



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Procesamiento Digital de Señales

Laboratorio

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Ing. Biomédica
2020
30/06/2025
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	6
<i>Carga Horaria del alumno</i>	6
<i>Consignación del Documento</i>	6
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	7
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	8
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	8
<i>Reglamento de uniforme</i>	8
<i>Uso adecuado del equipo y materiales</i>	8
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos</i>	8
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	8
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA	9
PRÁCTICAS	3
FUENTES DE INFORMACIÓN	11
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES	26
ANEXOS	3

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

Este manual de prácticas de laboratorio tiene como propósito establecer la estructura normativa y metodológica para el desarrollo de actividades prácticas en la asignatura de Procesamiento Digital de Señales, proporcionando una guía para el desarrollo de aplicaciones biomédicas mediante algoritmos de PDS, con base en la instrumentación de sensores que cumplan con los estándares de calidad para equipos médicos.

Justificación de su uso en el programa académico

La asignatura de Procesamiento Digital de Señales es fundamental en la formación del Ingeniero Biomédico, ya que proporciona las herramientas matemáticas y computacionales necesarias para el análisis, procesamiento y manipulación de señales fisiológicas. Las prácticas de laboratorio permiten al estudiante aplicar algoritmos de PDS en situaciones reales, desarrollando competencias esenciales para el diseño de sistemas de instrumentación biomédica y aplicaciones orientadas al apoyo de diagnóstico médico.

Competencias a desarrollar

Competencias blandas

- Enfoque a la calidad: Desarrollo de soluciones robustas y eficaces que cumplan con estándares de calidad médica
- Análisis de problemas: Capacidad para identificar, analizar y resolver problemas complejos en el procesamiento de señales biomédicas
- Enfoque en resultados: Orientación hacia la obtención de resultados precisos y aplicables en el contexto médico

Competencias disciplinares

- Fundamentos matemáticos del procesamiento digital de señales
- Principios de instrumentación y conversión analógica-digital
- Diseño e implementación de filtros digitales (FIR e IIR)
- Análisis en frecuencia y respuesta de sistemas discretos
- Procesamiento de señales biomédicas e imágenes médicas

Competencias profesionales

- Desarrollo de algoritmos robustos para aplicaciones biomédicas
- Implementación de sistemas de adquisición de señales fisiológicas
- Diseño de prototipos innovadores para diagnóstico médico
- Aplicación de estándares de calidad en instrumentación médica
- Manejo ético y responsable de información sensible de naturaleza médica

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Procesamiento Digital de Señales	
Clave	071CP081	Créditos	8
Asignaturas Antecedentes	071CP080	Plan de Estudios	2020

Área de Competencia	Competencia del curso
Específicas o Especializantes	Desarrollar aplicaciones biomédicas mediante algoritmos para el Procesamiento Digital de Señales (PDS), con base en la instrumentación de sensores que cumplan con los estándares de calidad para los equipos, atendiendo, el respaldo y análisis de información de naturaleza sensible con ética y responsabilidad para aplicaciones orientadas al apoyo de diagnóstico médico.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
2	4	0	2	7

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Hermosillo
Fecha de elaboración	30/06/2025
Responsables del diseño	Andres Monreal Hernandez
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: Conversión analógica-digital y sistemas discretos	Diseñar e implementar sistemas integrales y autónomos con tecnología de vanguardia
Práctica 2: Implementación de filtros FIR e IIR	Implementar metodologías de diseño biomédico
Práctica 3: Procesamiento de señales de audio	Diseñar software especializado aplicado a sistemas biomédicos
Práctica 4: Instrumentación de sensores biomédicos	Conocer equipos médicos y su aplicación para el entorno de la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación
Práctica 5: Procesamiento de señales fisiológicas	Diseñar ambientes virtuales para el monitoreo de las señales eléctricas que monitorean el estado de salud del ser humano
Práctica 6: Procesamiento de imágenes médicas	Dar soluciones de forma innovadora y creativa respecto a los problemas que enfrenta el sector salud
Práctica 7: Desarrollo de prototipo biomédico	Presentar iniciativa para emprender y administrar un centro de investigación o empresa de desarrollos tecnológicos

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio

Texto

Reglamento de uniforme

Texto

Uso adecuado del equipo y materiales

Texto

Manejo y disposición de residuos peligrosos

Texto

Procedimientos en caso de emergencia

Texto

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de Competencia I
	Reconocer los fundamentos del PDS y principios de instrumentación de conversión análoga-digital, con enfoque a la calidad y estándares para el diseño de algoritmos robustos y eficaces en el manejo de señales del área biomédica.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Conversión analógica-digital	Implementar conversores A/D mediante instrumentación para reconocer fundamentos de PDS con enfoque de calidad en el manejo de señales biomédicas
Práctica No. 2	Sistemas discretos FIR e IIR	Analizar respuestas de sistemas discretos aplicando fundamentos matemáticos para diseñar algoritmos robustos en procesamiento de señales con estándares de calidad

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de Competencia II Diseñar filtros digitales orientados a resolver problemas en el área biomédica utilizando el Procesamiento Digital de Señales (PDS) con base en los principios de instrumentación y sistemas discretos.
---	--

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 3	Instrumentación para preparación de señal	Implementar sistemas de instrumentación aplicando principios de PDS para resolver problemas de acondicionamiento de señales con análisis de problemas
Práctica No. 4	Procesamiento digital de audio	Diseñar filtros digitales mediante análisis de frecuencia para resolver problemas de procesamiento de audio con enfoque en resultados

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de Competencia III Desarrollar aplicaciones innovadoras en el área biomédica mediante la implementación de algoritmos de PDS con base en la instrumentación de sensores enfocados a la adquisición de señales fisiológicas, atendiendo los principios de calidad y estándares establecidos.
--	--

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 5	Instrumentación de sensores biomédicos	Desarrollar sistemas de adquisición de señales fisiológicas implementando instrumentación de sensores para aplicaciones biomédicas innovadoras con análisis de problemas
Práctica No. 6	Procesamiento de señales biomédicas	Procesar señales fisiológicas aplicando algoritmos de PDS para desarrollar aplicaciones médicas con enfoque en resultados y calidad
Práctica No. 7	Procesamiento de imágenes médicas	Implementar algoritmos de procesamiento de imágenes utilizando PDS para desarrollar aplicaciones innovadoras en diagnóstico médico con análisis de problemas
Práctica No. 8	Desarrollo de prototipo biomédico	Desarrollar prototipo funcional integrando instrumentación y algoritmos de PDS para crear aplicaciones biomédicas innovadoras con enfoque en resultados



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	CONVERSIÓN ANALÓGICA-DIGITAL
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Implementar conversores A/D mediante instrumentación para reconocer fundamentos de PDS con enfoque de calidad en el manejo de señales biomédicas.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La conversión analógica-digital es el proceso fundamental que permite el procesamiento digital de señales continuas. Involucra tres etapas críticas: muestreo, cuantificación y codificación. El teorema de Nyquist establece que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal para evitar aliasing. La resolución del convertidor determina la precisión de la cuantificación, mientras que los errores de conversión incluyen errores de cuantificación, no linealidad diferencial e integral. En aplicaciones biomédicas, estos parámetros son críticos para mantener la fidelidad de señales fisiológicas.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Tarjeta de adquisición de datos (DAQ) • Generador de funciones • Osciloscopio digital • Computadora con software de programación (MATLAB/Python/LabVIEW) • Cables BNC y conectores • Resistencias y capacitores para filtros antialiasing • Protoboard • Multímetro digital • Señales de prueba (sinusoidales, triangulares, cuadradas)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Configuración del sistema de adquisición • Conectar tarjeta DAQ a computadora • Configurar software de adquisición • Verificar calibración de equipos • Establecer parámetros de muestreo iniciales Análisis del teorema de muestreo • Generar señal sinusoidal de frecuencia conocida • Variar frecuencia de muestreo desde $f_s < 2f_m$ hasta $f_s \gg 2f_m$ • Observar efectos de aliasing en señales submuestreadas • Documentar relación entre frecuencias original y alias Estudio de resolución y cuantificación • Configurar diferentes resoluciones (8, 12, 16 bits)

- Medir ruido de cuantificación para cada resolución
- Calcular relación señal-ruido (SNR) teórica y experimental
- Evaluar impacto en señales de baja amplitud

Implementación de filtros antialiasing

- Diseñar filtro pasabajas RC
- Medir respuesta en frecuencia del filtro
- Comparar señales con y sin filtro antialiasing
- Evaluar efectividad para prevenir aliasing

Análisis de errores de conversión

- Medir linealidad del convertidor A/D
- Evaluar errores de offset y ganancia
- Documentar especificaciones del convertidor
- Calcular incertidumbre total de medición

RESULTADOS ESPERADOS

Comprensión práctica del teorema de muestreo
Cuantificación de errores de conversión A/D
Implementación exitosa de filtros antialiasing
Documentación de especificaciones del sistema

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cómo afecta la frecuencia de muestreo a la fidelidad de la señal?
¿Cuál es la relación entre resolución del convertidor y calidad de señal?
¿Qué factores determinan el diseño del filtro antialiasing?
¿Cuáles son las limitaciones prácticas de la conversión A/D?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Los estudiantes deben comprender que la conversión A/D es el primer paso crítico en cualquier sistema de procesamiento digital de señales. La calidad de esta conversión determina directamente la precisión de todo el procesamiento posterior, especialmente crítico en aplicaciones biomédicas donde la fidelidad de la señal puede afectar decisiones diagnósticas.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar convertidores A/D especializados para aplicaciones médicas
Comparar diferentes arquitecturas de convertidores (SAR, Delta-Sigma, Flash)
Analizar especificaciones de equipos médicos comerciales

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Implementación correcta del sistema de adquisición (25%) Análisis cuantitativo de parámetros de conversión (30%) Comprensión de efectos de aliasing y cuantificación (25%) Calidad del reporte técnico (20%)
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de dominio técnico de la práctica Lista de cotejo para uso seguro de equipos Rúbrica de trabajo colaborativo
Formatos de reporte de prácticas	Formato estándar de reporte de práctica de laboratorio Plantilla de análisis de datos experimentales Formato de conclusiones y aplicaciones profesionales

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	SISTEMAS DISCRETOS FIR E IIR
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Analizar respuestas de sistemas discretos aplicando fundamentos matemáticos para diseñar algoritmos robustos en procesamiento de señales con estándares de calidad.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Los sistemas discretos se clasifican en FIR (Finite Impulse Response) e IIR (Infinite Impulse Response). Los filtros FIR son inherentemente estables y presentan fase lineal, utilizando solo ceros en su función de transferencia. Los filtros IIR pueden lograr respuestas más selectivas con menor orden, pero incluyen polos que pueden causar inestabilidad. La respuesta al impulso, función de transferencia y respuesta en frecuencia caracterizan completamente estos sistemas. En aplicaciones biomédicas, la elección entre FIR e IIR depende de requisitos de fase, estabilidad y eficiencia computacional.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con software de simulación (MATLAB/Python) • Generador de señales digitales • Analizador de espectros • Tarjeta de procesamiento digital (DSP) • Cables de conexión • Señales de prueba biomédicas sintéticas • Bibliotecas de procesamiento de señales • Datos de ECG, EMG, EEG para pruebas

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Diseño de filtros FIR • Implementar filtro FIR usando método de ventanas • Diseñar filtros pasabajas, pasaaltas y pasabandas • Analizar respuesta en frecuencia y fase • Evaluar longitud del filtro vs selectividad Implementación de filtros IIR • Diseñar filtros IIR (Butterworth, Chebyshev, Elíptico) • Implementar usando estructuras de cascada y paralelo • Analizar estabilidad mediante ubicación de polos • Comparar eficiencia computacional con FIR Análisis de respuesta temporal • Calcular respuesta al impulso de ambos tipos

- Medir respuesta al escalón
- Evaluar tiempo de establecimiento
- Documentar características transitorias

Evaluación de respuesta en frecuencia

- Graficar diagramas de Bode (magnitud y fase)
- Medir atenuación en banda de rechazo
- Evaluar ondulación en banda de paso
- Comparar especificaciones teóricas vs medidas

Aplicación a señales biomédicas (60 min)

- Filtrar señales de ECG para eliminar ruido de 60 Hz
- Procesar EMG para análisis de frecuencia
- Aplicar filtros a EEG para bandas específicas
- Evaluar calidad de filtrado y preservación de información

RESULTADOS ESPERADOS

Implementación exitosa de filtros FIR e IIR
Comprensión de trade-offs entre tipos de filtros
Aplicación efectiva a señales biomédicas
Documentación de características de desempeño

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de filtros FIR vs IIR?
¿Cómo afecta el orden del filtro a la selectividad y costo computacional?
¿Qué consideraciones son importantes para aplicaciones biomédicas?
¿Cómo se evalúa la calidad del filtrado en señales fisiológicas?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Los estudiantes deben comprender que la selección apropiada de filtros digitales es crucial para preservar información diagnóstica en señales biomédicas. Deben desarrollar criterios para elegir entre FIR e IIR basados en requisitos específicos de la aplicación.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar filtros adaptativos para señales no estacionarias
Comparar implementaciones en diferentes plataformas DSP
Analizar filtros utilizados en equipos médicos comerciales

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Diseño correcto de filtros FIR e IIR (30%) Análisis cuantitativo de respuestas (25%) Aplicación efectiva a señales biomédicas (25%) Calidad técnica del reporte (20%)
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de dominio técnico de la práctica Lista de cotejo para uso seguro de equipos Rúbrica de trabajo colaborativo
Formatos de reporte de prácticas	Formato estándar de reporte de práctica de laboratorio Plantilla de análisis de datos experimentales Formato de conclusiones y aplicaciones profesionales

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	INSTRUMENTACIÓN PARA PREPARACIÓN DE SEÑAL
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Implementar sistemas de instrumentación aplicando principios de PDS para resolver problemas de acondicionamiento de señales con análisis de problemas.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El acondicionamiento de señales es esencial para obtener mediciones precisas en instrumentación biomédica. Incluye amplificación, filtrado analógico, aislamiento galvánico y compensación de offset. Los amplificadores de instrumentación proporcionan alta impedancia de entrada, rechazo de modo común y baja deriva. Los filtros antialiasing previenen distorsión espectral, mientras que el aislamiento protege al paciente y mejora la calidad de señal. La respuesta en magnitud y fase determina la fidelidad del acondicionamiento.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Amplificadores de instrumentación (INA128, AD620) • Amplificadores operacionales • Componentes pasivos (R, L, C) • Fuentes de alimentación duales ($\pm 15V$) • Generador de funciones • Osciloscopio de alta impedancia • Multímetro de precisión • Protoboard y cables de conexión • Simulador de señales biomédicas

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Diseño de amplificador de instrumentación

- Calcular ganancia requerida para señales típicas (μV a mV)
- Implementar circuito con amplificador de instrumentación
- Medir ganancia, impedancia de entrada y CMRR
- **Evaluar ruido y deriva térmica**

Implementación de filtros analógicos

- Diseñar filtro pasabajas para antialiasing
- Implementar filtro pasa altas para eliminar DC offset
- Construir filtro notch para rechazo de 60 Hz
- Medir respuesta en frecuencia de cada etapa

Análisis de respuesta en magnitud y fase

- Caracterizar respuesta en frecuencia del sistema completo
- Medir distorsión de fase en banda de interés
- Evaluar retardo de grupo
- Documentar función de transferencia experimental

Evaluación de ruido y interferencias

- Medir ruido referido a la entrada
- Evaluar susceptibilidad a interferencias electromagnéticas
- Implementar técnicas de blindaje y tierra
- Cuantificar mejora en relación señal-ruido

Validación con señales simuladas

- Probar con señales de ECG simuladas
- Evaluar preservación de morfología de señal
- Medir distorsión total armónica (THD)
- Documentar especificaciones finales del sistema

RESULTADOS ESPERADOS

Sistema de acondicionamiento funcional
Caracterización completa de respuesta
Evaluación cuantitativa de ruido y distorsión
Validación con señales biomédicas

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cómo afecta cada etapa de acondicionamiento a la calidad de señal?
¿Cuáles son los trade-offs entre ganancia, ancho de banda y ruido?
¿Qué técnicas son más efectivas para reducir interferencias?
¿Cómo se optimiza el sistema para diferentes tipos de señales biomédicas?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El acondicionamiento apropiado de señales es fundamental para obtener mediciones confiables en instrumentación biomédica. Los estudiantes deben comprender que cada etapa introduce efectos que pueden degradar la señal y desarrollar estrategias para minimizar estos efectos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar técnicas avanzadas de reducción de ruido
Comparar arquitecturas de acondicionamiento integradas
Analizar requerimientos específicos para diferentes bioseñales

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Implementación correcta del sistema (30%) Caracterización experimental completa (25%) Análisis de calidad de señal (25%) Documentación técnica (20%)
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de dominio técnico de la práctica Lista de cotejo para uso seguro de equipos Rúbrica de trabajo colaborativo
Formatos de reporte de prácticas	Formato estándar de reporte de práctica de laboratorio Plantilla de análisis de datos experimentales Formato de conclusiones y aplicaciones profesionales

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	PROCESAMIENTO DIGITAL DE AUDIO
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Diseñar filtros digitales mediante análisis de frecuencia para resolver problemas de procesamiento de audio con enfoque en resultados.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El procesamiento digital de audio involucra técnicas de filtrado, ecualización, compresión y síntesis. La transformada de Fourier revela el contenido espectral de señales de audio, permitiendo análisis y manipulación en el dominio de la frecuencia. Los filtros digitales modifican características espectrales, mientras que la ecualización ajusta bandas de frecuencia específicas. El análisis de Bode caracteriza la respuesta del sistema, y los márgenes de fase y ganancia determinan estabilidad en sistemas realimentados.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con software de audio (MATLAB/Python/Audacity) • Tarjeta de sonido de alta calidad • Micrófono de condensador • Altavoces de estudio • Analizador de espectro en tiempo real • Generador de tonos de audio • Cables de audio balanceados • Interfaz de audio USB/FireWire • Biblioteca de muestras de audio

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Análisis espectral de señales de audio • Capturar diferentes tipos de señales (voz, música, ruido) • Calcular FFT y analizar contenido frecuencial • Identificar componentes armónicas y ruido • Documentar características espectrales Diseño de ecualizador digital • Implementar filtros para bandas de frecuencia estándar • Diseñar filtros paramétricos (Q variable) • Crear interfaz de usuario para control en tiempo real • Evaluar respuesta en frecuencia del ecualizador Implementación de filtros de audio

- Diseñar filtros pasabajas para subwoofers
- Implementar filtros pasaaltas para tweeters
- Crear filtros pasabandas para rango medio
- Medir respuesta transitoria y distorsión

Análisis de Bode y estabilidad

- Graficar diagramas de Bode de filtros implementados
- Calcular márgenes de fase y ganancia
- Evaluar estabilidad en configuraciones realimentadas
- Optimizar parámetros para estabilidad

Procesamiento en tiempo real

- Implementar procesamiento de audio en vivo
- Evaluar latencia del sistema
- Medir calidad de audio (THD, SNR)
- Optimizar algoritmos para eficiencia computacional

RESULTADOS ESPERADOS

Sistema de procesamiento de audio funcional
Ecualizador digital con respuesta controlada
Análisis completo de estabilidad
Implementación en tiempo real exitosa

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cómo afectan los diferentes tipos de filtros a la calidad percibida del audio?
¿Cuál es la relación entre orden del filtro y calidad vs eficiencia?
¿Qué factores determinan la estabilidad en sistemas de audio realimentados?
¿Cómo se optimiza el balance entre calidad y latencia?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El procesamiento digital de audio requiere balance entre calidad, eficiencia computacional y latencia. Los estudiantes deben comprender que las técnicas desarrolladas para audio tienen aplicación directa en procesamiento de señales biomédicas de baja frecuencia.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar algoritmos de compresión de audio
Implementar efectos de audio (reverb, delay, chorus)
Analizar psicoacústica y percepción humana del audio

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Diseño efectivo de filtros de audio (30%) Implementación de ecualizador funcional (25%) Análisis de estabilidad y Bode (25%) Calidad de procesamiento en tiempo real (20%)
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de dominio técnico de la práctica Lista de cotejo para uso seguro de equipos Rúbrica de trabajo colaborativo
Formatos de reporte de prácticas	Formato estándar de reporte de práctica de laboratorio Plantilla de análisis de datos experimentales Formato de conclusiones y aplicaciones profesionales

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	INSTRUMENTACIÓN DE SENSORES BIOMÉDICOS
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Desarrollar sistemas de adquisición de señales fisiológicas implementando instrumentación de sensores para aplicaciones biomédicas innovadoras con análisis de problemas.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Los sensores biomédicos convierten parámetros fisiológicos en señales eléctricas medibles. Incluyen electrodos para biopotenciales (ECG, EMG, EEG), transductores de presión, sensores de temperatura, oxímetros y acelerómetros. La instrumentación requiere amplificación, filtrado, aislamiento galvánico y conversión A/D. Los sensores capacitivos e inductivos detectan cambios físicos, mientras que los sensores ópticos miden saturación de oxígeno y flujo sanguíneo. La calibración, linealidad y estabilidad temporal son críticas para mediciones confiables.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Electrodos de superficie (Ag/AgCl) • Sensores de presión (piezorresistivos) • Termistores y RTDs • Fotodiodos y LEDs para oximetría • Acelerómetros MEMS • Amplificadores de biopotencial (INA128, AD8232) • Microcontrolador con ADC (Arduino/STM32) • Módulos de aislamiento galvánico • Fuentes de alimentación médicas • Osciloscopio y multímetro

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Implementación de sensor de ECG • Diseñar circuito de adquisición de ECG de 3 derivaciones • Implementar amplificador diferencial con alta CMRR • Añadir filtros para eliminar ruido de línea y artefactos • Calibrar ganancia para rango de 0.5-4 mV Desarrollo de sensor de presión arterial • Instrumentar transductor de presión piezorresistivo • Implementar puente de Wheatstone para medición • Calibrar con presiones conocidas (0-300 mmHg)

- Evaluar linealidad y repetibilidad

Sistema de oximetría de pulso

- Implementar sensor óptico con LEDs rojo e infrarrojo
- Diseñar circuito de transimpedancia para fotodiodo
- Procesar señales para calcular SpO2
- Implementar detección de pulso arterial

Acondicionamiento de señales de EMG

- Diseñar amplificador para señales de EMG
- Implementar filtros de banda (20-500 Hz)
- Evaluar rechazo de artefactos de movimiento
- Procesar señal para análisis de potencia

Integración y validación del sistema

- Conectar todos los sensores a sistema de adquisición
- Implementar multiplexado temporal de canales
- Validar con señales fisiológicas reales
- Documentar especificaciones de cada canal

RESULTADOS ESPERADOS

Sistema multiparamétrico funcional
Adquisición simultánea de múltiples bioseñales
Calibración y caracterización completa
Validación con sujetos voluntarios

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cuáles son los principales desafíos en la instrumentación de cada tipo de sensor?
¿Cómo se optimiza la relación señal-ruido para cada bioseñal?
¿Qué consideraciones de seguridad son críticas en instrumentación médica?
¿Cómo se valida la precisión de sensores biomédicos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La instrumentación de sensores biomédicos requiere conocimiento profundo de fisiología, electrónica y procesamiento de señales. Los estudiantes deben comprender que la calidad de la instrumentación determina directamente la confiabilidad de diagnósticos médicos basados en estas señales.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar sensores no invasivos avanzados
Desarrollar algoritmos de detección de artefactos

Estudiar regulaciones para dispositivos médicos

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Implementación correcta de instrumentación (30%) Calidad de señales adquiridas (25%) Calibración y caracterización (25%) Análisis de problemas y soluciones (20%)
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de dominio técnico de la práctica Lista de cotejo para uso seguro de equipos Rúbrica de trabajo colaborativo
Formatos de reporte de prácticas	Formato estándar de reporte de práctica de laboratorio Plantilla de análisis de datos experimentales Formato de conclusiones y aplicaciones profesionales

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

PROCESAMIENTO DE SEÑALES BIOMÉDICAS

COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA

Procesar señales fisiológicas aplicando algoritmos de PDS para desarrollar aplicaciones médicas con enfoque en resultados y calidad.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Las señales biomédicas contienen información diagnóstica valiosa pero están contaminadas con ruido, artefactos y interferencias. El procesamiento digital extrae características relevantes mediante filtrado, análisis espectral, detección de eventos y clasificación de patrones. Las técnicas incluyen filtros adaptativos, transformadas tiempo-frecuencia, análisis de componentes principales y métodos de machine learning. La preservación de información diagnóstica mientras se elimina ruido es el objetivo principal.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Base de datos de señales biomédicas (PhysioNet)
- Software de procesamiento (MATLAB/Python/R)
- Bibliotecas especializadas (SciPy, WFDB, Biosppy)
- Computadora de alto rendimiento
- Algoritmos de filtrado avanzado
- Herramientas de visualización
- Datos de ECG, EEG, EMG reales
- Software de análisis estadístico

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Preprocesamiento de ECG

- Cargar señales de ECG de base de datos estándar
- Eliminar deriva de línea base usando filtros
- Remover interferencia de 60 Hz con filtro notch
- Detectar y corregir artefactos de movimiento

Detección de complejos QRS

- Implementar algoritmo de Pan-Tompkins
- Optimizar umbrales de detección
- Calcular variabilidad de frecuencia cardiaca (HRV)
- Evaluar sensibilidad y especificidad

Análisis espectral de EEG

- Procesar señales de EEG en bandas de frecuencia
- Calcular densidad espectral de potencia (PSD)
- Identificar ritmos cerebrales (alfa, beta, theta, delta)
- Implementar análisis tiempo-frecuencia con wavelets

Procesamiento de EMG

- Rectificar y suavizar señales de EMG
- Calcular envolvente de activación muscular
- Analizar contenido frecuencial de fatiga muscular
- Implementar detección de inicio de actividad

Análisis multivariado

- Aplicar análisis de componentes principales (PCA)
- Implementar análisis de componentes independientes (ICA)
- Separar fuentes de señal y artefactos
- Evaluar calidad de separación

RESULTADOS ESPERADOS

Algoritmos robustos de procesamiento implementados
Extracción exitosa de características clínicas
Validación cuantitativa de rendimiento
Análisis comparativo de métodos

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cuáles son los métodos más efectivos para cada tipo de bioseñal?
¿Cómo se balancea la eliminación de ruido vs preservación de información?
¿Qué métricas evalúan mejor la calidad del procesamiento?
¿Cómo se adaptan algoritmos a variabilidad inter-sujeto?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El procesamiento de señales biomédicas requiere balance cuidadoso entre eliminación de ruido y preservación de información diagnóstica. Los estudiantes deben desarrollar criterios para evaluar la efectividad de algoritmos en contextos clínicos reales.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Implementar algoritmos de machine learning para clasificación
Desarrollar interfaces gráficas para análisis clínico
Estudiar aplicaciones de inteligencia artificial en diagnóstico

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Implementación correcta de algoritmos (30%) Calidad de extracción de características (25%) Validación con datos reales (25%) Análisis crítico de resultados (20%)
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de dominio técnico de la práctica Lista de cotejo para uso seguro de equipos Rúbrica de trabajo colaborativo
Formatos de reporte de prácticas	Formato estándar de reporte de práctica de laboratorio Plantilla de análisis de datos experimentales Formato de conclusiones y aplicaciones profesionales

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	PROCESAMIENTO DE IMÁGENES MÉDICAS
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Implementar algoritmos de procesamiento de imágenes utilizando PDS para desarrollar aplicaciones innovadoras en diagnóstico médico con análisis de problemas.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El procesamiento de imágenes médicas aplica técnicas de PDS bidimensional para mejorar, segmentar y analizar imágenes diagnósticas. Incluye filtrado espacial, realce de contraste, segmentación, detección de bordes y extracción de características. Las transformadas 2D (Fourier, wavelets) revelan información espacial y frecuencial. Técnicas morfológicas procesan formas anatómicas, mientras que la segmentación identifica regiones de interés. La calidad de imagen debe preservar información diagnóstica crítica.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Base de datos de imágenes médicas (DICOM) • Software de procesamiento (MATLAB/Python/ImageJ) • Bibliotecas especializadas (OpenCV, scikit-image, ITK) • Imágenes de rayos X, CT, MRI, ultrasonido • Herramientas de visualización médica • Algoritmos de segmentación • Métricas de calidad de imagen • Hardware de procesamiento paralelo

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Preprocesamiento de imágenes médicas • Cargar imágenes en formato DICOM • Normalizar intensidades y corregir artefactos • Aplicar filtros de reducción de ruido • Evaluar calidad usando métricas cuantitativas Realce de contraste y filtrado • Implementar equalización de histograma • Aplicar filtros de realce de bordes • Usar filtrado bilateral para preservar bordes • Comparar métodos de realce adaptativos Segmentación de regiones de interés • Implementar segmentación por umbralización

- Aplicar algoritmos de crecimiento de regiones
- Usar contornos activos (snakes) para segmentación
- Evaluar precisión de segmentación

Análisis morfológico y detección de características

- Aplicar operaciones morfológicas (erosión, dilatación)
- Detectar bordes usando operadores Sobel, Canny
- Extraer características geométricas (área, perímetro)
- Implementar análisis de textura

Desarrollo de aplicación diagnóstica

- Crear pipeline completo de procesamiento
- Implementar detección automática de patologías
- Desarrollar interfaz para visualización clínica
- Validar con casos clínicos reales

RESULTADOS ESPERADOS

Pipeline completo de procesamiento de imágenes médicas
Algoritmos robustos de segmentación y análisis
Aplicación funcional para diagnóstico asistido
Validación cuantitativa de rendimiento

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cuáles son los principales desafíos en procesamiento de cada modalidad de imagen?
¿Cómo se evalúa la calidad de algoritmos de segmentación médica?
¿Qué consideraciones éticas existen en diagnóstico automatizado?
¿Cómo se integran algoritmos en flujos de trabajo clínicos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El procesamiento de imágenes médicas tiene potencial transformador para diagnóstico, pero requiere validación rigurosa y consideraciones éticas. Los estudiantes deben comprender que los algoritmos deben complementar, no reemplazar, la experiencia clínica.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar deep learning para análisis de imágenes médicas
Estudiar regulaciones para software médico
Desarrollar métricas de confiabilidad para diagnóstico automatizado

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Criterios de evaluación	Implementación correcta de algoritmos de procesamiento (30%) Calidad de segmentación y análisis (25%) Innovación en aplicación diagnóstica (25%) Validación clínica y análisis crítico (20%)
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de dominio técnico de la práctica Lista de cotejo para uso seguro de equipos Rúbrica de trabajo colaborativo
Formatos de reporte de prácticas	Formato estándar de reporte de práctica de laboratorio Plantilla de análisis de datos experimentales Formato de conclusiones y aplicaciones profesionales

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DESARROLLO DE PROTOTIPO BIOMÉDICO
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Desarrollar prototipo funcional integrando instrumentación y algoritmos de PDS para crear aplicaciones biomédicas innovadoras con enfoque en resultados.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El desarrollo de prototipos biomédicos integra conocimientos de instrumentación, procesamiento de señales, programación y diseño de sistemas. Requiere identificación de necesidades clínicas, diseño de soluciones, implementación de hardware y software, validación con usuarios finales y consideraciones regulatorias. El prototipo debe demostrar viabilidad técnica, utilidad clínica y potencial comercial. La metodología incluye investigación, diseño, desarrollo, pruebas y refinamiento iterativo.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Plataformas de desarrollo (Arduino, Raspberry Pi, STM32) • Sensores biomédicos variados • Componentes electrónicos y PCB • Software de desarrollo integrado • Herramientas de diseño CAD • Impresora 3D para prototipos • Instrumentos de medición y validación • Materiales para encapsulado • Documentación de normas médicas

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Definición del problema y requerimientos • Investigar necesidades clínicas no resueltas • Definir especificaciones técnicas del prototipo • Establecer criterios de éxito y validación • Desarrollar cronograma y metodología de trabajo Diseño de arquitectura del sistema • Crear diagrama de bloques del sistema completo • Seleccionar componentes hardware apropiados • Diseñar algoritmos de procesamiento específicos • Planificar interfaz de usuario y visualización Implementación de hardware • Construir circuitos de instrumentación y acondicionamiento

- Integrar sensores y sistemas de adquisición
- Implementar alimentación y protecciones
- Realizar pruebas de funcionamiento básico

Desarrollo de software

- Programar algoritmos de procesamiento en tiempo real
- Implementar interfaz gráfica de usuario
- Desarrollar sistema de almacenamiento de datos
- Integrar comunicaciones y conectividad

Validación y refinamiento

- Realizar pruebas con señales simuladas y reales
- Evaluar rendimiento según especificaciones
- Documentar limitaciones y áreas de mejora
- Preparar demostración funcional

Presentación del prototipo

- Demostrar funcionalidad completa del sistema
- Presentar análisis de viabilidad técnica y comercial
- Discutir aplicaciones clínicas potenciales
- Proponer pasos siguientes para desarrollo

RESULTADOS ESPERADOS

Prototipo funcional completamente integrado
 Demostración exitosa de capacidades del sistema
 Documentación técnica completa
 Análisis de viabilidad y potencial de mercado

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿El prototipo resuelve efectivamente el problema clínico identificado?
 ¿Cuáles son las principales limitaciones técnicas y cómo se podrían resolver?
 ¿Qué consideraciones regulatorias serían necesarias para comercialización?
 ¿Cuál es el potencial de impacto clínico y comercial del desarrollo?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El desarrollo de prototipos biomédicos requiere integración multidisciplinaria y enfoque centrado en el usuario final. Los estudiantes deben comprender que la innovación tecnológica debe abordar necesidades clínicas reales y considerar factores humanos, regulatorios y económicos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar proceso de aprobación regulatoria para dispositivos médicos
Desarrollar plan de negocio para comercialización
Estudiar casos de éxito en innovación biomédica

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Funcionalidad completa del prototipo (35%) Innovación y originalidad de la solución (25%) Calidad técnica de implementación (20%) Presentación y documentación (20%)
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de dominio técnico de la práctica Lista de cotejo para uso seguro de equipos Rúbrica de trabajo colaborativo
Formatos de reporte de prácticas	Formato estándar de reporte de práctica de laboratorio Plantilla de análisis de datos experimentales Formato de conclusiones y aplicaciones profesionales

FUENTES DE INFORMACIÓN

Alciatore, D. G. (2011). *Introduction to mechatronics and measurement systems*. McGraw-Hill Education.

Blanco Velasco, M. (2010). *Problemas de tratamiento digital de señales*. Editorial Universidad de Alcalá. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/53513>

Blanco Velasco, M., & Cruz Roldán, F. (2014). *Problemas de tratamiento digital de señales* (2ª ed.). Editorial Universidad de Alcalá. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/42942>

Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital image processing*. Pearson.

González Marcos, A., Alba Elías, F., & Ordieres Meré, J. (2014). *Ingeniería de proyectos*. Dextra Editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/43933>

Jouaneh, M. (2012). *Fundamentals of mechatronics*. Cengage Learning.

Kumar, S. (2020). *Análisis de datos de audio con Python – Editor de audio básico*.

Manolakis, D. G., Ingle, V. K., & Kogon, S. M. (2011). *Statistical & adaptive signal processing*. Artech House Publishers.

Martínez Giménez, F. (2013). *Tratamiento de señales digitales mediante wavelets y su uso con Matlab*. ECU.

Opencv-python. (2023, febrero 22). *PyPI*. <https://pypi.org/project/opencv-python/>

Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (2007). *Tratamiento digital de señales*. Pearson Educación.

Python, R. (2015, agosto 9). *PyVST - Procesamiento de audio con VST*. Recursos Python. <https://recursospython.com/guias-y-manuales/pyvst-procesamiento-de-audio-con-vst/>

Quintero M., C. G. (2014). *Instrumentación electrónica aplicada: Prácticas de laboratorio*. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/70061>

Suárez Vargas, F. C. (2020). *Análisis matemático de señales y sistemas*. Jorge Sarmiento Editor - Universitas. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/172507>

Torres Hernández, Z. (2014). *Administración de proyectos*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/39414>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

IEC 60601-1 - Equipos electromédicos. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencial

IEC 60601-2-47 - Equipos electromédicos. Parte 2-47: Requisitos particulares para sistemas de electrocardiografía ambulatoria

IEC 62304 - Software de dispositivos médicos - Procesos del ciclo de vida del software

ISO 14155 - Investigación clínica de dispositivos médicos para seres humanos

IEEE 11073 - Estándares para comunicación de dispositivos médicos

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

HL7 - Health Level Seven International - Estándares de intercambio de información en salud

FDA 21 CFR 820 - Sistema de calidad para dispositivos médicos



ANEXOS

Anexo 1: Códigos de Ejemplo

A1.1 - Código MATLAB para Filtro FIR

```
matlab  
  
% Diseño de filtro FIR para señales biomédicas  
  
fs = 1000;      % Frecuencia de muestreo  
fc = 40;        % Frecuencia de corte  
order = 50;     % Orden del filtro
```

```
  
% Diseño del filtro  
  
b = fir1(order, fc/(fs/2), 'low');
```

```
  
% Respuesta en frecuencia  
  
[H, f] = freqz(b, 1, 1024, fs);
```

```
  
% Visualización  
  
figure;  
subplot(2,1,1);  
plot(f, 20*log10(abs(H)));  
xlabel('Frecuencia (Hz)');  
ylabel('Magnitud (dB)');  
title('Respuesta en Frecuencia - Filtro FIR');
```

```
  
subplot(2,1,2);  
plot(f, angle(H)*180/pi);  
xlabel('Frecuencia (Hz)');  
ylabel('Fase (grados)');
```

A1.2 - Código Python para Procesamiento de ECG

```
python  
  
import numpy as np  
import scipy.signal as signal  
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
def process_ecg(ecg_signal, fs=360):
    """
    Procesa señal de ECG para detección de complejos QRS
    """
    # Filtro pasabandas (5-15 Hz)
    sos = signal.butter(4, [5, 15], 'bandpass', fs=fs, output='sos')
    filtered = signal.sosfiltfilt(sos, ecg_signal)

    # Derivada
    diff_ecg = np.diff(filtered)

    # Cuadrado
    squared = diff_ecg ** 2

    # Integración móvil
    window_size = int(0.150 * fs) # 150 ms
    integrated = np.convolve(squared, np.ones(window_size)/window_size, mode='same')

    # Detección de picos
    peaks, _ = signal.find_peaks(integrated, height=np.max(integrated)*0.3)

    return peaks, integrated

# Ejemplo de uso
# ecg_data = cargar_ecg() # Función para cargar datos
# qrs_peaks, processed = process_ecg(ecg_data)
```

Anexo 2: Especificaciones Técnicas

A2.1 - Especificaciones para Instrumentación de ECG

Parámetro	Especificación	Tolerancia
Amplificador		
Ganancia	1000 V/V	±5%
Impedancia de entrada	>10 MΩ	@ 10 Hz

Parámetro	Especificación	Tolerancia
CMRR	>100 dB	@ 60 Hz
Ancho de banda	0.05 - 100 Hz	±3 dB
Conversión A/D		
Resolución	12 bits mínimo	
Frecuencia de muestreo	360 Hz mínimo	
Rango de entrada	±5 mV	
Seguridad		
Corriente de fuga	<10 µA	Tipo CF
Aislamiento	4000 V	

A2.2 - Especificaciones para Procesamiento de Audio

Parámetro	Especificación	Rango
Señal de entrada		
Rango dinámico	16-24 bits	
Frecuencia de muestreo	44.1 - 96 kHz	
Rango de frecuencia	20 Hz - 20 kHz	
Procesamiento		
Latencia máxima	<10 ms	Tiempo real
THD+N	<0.01%	@ 1 kHz
SNR	>90 dB	A-weighted
Filtros		
Bandas de ecualización	10-31 bandas	ISO estándar
Rango de ajuste	±15 dB	Por banda

Anexo 3: Casos de Estudio

A3.1 - Caso: Desarrollo de Monitor Cardíaco Portátil

ESCENARIO: Se requiere desarrollar un monitor cardíaco portátil para pacientes ambulatorios que permita detección temprana de arritmias.

REQUERIMIENTOS:

- Adquisición continua de ECG de una derivación
- Batería de al menos 24 horas
- Conectividad inalámbrica para transmisión de datos
- Algoritmos de detección automática de arritmias
- Interfaz móvil para visualización

DESAFÍOS TÉCNICOS:

1. **Consumo de energía:** Optimizar algoritmos para bajo consumo
2. **Calidad de señal:** Mantener SNR adecuado en movimiento
3. **Detección confiable:** Minimizar falsos positivos
4. **Conectividad:** Transmisión segura de datos médicos

ACTIVIDADES A DESARROLLAR:

1. Diseñar sistema de adquisición de bajo consumo
2. Implementar algoritmos de procesamiento eficientes
3. Desarrollar protocolo de comunicación segura
4. Crear interfaz de usuario intuitiva
5. Validar con datos clínicos reales

A3.2 - Ejercicio de Cálculo: Análisis de FFT

PROBLEMA: Una señal de ECG muestreada a 360 Hz contiene los siguientes componentes:

- Señal cardiaca: 1-40 Hz
- Interferencia de línea: 60 Hz
- Ruido muscular: 20-200 Hz
- Deriva de línea base: 0-0.5 Hz

CALCULAR:

1. **Resolución frecuencial mínima** para separar componentes
2. **Longitud de ventana** requerida para FFT
3. **Especificaciones de filtros** para limpieza de señal
4. **SNR esperada** después del filtrado

SOLUCIÓN:

1. Resolución frecuencial = f_s/N , donde N es longitud de ventana Para separar 1 Hz: $N \geq 360$ muestras
2. Para resolución de 0.1 Hz: $N = 3600$ muestras (10 segundos)
3. Filtros requeridos:
 - Pasa altas: $f_c = 0.5$ Hz (eliminar deriva)
 - Pasa bajas: $f_c = 40$ Hz (eliminar ruido muscular)
 - Notch: $f_c = 60$ Hz (eliminar interferencia de línea)
4. SNR mejora: aproximadamente 15-20 dB con filtrado adecuado

Anexo 4: Rúbricas Especializadas

A4.1 - Rúbrica para Desarrollo de Prototipo

CRITERIO	EXCELENTE (10)	BUENO (8-9)	SATISFACTORIO (7)	INSUFICIENTE (6)
Innovación	Solución completamente original que aborda necesidad crítica no resuelta	Solución novedosa con mejoras significativas sobre existentes	Solución con elementos innovadores aplicados correctamente	Solución básica sin elementos innovadores
Funcionalidad técnica	Prototipo completamente funcional, robusto y confiable	Prototipo funcional con especificaciones cumplidas	Prototipo funcional básico con limitaciones menores	Prototipo parcialmente funcional
Calidad de implementación	Implementación profesional con documentación completa	Buena implementación con documentación adecuada	Implementación correcta con documentación básica	Implementación deficiente o incompleta
Viabilidad clínica	Alto potencial de adopción clínica con validación sólida	Buena viabilidad con validación apropiada	Viabilidad demostrada con validación básica	Viabilidad incierta o no demostrada
Presentación	Comunicación clara, profesional y convincente	Buena comunicación con estructura clara	Comunicación adecuada con elementos básicos	Comunicación deficiente o confusa

A4.2 - Rúbrica para Análisis de Señales

CRITERIO	EXCELENTE (10)	BUENO (8-9)	SATISFACTORIO (7)	INSUFICIENTE (6)
Selección de métodos	Selección óptima de técnicas justificada teóricamente	Selección apropiada con buena justificación	Selección correcta con justificación básica	Selección i# MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu