comportamiento de las sustancias que permiten el paso de la corriente eléctrica en el cuerpo humano, con la finalidad de contar con bases para el diseño de sistemas de medición eléctrica en el campo de la ingeniería biomédica, a través del trabajo en equipo, respetando las normas de calidad aplicables.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Introducción a la bioelectricidad y la impedancia en tejidos	Analizar los principios físicos y químicos del paso de corriente eléctrica en tejidos biológicos para comprender su comportamiento bioeléctrico, a partir del uso de instrumentos de medición básicos, en el contexto de la ingeniería biomédica, mediante el trabajo en equipo y respetando las normas de calidad.
Práctica No. 2	Medición de impedancia en modelos eléctricos de tejidos	Aplicar técnicas de medición de impedancia en modelos eléctricos de tejidos con el propósito de interpretar el comportamiento eléctrico de materiales biológicos, utilizando instrumentos de medición especializados, en el contexto del diseño de sistemas de medición biomédicos, a través de la colaboración y el cumplimiento de normas de calidad.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC II
	Distinguir los componentes básicos de un instrumento de medición biomédica, de funciones fisiológicas empleando los principios de instrumentación para el diseño de un sistema de medición de bioimpedancia útil en el campo de la ingeniería biomédica, mediante organización, respetando las normas de calidad de la instrumentación de la biomédica.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 3	Análisis de respuesta en frecuencia de un tejido simulado	Evaluar la respuesta en frecuencia de modelos eléctricos de tejidos para identificar sus características dinámicas relevantes en bioimpedancia, utilizando instrumentos de medición y análisis de señales, en el contexto del diseño de sistemas de medición biomédica, organizando adecuadamente los datos y cumpliendo normas de calidad.
Práctica No. 4	Determinación experimental de la constante de tiempo en tejidos simulados	Determinar la constante de tiempo en modelos eléctricos de tejidos con el fin de caracterizar su respuesta transitoria para sistemas de medición de bioimpedancia, mediante pruebas experimentales controladas, en el marco de la instrumentación biomédica, respetando normas técnicas y promoviendo la organización en el trabajo.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC III
	Desarrollar un prototipo de apoyo al diagnóstico clínico a través del análisis y modelado de datos, con el propósito de hacer aplicaciones clínicas, ejerciendo liderazgo, bajo los estándares de las prácticas médicas actuales.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 5	Obtención y análisis de señales bioeléctricas simuladas	Diseñar un sistema básico de adquisición y análisis de señales bioeléctricas para simular un prototipo de apoyo al diagnóstico clínico, empleando herramientas digitales de modelado y visualización, en el contexto de aplicaciones clínicas en ingeniería biomédica, ejerciendo liderazgo y tomando decisiones bajo los estándares médicos actuales.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	1. Polarización en Dieléctricos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Analizar los principios físicos y químicos del paso de corriente eléctrica en tejidos biológicos para comprender su comportamiento bioeléctrico, a partir del uso de instrumentos de medición básicos, en el contexto de la ingeniería biomédica, mediante el trabajo en equipo y respetando las normas de calidad

FUNDAMENTO TEÓRICO

La polarización en dieléctricos describe la separación de cargas internas en un material bajo un campo eléctrico externo. Este fenómeno da lugar a la capacitancia y a propiedades dieléctricas complejas como la relajación y dispersión dieléctrica, clave en el análisis de la impedancia de materiales biológicos. La práctica permite al estudiantado modelar estos efectos en circuitos equivalentes.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Osciloscopio
- Generador de señales
- Capacitores de diferentes valores
- Resistencias
- Protoboard
- Multímetro
- Cables de conexión
- Computadora con software de simulación

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Ensamblar un circuito RC en protoboard con un capacitor y una resistencia en serie.
2. Aplicar una señal alterna senoidal utilizando el generador de señales.
3. Observar en el osciloscopio la diferencia de fase entre corriente y voltaje.
4. Medir la atenuación y retardo de la señal, identificando el efecto de la polarización dieléctrica.
5. Repetir el experimento variando el valor del capacitor.
6. Simular el mismo circuito en Multisim para comparar resultados experimentales vs simulados.

RESULTADOS ESPERADOS

- Identificación de la variación de impedancia con la frecuencia y del desfase en circuitos RC.
- Obtención de gráficas de respuesta de voltaje y corriente. Registro de valores medidos y observaciones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Cómo influye el valor del capacitor en la respuesta del circuito?
2. ¿Qué ocurre con la fase cuando se incrementa la frecuencia?
3. ¿Qué diferencias existen entre el circuito simulado y el experimental?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Relacionar la respuesta de los materiales dieléctricos ante un campo eléctrico con las propiedades eléctricas de tejidos biológicos. Identificar aplicaciones en instrumentación médica.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar ejemplos de materiales dieléctricos utilizados en sensores médicos y describir sus propiedades.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	<ul style="list-style-type: none">- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha).- Nombre de la práctica.- Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos).- Objetivos (generales y específicos).- Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes).- Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones).- Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones).- Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos).- Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica).- Fuentes de información (en formato APA 7ª edición).- Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	2. Simulación de Propiedades Eléctricas de una Neurona
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar técnicas de medición de impedancia en modelos eléctricos de tejidos con el propósito de interpretar el comportamiento eléctrico de materiales biológicos, utilizando instrumentos de medición especializados, en el contexto del diseño de sistemas de medición biomédicos, a través de la colaboración y el cumplimiento de normas de calidad.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Las neuronas son células excitables cuya membrana presenta propiedades eléctricas específicas. Estas pueden ser representadas mediante modelos eléctricos equivalentes, como el circuito RC que describe el comportamiento de la membrana. El estudio de sus propiedades (como el potencial de membrana, la capacitancia y la resistencia) permite entender cómo se generan y propagan los impulsos nerviosos. Esta práctica introduce el modelado de dichos fenómenos mediante simuladores, facilitando su análisis sin requerir una preparación biológica directa.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Osciloscopio
- Fuente de voltaje DC
- Resistencias y capacitores de laboratorio
- Arduino UNO (opcional, para extender a prototipo físico)
- Cables de conexión
- Computadora con acceso a Multisim u otro simulador
- Protoboard (si se implementa físicamente)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Utilizar un modelo eléctrico equivalente de neurona (modelo RC simple).
2. Configurar el circuito en el simulador con valores representativos (ej. $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 10 \text{ k}\Omega$).
3. Aplicar un pulso de voltaje y observar la respuesta de carga y descarga del capacitor.
4. Obtener gráficas de la evolución temporal del potencial de membrana.
5. Comparar los resultados con el comportamiento teórico de una neurona ante un estímulo.
6. (Opcional) Replicar el circuito de forma física en protoboard y validar resultados experimentales.

RESULTADOS ESPERADOS

- Obtención de la curva de potencial de membrana simulado ante estímulo eléctrico.
- Observación del tiempo de carga y descarga, identificación de valores de constante de tiempo y análisis del comportamiento como sistema de primer orden.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué parámetro controla la velocidad de cambio del potencial?
2. ¿Qué forma tiene la curva de carga y descarga y a qué se parece en biología?
3. ¿Cómo se interpreta la constante de tiempo en términos fisiológicos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Relacionar el comportamiento del circuito equivalente con las propiedades eléctricas de las neuronas, comprendiendo cómo se propagan señales bioeléctricas en el sistema nervioso y su importancia para la instrumentación médica.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar el modelo de Hodgkin-Huxley como extensión del modelo RC básico y describir al menos dos aplicaciones clínicas o diagnósticas del modelado neuronal en ingeniería biomédica.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	<ul style="list-style-type: none">- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha).- Nombre de la práctica.- Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos).- Objetivos (generales y específicos).- Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes).- Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones).- Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones).- Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos).- Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica).- Fuentes de información (en formato APA 7ª edición).- Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	3. Caracterización de Electroodos Biomédicos para adquisición de Señales Eléctricas Fisiológicas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Evaluar la respuesta en frecuencia de modelos eléctricos de tejidos para identificar sus características dinámicas relevantes en bioimpedancia, utilizando instrumentos de medición y análisis de señales, en el contexto del diseño de sistemas de medición biomédica, organizando adecuadamente los datos y cumpliendo normas de calidad.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los electrodos biomédicos permiten la conversión de señales bioeléctricas en señales eléctricas medibles. Su comportamiento no es ideal y depende de factores como el tipo de material, la superficie de contacto, la impedancia de carga, la interfaz piel-electrodo y la frecuencia de operación. Esta práctica se enfoca en caracterizar la impedancia de distintos tipos de electrodos (gel, seco, Ag/AgCl, tipo clip) mediante mediciones experimentales que permitan comprender sus limitaciones y aplicaciones según el tipo de señal a adquirir (ECG, EMG, EEG).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Diversos tipos de electrodos (gel, secos y tipo clip)
- Multímetro
- Osciloscopio
- Generador de señales
- Fuente de corriente continua
- Protoboard
- Resistencias y capacitores diversos
- Cables de conexión
- Simulador de señales fisiológicas (si disponible)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Identificar los diferentes tipos de electrodos disponibles y sus características físicas (superficie, forma, materiales).
2. Armar un circuito con el generador de señal senoidal (1 Hz – 1000 Hz) y una carga resistiva.
3. Conectar cada tipo de electrodo al circuito y medir su respuesta (impedancia, caída de voltaje, comportamiento frente a carga capacitiva).
4. Registrar cómo varía la respuesta del electrodo según la frecuencia aplicada.
5. (Opcional) Evaluar la señal registrada al usar los electrodos sobre la piel, con precauciones de seguridad.
6. Comparar los resultados entre tipos de electrodos.

RESULTADOS ESPERADOS

- Mediciones cuantitativas de la impedancia de los distintos electrodos, y gráficas de respuesta en frecuencia.
- Tabla comparativa con ventajas y limitaciones observadas en cada caso.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Cuál electrodo presenta menor impedancia y por qué?
2. ¿Cómo influye el tipo de señal (frecuencia) en la calidad de la transmisión a través del electrodo?
3. ¿Qué implicaciones tiene el tipo de electrodo para aplicaciones específicas como ECG o EEG?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Relacionar el comportamiento observado de los electrodos con sus aplicaciones clínicas, reconociendo la importancia de una correcta elección del tipo de interfaz para garantizar una adquisición confiable de señales fisiológicas.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar nuevos desarrollos de electrodos biomédicos no invasivos, por ejemplo, electrodos textiles o basados en materiales poliméricos, y su potencial aplicación en monitoreo domiciliario o dispositivos portátiles.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	<ul style="list-style-type: none">- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha).- Nombre de la práctica.- Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos).- Objetivos (generales y específicos).- Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes).- Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones).- Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones).- Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos).- Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica).- Fuentes de información (en formato APA 7ª edición).- Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	4. Determinación Experimental de la Constante de Tiempo en Tejidos Simulados
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Determinar la constante de tiempo en modelos eléctricos de tejidos con el fin de caracterizar su respuesta transitoria para sistemas de medición de bioimpedancia, mediante pruebas experimentales controladas, en el marco de la instrumentación biomédica, respetando normas técnicas y promoviendo la organización en el trabajo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los tejidos biológicos pueden modelarse como sistemas eléctricos con elementos resistivos y capacitivos. La constante de tiempo ($\tau = RC$) define la velocidad con que estos sistemas responden a estímulos eléctricos, y es fundamental para la caracterización de procesos como la conducción nerviosa y el comportamiento de membranas celulares. Esta práctica busca estudiar dicho comportamiento mediante materiales simuladores de tejido y circuitos equivalentes de primer orden, observando experimentalmente cómo varía la respuesta en función de R y C.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Multímetro
- Osciloscopio
- Generador de señales
- Fuente de corriente continua
- Protoboard
- Resistencias (varios valores)
- Capacitores (varios valores)
- Cables de conexión
- Gel conductor o esponjas húmedas como sustituto de tejido biológico

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Identificar los valores de resistencias y capacitores disponibles y seleccionar combinaciones para formar circuitos RC.
2. Armar un circuito con el generador de señal senoidal (1 Hz – 1000 Hz) y una carga resistiva-capacitiva.
3. Medir con el osciloscopio la curva de carga y descarga del capacitor.
4. Determinar el valor de la constante de tiempo experimentalmente a partir de la curva observada.
5. Repetir el procedimiento para diferentes combinaciones de R y C.
6. Sustituir la resistencia por un material húmedo (esponja o gel) y observar la variación en la respuesta.
7. Registrar gráficamente los resultados y comparar con los valores teóricos.

RESULTADOS ESPERADOS

- Mediciones de tiempo de carga y descarga para distintas configuraciones.
- Gráficas del comportamiento del voltaje en función del tiempo.
- Tabla comparativa de constantes de tiempo teóricas vs experimentales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué tan cercanos fueron los valores teóricos y experimentales de la constante de tiempo?
2. ¿Cómo afecta el tipo de material (resistivo vs simulado) a la respuesta del circuito?
3. ¿Qué implicaciones tiene esto para el diseño de dispositivos biomédicos de estimulación o registro?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Comprender cómo los parámetros eléctricos afectan la respuesta temporal de tejidos simulados, y reconocer la importancia de la constante de tiempo en el diseño e interpretación de sistemas biomédicos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Buscar un ejemplo de aplicación médica donde la constante de tiempo sea crítica (ej., estimulación transcutánea, monitoreo cardíaco, neuroestimulación) y explicar cómo se ajustan los parámetros para lograr una respuesta eficiente.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	<ul style="list-style-type: none">- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha).- Nombre de la práctica.- Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos).- Objetivos (generales y específicos).- Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes).- Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones).- Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones).- Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos).- Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica).- Fuentes de información (en formato APA 7ª edición).- Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	5. Obtención y Análisis de Señales Bioeléctricas Simuladas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Diseñar un sistema básico de adquisición y análisis de señales bioeléctricas para simular un prototipo de apoyo al diagnóstico clínico, empleando herramientas digitales de modelado y visualización, en el contexto de aplicaciones clínicas en ingeniería biomédica, ejerciendo liderazgo y tomando decisiones bajo los estándares médicos actuales.

FUNDAMENTO TEÓRICO	
Las señales bioeléctricas como el ECG, EMG o EEG pueden ser simuladas mediante generadores de función o plataformas educativas que imitan las características fisiológicas reales. La adquisición de estas señales requiere sistemas con amplificación, filtrado y digitalización. Esta práctica permite al estudiantado familiarizarse con los principios de adquisición, observación y análisis de estas señales usando plataformas como Arduino, sensores, y osciloscopios o software de adquisición.	

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Arduino Uno o similar • Sensor de pulsos, EMG o ECG compatible (por ejemplo, sensor MyoWare o AD8232) • Generador de señales • Osciloscopio • Protoboard • Cables de conexión • Fuente de alimentación USB o externa • Computadora con software de adquisición (Arduino IDE, Excel, Python, etc.) • Electrodo para simulación de señal bioeléctrica 	

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar correctamente el sensor bioeléctrico (real o simulado) al Arduino o al generador de señal. 2. Verificar el voltaje de salida del sensor y sus conexiones de alimentación y tierra. 3. Enviar la señal del sensor a una entrada analógica del Arduino. 4. Programar un código básico en el Arduino para visualizar los valores adquiridos mediante el monitor serial o software externo. 5. Observar la señal mediante osciloscopio o graficador en tiempo real. 6. Si se usa un generador de señales, simular una señal tipo ECG o EMG para analizar su forma y frecuencia. 7. Realizar mediciones de frecuencia, amplitud y forma de onda. 8. Documentar el comportamiento observado bajo diferentes condiciones de simulación (frecuencia, amplitud, tipo de señal). 	

RESULTADOS ESPERADOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Registro exitoso de una señal bioeléctrica simulada. • Gráficas de las señales adquiridas y mediciones de frecuencia y amplitud. • Análisis básico del comportamiento de la señal frente a diferentes condiciones de simulación. 	

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué parámetros de la señal fueron más fáciles de identificar?
2. ¿Qué limitaciones presenta el sistema de adquisición utilizado?
3. ¿Qué tan representativa es la señal simulada respecto a una señal fisiológica real?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Reconocer la importancia de un sistema de adquisición adecuado para el registro y análisis de señales fisiológicas, comprendiendo sus características, limitaciones y aplicaciones clínicas o educativas.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Buscar e investigar un sistema de adquisición comercial de señales bioeléctricas (por ejemplo, Biopac, BITalino o Shimmer) y compararlo con el sistema simulado utilizado en esta práctica.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	<ul style="list-style-type: none">- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha).- Nombre de la práctica.- Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos).- Objetivos (generales y específicos).- Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes).- Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones).- Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones).- Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos).- Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica).- Fuentes de información (en formato APA 7ª edición).- Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu



FUENTES DE INFORMACIÓN

Alvero-Cruz, J., Correas Gómez, L., Ronconi, M., Fernández Vázquez, R., & Porta i Manzañido, J. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 167-174.

Grimnes, S., & Martinsen, Ø. (2015). *Bioimpedance and Bioelectricity Basics* (Third). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/C2012-0-06951-7>

Adee, S. (2024). *Bioimpedancia: El arte de medir lo invisible* (S. L. Editorial Pinolia, Ed.). Editorial Pinolia, S.L.

Webster, J. G. (2009). *Medical Instrumentation: Application and Design* (4th ed.). Wiley.

González, R. G., & Cantú, J. A. (2016). *Instrumentación biomédica*. McGraw-Hill Interamericana.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-017-STPS-2008: Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo

NOM-001-SCFI-2018: Equipos electrónicos - Requisitos de seguridad y métodos de prueba.

ISO 14971:2019: Medical devices — Application of risk management to medical devices.

ISO 13485:2016: Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes.

IEC 60601-1: Medical electrical equipment

IEEE Std 1708™-2014: Norma para la evaluación de sensores de impedancia bioeléctrica no invasivos.



ANEXOS

1. Enlace a rúbrica de práctica de laboratorio:
https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
2. Opción de simulador Multisim:
<https://www.multisim.com/>
3. Enlace a hoja de datos AD8232 – SparkFun datasheet (SparkFun Single-Lead Heart Rate Monitor):
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/AD8232.pdf>
4. Enlace a guía de MyoWare Muscle Sensor – DigiKey product guide:
https://mm.digikey.com/Volume0/opasdata/d220001/medias/docus/1905/MyoWare_Muscle_Sensor_Kit_Guide.pdf
5. Ejemplo oficial AnalogReadSerial (lectura de voltaje analógico y envío por puerto serie):
<https://docs.arduino.cc/built-in-examples/basics/AnalogReadSerial/>





UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu