



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO Sensores Biomédicos y Bioseñales Laboratorio

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Ing. Biomédica
2020
12/06/2025



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.....	1
IDENTIFICACIÓN	3
<i>Carga Horaria de la asignatura</i>	<i>3</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>3</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	4
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	5
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>5</i>
<i>Reglamento de uniforme</i>	<i>5</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales.....</i>	<i>5</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos.....</i>	<i>6</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>6</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA....	7
PRÁCTICAS.....	10
<i>Amplificadores operacionales para procesamiento y acondicionamiento de señales biomédicas</i>	<i>11</i>
<i>Amplificadores de instrumentación aplicados al procesamiento de bioseñales.</i>	<i>14</i>
<i>Filtrado de bioseñales: Eliminación de interferencias con filtros activos</i>	<i>17</i>
<i>Adquisición y acondicionamiento de señales biomédicas con uso de electrodos.....</i>	<i>20</i>
<i>Caracterización de sensores biomédicos: análisis de linealidad e histéresis</i>	<i>23</i>
<i>Procesamiento analógico y digital de una señal biomédica mediante sistemas embebidos.</i>	<i>26</i>
<i>Aplicación del sensor de efecto Hall en el monitoreo de movimiento corporal.....</i>	<i>29</i>
<i>Aplicación del sensor de temperatura en el monitoreo fisiológico.....</i>	<i>32</i>
FUENTES DE INFORMACIÓN	35
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	36
<i>Normas Oficiales Mexicanas (NOM)</i>	<i>36</i>
<i>Normas Internacionales ISO</i>	<i>36</i>
<i>Normas IEEE</i>	<i>36</i>
ANEXOS	37
<i>Plantilla de entrega de práctica – Sensores Biomédicos y Bioseñales</i>	<i>38</i>

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.

Este manual tiene como finalidad servir como una guía estructurada para el desarrollo de prácticas de laboratorio que fortalezcan la formación del estudiante en el área de sensores biomédicos y el análisis de bioseñales. A través de actividades experimentales progresivas, el alumno podrá vincular los conceptos teóricos con la adquisición, acondicionamiento y procesamiento de señales fisiológicas, utilizando circuitos analógicos, filtros activos, electrodos, sensores y plataformas embebidas.

Su implementación se justifica por su alineación con la secuencia didáctica oficial de la asignatura *Sensores Biomédicos y Bioseñales* y con los elementos de competencia definidos en el programa educativo de Ingeniería Biomédica. Las prácticas propuestas permiten que el estudiante desarrolle habilidades técnicas específicas en contextos simulados, al mismo tiempo que promueve la responsabilidad, la interpretación crítica de datos fisiológicos y la comprensión del funcionamiento de equipos médicos desde su base sensorial.

De esta manera, el manual no solo contribuye a consolidar los conocimientos disciplinares de la asignatura, sino que también prepara al estudiante para enfrentar escenarios reales en laboratorios clínicos, investigación aplicada o desarrollo tecnológico en el sector salud, integrando criterios técnicos, éticos y profesionales en su formación.

Además de los conocimientos técnicos, la realización de estas prácticas permite al estudiante desarrollar un conjunto de competencias clave que fortalecen su perfil profesional y académico. Estas competencias se agrupan en tres dimensiones:

Competencias blandas

Durante el desarrollo de las prácticas, se busca fortalecer habilidades transversales esenciales para el desempeño profesional. Entre ellas se encuentran:

- El trabajo en equipo, al colaborar en el montaje, evaluación y análisis experimental
- La responsabilidad, al manipular equipos, señales y componentes biomédicos con ética y precisión
- La comunicación técnica, al redactar informes claros, argumentar resultados y exponer hallazgos
- El uso de tecnologías digitales de adquisición y monitoreo de bioseñales
- El pensamiento crítico y la toma de decisiones fundamentadas en criterios clínicos y técnicos

Competencias disciplinares

Desde el enfoque de la ingeniería biomédica, las prácticas desarrollan conocimientos fundamentales del área de sensores y transductores, como:

- La interpretación de principios físicos aplicados a la medición de parámetros fisiológicos
- El análisis y procesamiento de bioseñales como ECG, EMG, temperatura y presión
- El diseño, simulación y validación de circuitos de acondicionamiento y filtrado
- La integración de sensores a sistemas embebidos utilizando microcontroladores
- La evaluación técnica de sensores considerando parámetros como linealidad, sensibilidad, histéresis y exactitud

Competencias profesionales

Finalmente, este manual contribuye a la formación del ingeniero biomédico al acercar al estudiante a contextos reales o simulados donde pueda aplicar los conocimientos adquiridos. Entre las competencias profesionales que se promueven se encuentran:

- La aplicación de sensores y transductores en sistemas de monitoreo clínico y dispositivos biomédicos
- La comprensión del funcionamiento técnico de equipos médicos a nivel de adquisición y procesamiento de señales
- La elaboración de protocolos experimentales y la validación de resultados fisiológicos
- El desarrollo de soluciones innovadoras con sentido social y clínico, alineadas al perfil de egreso del programa educativo.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Sensores Biomédicos y Bioseñales	
Clave	071CE082	Créditos	6
Asignaturas Antecedentes	071CP078	Plan de Estudios	2020

Área de Competencia	Competencia del curso
Integrar los principios de la electrónica, materiales, tecnología y biología en un contexto interdisciplinario, con el fin de generar soluciones innovadoras y de calidad en el área biomédica, en apego a las normas y estándares nacionales e internacionales.	Crear sistemas de monitoreo de signos vitales y condiciones médicas crónicas, caracterizando señales biomédicas, con la mayor precisión y exactitud posible, mediante el uso de biosensores y transductores para propiciar su implementación en aplicaciones biomédicas de manera responsable y con enfoque en la calidad.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
2	2	1	2	7

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Hermosillo
Fecha de elaboración	12/06/2025
Responsables del diseño	Luz María Márquez Agundez
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 1: Amplificadores operacionales para procesamiento y acondicionamiento de señales biomédicas.	Diseñar sistemas biomédicos. Implementar metodologías de diseño biomédico.
Práctica 2: Amplificadores de instrumentación aplicados al procesamiento de bioseñales.	Diseñar sistemas biomédicos. Implementar metodologías de diseño biomédico. Diseñar e implementar sistemas integrales y autónomos
Práctica 3: Filtrado de bioseñales: Eliminación de interferencias con filtros activos.	Implementar metodologías de diseño biomédico. Filtrado de bioseñales: Eliminación de interferencias con filtros activos
Práctica 4: Adquisición y acondicionamiento de señales biomédicas con uso de electrodos.	Diseñar sistemas biomédicos. Implementar metodologías de diseño biomédico. Conocer equipos médicos
Práctica 5: Caracterización de sensores biomédicos: análisis de linealidad e histéresis.	Diseñar sistemas biomédicos. Implementar metodologías de diseño biomédico. Conocer equipos médicos. Desempeñarse en laboratorios especializados de investigación
Práctica 6: Procesamiento analógico y digital de una señal biomédica mediante sistemas embebidos.	Diseñar e implementar sistemas integrales y autónomos. Diseñar software especializado aplicado a sistemas biomédicos. Diseñar ambientes virtuales para el monitoreo.
Práctica 7: Aplicación del sensor de efecto Hall en el monitoreo de movimiento corporal	Diseñar sistemas biomédicos. Implementar metodologías de diseño biomédico. Conocer equipos médicos
Práctica 8: Aplicación del sensor de temperatura en el monitoreo fisiológico,	Diseñar sistemas biomédicos. Conocer equipos médicos Detectar áreas de oportunidad para mejorar las condiciones de vida del ser humano

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

El laboratorio de Instrumentación es un espacio destinado al desarrollo de habilidades técnicas aplicadas al diseño, montaje y prueba de circuitos electrónicos orientados a la medición de variables fisiológicas. Por ello, es indispensable que los estudiantes cumplan con las siguientes normas de seguridad y buenas prácticas, con el fin de preservar su integridad física, cuidar los recursos institucionales y fomentar una cultura de trabajo profesional y responsable.

Reglamento general del laboratorio

- Está estrictamente prohibido comer, beber o fumar dentro del laboratorio.
- Los estudiantes deberán ingresar únicamente durante el horario asignado y bajo la supervisión del docente.
- Se debe mantener el área de trabajo limpia y ordenada en todo momento.
- No se permite el uso de teléfonos celulares ni audífonos durante las actividades prácticas.
- Cualquier accidente, descarga eléctrica, cortocircuito o daño a los equipos debe ser reportado de inmediato al docente.
- No se permite retirar materiales, herramientas o componentes del laboratorio sin autorización.

Reglamento de uniforme

- El uso de bata de laboratorio de algodón limpia y cerrada es obligatorio durante todas las sesiones.
- Es obligatorio el uso de zapato cerrado (no sandalias, ni calzado descubierto).
- El cabello largo debe mantenerse recogido, y no se permite el uso de bufandas, mascaradas o accesorios colgantes que puedan interferir con el trabajo técnico.
- No se permite el uso de ropa suelta, joyería excesiva o elementos que comprometan la seguridad en el área de trabajo.

Uso adecuado del equipo y materiales

- Todo el equipo debe ser utilizado exclusivamente para las prácticas asignadas.
- Antes de encender cualquier fuente de alimentación o dispositivo, se debe revisar el montaje del circuito.
- Nunca se debe manipular un circuito conectado a la corriente sin la autorización del docente.
- Se deben utilizar correctamente las herramientas (multímetros, fuentes, protoboards, soldadores) siguiendo las indicaciones de seguridad.

- Al terminar la práctica, los estudiantes deberán apagar y desconectar los equipos, retirar los componentes del protoboard, y dejar limpio su espacio de trabajo.
- No se debe forzar ni intercambiar cables, conectores o equipos asignados sin permiso.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

- Se debe separar correctamente el material reutilizable del material de desecho.
- Los residuos de soldadura, alambres cortados, componentes dañados o baterías deben colocarse en los contenedores señalizados para residuos electrónicos.
- Nunca deben desecharse componentes electrónicos en los botes de basura comunes.
- En caso de derrame de sustancias químicas o exposición a gases por soldadura, se debe ventilar el área y notificar al docente.

Procedimientos en caso de emergencia

- Conocer la ubicación de los extintores, salidas de emergencia y botiquín del laboratorio.
- En caso de incendio eléctrico, no utilizar agua; se debe cortar la energía general y utilizar el extintor adecuado.
- Si una persona sufre una descarga eléctrica, no tocarla directamente: cortar la corriente y pedir auxilio inmediato.
- En caso de sismo o evacuación, seguir las instrucciones del docente y conservar la calma.
- Todos los incidentes deben registrarse en el reporte correspondiente del laboratorio.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de competencia I
	Comprender la composición y naturaleza de las bioseñales, mediante la caracterización y transducción de parámetros físicos para definir una señal representativa del estado del ente biológico, con la aplicación de técnicas y componentes electrónicos de manera responsable. Competencia blanda a promover: Responsabilidad.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Configuraciones básicas de amplificadores operacionales aplicadas al acondicionamiento de bioseñales.	Comprender el uso de configuraciones básicas de amplificadores operacionales para acondicionar señales fisiológicas, mediante el análisis de circuitos y su comportamiento en condiciones de laboratorio, de forma responsable y con enfoque biomédico.
Práctica No. 2	Amplificadores de instrumentación aplicados al procesamiento de bioseñales.	Comprender el funcionamiento de amplificadores de instrumentación para el manejo de bioseñales de baja amplitud, a través de pruebas prácticas y mediciones controladas, actuando con responsabilidad y atención a la calidad del procesamiento de señales fisiológicas.
Práctica No. 3	Filtrado de bioseñales: Eliminación de interferencias con filtros activos.	Comprender el diseño y aplicación de filtros activos para la eliminación de interferencias en bioseñales, mediante la construcción y prueba de circuitos analógicos en condiciones controladas, de forma colaborativa y responsable.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de competencia II Utilizar biosensores y transductores para medir la calidad de las bioseñales con los parámetros físicos que las representan, mediante sus características técnicas de linealidad, precisión, exactitud e histéresis, para su implementación en aplicaciones biomédicas de manera responsable. Competencia blanda a promover: Responsabilidad.
---	--

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 4	Adquisición y acondicionamiento de señales biomédicas con uso de electrodos.	Utilizar electrodos de uso médico en conjunto con circuitos de adquisición y acondicionamiento para obtener señales biomédicas confiables, mediante la conexión práctica de un sistema de medición y la observación directa de bioseñales, en laboratorio biomédico, actuando con responsabilidad y en equipo.
Práctica No. 5	Caracterización de sensores biomédicos: análisis de linealidad e histéresis	Utilizar sensores biomédicos para evaluar sus características técnicas de respuesta, como linealidad e histéresis, a través de pruebas con masas o presión simulada, con enfoque experimental y precisión en condiciones de laboratorio.
Práctica No. 6	Procesamiento analógico y digital de una señal biomédica mediante sistemas embebidos.	Utilizar técnicas de procesamiento analógico y digital para adquirir, acondicionar y visualizar señales fisiológicas mediante microcontroladores, mediante el análisis del muestreo y la conversión digital, actuando con responsabilidad y fundamentación técnica.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de competencia III Crear aplicaciones biomédicas, caracterizando sensores y transductores mediante sistemas embebidos, para el desarrollo de sistemas de monitoreo de signos vitales y condiciones médicas crónicas, de manera responsable y con enfoque en la calidad. Competencias blandas a promover: Responsabilidad y enfoque en la calidad.
---	--

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 7	Aplicación del sensor de efecto Hall en el monitoreo de movimiento corporal.	Aplicar sensores de efecto Hall para detectar movimiento o desplazamiento en contextos fisiológicos simulados, mediante su integración en un sistema embebido y análisis de señal, actuando con responsabilidad, innovación y enfoque en rehabilitación o prótesis.
Práctica No. 8	Aplicación del sensor de temperatura en el monitoreo fisiológico.	Aplicar sensores de temperatura para monitorear variaciones térmicas en sistemas fisiológicos simulados, mediante su calibración e integración en un sistema digital de adquisición, con responsabilidad y orientación al monitoreo clínico.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Amplificadores operacionales para procesamiento y acondicionamiento de señales biomédicas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Comprender el uso de configuraciones básicas de amplificadores operacionales para acondicionar señales fisiológicas, mediante el análisis de circuitos y su comportamiento en condiciones de laboratorio, de forma responsable y con enfoque biomédico.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Los amplificadores operacionales (op-amps) son elementos clave en el diseño de sistemas electrónicos biomédicos. Según su configuración, pueden invertir, amplificar o seguir una señal de entrada. • En la configuración inversora, se invierte la fase de la señal. • En la no inversora, la señal se amplifica sin invertir la fase. • En el seguidor, la salida es igual a la entrada (ganancia unitaria). Estas configuraciones son la base del acondicionamiento de bioseñales como ECG, EMG o EOG, que requieren amplificación controlada antes del procesamiento digital o visualización clínica (Sedra & Smith, 2015; Floyd, 2013). Estas configuraciones son ampliamente utilizadas para amplificar bioseñales como ECG o EMG antes de su digitalización o visualización clínica.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Amplificador operacional LM741 o equivalente • Fuente de alimentación dual (+15 V, -15 V) • Resistencias: 1 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ • Protoboard • Generador de funciones • Osciloscopio • Multímetro digital • Cables de conexión • Computadora con simulador (Multisim o Tinkercad)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Parte I. Amplificador inversor Arma el circuito con el op-amp en configuración inversora como se muestra en la figura 1.

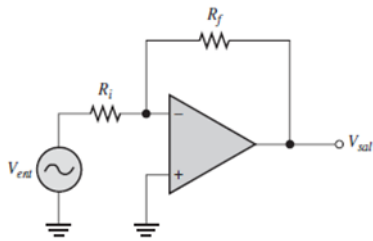


Figura 1

- Conecta la señal de entrada al pin inversor a través de una resistencia R_{in} .
- Conecta una resistencia de realimentación R_f desde la salida al pin inversor.
- El pin no inversor se conecta a tierra.
- Usa valores como $R_{in} = 1\text{ k}\Omega$ y $R_f = 10\text{ k}\Omega$.

- Aplica una señal senoidal de 1 kHz, 100 mVpp y observa la inversión y ganancia de la salida.

Parte II. Amplificador no inversor

Arma el circuito en configuración no inversora como se muestra en la figura 2.

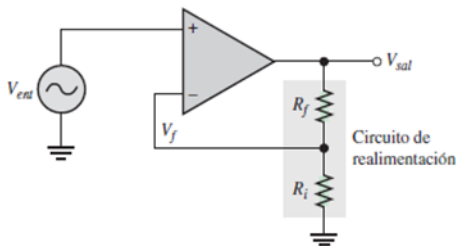


Figura 2

- La señal entra directamente al pin no inversor.
- Conecta una resistencia desde la salida al pin inversor R_f y otra del pin inversor a tierra R_{in} .
- Usa $R_f = 10\text{ k}\Omega$ y $R_{in} = 1\text{ k}\Omega$ para una ganancia aproximada de 11.
- Aplica una señal senoidal de 1 kHz, 100 mVpp y observa la inversión y ganancia de la salida.

Parte III. Seguidor de voltaje

Arma el circuito de buffer (seguidor) como se muestra en la figura 3.

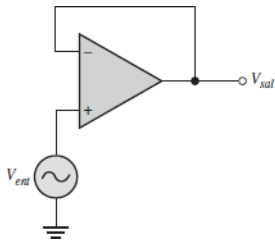


Figura 3

- Conecta la entrada al pin no inversor.
- Conecta la salida directamente al pin inversor.
- Aplica la señal y observa cómo la salida sigue a la entrada sin ganancia pero con alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida.

RESULTADOS ESPERADOS

- Confirmación de la inversión de fase en la configuración inversora.
- Medición de la ganancia de cada configuración $A = V_{out} / V_{in}$.
- Comparación entre entrada y salida en el seguidor de voltaje.
- Gráficas de entrada y salida usando el osciloscopio.
- Registro fotográfico de cada circuito.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Qué diferencias observaste entre las tres configuraciones en cuanto a fase y ganancia?
- ¿La ganancia medida coincide con la teórica? Justifica.
- ¿Qué aplicaciones crees que puede tener cada configuración en instrumentación biomédica?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

1. ¿Qué aprendiste sobre el uso y comportamiento de los amplificadores operacionales en cada configuración?
2. ¿Por qué crees que estas configuraciones son la base de muchos circuitos de procesamiento de señales?

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Calcula la ganancia teórica de los siguientes amplificadores:

- a) Amplificador inversor con $R_{in} = 1 \text{ k}\Omega$ y $R_f = 10 \text{ k}\Omega$.
- b) Amplificador no inversor con $R_f = 47 \text{ k}\Omega$ y $R_{in} = 3.9 \text{ k}\Omega$.
- c) ¿Qué ganancia tiene un seguidor de voltaje?

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Desarrollo experimental (30 pts): Armado correcto de circuitos, uso adecuado del equipo y evidencias fotográficas. • Resultados y análisis (20 pts): Mediciones completas, cálculos correctos y análisis coherente de señales. • Fundamento teórico (15 pts): Explicación clara del funcionamiento del diodo con referencias en formato APA. • Conclusiones (10 pts): Conclusión individual bien redactada y reflexiva por cada integrante. • Presentación del reporte (15 pts): Redacción clara, sin errores, con portada, esquemas y gráficas. Actividad complementaria (10 pts): Desarrollo correcto del ejercicio adicional con justificación.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica reporte de práctica de laboratorio
Formatos de reporte de prácticas	Formato asignado por el docente

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Amplificadores de instrumentación aplicados al procesamiento de bioseñales.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Comprender el funcionamiento de amplificadores de instrumentación para el manejo de bioseñales de baja amplitud, a través de pruebas prácticas y mediciones controladas, actuando con responsabilidad y atención a la calidad del procesamiento de señales fisiológicas.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El INA128 y el AD620 son amplificadores de instrumentación monolíticos diseñados para medir señales diferenciales de bajo nivel con alta precisión. Son ideales para aplicaciones biomédicas, debido a su alta impedancia de entrada, baja deriva y excelente rechazo de modo común (CMRR). La ganancia se ajusta con una sola resistencia entre los pines 1 y 8 en el INA128, o 1 y 5 en el AD620: $\text{Ganancia} = 1 + \frac{50\text{ k}\Omega}{R_G}$ Estos circuitos permiten amplificar señales como ECG, EMG o presión diferencial sin amplificar el ruido compartido por ambas entradas (Sedra & Smith, 2015; Floyd, 2013). Este tipo de circuito se utiliza ampliamente en la amplificación de señales fisiológicas como el electrocardiograma (ECG), electromiograma (EMG) o electroencefalograma (EEG), debido a su precisión y alta relación de rechazo de modo común (CMRR).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Amplificador de instrumentación INA128 o AD620 • Fuente de alimentación dual (+15 V, -15 V o +5 V si es de baja tensión) • Generador de funciones • Potenciómetro de precisión de 100kΩ • Protoboard • Multímetro digital • Osciloscopio • Cables de conexión • Computadora con simulador Multisim y tinkercad.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Conecta el amplificador INA128 o AD620 en protoboard como se muestra en la figura 1.

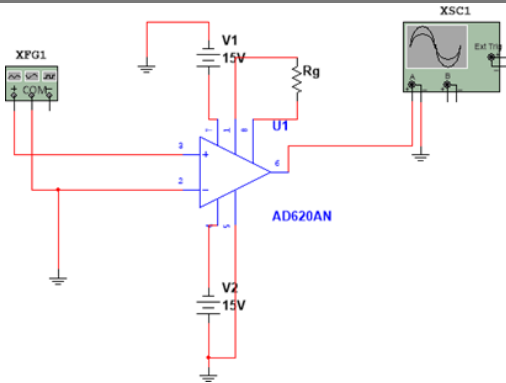


Figura 1

2. **Calcula el valor de la resistencia R_G** necesario para obtener una ganancia entre 5 y 10, usando la fórmula del amplificador de instrumentación.
3. Con los valores de voltaje de entrada que aparecen en la Tabla 1, calcula teóricamente el voltaje de salida esperado para cada caso.
4. Aplica una señal de entrada senoidal de 50 Hz con los niveles indicados en la tabla. Utiliza el generador de funciones para este propósito.
5. Mide el voltaje de salida con un osciloscopio o multímetro digital para cada entrada y registra los resultados en la Tabla 1.
6. Calcula un nuevo valor de R_G para configurar el amplificador con una ganancia de 100, usando la misma fórmula.
7. Repite los pasos 2 a 5, pero ahora con el nuevo valor de ganancia. Registra los datos en la Tabla 2.
8. Compara los resultados calculados y medidos, y responde:
9. ¿Los valores coincidieron? ¿Por qué sí o por qué no?
10. ¿Qué dificultades tuvieron al desarrollar la práctica?
11. Documenta la práctica con fotografías, cálculos y capturas tanto del circuito simulado como del armado físico.

Vin	Vout (teórico)	Vout (medición)
10mV		
20mV		
50mV		
100mV		
200mV		

Tabla1

Vin	Vout (teórico)	Vout (medición)
10mV		
20mV		
50mV		
100mV		
200mV		

Tabla 2

RESULTADOS ESPERADOS

- Determinación práctica de la ganancia del amplificador de instrumentación para dos configuraciones: ganancia baja (5–10) y ganancia alta (100).
- Obtención de una señal de salida proporcional a la diferencia entre las entradas V1 – V2.
- Estabilidad de la señal de salida sin presencia de ruido o interferencia significativa.
- Registro de las mediciones y verificación de la coincidencia entre valores teóricos y prácticos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿La salida medida coincide con los valores teóricos calculados?
2. ¿Qué comportamiento observaste al incrementar la ganancia de 10 a 100?
3. ¿Qué tanto ruido o interferencia apareció en la salida cuando se aplicaron señales comunes a ambas entradas?
4. ¿Cuál es la importancia de usar un amplificador de instrumentación para este tipo de mediciones?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

1. ¿Qué aprendiste sobre el funcionamiento del amplificador de instrumentación en comparación con otros tipos de amplificadores?
2. ¿Cómo mejora la precisión de una medición biomédica el uso de un circuito como este?
3. ¿Qué cuidado se debe tener al conectar las fuentes de voltaje, señales de entrada y resistencias de ganancia?

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Utiliza una señal simulada de ECG con una amplitud menor a ± 5 mV como entrada al AD620 o INA128. Ajusta la ganancia para obtener una señal entre ± 500 mV a la salida.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Desarrollo experimental (30 pts): Armado correcto de circuitos, uso adecuado del equipo y evidencias fotográficas. • Resultados y análisis (20 pts): Mediciones completas, cálculos correctos y análisis coherente de señales. • Fundamento teórico (15 pts): Explicación clara del funcionamiento del diodo con referencias en formato APA. • Conclusiones (10 pts): Conclusión individual bien redactada y reflexiva por cada integrante. • Presentación del reporte (15 pts): Redacción clara, sin errores, con portada, esquemas y gráficas. Actividad complementaria (10 pts): Desarrollo correcto del ejercicio adicional con justificación.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica reporte de práctica de laboratorio
Formatos de reporte de prácticas	Formato asignado por el docente

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Filtrado de bioseñales: Eliminación de interferencias con filtros activos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Comprender el diseño y aplicación de filtros activos para la eliminación de interferencias en bioseñales, mediante la construcción y prueba de circuitos analógicos en condiciones controladas, de forma colaborativa y responsable.

FUNDAMENTO TEÓRICO

En el contexto biomédico, las señales fisiológicas como ECG, EMG o EEG suelen estar contaminadas con ruido eléctrico de alta frecuencia, interferencias de red (50/60 Hz), y deriva de la línea base. Por ello, se requiere aplicar filtros electrónicos que limiten el espectro de la señal a sus componentes relevantes.

- El filtro pasabajas elimina altas frecuencias no deseadas (como interferencia electromagnética), permitiendo el paso de componentes útiles (ej. ECG < 40 Hz).
- El filtro pasaaltas elimina frecuencias bajas (como fluctuaciones lentas de la línea base), estabilizando la forma de onda.

Ambos se construyen con amplificadores operacionales en configuración activa, donde la frecuencia de corte se define como:

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Estos filtros permiten acondicionar las bioseñales antes de digitalizarlas o visualizarlas, asegurando su claridad e interpretación clínica (Webster, 2010; Sedra & Smith, 2015).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Amplificador operacional LM741 o equivalente
- Fuente de alimentación dual (+15 V, -15 V)
- Resistencias: 10 kΩ, 100 kΩ
- Capacitores: 0.01 μF, 0.1 μF, 1 μF
- Protoboard
- Generador de funciones
- Osciloscopio
- Multímetro digital
- Cables de conexión
- Computadora con simulador (Multisim o Tinkercad)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Parte I: Filtro pasabajas de primer orden (activo)

1. Arma el circuito pasabajas como se muestra en la siguiente figura 1:

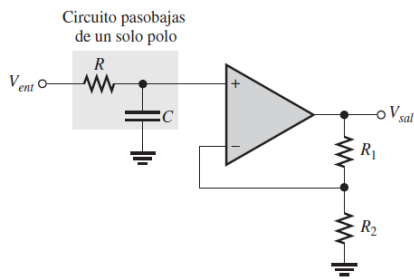


Figura1

2. Usa: $R = 47 \text{ k}\Omega$, $C = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$ $F_c \approx 34 \text{ Hz}$
3. Señal de entrada: ECG con ruido o señal senoidal con componentes $>60 \text{ Hz}$
4. Observa la atenuación de las altas frecuencias
5. Mide la amplitud de la señal de salida y anota los cambios.

Parte II: Filtro pasaaltas de primer orden (activo)

1. Arma el circuito pasaaltas como se muestra en la figura 2:

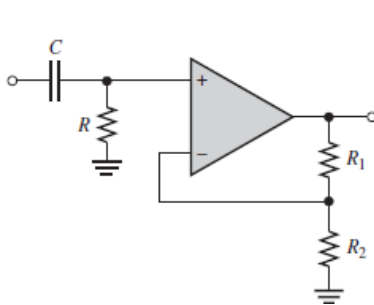


Figura 2

2. Usa: $R = 330 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ $F_c \approx 0.5 \text{ Hz}$
3. Entrada: ECG simulada con línea base fluctuante
4. Observa la estabilización de la línea

Parte III: Análisis

1. Mide entrada y salida en el osciloscopio
2. Calcula la frecuencia de corte y compárala con lo observado
3. Simula ambos filtros en Multisim con señal ECG real (opcional)

RESULTADOS ESPERADOS

- Reducción del ruido de alta frecuencia en la señal ECG con el filtro pasabajas
- Eliminación de la inestabilidad de línea base con el filtro pasaaltas
- Coincidencia entre frecuencia de corte teórica y experimental
- Registro gráfico y visual de la mejora en la señal

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué diferencias observaste entre la señal original y la filtrada?
2. ¿La frecuencia de corte estimada coincidió con el comportamiento real del filtro?
3. ¿Cuál de los filtros consideras más relevante para señales como el ECG o el EMG?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

- ¿Por qué es fundamental aplicar filtros activos antes del análisis de bioseñales?
- ¿Cómo impacta la calidad del filtrado en el diagnóstico médico?

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Calcula la frecuencia de corte para:
 - a) $R = 47 \text{ k}\Omega$, $C = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$
 - b) $R = 100 \text{ k}\Omega$, $C = 0.01 \text{ }\mu\text{F}$
 - c) $R = 330 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$
2. ¿Qué función tendría cada filtro si se aplicara a una señal de ECG?

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Desarrollo experimental (30 pts): Armado correcto de circuitos, uso adecuado del equipo y evidencias fotográficas. • Resultados y análisis (20 pts): Mediciones completas, cálculos correctos y análisis coherente de señales. • Fundamento teórico (15 pts): Explicación clara del funcionamiento del diodo con referencias en formato APA. • Conclusiones (10 pts): Conclusión individual bien redactada y reflexiva por cada integrante. • Presentación del reporte (15 pts): Redacción clara, sin errores, con portada, esquemas y gráficas. Actividad complementaria (10 pts): Desarrollo correcto del ejercicio adicional con justificación.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica reporte de práctica de laboratorio
Formatos de reporte de prácticas	Formato asignado por el docente

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Adquisición y acondicionamiento de señales biomédicas con uso de electrodos.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Utilizar electrodos de uso médico en conjunto con circuitos de adquisición y acondicionamiento para obtener señales biomédicas confiables, mediante la conexión práctica de un sistema de medición y la observación directa de bioseñales, en laboratorio biomédico, actuando con responsabilidad y en equipo.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El ECG es una bioseñal eléctrica que representa la actividad eléctrica del corazón. Se capta en la piel mediante electrodos colocados en puntos específicos del cuerpo. La señal es del orden de milivoltios, por lo que requiere amplificación diferencial, filtrado y rechazo de ruido antes de poder ser visualizada o analizada (Webster, 2010). El módulo AD8232 es un sistema integrado diseñado específicamente para capturar señales ECG. Cuenta con: • Amplificación diferencial • Filtros pasaaltas y pasabajas integrados • Rechazo de modo común • Salida analógica directa lista para visualizar o digitalizar (Analog Devices, 2020) Su uso permite simplificar la etapa electrónica y centrarse en el análisis de la bioseñal. Además, dispositivos como el AD8232 cumplen con las especificaciones básicas de instrumentación médica establecidas por normas internacionales, ofreciendo resultados consistentes para propósitos educativos y de prototipado (Pérez & González, 2016).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Módulo AD8232 • Osciloscopio (digital o analógico de 2 canales) • Electrodos ECG desechables o reutilizables (3) • Cable con terminal jack 3.5 mm (si aplica) • Fuente de alimentación 3.3 V o Arduino Uno para alimentar el módulo • Cables de conexión (cocodrilo, banana, BNC según sea el caso) • Gasas, alcohol y cinta médica para fijación de electrodos • Hoja de datos del AD8232

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Preparación del voluntario: ○ Limpia con alcohol las zonas donde se colocarán los electrodos: brazo derecho, brazo izquierdo y pierna derecha. ○ Coloca los electrodos en configuración de Derivación I. 2. Conexión del módulo AD8232: ○ Conecta la alimentación (3.3 V o 5 V según hoja de datos). ○ Conecta GND.

- Conecta la salida analógica (OUTPUT) a canal 1 del osciloscopio usando el cable adecuado (ej. cocodrilo a BNC).
- 3. Configuración del osciloscopio:
 - Rango de voltaje: 500 mV/div o menor
 - Tiempo: 200 ms/div aprox.
 - Modo de disparo: Auto o Normal
 - Acoplamiento: DC
 - Canal único
- 4. Observación:
 - Visualiza la forma de onda ECG (complejo P-QRS-T).
 - Ajusta escala y disparo para estabilizar la señal.
- 5. Análisis:
 - Calcula la frecuencia cardiaca a partir del tiempo entre complejos QRS.
 - Toma una fotografía de la pantalla o haz captura de pantalla.
- 6. Variaciones (opcional):
 - Desconecta un electrodo para observar el efecto.
 - Coloca un electrodo en posición incorrecta y repite la observación.

RESULTADOS ESPERADOS

- Visualización clara de la señal ECG en el osciloscopio.
- Estabilidad de la señal con una correcta colocación.
- Cambios en la señal ante variaciones de posición o mal contacto.
- Medición del periodo y cálculo de la frecuencia cardiaca.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿La señal fue visible sin interferencias?
2. ¿Qué configuraciones del osciloscopio fueron necesarias para estabilizar la imagen?
3. ¿Qué diferencias se observaron con cambios en la posición de electrodos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

1. ¿Qué tan confiable es el osciloscopio para monitoreo clínico básico?
2. ¿Qué precauciones son necesarias al trabajar con señales tan pequeñas?

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Diseño de derivaciones:

Consulta cómo se forman las derivaciones I, II y III del ECG. Simula o esquematiza cómo podrías conectar el módulo AD8232 para cambiar entre ellas y observar diferencias.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Criterios de evaluación	• Desarrollo experimental (30 pts): Armado correcto de circuitos, uso adecuado del equipo y evidencias fotográficas. • Resultados y análisis (20 pts): Mediciones completas, cálculos correctos y análisis coherente de señales. • Fundamento teórico (15 pts): Explicación clara del funcionamiento del diodo con referencias en formato APA. • Conclusiones (10 pts): Conclusión individual bien redactada y reflexiva por cada integrante. • Presentación del reporte (15 pts): Redacción clara, sin errores, con portada, esquemas y gráficas. Actividad complementaria (10 pts): Desarrollo correcto del ejercicio adicional con justificación.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica reporte de práctica de laboratorio
Formatos de reporte de prácticas	Formato asignado por el docente

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Caracterización de sensores biomédicos: análisis de linealidad e histéresis
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Interpretar la respuesta de sensores biomédicos en relación con su linealidad e histéresis para comprender su confiabilidad en sistemas de medición, mediante pruebas experimentales con cargas variables, en condiciones controladas de laboratorio, actuando con responsabilidad y rigurosidad técnica.

FUNDAMENTO TEÓRICO
En la instrumentación biomédica, la confiabilidad de los sensores depende de propiedades metrológicas como la linealidad, histéresis, precisión y exactitud (Webster, 2010; Enderle & Bronzino, 2012). El FSR cambia su resistencia ante la fuerza aplicada, generando una señal analógica proporcional. El MPX5050 detecta presión mediante una membrana piezorresistiva. Ambas tecnologías permiten medir fenómenos fisiológicos y son ideales para explorar estos conceptos en el laboratorio.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Sensor de fuerza resistivo (FSR) o sensor de presión (ej. MPX5050) • Arduino Uno (u otra placa con ADC) • Protoboard y cables • Multímetro digital • Fuente de alimentación (si aplica) • Pesas calibradas (de 100 g a 2 kg) o simuladores de peso • Placa distribuidora (acrílico, MDF o plástico rígido de 2–3 mm) • Superficie plana y estable • Para sensor de presión: jeringa sellada o bolsa inflable • Hoja de datos del sensor

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Conexión del sensor • Conecta el FSR o el sensor de presión a una entrada analógica del Arduino (ej. A0). • Conecta correctamente VCC y GND. 2. Lectura básica • Usa un programa en Arduino que lea el valor del pin analógico (analogRead). • Observa el voltaje convertido en el monitor serial. 3. Calibración inicial • Registra la lectura del sensor sin aplicar ninguna carga. • Aplica la carga máxima estimada (2 kg) sobre una placa distribuidora y registra la lectura. • Repite ambas lecturas tres veces para obtener promedios. • Calcula el rango útil del sensor (máx – mín). 4. Medición con el FSR (sensor de fuerza)

- Coloca el FSR sobre una **superficie plana**.
- Coloca encima una **placa distribuidora** (acrílico, MDF o plástico rígido de 2–3 mm).
- Aplica cargas progresivas: 0.1 kg, 0.2 kg... hasta 2 kg.
- Si no tienes pesas: usa botellas con agua, paquetes de comida, libros pesados conocidos.
- Registra cada lectura con cada carga
- Luego **retira las cargas en el mismo orden inverso** y registra de nuevo.
- Asegúrate de colocar las cargas centradas y sin movimiento.
- 5. Medición con sensor de presión (ej. MPX5050)**
- Usa un método de simulación de presión:
 - Opción 1: Jeringa sellada**
 - Sella la salida de una jeringa (10–20 ml) con una tapa o silicón caliente.
 - Conecta la entrada del sensor al interior de la jeringa (usando manguera si es necesario).
 - Apoya el émbolo hacia arriba y coloca cargas encima para comprimir el aire.
 - Opción 2: Bolsa inflable o globo**
 - Conecta el sensor a una bolsa de aire inflada y sellada herméticamente.
 - Aplica peso suave y controlado encima de la bolsa para aumentar la presión interna.
- Registra las lecturas del sensor con cada carga.
- Luego retira los pesos en el mismo orden y registra nuevamente.
- 6. Análisis gráfico**
- Grafica salida del sensor (voltaje o ADC) vs. carga aplicada (peso o presión relativa).
- Compara la curva ascendente vs. descendente para observar **histéresis**.
- Evalúa visualmente **linealidad** en la zona útil del sensor.

RESULTADOS ESPERADOS

- Tabla de cargas y lecturas del sensor
- Gráficas de comportamiento ascendente y descendente
- Observación de desviaciones, histéresis y zona lineal
- Estimación de precisión y exactitud.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Cuál fue el comportamiento del sensor ante cargas crecientes y decrecientes?
- ¿Se observó histéresis significativa? ¿En qué tramo?
- ¿Fue la respuesta lineal en todo el rango?
- ¿Qué variaciones presentaron las lecturas al repetirlas?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

1. ¿Qué tan confiable sería este sensor en un entorno clínico?

2. ¿Qué ajustes podrían mejorar su precisión o repetibilidad?

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Consulta la hoja de datos de un sensor biomédico real (presión, respiración, fuerza) y revisa sus especificaciones sobre histéresis y linealidad. Compara esos datos con los resultados de tu sensor.

EJERCICIO TEÓRICO

- Define con tus palabras:
 - Linealidad
 - Histéresis
 - Precisión
 - Exactitud
- ¿Por qué es importante conocer las limitaciones de los sensores que se usan en medicina?

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Desarrollo experimental (30 pts): Armado correcto de circuitos, uso adecuado del equipo y evidencias fotográficas. Resultados y análisis (20 pts): Mediciones completas, cálculos correctos y análisis coherente de señales. Fundamento teórico (15 pts): Explicación clara del funcionamiento del diodo con referencias en formato APA. Conclusiones (10 pts): Conclusión individual bien redactada y reflexiva por cada integrante. Presentación del reporte (15 pts): Redacción clara, sin errores, con portada, esquemas y gráficas. Actividad complementaria (10 pts): Desarrollo correcto del ejercicio adicional con justificación.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica reporte de práctica de laboratorio
Formatos de reporte de prácticas	Formato asignado por el docente

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Procesamiento analógico y digital de una señal biomédica mediante sistemas embebidos.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Comprender el flujo de procesamiento de señales fisiológicas desde su etapa analógica hasta su adquisición y visualización digital, mediante el uso de amplificadores operacionales, convertidores ADC y microcontroladores, bajo condiciones controladas de laboratorio, con sentido biomédico, trabajo colaborativo y responsabilidad técnica.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El procesamiento de señales biomédicas requiere primero un acondicionamiento analógico (amplificación y estabilización) y posteriormente una digitalización adecuada. Para representar digitalmente una señal continua, se debe cumplir el teorema de muestreo de Nyquist, el cual establece que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima presente en la señal (Nyquist, 1928; Oppenheim & Schaffer, 2010). Si esta condición no se cumple, ocurre aliasing, un error que distorsiona la señal digital y puede conducir a interpretaciones clínicas erróneas (Webster, 2010). La fidelidad de la digitalización también depende de la resolución del convertidor analógico-digital (ADC), así como de la estabilidad de la tasa de muestreo. En sistemas embebidos como Arduino, se recomienda utilizar interrupciones temporizadas en lugar de funciones como delay(), para lograr un muestreo preciso y constante (Arduino.cc, 2024).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Sensor fisiológico (AD8232, termistor o señal generada) • Amplificador operacional (LM324, TL084) • Arduino Uno (ADC de 10 bits) • Protoboard, cables, resistencias • Osciloscopio digital • PC con Arduino IDE y Serial Plotter • Fuente de alimentación $\pm 12\text{ V}$ • Hoja de datos del OpAmp y del sensor

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Montaje del sensor y amplificador operacional 1. Conecta el sensor (AD8232, termistor o simulador) a una etapa de amplificación. 2. Usa un amplificador no inversor con ganancia de 5 a 10. 3. Verifica que la señal esté entre 0–5 V. Visualización analógica de la señal 4. Observa la señal en el osciloscopio. 5. Anota su frecuencia dominante y amplitud. Configuración básica de adquisición con Arduino 6. Usa analogRead() para capturar la señal en el pin A0.

7. Configura delay() en 1 ms, 5 ms, 10 ms y 50 ms.
8. Visualiza en Serial Plotter cómo varía la calidad de la señal.
- Evaluación del muestreo vs. Nyquist**
9. Calcula la frecuencia de muestreo efectiva ($f_s = 1 / \text{delay}$).
10. Compara con la frecuencia dominante observada en el osciloscopio.
11. Determina si se cumple la condición de Nyquist.
12. Registra evidencia de aliasing, distorsión, escalonamiento o pérdida de señal.

Implementación con interrupciones (avanzado, opcional)

13. Crea una versión del código con temporizador e interrupciones (Timer1).
14. Compara el rendimiento y estabilidad con respecto al uso de delay().
15. Evalúa si Arduino es suficiente o no para esta tarea.

Discusión crítica sobre el ADC de Arduino

- Con base en la resolución, ¿es posible detectar cambios sutiles en señales biomédicas?
- ¿Qué limitaciones se observaron?
- ¿Qué microcontroladores serían más adecuados para monitoreo biomédico en tiempo real?

RESULTADOS ESPERADOS

- Comparación entre señal analógica (real) y señal digital (muestreada)
- Gráficas con diferentes tasas de muestreo
- Casos de aliasing o pérdida de señal
- Tabla de parámetros: amplitud, resolución, frecuencia de muestreo, fidelidad
- Discusión sobre si Arduino Uno es apropiado o no

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Se respetó el Teorema de Nyquist en cada configuración?
- ¿En qué casos observaste pérdida de fidelidad?
- ¿Qué efectos provocó una baja tasa de muestreo en la señal digitalizada?
- ¿Qué conclusiones puedes sacar sobre la viabilidad de Arduino como plataforma médica? al repetirlas?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

1. ¿Qué importancia tiene conocer la frecuencia de la señal antes de digitalizarla?
2. ¿Qué errores de interpretación pueden surgir en contextos clínicos si se submuestra una señal?
3. ¿Cuáles son los límites reales del hardware de bajo costo en el monitoreo fisiológico?

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Explica detalladamente:

- Teorema de muestreo de Nyquist
- Aliasing y sus efectos
- Resolución y rango del ADC
- Función de interrupciones para adquisición continua

¿Qué consideraciones debes tomar en cuenta para adquirir una señal de EMG a tiempo real con alta fidelidad?

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Desarrollo experimental (30 pts): Armado correcto de circuitos, uso adecuado del equipo y evidencias fotográficas. Resultados y análisis (20 pts): Mediciones completas, cálculos correctos y análisis coherente de señales. Fundamento teórico (15 pts): Explicación clara del funcionamiento del diodo con referencias en formato APA. Conclusiones (10 pts): Conclusión individual bien redactada y reflexiva por cada integrante. Presentación del reporte (15 pts): Redacción clara, sin errores, con portada, esquemas y gráficas. Actividad complementaria (10 pts): Desarrollo correcto del ejercicio adicional con justificación.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica reporte de práctica de laboratorio
Formatos de reporte de prácticas	Formato asignado por el docente

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Aplicación del sensor de efecto Hall en el monitoreo de movimiento corporal.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar sensores de efecto Hall para detectar desplazamientos o presencia de estructuras móviles en contextos biomédicos, mediante la integración de un sistema embebido de adquisición en condiciones de laboratorio, actuando con responsabilidad, innovación y enfoque en el monitoreo fisiológico.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El efecto Hall se basa en la generación de un voltaje transversal en un conductor cuando se expone a un campo magnético perpendicular. En el ámbito biomédico, este principio se aplica en el monitoreo no invasivo de movimiento, desplazamiento o flujo, especialmente en sistemas de rehabilitación, prótesis inteligentes o control de válvulas magnéticas (Fraden, 2016; Webster, 2010). Estos sensores pueden integrarse en sistemas embebidos para adquirir datos en tiempo real y contribuir al análisis funcional del cuerpo humano.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Sensor de efecto Hall (SS49E analógico o A3144 digital) • Imanes de neodimio o similares • Arduino Uno (u otro microcontrolador) • Protoboard, cables y resistencias • Regla o guía para movimiento controlado • PC con Arduino IDE • Hoja de datos del sensor

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Conexión del sensor • Conecta el sensor Hall al Arduino: ○ VCC a 5 V ○ GND a tierra ○ OUT al pin A0 (analógico) o D2 (digital) • Verifica el funcionamiento básico acercando un imán. Simulación de movimiento • Monta el imán en una guía móvil o riel. • Realiza desplazamientos de 0 a 5 cm controlados. • Registra los cambios de señal con una regla milimétrica. Visualización embebida • Usa analogRead() (analógico) o digitalRead() (digital) para capturar la señal. • Visualiza la salida en el Serial Plotter de Arduino IDE. • Repite con distintas velocidades y distancias. Caracterización del sensor

1. Elabora una tabla: distancia vs. voltaje (o cambio de estado).
 2. Estima el umbral de activación y sensibilidad del sensor.
 3. Evalúa la estabilidad de lectura.
5. **Contexto biomédico**
- Plantea una aplicación simulada (ej. detección de apertura en una prótesis o flujo en un tubo).
 - Discute cómo se integraría el sensor en un sistema biomédico real.

RESULTADOS ESPERADOS

- Tabla de distancia vs. salida del sensor
- Gráfica de señal en función del movimiento
- Identificación del umbral de activación magnética
- Reflexión sobre posibles aplicaciones clínicas

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Qué tan estable fue la lectura ante movimiento lento y rápido?
- ¿Qué tan sensible es el sensor respecto a la distancia del imán?
- ¿Qué tan útil sería este sensor en un sistema de monitoreo fisiológico real?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

- ¿Qué ventajas ofrece el sensor Hall frente a sensores ópticos o mecánicos en biomédica?
- ¿Qué criterios técnicos deben considerarse antes de integrar este sensor en un dispositivo médico?

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investiga una aplicación clínica o de rehabilitación donde se utilice un sensor de efecto Hall. Resume su función, beneficios clínicos y justificación técnica.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Desarrollo experimental (30 pts): Armado correcto de circuitos, uso adecuado del equipo y evidencias fotográficas. • Resultados y análisis (20 pts): Mediciones completas, cálculos correctos y análisis coherente de señales. • Fundamento teórico (15 pts): Explicación clara del funcionamiento del diodo con referencias en formato APA. • Conclusiones (10 pts): Conclusión individual bien redactada y reflexiva por cada integrante. • Presentación del reporte (15 pts): Redacción clara, sin errores, con
-------------------------	---

	portada, esquemas y gráficas. Actividad complementaria (10 pts): Desarrollo correcto del ejercicio adicional con justificación.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica reporte de práctica de laboratorio
Formatos de reporte de prácticas	Formato asignado por el docente

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Aplicación del sensor de temperatura en el monitoreo fisiológico.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar sensores de temperatura para monitorear variaciones térmicas en sistemas fisiológicos simulados, mediante el uso de sistemas embebidos en condiciones controladas de laboratorio, con responsabilidad técnica y enfoque biomédico.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El monitoreo de temperatura corporal es un parámetro vital en medicina. Los sensores como el LM35 convierten la temperatura en una señal de voltaje analógica proporcional ($10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$), que puede ser digitalizada y procesada por sistemas embebidos. Su bajo consumo, linealidad y facilidad de uso permiten integrarlos en aplicaciones biomédicas como termómetros digitales, control de ambientes térmicos e incubadoras neonatales (Webster, 2010; Fraden, 2016). Su precisión y respuesta deben evaluarse en condiciones reales o simuladas para validar su aplicación clínica.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Sensor de temperatura (LM35, TMP36 o similar) • Arduino Uno (u otro microcontrolador con ADC) • Protoboard y cables • Multímetro digital (opcional) • Recipiente con agua tibia, hielo y termómetro de referencia • PC con Arduino IDE • Hoja de datos del sensor

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Conexión del sensor de temperatura ○ Conecta el LM35 al Arduino: ▪ VCC a 5 V ▪ GND a tierra ▪ OUT al pin A0 ○ Verifica la salida de voltaje base con el multímetro. Visualización de datos ○ Usa <code>analogRead()</code> y convierte la lectura en $^{\circ}\text{C}$ (fórmula: $T = \text{lectura_ADC} \times (5.0 / 1024.0) \times 100$). ○ Muestra la temperatura en el Serial Monitor o Serial Plotter. Pruebas térmicas simuladas ○ Coloca el sensor en tres ambientes distintos: temperatura ambiente, agua tibia ($\sim 37\text{--}40^{\circ}\text{C}$), agua con hielo ($\sim 0\text{--}10^{\circ}\text{C}$). ○ Registra la temperatura medida y compárala con un termómetro clínico. Evaluación de respuesta

- Mide el tiempo de respuesta del sensor al cambio de ambiente.
- Grafica temperatura vs. tiempo en cada condición.
- Evalúa precisión, retardo y estabilidad.

5. Discusión de aplicación biomédica

- Propón un caso clínico: monitoreo de fiebre, control térmico neonatal, o seguimiento de pacientes postquirúrgicos.
- Discute si el sensor usado es adecuado y qué mejoras requeriría para ser aprobado clínicamente.

RESULTADOS ESPERADOS

- Lecturas de temperatura digitalizadas con precisión aceptable
- Comparación con valores de referencia
- Gráficas de respuesta térmica
- Evaluación crítica de estabilidad y sensibilidad del sensor

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Qué tan precisa fue la lectura del sensor comparada con el termómetro?
- ¿Qué tan rápido responde ante cambios térmicos?
- ¿Qué limitaciones se observan para su uso clínico?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

- ¿Qué tipo de sensor de temperatura se consideraría clínicamente confiable?
- ¿Qué importancia tiene la precisión térmica en contextos como neonatología o terapia intensiva?

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investiga un dispositivo biomédico real que utilice sensores de temperatura (como un termómetro infrarrojo, parche de monitoreo, o incubadora neonatal). Describe el sensor, su integración y su relevancia clínica.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación

- **Desarrollo experimental (30 pts):** Armado correcto de circuitos, uso adecuado del equipo y evidencias fotográficas.
- **Resultados y análisis (20 pts):** Mediciones completas, cálculos correctos y análisis coherente de señales.
- **Fundamento teórico (15 pts):** Explicación clara del funcionamiento del diodo con referencias en formato APA.
- **Conclusiones (10 pts):** Conclusión individual bien redactada y

	reflexiva por cada integrante. • Presentación del reporte (15 pts): Redacción clara, sin errores, con portada, esquemas y gráficas. Actividad complementaria (10 pts): Desarrollo correcto del ejercicio adicional con justificación.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica reporte de práctica de laboratorio
Formatos de reporte de prácticas	Formato asignado por el docente

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Allegro Microsystems. (n.d.). A3144 Unipolar Hall-effect switch datasheet. <https://www.allegromicro.com/en/products/sense/hall-effect-sensors/a3144>
2. Analog Devices. (n.d.). AD620 Low cost instrumentation amplifier datasheet. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD620.pdf>
3. Arduino. (2024). AnalogRead – Arduino Reference. <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/analog-io/analogread/>
4. Enderle, J. D., & Bronzino, J. D. (2012). *Introduction to biomedical engineering* (3rd ed.). Academic Press.
5. Fraden, J. (2016). *Handbook of modern sensors: Physics, designs, and applications* (5th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23932-5>
6. Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2008). *IEEE 829-2008 – IEEE Standard for Software and System Test Documentation*. <https://standards.ieee.org/standard/829-2008.html>
7. Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2016). *IEEE 1012-2016 – IEEE Standard for System and Software Verification and Validation*. <https://standards.ieee.org/standard/1012-2016.html>
8. International Organization for Standardization. (2016). *ISO 13485:2016 – Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes*. <https://www.iso.org/standard/59752.html>
9. International Organization for Standardization. (2019). *ISO 14971:2019 – Medical devices – Application of risk management to medical devices*. <https://www.iso.org/standard/72704.html>
10. Oppenheim, A. V., & Schafer, R. W. (2010). *Discrete-time signal processing* (3rd ed.). Pearson Education.
11. Secretaría de Salud. (2012). *NOM-004-SSA3-2012, Del expediente clínico*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5272787
12. Secretaría de Salud. (2012). *NOM-017-SSA2-2012, Para la vigilancia epidemiológica*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5270834
13. SparkFun Electronics. (n.d.). SS49E Linear Hall-effect sensor datasheet. <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Components/General/SS49E.pdf>
14. Texas Instruments. (n.d.). INA128 Precision instrumentation amplifier datasheet. <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina128.pdf>
15. Texas Instruments. (n.d.). LM35 Precision centigrade temperature sensor datasheet. <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
16. Webster, J. G. (2010). *Medical instrumentation: Application and design* (4th ed.). John Wiley & Sons.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Aunque las prácticas de este manual no implican la fabricación directa de dispositivos médicos regulados, sí entrenan a los estudiantes en fundamentos esenciales del diseño, montaje, evaluación y validación de sistemas de instrumentación electrónica con aplicaciones en salud. Por ello, se consideran las siguientes normas como referencias formativas aplicables:

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

- **NOM-004-SSA3-2012.** *Del expediente clínico.*
- Relacionada con el tratamiento, estructura y uso de información médica. Aporta contexto cuando los sistemas desarrollados están orientados al monitoreo o registro de parámetros fisiológicos.
- **NOM-017-SSA2-2012.** *Para la vigilancia epidemiológica.*
- Aporta contexto cuando las mediciones simuladas o interpretadas se asocian a variables clínicas monitoreadas en salud pública (temperatura, signos vitales, etc.).

Normas Internacionales ISO

- **ISO 13485:2016.** *Sistemas de gestión de calidad para dispositivos médicos.*
- Aplica como estándar de referencia en prácticas orientadas al diseño de sistemas biomédicos funcionales o instrumentación que pudiera formar parte de un dispositivo médico.
- **ISO 14971:2019.** *Gestión de riesgos para dispositivos médicos.*
- Orienta la identificación, evaluación y mitigación de riesgos en sistemas eléctricos aplicados al monitoreo fisiológico, incluso en contexto académico o prototipado.

Normas IEEE

- **IEEE 829-2008.** *Standard for Software and System Test Documentation.*
- Guía útil para documentar pruebas y procedimientos de validación de circuitos o subsistemas electrónicos desarrollados en el laboratorio.
- **IEEE 1012-2016.** *Standard for System and Software Verification and Validation.*
- Aplica como marco de referencia para establecer criterios de verificación funcional y validación experimental de las prácticas realizadas.

Estas normas fortalecen la formación del estudiante de Ingeniería Biomédica al introducirlo al cumplimiento de estándares de calidad, seguridad y documentación técnica que son indispensables en el desarrollo y validación de sistemas de instrumentación aplicados al sector salud.



ANEXOS

Plantilla de entrega de práctica – Sensores Biomédicos y Bioseñales

Universidad Estatal de Sonora

Programa Educativo: Ingeniería Biomédica

Asignatura: Sensores Biomédicos y Bioseñales

Docente: _____

Nombre del estudiante: _____

Matrícula: _____

Práctica No. y título: _____

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

1. Objetivo de la práctica

(Redactado en una línea clara por el estudiante, indicando el propósito experimental.)

2. Fundamento teórico

- Breve explicación técnica del principio físico y biomédico que se aborda.
- Definición de conceptos clave (sensor, señal, acondicionamiento, etc.).
- Referencia bibliográfica en formato APA 7.^a edición.

3. Materiales y equipo utilizado

- Lista detallada de componentes electrónicos, sensores, instrumentos de medición, software (si aplica), etc.

4. Desarrollo experimental

- Diagrama del circuito (a mano o software).
- Descripción del montaje paso a paso.
- Parámetros iniciales y configuración de instrumentos.
- Procedimiento aplicado según la guía de laboratorio.

5. Resultados obtenidos

- Tablas con mediciones realizadas.
- Cálculos (resistencias, voltajes, errores, etc.).
- Gráficas (señales obtenidas, respuestas de sensores, etc.).
- Evidencia fotográfica del montaje o de la señal medida (opcional).

6. Análisis de resultados

- Comparación entre valores teóricos y experimentales.
- Identificación de posibles errores o desviaciones.

- Interpretación del comportamiento del sistema o sensor.

7. Conclusiones individuales

- Reflexión técnica sobre lo aprendido.
- Aplicación práctica en contextos biomédicos.
- Dificultades enfrentadas y cómo se resolvieron.

8. Actividad complementaria (*si aplica*)

- Desarrollo del ejercicio adicional o variante propuesta por el docente.
- Justificación técnica de las modificaciones.

9. Referencias

(Al menos una fuente bibliográfica o técnica en formato APA 7.^a edición.)



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu