

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA

COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA

PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

- 1. Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Mexicali; Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada; y Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas.
- 2. Programa Educativo:** Bioingeniero
- 3. Plan de Estudios:** 2020-1
- 4. Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Procesamiento Digital de Bioseñales
- 5. Clave:** 36246
- 6. HC:** 02 **HL:** 02 **HT:** 01 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 07
- 7. Etapa de Formación a la que Pertenece:** Disciplinaria
- 8. Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Obligatoria
- 9. Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Sistemas de Control



Equipo de diseño de PUA

Firma

Miguel Enrique Bravo Zanoguera

Roberto López Avitia

Norma Barboza Tello

Esperanza Guerra Rosas

Fecha: 31 de octubre de 2018

Vo.Bo. de subdirector(es) de

Unidad(es) Académica(s)

Alejandro Mungaray Moctezuma

Humberto Cervantes De Ávila

María Cristina Castañón Bautista

Firma

[Handwritten signatures]
M. CRISTINA CASTAÑÓN B.

II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

El curso tiene como finalidad que el alumno aprenda las técnicas de procesamiento digital de señales que se utilizan en los instrumentos biomédicos como parte de un sistema de medición y análisis de variables biofisiológicas.

Esta unidad de aprendizaje es de carácter obligatorio, se encuentra en la etapa disciplinaria del plan de estudios y tiene como requisito el haber aprobado el curso de Sistemas de Control.

La aplicación de los fundamentos teóricos y prácticos de esta unidad de aprendizaje contribuye a la formación integral de profesionales, en el desarrollo de productos, servicios y soluciones de equipos e instrumentos de uso biomédico y biotecnológico, se emplea el tratamiento de la información para la prueba, calibración y el diseño, además de que responde a las necesidades del progreso científico y técnico en el campo del procesamiento de señales digitales.

Esta asignatura pertenece a la etapa disciplinaria con carácter obligatorio en el área de Ingeniería Aplicada y Diseño.

III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Analizar y manipular bioseñales caracterizadas por una secuencia de datos, a través de operaciones lineales e invariantes en el tiempo, para obtener información sobre el estado en el dominio de tiempo y el dominio de la frecuencia de un sistema biofisiológico, con responsabilidad, respeto y disciplina.

IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Elabora proyecto final donde se muestra la metodología empleada en el análisis de señales y sistemas discretos de tipo biofisiológico. Este se deberá entregar de forma impresa atendiendo las características siguientes: presenta la función de transferencia o respuesta en frecuencia, mapa de localización de polos y ceros de la función de transferencia, incluir código de programación, aplicando el filtro y sus parámetros, presenta las gráficas de señales de entrada y salida, definir las partes de la señal ECG, y descripción de los resultados y/o conclusiones.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

UNIDAD I. Bioseñales y conceptos generales de sistemas discretos.

Competencia:

Identificar las características de las señales fisiológicas, a través del planteamiento, estudio y solución de ejercicios relacionados, para comprender el proceso de medición y conversión analógico-digital de dichas señales; con disposición al trabajo colaborativo, actitud emprendedora y creativa.

Contenido:**Duración: 7 horas**

- 1.1. Fundamentos: algebra de números complejos e identidades trigonométricas
- 1.2. Bioseñales
 - 1.2.1 Señales comunes medidas en el diagnóstico médico
 - 1.2.2 Mediciones fisiológicas que involucran energía química, mecánica, eléctrica y térmica
- 1.3. Conceptos generales de señales y sistemas discretos
 - 1.3.1. Medidas de señales
 - 1.3.2. Operaciones sobre señales discretas
 - 1.3.3. Simetría par e impar
 - 1.3.4. Diezmación e interpolación
 - 1.3.5. Señales discretas comunes
 - 1.3.6. Representación mediante impulsos
 - 1.3.7. Armónicas y senoidales de tiempo discreto
 - 1.3.8. Muestreo de señales analógicas
 - 1.3.9. Alias y teorema de muestreo
- 1.4. Filtros digitales descritos con ecuaciones de diferencias
 - 1.4.1 Diagrama de filtros recursivos y no-recursivos
 - 1.4.2 Solución de ecuación de diferencias
 - 1.4.3. Ejemplos de aplicaciones: sistemas inversos, eco y reverberación

UNIDAD II. Convolución y respuesta impulso.

Competencia:

Utilizar operaciones de convolución y correlación, a través del estudio de sus propiedades, para aplicarlas en el análisis de sistemas lineales invariantes en el tiempo, con disposición al trabajo en equipo de manera responsable y honesta.

Contenido:

Duración: 5 horas

- 2.1. Convolución
- 2.1 Respuesta impulso (FIR, IIR)
- 2.2 Convolución discreta
- 2.3 Propiedades de la convolución
- 2.4 Convolución de secuencias finitas
- 2.5 Convolución periódica
- 2.6 Correlación cruzada y autocorrelación
- 2.7 Covarianza y autocovarianza

UNIDAD III. Representación en el dominio de la frecuencia.

Competencia:

Utilizar el análisis de Fourier, a través de la solución de problemas aplicados, para conocer las propiedades de las señales discretas en el dominio de la frecuencia, con responsabilidad, creatividad y disposición al trabajo colaborativo.

Contenido:

Duración: 10 horas

- 3.1. Series de Fourier y Transformada de Fourier
 - 3.1.1. Series de Fourier
 - 3.1.2. Espectro de señales periódicas
 - 3.1.3. Reconstrucción de la señal y fenómeno Gibbs
 - 3.1.4. Suavizado mediante ventanas espectrales
 - 3.1.5. Transformada de Fourier
 - 3.1.6. Pares de transformadas de Fourier y sus propiedades
 - 3.1.7. Efecto de las operaciones sobre el espectro
- 3.2. Transformada Discreta de Fourier
 - 3.2.1. Transformada de Fourier en Tiempo discreto (DTFT)
 - 3.2.2. Filtros ideales, truncamiento y selección de ventana
 - 3.2.3. Filtros pasa-bajas, pasa-altas y pasa-todo
 - 3.2.4. Respuesta en frecuencia de algoritmos discretos
 - 3.2.5. Transformada Discreta de Fourier (DFT) y formulación matricial
 - 3.2.6. Esparcimiento espectral y resolución
 - 3.2.7. Graficas tiempo-frecuencia
 - 3.2.8. Transformada Rápida de Fourier (FFT)

UNIDAD IV. Transformada Z y filtros digitales.

Competencia:

Calcular la Transformada Z de señales biofisiológicas, a través del estudio de sus propiedades, para utilizarla como una herramienta en el análisis de estas señales, de manera entusiasta y responsable.

Contenido:

Duración: 6 horas

- 4.1. Transformada Z y región de convergencia
- 4.2. Propiedades de la Transformada Z
- 4.3. Polos ceros y plano Z
- 4.4. Obtención de la función de transferencia y respuesta en frecuencia
- 4.5. Implicaciones de la colocación de polos y ceros en el diseño de filtros ranura
- 4.6. Filtro de separación
- 4.7. Filtros de peine y filtros rechaza-banda periódicos

UNIDAD V. Aplicaciones de filtros digitales en bioingeniería.

Competencia:

Aplicar las herramientas de procesamiento de señales a través del análisis y diseño de filtros digitales, para conocer su utilidad en el procesado digital de las señales biofisiológicas, con responsabilidad, creatividad y disposición al trabajo colaborativo.

Contenido:

Duración: 4 horas

- 5.1. Reducción de ruido aleatorio en bioseñales mediante promediación
- 5.2. Cancelación de deriva en bioseñales
- 5.3. Rechazo de interferencia en una señal de ECG
- 5.4. Análisis de fonocardiograma
- 5.5. Analizar el espectro de señales ECG, EMG, EEG y EOG

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	Evaluar números complejos, a través del uso de las fórmulas de Euler, para descubrir su utilidad en análisis de señales digitales, con procedimiento organizado, precisión y responsabilidad.	Se hace un repaso de números complejos y el uso de la calculadora científica, en base a una batería de ejercicios sobre operaciones combinadas con números reales y otra de números complejos. Llegando hasta la aplicación de los comandos de Matlab para manejo de números complejos.	Computadora Software científico Batería de ejercicios comprobados	2 horas
2	Emplear software científico, elaborando programas básicos, para modelado de señales, con disciplina y curiosidad	Se aborda la plataforma computacional interactiva de Matlab y las funciones especializadas para procesamiento de señales, a través de una guía de uso.	Computadora Software científico Guía de funciones inherentes de MATLAB	4 horas
3	Aplicar el lenguaje de Matlab, siguiendo la estructura y parámetros predefinidos, para crear funciones de usuario reutilizables con actitud propositiva	Usar el editor de MATLAB para escribir una serie de comandos en un archivo, creando así una función que puede aceptar argumentos de entrada y devolver argumentos de salida.	Computadora Software científico Documentación sobre Editor de MATLAB y creación funciones	2 horas
UNIDAD II				
4	Aplicar las funciones de Matlab, siguiendo los comandos preestablecidos, para realizar operaciones entre señales y compararlas, con actitud propositiva y honesta.	Utiliza las funciones de MATLAB para realizar la autocorrelación y correlación cruzada, encontrando periodicidad de una señal con ruido, para limpiarla de ruido, y para determinar el desfaseamiento entre señales	Computadora Software científico Archivos con secuencia de datos	2 horas
5	Utilizar función de Autovarianza, a	Realiza la autocovarianza de la	Computadora y software científico	2 horas

	través de Matlab, para comprobar el comportamiento de una señal fisiológica, con interés y compromiso.	función del ritmo cardiaco para determinar periodicidad.	Archivos con secuencia de datos	
UNIDAD III				
6	Contrastar las Series de Fourier trigonométrica, mediante el ambiente de Matlab, para conocer las limitaciones reales de sintetizar una señal, con integridad y pensamiento crítico.	Generar señales periódicas típicas programando la suma de senoidales siguiendo una serie de Fourier específica.	Computadora Software científico Serie de Fourier Trigonométrica	4 horas
7	Aplicar las funciones de Matlab, a través del cálculo de la Transformada de Fourier de funciones complejas, para encontrar la magnitud y fase de las señales, con voluntad y compromiso	Calcular la Transformada de Fourier, y graficar magnitud y fase de diversas señales.	Computadora Software científico	4 horas
UNIDAD IV				
8	Calcular la respuesta en frecuencia de algoritmos numéricos clásicos, usando las funciones de Matlab, para Identificar la exactitud de los algoritmos, con curiosidad y claridad.	Encontrar el espectro de Fourier de varios algoritmos numéricos y normalizar su respuesta por la respuesta ideal para observar la tendencia del error.	Computadora Software científico Tabla de algoritmos numéricos clásicos	4 horas
9	Desarrollar y aplicar las funciones de Matlab, usando el entorno de herramientas predefinidas, para el diseño de filtros digitales, con actitud emprendedora y pensamiento crítico.	Diseñar programas de filtros pasa alta, filtro rechaza-banda, tipo ranura, y filtro pasa-baja	Computadora Software científico	4 horas
UNIDAD V				
10	Medir los espectros pertenecientes a diferentes bioseñales, mediante	Analizar el espectro de señales ECG, EMG, EEG y EOG de un	Computadora Software científico	4 horas

	el uso de la transformada rápida de Fourier, para descubrir sus características propias de frecuencia, con disciplina y precisión.	registro Polisomnográfico http://www.physionet.org/pn3/shhp_sgdb/	Base de datos de registro de bioseñales	
--	--	--	---	--

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	Evaluar números complejos, para descubrir su utilidad en análisis de señales digitales, a través del uso de la calculadora científica y de software, con organización y responsabilidad.	Repaso de Números Complejos, Formulas de identidades senoidales, trigonométricas, fasores	Computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB y creación funciones, archivos con secuencia de datos, tabla de algoritmos numéricos clásicos, base de datos de registro de Bioseñales,	1 hora
2	Clasificar las bioseñales por el tipo de energía involucrada, para interpretar la información transportada, con interés y responsabilidad por los problemas de salud física.	Se revisan ejemplos de energía que transporta información relacionada a una medición fisiológica, de biometría y de actividad humana, y las variables asociadas en mediciones fisiológicas	Tabla de energía y bioseñal Gráficas típicas de bioseñal y rangos, computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	1 hora
UNIDAD II				
3	Calcular propiedades de señales discretas, empleando las definiciones matemáticas correspondientes, para recopilar información, con actitud proactiva e iniciativa.	Se realiza el cálculo de periodicidad de señales senoidales muestreadas; operaciones de escalamiento y desplazamiento en el tiempo; se realiza las operaciones de simetría	Calculadora Formulario Ejemplos del libro de texto, computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de	1 hora

		par e impar, y de interpolación y diezmación.	MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	
4	Modelar señales discretas, con base a sumatoria de impulsos, para producir una expresión alterna de la señal, con una actitud de confianza en su capacidad.	Se hace la descripción matemática de señales como sumatoria de impulsos desplazados en tiempo. Se describe las características de las senoidales de tiempo discreto, relacionado a un alias y al teorema de muestreo.	Formulario Ejemplos del libro de texto	1 hora
5	Calcular parámetros de desempeño, usando herramientas matemáticas de medición, para reconocer la calidad de los sistemas, con pensamiento crítico y compromiso.	Se calcula la relación señal a ruido (SNR) y del RMS, así como de histogramas de señales y ruido.	Formulario Ejemplos del libro de texto, computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	1 hora
6	Definir filtros digitales, aplicando la teoría de sistemas LTI, para procesar señales, de manera analítica y responsable.	Describir sistemas lineales invariantes en el tiempo (LTI) como filtros digitales, ecuación de diferencias y construcción en diagrama de bloques de filtros digitales.	Formulario Ejemplos del libro de texto Plantillas de diagrama a bloques de ecuaciones diferencia, computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	1 hora
7	Contrastar modelos de sistema típicos, usando la función "Filter" y grabación de audio, para comprobar sus ecuaciones, con disposición y tolerancia.	Se realizan ejemplos orientados a las aplicaciones de eco y reverberación, y se encuentra sus sistemas inversos.	Formulario Ejemplos del libro de texto Computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	1 hora
UNIDAD III				
8	Realizar la operación de suma de convolución, usando los conceptos de linealidad e invariancia en el tiempo, para obtener la respuesta	Se realiza la respuesta al impulso de filtros digitales usando la convolución de secuencias finitas. Empleando tanto la convolución	Formulario Ejemplos del libro de texto Software científico, computadora, software científico, batería de	1 hora

	de filtros digitales, con capacidad de identificar y resolver problemas.	regular como la convolución circular. Se aplican funciones inherentes de MATLAB para la convolución.	ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	
9	Comprender la teoría de Fourier, articulando la matemática clásica de tiempo y frecuencia, para aplicarla en el diseño de filtros, con pensamiento crítico y compromiso.	Se realiza un repaso de las Series de Fourier y Transformada de Fourier.	Tablas de Propiedades de Fourier	1 hora
10	Conocer y ejercitar las funciones de Matlab, a través del cálculo de la Transformada de Fourier de funciones complejas, para distinguir magnitud y fase de las señales, con voluntad y compromiso	Se hacen ejercicios de la Transformada de Fourier de Tiempo Discreto (DTFT) y respuesta en frecuencia.	Tabla de transformadas y propiedades. Computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	1 hora
11	Calcular los parámetros característicos a través de la función de transferencia para determinar el desempeño de filtros, con pensamiento crítico.	Se resuelve la fórmula de Frecuencia de Corte o de Potencia Media para un sistema específico.	Calculadora Formulario Resolución de ejemplos Computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	1 hora
12	Aplicar la Transformada Discreta de Fourier (DFT), por medio de muestras en tiempo y frecuencia de una señal, para convertir al dominio de la frecuencia discreta, con capacidad de identificar y resolver problemas.	Se aplica la formulación de la DFT a secuencias específicas de datos.	Calculadora Formulario Resolución de ejemplos, computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	1 hora
UNIDAD IV				
13	Transformar señales al dominio Z, aplicando las propiedades de transformación, para formular	Aplicar la Transformada Z y encontrar la función de transferencia y respuesta en	Tabla de transformadas, computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado,	1 hora

	alternativas de solución, con pensamiento crítico.	frecuencia de filtros representados por su ecuación de diferencias.	guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	
14	Determinar la respuesta en frecuencia, sustituyendo valores sobre el círculo unitario, para reproducir la función de transferencia, con capacidad de identificar y resolver problemas.	Se realiza la identificación de filtros a través de sus diagramas de polos y ceros.	Manual de funciones de software científico Criterios para colocación de raíces en el plano Z	1 horas
15	Desarrollar y aplicar las funciones de Matlab, usando los algoritmos de colocación de polos y ceros, para diseño de filtros digitales, con actitud emprendedora	Diseñar filtros de primer orden, pasa bajas y pasa altas.	Manual de funciones de software científico, computadora, software científico, batería de ejercicios comprobado, guía de funciones inherentes de MATLAB, documentación sobre Editor de MATLAB.	2 hora

VII. MÉTODO DE TRABAJO

Encuadre:

El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno, a fin de establecer el clima propicio en el que el estudiante desarrolle capacidades creativas y potencialice habilidades técnicas de ingeniería a través del estudio del procesamiento digital de bioseñales.

Estrategia de enseñanza (docente):

Técnica expositiva, promueve el aprendizaje colaborativo y autónomo, el diálogo y la discusión de resultados, facilita el aprendizaje basado en problemas, funge como guía y moderador del aprendizaje,

Estrategia de aprendizaje (alumno):

Trabajo en equipo, sesiones de taller y experimentales, ejercicios de reflexión y crítica, investigación bibliográfica, resolución de ejercicios prácticos y problemas.

VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

Criterios de acreditación

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

Criterios de evaluación

Evaluación parcial.....	50%
(Solución a los problemas de forma explícita, coherente y ordenada)	
Participación, tareas y talleres.....	15%
(Intervención que aporta elementos significativos para el aprendizaje. Respeto a los integrantes del grupo al emitir juicios y al recibirlos. Presentación de tareas de forma puntual y con una redacción clara y excelente ortografía.)	
Desarrollo de prácticas de laboratorio.....	15%
(Realización de reportes de prácticas de laboratorio que muestren evidencias fotográficas del desarrollo de las mismas)	
Evidencia de desempeño (Elaboración de proyecto final).....	20%

IX. REFERENCIAS

Básicas	Complementarias
<p>Ambardar, A., Urbina E. y Nagore, G. (2002). <i>Procesamiento de señales analógicas y digitales</i>. México: Thomson Learning. [clásica]</p> <p>Proakis, J. G., Manolakis, D. G. y Santalla del Río, V. (2000). <i>Tratamiento digital de señales</i>. España: Prentice Hall. [clásica]</p> <p>Semmlow, J. (2012) <i>Signals and systems for bioengineers</i>. (2ª ed.). Estados Unidos: Academic Press. [clásica]</p> <p>Tan, L., Jiang, J. (2013). <i>Digital signal processing, fundamentals and applications</i>. Estados Unidos: Elsevier.</p>	<p>Devasahayan, S. R. (2000). <i>Signals and systems in biomedical engineering: signal processing and physiological systems modeling</i>. Estados Unidos: Kluwer</p> <p>Giron –Sierra, J. M. (2017). <i>Digital signals processing with Matlab Examples</i>. Singapur: Springer.</p> <p>Lessard, C. S. (2006). <i>Signal processing of random physiological signals</i>. Estados Unidos: Morgan & Claypool Publishers</p> <p>Gopi, E. S. (2018). <i>Multi-Disciplinary Digital Signal Processing. A Functional Approach Using Matlab</i>. Suiza: Springer</p> <p>Hussain, Z. M., Sadik, A. Z. y O' Shea, P. (2011). <i>Digital signal processing, an introduction with MATLAB and applications</i>. Alemania: Springer.</p>

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente de esta asignatura debe poseer formación inicial en Bioingeniería, Ingeniería Biomédica, Ingeniero Biotecnólogo o área afín. Tener formación especial en procesamiento digital de señales. Experiencia profesional en áreas de instrumentación y como docente en ingeniería. Además, debe manejar las tecnologías de la información, comunicarse efectivamente y ser facilitador de la colaboración. Ser una persona proactiva, innovadora, analítica, responsable, con un alto sentido de la ética y capaz de plantear soluciones metódicas a un problema dado, con vocación de servicio a la enseñanza.