

**Facultad de Ingeniería**  
**Comisión Académica de Posgrado**

**Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente**

**Asignatura:** Aprendizaje profundo para el análisis de imágenes biomédicas

**Modalidad:**

(posgrado, educación permanente o ambas)

**Posgrado**

**Educación permanente**

**Profesor de la asignatura:** Dr. Enzo Ferrante (Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc), CONICET / Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina)

**Profesor Responsable Local:** Dr. Federico Lecumberry, G4DT, IIE

Otros docentes de la Facultad:

Docentes fuera de Facultad:

**Programa(s) de posgrado:** Maestría y Doctorado en Ing. Eléctrica, Computación, Matemática

**Instituto o unidad:** Instituto de Ing. Eléctrica

**Departamento o área:** Procesamiento de Señales

**Horas Presenciales:** 20

**Nº de Créditos:** 7

**Público objetivo:** Estudiantes de posgrado en Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Computación, Matemática o ramas afines.

**Cupos:** No hay cupos

(si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Asimismo, se adjuntará en nota aparte los fundamentos de los cupos propuestos. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción, hasta completar el cupo asignado)

**Objetivos:** Un tipo particular de métodos de aprendizaje automático conocido como "aprendizaje profundo" (o "deep learning" en inglés), ha revolucionado el mundo de las ciencias de la computación en los últimos años y desplazado las fronteras del estado del arte, particularmente en diversos problemas de visión artificial y análisis de imágenes tales como reconocimiento de objetos, clasificación, segmentación y registro de imágenes. Dichos problemas encuentran su correlato en el caso específico de las imágenes médicas, y han posibilitado el desarrollo de nuevas herramientas computacionales que alcanzan niveles de precisión cuasi-humanos en tareas concretas, tan variadas como la segmentación de tumores cerebrales en resonancias magnéticas, el diagnóstico de enfermedades cardíacas o la detección automática de planos de interés en ecografía fetal.

# Facultad de Ingeniería

## Comisión Académica de Posgrado

---

Este curso pretenderá brindar a los estudiantes los conceptos teóricos fundamentales y las herramientas prácticas necesarias para construir sus propios modelos de análisis de imágenes basados en aprendizaje profundo, con especial foco en aplicaciones relacionadas a las imágenes biomédicas.

Al final del curso, los alumnos serán capaces de implementar y entrenar modelos estándar basados en redes neuronales profundas para resolver problemas de segmentación, clasificación y registro de imágenes; conocerán las problemáticas generales que se abordan en el campo del análisis de imágenes biomédicas; y contarán con las herramientas tecnológicas necesarias para desarrollar nuevos modelos para el análisis automático de imágenes.

**Conocimientos previos exigidos:** Conocimientos básicos de Cálculo diferencial y matricial, Álgebra Lineal, Probabilidad y Estadística, y Programación (preferentemente Python).

**Conocimientos previos recomendados:** Familiaridad con conceptos básicos de reconocimiento de patrones, procesamiento de imágenes, optimización, programación en lenguaje Python.

### Metodología de enseñanza

(comprende una descripción de la metodología de enseñanza y de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura, distribuidas en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

Este curso teórico-práctico estará dividido en tres grandes bloques. En el primero, se abordan los conceptos básicos del aprendizaje automático, aprendizaje profundo, modelos de redes neuronales multicapa clásicos y los algoritmos necesarios para entrenarlos. El segundo, se centra en las redes neuronales convolucionales, un tipo particular de red neuronal especialmente adaptado al análisis de imágenes, y se estudian algunas de las arquitecturas propuestas en los últimos años para resolver problemas básicos de visión artificial y análisis de imágenes. En el tercer bloque, se profundiza en el caso particular del análisis de imágenes biomédicas, sus problemáticas específicas, y se estudian modelos recientemente propuestos para resolverlas mediante el uso de métodos basados en aprendizaje profundo.

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 10
- Horas de clase (práctico): 5
- Horas de clase (laboratorio): 0
- Horas de consulta: 4
- Horas de evaluación: 1
  - Subtotal de horas presenciales: 20
- Horas de estudio: 30
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 10
- Horas proyecto final/monografía: 40

1

## Facultad de Ingeniería

### Comisión Académica de Posgrado

---

- Total de horas de dedicación del estudiante: 100

#### Forma de evaluación

Se deberán entregar tres trabajos prácticos obligatorios (uno por bloque) y un trabajo final. Los trabajos prácticos serán desarrollados en lenguaje Python, utilizando Jupyter Notebook y las bibliotecas Numpy (cálculo matricial), Scikit-Learn (métodos clásicos de aprendizaje automático), Keras y Tensorflow (arquitecturas de aprendizaje profundo) y SimpleITK (procesamiento de imágenes médicas con métodos clásicos). Para la entrega de los trabajos prácticos se dispondrá de dos semanas luego de finalizado el curso, para el trabajo final se dispondrá de al menos cuatro semanas; las fechas serán coordinadas durante el curso.

- TP1: Introducción al aprendizaje automático con Scikit-learn. Implementación de un método simple de clasificación por vecino más cercano e introducción de buenas prácticas en aprendizaje automático.
- TP2: Introducción a la derivación automática con TensorFlow. Implementación de arquitecturas estándar para la resolución del problema de clasificación de dígitos MNIST con un perceptrón multicapa y con redes neuronales convolucionales profundas. Realización de un pequeño informe con análisis de resultados y curvas de entrenamiento.
- TP3: Implementación de una arquitectura profunda estándar tipo U-Net para la segmentación de estructuras anatómicas en imágenes 2D. Comparación de los resultados con métodos clásicos de segmentación de imágenes médicas implementados con SimpleITK. Realización de un pequeño informe con análisis de resultados, evaluación de alternativas de diseño y curvas de entrenamiento.
- Trabajo Final: el trabajo final sugerido consistirá en la implementación de un método basado en aprendizaje profundo para la resolución de uno de los desafíos abiertos sobre imágenes médicas propuestos en el repositorio Grand Challenge: [https://grand-challenge.org/All\\_Challenges/](https://grand-challenge.org/All_Challenges/). Se contemplará así mismo la posibilidad de realizar un trabajo final propuesto por los/las estudiantes, que deberá ser previamente acordado con el docente.

En base a las calificaciones recibidas durante el curso y a su desempeño en la instancia de defensa, el estudiante podrá reprobar la asignatura (nota 0) o aprobar la asignatura (nota 3 a 12).

#### Temario

**Bloque 1: Introducción al aprendizaje profundo.** Introducción y contexto histórico. Aprendizaje automático, conceptos básicos. Un algoritmo de clasificación simple: K-vecinos más cercanos. Medidas para evaluar la calidad de la clasificación. Buenas prácticas en aprendizaje automático.

Redes neuronales feedforward. Perceptrón multicapa. Funciones de pérdida. Métodos de regularización. ¿Cómo entrenar una red neuronal? Método del gradiente descendiente. Variantes del método: adaptativo, con momento y por mini-batches. Derivación automática y algoritmo de retropropagación. Aprendizaje profundo. Normalización de Batches. Métodos de inicialización. Dropout.

**Bloque 2: Redes neuronales convolucionales y su aplicación al análisis de imágenes.** Introducción a la visión computacional. Definición de problemas clásicos en visión: clasificación de imágenes,

## Facultad de Ingeniería

### Comisión Académica de Posgrado

---

detección de objetos, segmentación de imágenes, estimación de flujo óptico. Aproximaciones clásicas a la visión computacional. Medidas para evaluar la calidad de los algoritmos de segmentación.

Redes neuronales convolucionales (RNC). Pooling. Arquitecturas de RNC para visión computacional: LeNet, AlexNet, VGG Net,. Redes totalmente convolucionales: FCN. Arquitecturas para estimación de flujo óptico. Autocodificadores y sus aplicaciones al análisis de imágenes.

**Bloque 3: Aprendizaje profundo para el análisis de imágenes médicas.** Introducción a las imágenes médicas. Modalidades de imagen: Imágenes de Resonancia Magnética (IRM). Rayos-X. Tomografía Computada. Ultrasonido. Definición de problemas básicos del área. Formatos de almacenamiento de imágenes médicas.

Aprendizaje profundo para el análisis de imágenes médicas. Segmentación de patologías y estructuras anatómicas. Arquitecturas de RNC para segmentación de imágenes médicas: DeepMedic, U-Net. Segmentación de imágenes volumétricas.

Casos de aplicación. Segmentación de tumores en IRM. Registración de imágenes cardíacas. Síntesis de imágenes multimodales. Super-resolución de IRM anisotrópica.

#### **Bibliografía**

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

La mayor parte del material está disponible gratuitamente online o será provisto por el profesor

- Deep Learning. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville. MIT Press. 2016
- Computer Vision: A Modern Approach. David A. Forsyth, Jean Ponce. Second edition. ISBN: 978-0136085928.
- Deep Learning for Medical Image Analysis. 1st Edition. S. Kevin Zhou, Hayit Greenspan and Dinggang Shen. ISBN: 0128104082
- Digital image processing for medical applications. Dougherty, Geoff. Cambridge University Press, 2009.