

<b>TÍTULO:</b>	REDES NEURONALES	
<b>AÑO:</b>	2025	<b>CUATRIMESTRE:</b> SEGUNDO
<b>CARGA HORARIA:</b>	90 HORAS	
<b>CARRERA/S:</b>	<p>Carreras de FAMAF, de grado y posgrado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lic. en Cs. de la Computación (Optativa)</li> <li>• Lic. en Física (Especialidad)</li> <li>• Lic. en Matemática (Especialidad)</li> <li>• Lic. en Matemática Aplicada (Optativa)</li> <li>• Doctorados en Cs. de la Computación</li> <li>• Doctorado en Física</li> </ul> <p>Quienes cursen otras carreras, ya sea en la UNC o en otras instituciones, podrán cursarla como <b>alumnos de posgrado</b> (si tienen título de grado) , como <b>alumnos vocacionales</b> (si son estudiantes de grado) u oyentes.</p>	
<b>DOCENTES ENCARGADOS:</b>	Francisco Tamarit y Juan Ignacio Perotti	

### FUNDAMENTACIÓN

El curso tiene como principal objetivo dotar a los estudiantes avanzados de herramientas matemáticas y computacionales que le permitan encarar el desafío de entender, manejar y utilizar los algoritmos más modernos de aprendizaje automático basado en redes neuronales. A partir de elementos básicos del funcionamiento cerebral y del modelado de neuronas naturales, se construyen redes neuronales artificiales de creciente complejidad y tamaño, describiendo los conceptos y los métodos que explican su funcionamiento. En forma gradual se llega hasta los algoritmos hoy más conocidos y utilizados de aprendizaje profundo, haciendo hincapié en sus especificidades, sus fortalezas y debilidades como así también las aplicaciones más comunes.

Se busca que los estudiantes logren un manejo sólido de los principales conceptos utilizados en el modelado matemático de sistemas neuronales naturales y en el aprendizaje automático neuronal. Estos conocimientos teóricos se complementarán con prácticos numéricos que le permitan implementar las metodologías aprendidas utilizando librerías de Python especialmente diseñadas. Se espera que ante una situación particular puedan discernir cuáles son las mejores arquitecturas y tamaño para implementar soluciones industriales. Esto les permitirá incluir la inteligencia artificial como parte del diseño de proyectos de ingeniería industrial. Se fomenta la comparación entre métodos de regresión con aprendizaje automático y las técnicas estadísticas usuales. Dado los serios problemas éticos que conlleva la utilización de métodos basados en inteligencia artificial, se busca que reflexione sobre la utilización responsable de los contenidos

brindados en la materia.

### **MODALIDAD**

El curso se dictará virtualmente, por videoconferencia a través de la aplicación MEET (en su momento se brindará el enlace y la autorización). Tendrá una parte teórica de 60 horas, y una parte práctica de 30 horas. Además habrá trabajos prácticos que entregar lo cual requerirá aproximadamente de 30 horas de trabajo para lo cual habrá clases de consulta extras de clases prácticas.

### **PROGRAMA**

#### **PRIMERA PARTE: Modelado matemático de sistemas neuronales**

##### **Unidad 1: Elementos de Sistemas dinámicos.**

El concepto de sistema dinámico. El proceso de modelado. Linealidad vs. no linealidad. Describiendo un sistema dinámico desde el punto de vista matemático. Ecuaciones diferenciales ordinarias. Clasificación de Sistemas Dinámicos. Sistemas autónomos y no autónomos. Sistemas estacionarios vs. sistemas no estacionarios. Comportamiento caótico.

El caso unidimensional. Análisis geométrico de las soluciones: Puntos de equilibrio y el concepto de estabilidad. Análisis de estabilidad lineal. Existencia y unicidad. Diagramas de fases. Métodos numéricos para la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias. Método de Euler y métodos de Runge-Kutta de 2 y 4 orden. Análisis de bifurcaciones.

El caso bidimensional. Análisis de estabilidad lineal: Clasificación de los puntos fijos. El plano de fase. Puntos fijos y linealización. Bifurcaciones en sistemas bidimensionales.

El caso tridimensional y de dimensiones mayores a tres: El ejemplo del sistema de Lorenz. El concepto de caos. Atractores extraños. Sensibilidad a las condiciones iniciales. El exponente de Liapunov. El efecto de la dimensionalidad del sistema en su dinámica.

Sistemas discretos. Mapas unidimensionales. Puntos fijos. El mapa logístico. La ruta de duplicación de período al caos.

##### **Unidad 2: Modelado matemático de neuronas.**

Propiedades eléctricas de las neuronas. ¿Qué es una neurona artificial? Neurona de McCulloch y Pitts. Modelos "integrate-and-fire". Conductancias dependientes del voltaje. El modelo de Hodgkin y Huxley. Modelados de canales. Conductancia sináptica. El modelo neuronal de Izhikevich. Redes neuronales biológicas con neuronas de Izhikevich.

#### **SEGUNDA PARTE: Neurociencia computacional y sus aplicaciones al aprendizaje automático**

##### **Unidad 3: Introducción a las redes neuronales.**

¿Qué es el aprendizaje automático? Repaso y presentación de diferentes problemas y técnicas. Aprendizaje de conceptos. Árboles de decisión. Evaluación de hipótesis.

Aprendizaje Bayesiano. Conjuntos de clasificación. Reducción de dimensionalidad. Regresión lineal. Regresión no lineal y logística. Neuronas artificiales. Inspiración biológica. Historia. Redes de neuronas artificiales. La función de activación. Posibles arquitecturas.

**Unidad 4. Redes neuronales Feed-forward:** Reglas de la plasticidad sináptica. Aprendizaje no supervisado. El perceptrón simple. Neuronas escalón, lineales y no lineales. El método del descenso por el gradiente. El perceptrón multicapas. Separabilidad lineal. El método de back-propagation y algoritmos asociados. Generalización. Aproximación de funciones continuas. Aprendizaje no supervisado. Condicionamiento clásico. Aplicaciones.

**Unidad 5: Redes neuronales recurrentes:** Inspiración biológica. Funciones de base radial. Redes de base radial. Algoritmos. Aplicaciones. El modelo de Hopfield para memoria asociativa. Capacidad de almacenamiento. Neuronas estocásticas. El modelo de la pseudo inversa. Dilución sináptica. Mapas auto organizados. Red neuronal de Kohonen. La máquina de Boltzmann. Autoencoders.

**Unidad 6: Aprendizaje profundo:** Introducción al aprendizaje profundo. La supresión y explosión del gradiente. Descenso por el gradiente estocástico. Descenso por el gradiente adaptativo. Autoencoders apilados. Redes feed-forward profundas. Redes convolucionales. La máquina de Boltzmann profunda. Modelos generativos profundos. Transformers. Aplicaciones y casos de éxito.

## BIBLIOGRAFÍA

### Primera Parte

- "Nonlinear dynamics and chaos", S.H. Strogatz, Addison-Wesley Publishing Company, 1994.
- "Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems", P. Dayan and L. Abbot, MIT Press, 2001

### Segunda Parte

- "Machine Learning", T.M. Mitchell, McGraw-Hill, 1997.
- "Introduction to the Theory of Neural Computation", J. Hertz, A. Krogh and R.G. Palmer, Santa Fe Institute, 1991.
- "Deep learning", Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016
- "Neural Networks and Deep Learning", Michael A. Nielsen, Determination Press, 2016

### **MODALIDAD DE LA EVALUACIÓN**

Los y las estudiantes deberán entregar dos prácticos numéricos a lo largo del curso, cada uno con un respectivo informe. Además, deberá presentar un Trabajo Final Integrador de la materia, con contenidos teóricos y numéricos. Todos ellos serán evaluados con calificación de 0 a 10 puntos.

### **PROMOCIÓN**

Los y las estudiantes deberán:

1. cumplir un mínimo de 80% de asistencia a clases teóricas y prácticas,
2. aprobar todos los prácticos entregados con una nota no menor a 7 (siete),
3. aprobar los dos prácticos numéricos con nota no menor a 6 (seis) y promedio entre ellos no menor a 7 (siete),
4. aprobar el Informe Final Integrador de la Materia.

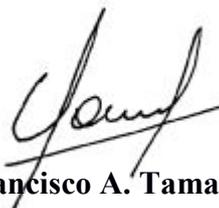
### **REGULARIDAD**

Los y las estudiantes deberán:

1. cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas y prácticas,
2. aprobar todos los prácticos entregados con una nota no menor a 6 (seis),

### **CONTACTO E INFORMACIÓN**

[francisco.tamarit@unc.edu.ar](mailto:francisco.tamarit@unc.edu.ar) o [juan.perotti@unc.edu.ar](mailto:juan.perotti@unc.edu.ar)



**Francisco A. Tamarit**