

**PROGRAMA DE CURSO
“DEEP LEARNING” PARA PROCESAMIENTO DE SEÑALES**

A. Antecedentes Generales del curso:

1. Departamento	Eléctrica					
2. Nombre del curso	“Deep learning” para procesamiento de señales.					
3. Nombre del curso en inglés	Deep learning for signal processing.					
3. Código del Curso	EL7060			4. Créditos del curso	6 créditos	
5. Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
6. Carácter del curso	Obligatorio		Electivo	X	Electivo de línea de especialización Electivo de postgrado	
7. Requisitos	EL3203 Análisis de señales.					

B. Propósito del curso:

Este curso se inicia con un enfoque práctico para entender los elementos básicos de procesamiento de señales. Después entrega los fundamentos de las tecnologías de redes neuronales y “deep learning” para después abordar problemas de reconocimiento de patrones, regresión no-lineal y reducción o eliminación de distorsiones en varios ámbitos de aplicación tales como procesamiento de voz, sismología, salud, volcanología, comunicaciones, etc.

Para realizar las tareas propuestas en el curso, se espera que los/las estudiantes realicen un análisis del estado del arte con respecto al problema de procesamiento de señales que se desea abordar usando “deep learning”. En este sentido los/las estudiantes deberán argumentar en favor de la solución adoptada y compararla con otras técnicas dentro o fuera del ámbito de “deep learning”.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG) del pregrado del programa de Ingeniería Civil Eléctrica:

Competencias específicas:

CE1 Formular, analizar, simular y usar modelos fisicomatemáticos que caractericen sistemas dinámicos y fuentes de incertidumbre.

CE2 Concebir y aplicar conocimientos de ciencias físicas y matemáticas para el desarrollo de soluciones tecnológicas a problemáticas de la Ingeniería Eléctrica y áreas afines.

CE3 Analizar, usar experimentos e interpretar sus resultados para la verificación y validación de desarrollos tecnológicos.

CE4: Concebir, diseñar y evaluar, dispositivos, sistemas y desarrollos científico-tecnológicos para la solución de problemas en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, considerando especificaciones técnicas, así como requerimientos económicos, ambientales, sociales y éticos.

CE5: Resolver problemas y optimizar soluciones en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica utilizando conceptos, enfoques y metodologías apropiadas.

Competencias genéricas:

CG1 Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales diversos.

CG6 Gestionar su autoaprendizaje en el desarrollo del conocimiento de su profesión, adaptándose a los cambios del entorno.

Además, tributa a las siguientes competencias de los programas de postgrado (Magíster y Doctorado):

- Crear una sólida formación teórica y técnica en tópicos avanzados de Ingeniería Eléctrica.
- Trabajar en la frontera del conocimiento.
- Desarrollar habilidades para la investigación.

C. Resultados de Aprendizaje

Competencias Específicas	Resultados de Aprendizaje
CE2	RA1. Utiliza técnicas básicas de procesamiento de señales.
CE2-CE5	RA2 Propone soluciones basadas en “deep learning”, logrando modelar problemas en el ámbito de procesamiento de señales.
CE3-CE4	RA3. Diseña, implementa y compara soluciones basadas en “deep learning” para problemas en el ámbito de procesamiento de señales.
Competencias Genéricas	Resultados de Aprendizaje
CG1	RA4. Redacta informes y realiza presentaciones del problema de interacciones electromecánicas, expresando de manera efectiva, clara y precisa los resultados obtenidos en cada fase de la investigación realizada a fin de comunicar dichos resultados.
CG6	RA5. Programa soluciones de “deep learning” en las plataformas adecuadas gestionando el autoaprendizaje para alcanzar los objetitos deseados.

C. Unidades Temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA1	Fundamentos de procesamiento de señales	2
Contenidos		Indicador de logro	
<ol style="list-style-type: none"> Transformada de Fourier. Teorema del muestreo. Transformada Discreta de Fourier (DFT, “Discrete Fourier Transform”) y Transformada Rápida de Fourier (FFT, “Fast Fourier Transform”). Filtros FIR e IIR. Análisis de predicción lineal (LPC, “Linear Prediction Coding”). Cuantización vectorial. 		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Aplica e interpreta análisis de Fourier. Usa el teorema del muestreo en señales provenientes de diversos procesos. Analiza el resultado de la FFT aplicada a señales de provenientes de diversos procesos. Diseña y utiliza filtros digitales FIR o IIR. Comprende el problema de predicción lineal como una forma de modelo auto-regresivo. Aplica cuantización vectorial. 	
Bibliografía de la Unidad		[1]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA2	Redes neuronales y “deep learning”	3
Contenidos		Indicador de logro	
<ol style="list-style-type: none"> Perceptrón multicapa (MLP, “Multilayer Perceptron”) y el teorema de la aproximación universal. Redes convolucionales (CNN, “Convolutional Neural Networks”) y redes neuronales con retardo de tiempo (TDNN, “Time Delay Neural Networks”). Redes neuronales recurrentes (RNN, “Recurrent Neural Networks”). Redes atencionales. Técnicas de entrenamiento. 		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Interpreta los alcances del Teorema de la Aproximación Universal para redes neuronales. Analiza y compara las diferentes arquitecturas de redes neuronales y las combinaciones de estas en función del contexto de aplicación. Evalúa la aplicabilidad de “deep learning” a series discretas de tiempo. 	
Bibliografía de la Unidad		[1][2][3][4]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA2, RA3, RA4 y RA5.	Problemas de reconocimiento de patrones con “deep learning”	4
Contenidos		Indicador de logro	
<ol style="list-style-type: none"> Reconocimiento de patrones y el Teorema de Bayes. Aplicación de “deep learning” a problemas de reconocimiento de patrones. Parámetros diseñados vs. datos crudos. Entrenamiento multicondición vs. técnicas de compensación o de reducción de distorsiones. Ejemplos de casos de estudio de la aplicación de “deep learning” a problemas de reconocimiento de patrones: <ul style="list-style-type: none"> - Procesamiento de voz. - Sismología - Volcanología. - Etc. 		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Compara el problema de reconocimiento de patrones en diferentes contextos. Justifica la adopción de configuraciones para el uso de “deep learning” aplicado al reconocimiento de patrones. Toma decisión sobre el uso de “designed features” o “raw data”. Justifica la adopción de “multicondition training” o de técnicas de compensación o reducción de distorsiones. Concibe e implementa una solución para un problema de reconocimiento de patrones. 	
Bibliografía de la Unidad		[1][2][6]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
--------	-------------------	---------------------	---------------------

4	RA2, RA3, RA4 y RA5.	Regresión no-lineal con “deep learning”.	2
Contenidos		Indicador de logro	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El problema de regresión no-lineal. 2. Aplicación de “deep learning” al problema de regresión no-lineal. 3. Ejemplos de casos de estudio de la aplicación de “deep learning” al problema de regresión lineal: <ul style="list-style-type: none"> - Salud. - Sismología. - Etc. 		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Examina problemas de regresión no-lineal e identifica las variables pertinentes según modelos del problema. 2. Analiza y evalúa las arquitecturas de “deep learning” más adecuadas para un dado problema de regresión no-lineal. 3. Concibe e implementa una solución para un problema de regresión no –lineal. 	
Bibliografía de la Unidad		[1][2][6]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	RA2, RA3, RA4 y RA5.	Reducción o eliminación de distorsiones no deseadas en señales usando “deep learning” en procesamiento de voz.	4
Contenidos		Indicador de logro	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cancelación de ruido aditivo con “deep learning”. 2. El problema de “mismatch” de transductores y ruido aditivo abordado con “multicondition training”. 3. El problema de reverberación y “deep learning”. 4. El problema de canal acústico variable en el tiempo e interacción humano-robot. 5. Técnicas de “beamforming” o filtrado espacial con “deep learning”. 		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprende los diferentes tipos de distorsión encontrados en las señales. Se da énfasis a señales acústicas como caso de estudio. 2. Compara arquitecturas de “deep learning” para reducir o eliminar distorsiones no deseadas de la señal. 3. Concibe e implementa una solución para reducir o eliminar al menos un tipo de distorsión en señales. 	
Bibliografía de la Unidad		[1][5][6]	

D. Estrategias de enseñanzas:

La metodología de trabajo para conseguir los resultados planteados para el proceso de enseñanza—aprendizaje está basada en la participación activa de los alumnos. Las principales actividades a realizar son:

- Clases expositivas.
- Análisis de artículos.
- Trabajos experimentales.

E. Estrategias de evaluación:

La evaluación estará orientada a verificar avances de parte de los estudiantes y demostración de resultados de aprendizaje mediante:

- Tareas analíticas o de simulación.
- Trabajos experimentales en equipo.
- Presentaciones orales.
- Elaboración de informes.

Las tareas y trabajos experimentales darán cuenta del resultado de aprendizaje del curso.

F. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Apuntes de clase actualizado
- [2] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. “Deep Learning”. The MIT press, 2016.
- [3] Nithin Buduma, Nikhil Buduma, Joe Papa. “Fundamentals of Deep Learning”. Second Edition. Oreilly. 2022.

Bibliografía complementaria:

- [4] Simon Haykin. “Neural Networks and Learning Machines”. Third Edition, Pearson, 2011
- [5] Jacob Benesty, Israel Cohen, Jingdong Chen. “Fundamentals of Signal Enhancement and Array Signal Processing”. Wiley Online Library. 2017.
- [6] Bases de datos IEEEExplore, ACM, Elsevier, Springer.

G. Datos Generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2024
Elaborado por:	Néstor Becerra Yoma
Validado por:	Área de Gestión Curricular
Revisado por:	Académicos del área TIC