

Digitally signed by ROMERO ACUÑA  
María Del Carmen  
Date: 2020.11.13 13:42:20 ART

Digitally signed by BOLLATI Adrian  
Americo  
Date: 2020.11.16 07:15:27 ART

Digitally signed by MAMMARELLA  
Enrique José  
Date: 2020.11.16 09:24:53 ART



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano

—



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXpte.N°: FICH-1042879-20

SANTA FE, 12 de noviembre de 2020

VISTAS estas actuaciones en las que obra resolución C.D. N° 125/20 de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas vinculada con la modificación del Plan de Estudios y Reglamentos de la carrera de posgrado “Doctorado en Ingeniería” (resoluciones C.S. n°s 90/96 y 385/08 y 795/17) y

CONSIDERANDO:

Que los cambios propuestos están adecuados al Reglamento General de Cuarto Nivel de la Universidad Nacional del Litoral;

POR ELLO, teniendo en cuenta lo informado por la Secretaría de Planeamiento Institucional y Académico y lo aconsejado por las Comisiones de Ciencia y Técnica y de Extensión y de Enseñanza,

EL CONSEJO SUPERIOR

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Modificar el Plan de estudios y Reglamentos de la carrera de posgrado “Doctorado en Ingeniería” compartida entre la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, el Instituto Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), el Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC) y el Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i)), con sede administrativa en la mencionada Facultad, de conformidad con el Texto Ordenado que en Anexo se adjunta.

ARTÍCULO 2°.- Inscribase, comuníquese por Secretaría Administrativa, hágase saber por correo electrónico a las Direcciones de Información y Estadística y a Diplomas y Legalizaciones y pase a la Secretaría de Planeamiento Institucional y Académico a sus efectos.

RESOLUCIÓN C.S. N°: **313**



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXpte.N°: FICH-1042879-20

# DOCTORADO EN INGENIERÍA

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas  
Instituto de Desarrollo Tecnológico para la  
Industria Química  
Centro de Investigación de Métodos  
Computacionales  
Instituto de Investigación en Señales, Sistemas  
e Inteligencia Computacional**



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313**  
accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019  
y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:  
EXpte.Nº: FICH-1042879-20

## ANEXO I

### PLAN DE ESTUDIOS DOCTORADO EN INGENIERÍA

#### 1. OBJETIVOS

La Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), el Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), el Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC) y el Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i)), pertenecientes a la Universidad Nacional del Litoral (UNL), dictan en forma compartida la Carrera de Posgrado denominada "Doctorado en Ingeniería". La UNL otorga el grado académico de Doctor en Ingeniería, sin incumbencia profesional, a aquellos graduados universitarios que cumplan la totalidad de los requisitos de este Plan de Estudios.

El objetivo de este Doctorado es capacitar recursos humanos en el máximo nivel académico en disciplinas o áreas interdisciplinarias directamente relacionadas con la Ingeniería, requiriendo aportes del tesista, originales y creativos de probado valor orientados a acrecentar los conocimientos del área. Consecuentemente, se formarán investigadores científicos y tecnológicos, con el adiestramiento y preparación necesarios para el desarrollo de actividades creativas en forma independiente dentro de su especialidad.

#### 2. MENCIONES

El Doctorado en Ingeniería cuenta con las siguientes menciones:

- Mecánica Computacional.
- Recursos Hídricos.
- Inteligencia Computacional, Señales y Sistemas.
- Ambiental.

#### 3. PLAN DE ESTUDIOS

La carrera Doctorado en Ingeniería de la UNL es presencial, semi-estructurada y compartida entre la FICH, el INTEC, el CIMEC y el sinc(i), instituciones que actuarán indistintamente como Sedes Académicas de la misma. La oferta de cursos de apoyo



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

a la investigación del Doctorado estará compuesta por Cursos de Formación Básica y Cursos de Formación Específica.

La FICH será Sede Administrativa de la carrera y tendrá a su cargo la gestión de todas las actividades realizadas en el marco de la misma.

El Plan de Estudios comprende el cursado y aprobación de cursos de apoyo a la investigación propuesta, y el desarrollo y aprobación de una Tesis Doctoral. El alumno debe acreditar un mínimo de cien (100) Unidades de Crédito Académico (UCAs) como se indica a continuación, correspondiendo una (1) UCA a quince (15) horas de actividad comprendiendo:

- a) Un mínimo de veintiséis (26) UCAs se obtienen por la aprobación de cursos de apoyo a la investigación propuesta. Cada curso no podrá otorgar más de (4) UCAs.
- b) Un mínimo de setenta y cuatro (74) UCAs se obtienen por la aprobación del manuscrito de Tesis Doctoral y su defensa oral y pública

El Plan de Estudios a seguir por el alumno tendrá el aval de su director y será sometido a la aprobación del Comité Académico

Se describen a continuación las distintas actividades del Plan de Estudios:

### 3.1 Propuesta de Tesis y Tesis Doctoral

#### 3.1.1. Propuesta de Tesis

Una vez acreditadas las veintiseis (26) UCAs requeridas por cursos de apoyo a la investigación, el alumno, con el aval de su Director de Tesis, deberá presentar una Propuesta de Tesis la que consistirá en una planificación de las tareas de investigación científica y tecnológica para el desarrollo de un tema de Tesis, con el compromiso verificable de que estarán disponibles los medios requeridos para su ejecución.

La presentación y evaluación de la Propuesta se regirá de acuerdo al procedimiento establecido en el Reglamento de la carrera.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

### 3.1.2. Tesis

La Tesis estará dedicada a un tema referido a la Ingeniería en alguna de las Menciones aprobadas por la UNL. Consistirá en un avance en el conocimiento científico o tecnológico, la creación de una metodología, procedimiento, proceso u otros modos de aplicación técnica del conocimiento científico. La tesis podrá tener carácter teórico y/o experimental. Sus resultados deberán significar una contribución al conocimiento en el campo de la Ingeniería.

La presentación, evaluación y aprobación de la Tesis se regirán según lo establecido en el Reglamento de la Carrera.

La orientación de los alumnos estará a cargo de los Directores de Tesis y la supervisión de las actividades, a cargo del Comité Académico y del Director de Carrera.

## 3.2 Cursos de apoyo a la investigación

### 3.2.1 Cursos dictados en el marco de la carrera

La modalidad de dictado de los cursos es presencial, organizado en 2 cuatrimestres por año académico, de acuerdo al Calendario Académico de la Sede Administrativa.

Para aprobar un curso, los alumnos deben cumplimentar en forma satisfactoria todas las instancias de evaluación previstas en la planificación del mismo, como trabajos prácticos, trabajo final, exámenes parciales y examen final.

Los cursos serán de dos tipos:

**3.2.1.a. Cursos de formación básica (CFB):** son cursos destinados a brindar los elementos sustanciales del conocimiento de cada Mención de la carrera.

Los alumnos deben acreditar el curso obligatorio "Matemática Aplicada" (4 UCAs), común a todas las menciones. Los alumnos de cada mención deberán acreditar, además, al menos 8 (ocho) UCAs por la aprobación de CFB ofrecidos en su mención. La Tabla N°1 muestra el listado de CFB por Mención y el símbolo (\*) indica que el curso es obligatorio.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



Tabla N° 1: Cursos de formación básica (CFB) por Mención.

	Nombre del curso	CH	UCAs	Mención			
				MC	RH	ICSS	A
1	Análisis y procesamiento avanzado de señales	90	4			CFB	
2	Ciclos ambientales globales	60	4				CFB
3	Computación científica con aplicaciones en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional	90	4			CFB	
4	Distribución y transformación de contaminantes orgánicos en el ambiente	60	4				CFB
5	Estadística aplicada	90	4		CFB		
6	Fundamentos y Aplicaciones de transporte de calor y materia en ingeniería ambiental	60	4				CFB
7	Hidrodinámica de cuerpos de agua	60	4		CFB		
8	Hidrología de superficie	60	4		CFB		
9	Introducción al análisis geoestadístico	60	4		CFB		
10	Introducción al método de los elementos finitos	90	4	CFB			
11	Matemática aplicada	90	4	CFB (*)	CFB (*)	CFB (*)	CFB (*)
12	Mecánica de fluidos	75	4	CFB	CFB		CFB
13	Mecánica de sólidos	75	4	CFB			
14	Modelación ambiental	60	4				CFB
15	Tópicos selectos en aprendizaje maquinal	90	4			CFB	

CH: carga horaria. UCAs: Unidades de Crédito Académico. Cada curso no podrá otorgar más de cuatro (4) UCAs, de acuerdo al Reglamento de la Carrera. MC: Mecánica Computacional, RH: Recursos Hídricos, ICSS: Inteligencia Computacional, Señales y Sistemas, A: Ambiental. CFB: Curso de Formación Básica. (\*): Curso obligatorio.

**3.2.1.b. Cursos de formación específica (CFE):** Son cursos destinados a profundizar conocimientos en temáticas específicas, para apoyar el desarrollo de la Tesis.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Los alumnos deben acreditar UCAs por la aprobación de CFEs afines al tema de investigación, hasta cumplimentar la cantidad total mínima de UCAs requerida.

El alumno tomará los cursos de formación básica para su mención y seleccionará, con el aval de su Director de Tesis, aquellos de formación específica optativos que permitan profundizar el tema de investigación elegido para su tesis.

El Consejo Directivo aprobará anualmente los cursos a dictarse en el marco de la carrera y asignará las correspondientes UCAs, a recomendación del Comité Académico. Las propuestas de cursos deberán incluir: título del curso, objetivos, programa sintético, bibliografía, modalidad de dictado, carga horaria, duración del dictado, sistema de evaluación, cuerpo docente, currículum vitae del cuerpo docente, conocimientos previos requeridos y cronograma de dictado.

Los cursos deberán tener una evaluación final y la duración del dictado no será mayor de quince (15) semanas. El dictado y la evaluación final de los cursos se realizará dentro de los plazos establecidos para ese período por el calendario académico de la institución, pudiéndose realizar evaluaciones parciales durante el desarrollo de los mismos.

Las calificaciones de los exámenes se establecerán de acuerdo a la escala vigente en la UNL.

El alumno podrá solicitar al Decano de la FICH, con el aval de su Director de Tesis, el reconocimiento de cursos dictados en el marco del Doctorado tomados con anterioridad a la admisión a la carrera, dentro del plazo que fije el Comité Académico

### **3.2.2 Otros Cursos**

El alumno podrá solicitar al Decano de la FICH, con el aval de su Director de Tesis, el reconocimiento de otros cursos y actividades de posgrado realizados fuera del ámbito de la UNL. Podrán ser reconocidas hasta un máximo de ocho (8) UCAs por otros cursos y actividades de posgrado realizadas por el alumno, salvo excepción debidamente fundamentada.

Los cursos deberán reunir las mismas condiciones exigidas a los cursos dictados en el marco de la carrera y sus temáticas deberán ser afines a ésta.

El reconocimiento de UCAs deberá ser aprobado por el Decano, a recomendación del Comité Académico.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



En la Tabla Nº 2 se presenta un listado sintético de los requisitos del Plan de Estudios.

Tabla Nº 2: Requisitos del Plan de Estudios.

Requisitos	UCAs	Horas
Aprobación de cursos.	Mín 26	Min. 390
Aprobación de la Propuesta de Tesis.	----	
Aprobación y defensa de la Tesis Doctoral.	Mín 74	Min. 1110
Total	Min 100	Min. 1500

## CURSO DE FORMACIÓN BÁSICA

### ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO AVANZADO DE SEÑALES

#### 1. Objetivos

Que el alumno:

Conozca los fundamentos teóricos de técnicas avanzadas de análisis y procesamiento de señales.

Comprenda su significado a los efectos de la correcta implementación de los correspondientes algoritmos.

Identifique la utilidad de estas técnicas para su aplicación en señales reales.

Desarrolle habilidad para la lectura fluida y comprensiva de publicaciones científicas actuales sobre el tema.

#### 2. Programa sintético

**Unidad 1: Procesamiento estadístico de señales.** Filtro de Wiener y principio de ortogonalidad. Aplicaciones a reducción de ruido en señales reales. Filtros adaptativos. Filtro de máxima pendiente. Algoritmo LMS. Algoritmo recursivo de mínimos cuadrados (RLS). Variantes de LMS y RLS.

**Unidad 2: Representaciones tiempo-frecuencia.** Frecuencia instantánea. Representaciones clásicas en tiempo-frecuencia. Transformada de Fourier de tiempo corto, distribución de Wigner, distribución Altes Q, problemas con los términos cruzados. Clases de representaciones tiempo-frecuencia. Propiedades comunes. Covariantes al desplazamiento. Afines. Hiperbólicas. k-ésimas potencias. Discretización.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.





2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

**Unidad 3: Transformada ondita continua.** Familias de onditas. Reconstrucción integral. Función de escala y reconstrucción para un número de escalas finito. Muestreo diádico. Muestreo Crítico.

**Unidad 4 Análisis multirresolución.** Transformada onditas diádica. Relación con banco de filtros y transformada rápida onditas. Onditas ortogonales y biortogonales. Algoritmo á trous (o sin decimación).

**Unidad 5: Paquetes de onditas.** Bancos de filtros y bases estructuradas. Construcción interativa. Definición general. Árboles y espacios. Admisibilidad y número de bases. Soporte temporal y frecuencia nominal. Algoritmos de descomposición y reconstrucción. Señales finitas. Complejidad computacional. Ejemplos de bases en paquetes y bases coseno.

**Unidad 6: Representaciones basadas en diccionarios.** Representaciones basadas en diccionarios: ralas y/o factoriales. Planteo general. Métodos determinísticos y estocásticos. Relación con el análisis de componentes independientes.

**Unidad 7: Selección de coeficientes o inferencia:** caso limpio y ruidoso. Métodos de selección de subconjuntos. Búsqueda de bases y búsqueda por coincidencia. Búsqueda del diccionario o aprendizaje: Diccionarios fijos o "a medida" y óptimos

**Unidad 8: Descomposición empírica en modos (EMD).** Algoritmo. Transformada de Hilbert-Huang. Relación con filtros adaptativos. Versiones asistidas por ruido: EMD por conjuntos (EEMD) y EEMD completa con ruido adaptativo (CEEMDAN). EMD basado en optimización. Versiones en dos dimensiones.

**Unidad 9: Aplicaciones.** Onditas en el análisis por tramos. Modelado estadístico de la descomposición basada en onditas. Diccionarios discretos para análisis y reconocimiento del habla. Postfiltros de Wiener para Separación Ciega de Fuentes.

**3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico presencial

**4. Actividades Prácticas:**

Guías de trabajos prácticos y laboratorio

**5. Modalidad de evaluación:**

Aprobación de los trabajos prácticos y de laboratorio

Aprobación de un examen final consistente en la presentación de un trabajo final mediante un informe escrito y su defensa oral.

**6. Bibliografía básica**

Therrien, Charles W.; Discrete random signals and statistical signal processing; Prentice Hall, 2004.

Benesty, J.; Huang T. (Eds.); Adaptive signal processing; Springer, 2003.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- Wickerhauser, M. V.; Adapted Wavelet Analysis from theory to software; IEEE Press, 1994.
- Boudreaux-Bartels, G.; Mixed Time-Frequency Signal Transformations, Chapter 12 en: Poularikas A. (Editor), The Transforms and Applications Handbook, CRC Press, 2000.
- Jeong, J. y Williams, W. J.; "Alias-free generalized discrete-time time-frequency distributions," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 40, pp. 2757-2765, Nov. 1992.
- Cohen, L.; "Time-frequency distributions – A review," Proc. IEEE, vol. 77, pp. 941-981, July 1989.
- Meyer Y., Wavelets, algorithms and applications, SIAM, 1993.
- Walnut D., An introduction to wavelet analysis, Birkhauser, 2002.
- Ramchandran K., Vetterli M., Herley C., "Wavelets, subband coding, and best bases," Proceedings of the IEEE, vol.84, no.4, 1996.
- Addison P., The Illustrated Wavelet Transform Handbook, IOP, 2002.
- Hess-Nielsen N., Wickerhauser M.V., Wavelets and time-frequency analysis, Proceedings of the IEEE, vol.84, no.4, 1996.
- Allen R. L., Mills D. W.; Signal Analysis, Time, Frequency, Scale and Structure, IEEE Press - John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- Mallat, S.; A Wavelet Tour of Signal Processing. Academic Press, 2nd Ed., 1999.
- Mallat S., A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way, Academic Press; 3 edition (23 Jan 2009) .
- Mertins A., Signal Analysis, Wavelets, Filter Banks, Time-Frequency Transforms and Applications, John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- Strang, G. Nguyen, T.; Wavelets and Filter Banks. Wellesley-Cambridge Press, 1997.
- Elad, M.; "Sparse and Redundant Representations", Springer, 2010.
- Starck, J-L., Murtagh, F. y Fadili, J.; "Sparse Image and Signal Processing", Cambridge University Press, 2010.
- Rufiner, H. L.; "Análisis y modelado digital de la voz: Técnicas recientes y aplicaciones", Editorial UNL, 2009.
- Huang, N. E.; Shen, S S. P.; Hilbert-Huang transform and its applications; World Scientific, 2005.
- Wu, Z., Huang, N. E.; "Ensemble empirical mode decomposition: a noise-assisted data analysis method", Advances in adaptive data analysis, Vol., 1, Number 1, 2009.

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 60 horas.

Coloquio y/o Práctica en aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

## CICLOS AMBIENTALES GLOBALES

### 1. Objetivos

Que el alumno comprenda los fenómenos y procesos de escala global que determinan el estado y evolución del planeta. Abordar el estudio del planeta Tierra desde un enfoque integrador que permita apreciar la dinámica planetaria como un sistema altamente complejo, no estático y de pseudo-equilibrio delicado. Proporcionar herramientas para el estudio de ciclos globales de relevancia ambiental, entre ellos, los ciclos del agua, del carbono, nitrógeno, azufre y fósforo. Indagar sobre las reacciones y procesos de transferencia interna y externa entre los compartimentos ambientales (hidrosfera, litósfera, atmósfera, biósfera, antropósfera). Analizar y comprender el cambio climático global y detectar la influencia de actividades humanas a escala planetaria

### 2. Programa Sintético.

**Unidad 1: Fundamentos.** Introducción. Fundamentos. Definiciones. El Sistema Tierra. Geo-esferas. Ciclos en Biogeoquímica. Modelos de ciclos BGQ. Orígenes y evolución: elementos, Sistema Solar, la Tierra; historia Planetaria comparada. Origen de la atmosfera y océanos. Modelado de ciclos BGQ: escalas de tiempo, flujos y stocks, transferencia, acoplamiento y feedbacks. Termodinámica, procesos de transporte. Equilibrio y reacciones en sistemas naturales.

**Unidad 2: Atmósfera, litósfera e hidrosfera.** La Atmósfera: composición, estructura vertical, circulación general. Transporte y dispersión. Balance radiativo. Reacciones BGQ en Troposfera y Estratósfera. La capa de Ozono. Modelos atmosféricos y cambio climático. La Litosfera. Estructura interna del planeta. Composición. Procesos y reacciones. Procesos tectónicos. Erosión. Intemperismo. Formación de suelos. Reacciones y transporte en suelos. Interacción con Atmósfera e Hidrosfera. La Hidrosfera. Océanos: composición, circulación general. Diagénesis. Reacciones minerales y biológicas. Sedimentos marinos: paleoregistros biogeoquímicos. Aguas dulces: biogeoquímica de humedales, lagos y ríos. Reacciones redox; productividad primaria. Transporte y ciclado de nutrientes. Transporte de sedimentos. Ciclo global del Agua. Balance global; variabilidad hidrológica. Agua y clima. Modelos del CGA. Agua y Ciclos BGQ. Influencia Antropogénica.

**Unidad 3: Biósfera-Reacciones biológicas.** La Biosfera. El origen de la vida, evolución y diversidad. Co-evolución. Fisiología vegetal. Fotosíntesis y respiración. Productividad Primaria. Organización ecológica. Destino de la NPP. Ciclado de



Valide la firma de este documento digital con el código RDCS\_FICH-1042879-20\_313 accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:  
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

nutrientes. Ciclos BGQ en suelos. Materia orgánica en suelos y cambio global. Reacciones biológicas. Biocatalizadores. Impacto de la vida sobre los ciclos BGQ. Biomasa global.

**Unidad 4: Ciclos globales.** Ciclo Global del Carbono. Introducción. Isotopos del Carbono. Reservorios mayores. Flujos. Modelos y tendencias. Compuestos orgánicos e inorgánicos. Metano y monóxido de Carbono. Acidificación de mares. Cambio climático. Relaciones con ciclo del oxígeno. Ciclo Global del Nitrógeno. Química del Nitrógeno. Transformaciones biológicas. Fijación antropogénica de N. Química del N atmosférico. Óxido nitroso. Ciclo global. Reservorios y flujos. Impactos Antropogénicos. Ciclo Global del Azufre. Estados de oxidación del S. Reservorios. Ciclo atmosférico. Ciclo Global del Fósforo. Ocurrencia del P. Transferencia sub-globales de P. Reservorios y flujos

**Unidad 5: Antropósfera – Cambio climático.** Integración: relaciones entre ciclos globales de carbono, nitrógeno y fósforo; dinámica del sistema; forzamientos y retroalimentación; reacciones ácido-base y óxido-reducción a escala global. Antropósfera. Actividades económicas. Extracción de materiales y generación de desechos. Recursos energéticos. Lluvia ácida. Erosión. Producción de alimentos. Apropiación de la NPP. Agotamiento del ozono estratosférico. Eutrofización. Desechos radiactivos y espaciales. Cambio climático. Balance y forzamiento radiativo. Ciclos de Milankovitch, registros paleo-climáticos. Gases de efecto invernadero. Calentamiento global. Escenarios futuros. Efectos sobre la vida. Adaptación. Efectos sobre el nivel del mar. Efectos ecológicos, económicos y políticos.

**3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

**4. Actividades Prácticas:**

Guías de problemas, exposiciones orales, coloquios, control de lecturas, aplicación de modelos numéricos.

**5. Modalidad de evaluación:**

- Guías de problemas y control de lecturas (~ 4)
- Elaboración de ensayos escritos o presentación de seminarios orales
- Un (1) examen final escrito e individual de tres horas.

Criterios de aprobación: Presentación en tiempo y forma de las guías y producciones escritas indicadas, así como presentaciones orales en seminarios. Aprobación del



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

examen final con un 65%. La nota final resultará de una ponderación entre las distintas instancias de evaluación:

- Guías: 30%
- Ensayo/seminarios: 25%
- Examen: 45%

## 6. Bibliografía básica

Dodson J. (ed.), *Changing Climates, Earth Systems and Society*. Springer, **2010**.

Jacobson M.C., Charlson R.J., Rodhe H., Orians G.H., *Earth System: Science: From Biogeochemical Cycles to Global Change*. Elsevier Academic Press, 2nd Edition, **2000**.

Krapivin V.F., Varotsos C.A., *Biogeochemical Cycles in Globalization and Sustainable Development*. Springer, 1st Edition, **2008**.

Ruddiman W.F., *Earth's Climate: Past and Future*, W. H. Freeman Editor, 2nd edition, **2007**.

Schaub G., T. Turek, *Energy Flows, Material Cycles and Global Development. A Process Engineering Approach to the Earth System*. Second Edition. Springer International Publishing **2016**

Schlesinger W.H., Bernhardt E.S., *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Academic Press, 3rd edition, **2013**.

Smith C., *Environmental Physics*. Taylor and Francis, **2005**.

VV. AA., Publicaciones científicas en revistas especializadas

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 45 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 15 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas

## COMPUTACIÓN CIENTÍFICA CON APLICACIONES A SEÑALES, SISTEMAS E INTELIGENCIA COMPUTACIONAL

### 1. Objetivos

Python es uno de los lenguajes de programación más utilizados por la comunidad académica. En esta comunidad, gran cantidad de métodos y herramientas, tanto básicos como del estado del arte, se han desarrollado en base al ecosistema Python. El objetivo general de este curso es que el alumno adquiera las destrezas para desarrollar soluciones aplicadas a señales, sistemas e inteligencia computacional, se familiarice con el lenguaje de programación Python y adquiera los conocimientos



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

básicos para el desarrollo e implementación de algoritmos en este lenguaje. Se espera que el alumno pueda:

- a) Comprender y combinar los módulos disponibles en el estado del arte en el ecosistema Python para las tareas usuales en el manejo, análisis, procesamiento y graficación de datos.
- b) Analizar la documentación disponible para lograr autonomía y resolver rápidamente nuevos desafíos que se le presenten en el uso diario.
- c) Desarrollar sus propios módulos en su área de interés.

## 2. Programa Sintético.

**Introducción al lenguaje Python.** Tipos y estructuras de datos básicas. Estructuras de control. Funciones y clases. Errores y excepciones. Manejo de archivos. Módulos, paquetes e importación de librerías. Entornos de trabajo y manejo de proyectos. Diseño de interfaces gráficas. Documentación y sitios de consulta.

**Computación numérica.** Matrices, arreglos  $n$ -dimensionales y propiedades. Índices y selección. Operaciones principales. Importación y exportación de datos.

**Graficación.** Tipos de gráficas y sus elementos. Personalización y edición avanzada de figuras. Exportación.

**Manejo de datos estructurados.** Index, Series y DataFrames. Índices y selección. Operaciones básicas. Visualización de datos estructurados.

**Resolución de problemas numéricos.** Integración numérica, convolución, interpolación. Transformada de Fourier. Diseño de filtros. Estadística descriptiva y tests estadísticos.

**Manipulación de imágenes.** Manejo de archivos. Métodos básicos de procesamiento.

**Optimización numérica.** Problema general. Cálculo de derivadas e integrales. Tipos de problemas y optimizadores. Optimización con y sin restricciones. Algoritmos. Resolución de problemas lineales y no lineales.

**Aprendizaje maquinal.** Algoritmos. Bloques de procesamiento en cascada. Exploración y selección de hiper-parámetros y validación de modelos. Figuras de mérito.

**Aprendizaje profundo.** Operaciones con tensores. Derivación automática. Arquitecturas neuronales básicas y modos de entrenamiento.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico con modalidad presencial.

## 4. Actividades Prácticas:

Ejercicios prácticos con entregas periódicas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

### 5. Modalidad de evaluación:

Entrega de trabajos prácticos y examen final mediante el desarrollo y presentación oral de un proyecto de aplicación propio.

### 6. Bibliografía básica

VanderPlas, J. (2016). Python data science handbook: essential tools for working with data. O'Reilly Media, Inc.

Reitz, K., & Schlusser, T. (2016). The Hitchhiker's Guide to Python: Best Practices for Development. O'Reilly Media, Inc.

Varoquaux, G., Gouillart, E., & Vahtras, O. (editores) (2017). Scipy lecture notes.

González Duque, R. (2014). Python para todos.

Mahdavan, Samir (2015). Mastering Python for Data Science. Packt Publishing.

Stevens E., Antiga L. & Viehmann T. (2020). Deep Learning with PyTorch. Manning Publications Co.

Documentación oficial en los sitios web de las librerías utilizadas.

### 7. Carga horaria y duración:

Teoría: 30 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 60 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

## DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN EL AMBIENTE

### 1. Objetivos

**Objetivo general:** Estudiar los procesos que sufren los compuestos orgánicos en el ambiente.

**Objetivos específicos:** Emplear propiedades fisicoquímicas para predecir la transferencia de los compuestos a los diferentes compartimientos ambientales (aire, agua, sedimentos y biota).

Emplear las relaciones estructura molecular-reactividad para estimar las velocidades de transformación química, fotoquímica y bioquímica y las concentraciones ambientales de los compuestos orgánicos.

### 2. Programa Sintético.

Compuestos orgánicos de origen antropogénico Un problema global: los contaminantes orgánicos persistentes. Hidrocarburos del petróleo. Solventes



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

orgánicos. Compuestos retardantes de llama. Compuestos fluorados. Compuestos surfactantes, blanqueadores, acomplejantes e inhibidores de la corrosión. Compuestos farmacéuticos y de cuidado personal. Pesticidas. Compuestos representativos de cada grupo.

Particionado en sistemas modelo. Interacciones moleculares que gobiernan los procesos de particionado de los compuestos orgánicos. Enfoque cuantitativo para determinar las constantes de particionado (LEFRs). Presión de vapor. Solubilidad y Coeficientes de actividad. Particionado Líquido Orgánico-Aire y Líquido Orgánico-Agua. Consideraciones termodinámicas. El sistema octanol-agua. Particionado involucrando mezclas de solvente orgánico y agua. Datos experimentales y métodos de predicción.

Sorción: Introducción y proceso de sorción de la materia orgánica. Isothermas de sorción. Coeficiente de distribución de equilibrio sólido-agua. Sorción de compuestos orgánicos neutros desde agua a materia orgánica sólida. Sorción de compuestos orgánicos neutros desde agua a materia orgánica disuelta. Sorción de ácidos y bases orgánicos desde agua a materia orgánica natural.

Procesos de transformación de contaminantes orgánicos: identificación de sitios reactivos. Termodinámica de las reacciones de transformación. Cinética de las reacciones de transformación. Hidrólisis y reacciones con otros nucleófilos: sustitución nucleofílica y eliminación. Reacciones hidrolíticas de derivados del ácido carboxílicos y ácido carbónico.

Reacciones de hidrólisis catalizadas por enzimas (hidrolasas). Reacciones redox: reacciones redox en sistemas naturales. Reacciones redox catalizadas por enzimas. Fotólisis directa en sistemas acuáticos. Principios de la fotoquímica. Absorción de radiación de compuestos orgánicos en agua. Rendimiento cuántico y velocidad de reacción de fotólisis directa. Efecto de la presencia de sólidos sobre la fotólisis directa. Fotólisis indirecta: reacciones con foto-oxidantes en aguas naturales y en la atmósfera. Fotólisis indirecta en aguas superficiales. Fotólisis indirecta en la atmósfera (tropósfera): reacción con radicales hidroxilos.

Biotransformaciones. Conceptos sobre los microorganismos de importancia en los procesos de biotransformación. Estrategias de los microorganismos para el inicio de las biotransformaciones. Velocidades de biotransformación.

**3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

#### **4. Actividades Prácticas:**

Resolución de problemas en el aula. Uso del programa EPI SUIT (conjunto de programas de estimación de propiedades físicas / químicas y de destino ambiental desarrollado por la EPA y Syracuse Research Corp.). Uso del programa GC Solar



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.





**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

desarrollado por la EPA para estimar las velocidades de fotólisis directa y la vida media de los contaminantes en el medio ambiente acuático.

#### **5. Modalidad de evaluación:**

Resolución y aprobación de problemas de asignación individual y/o colectiva y aprobación de un examen final y/o seminario final con presentación escrita y oral. Problemas 40 %. Examen final y/o seminario final 60 %.

#### **6. Bibliografía básica**

Schwarzenbach R.P., Gschwend P.M. y Imboden D.M. Environmental Organic Chemistry (2017) Wiley & Sons- ISBN: 978-1-118-76723-8 Fames G. Speight. Environmental organic chemistry for engineers (2016) Elsevier - ISBN 978-0-12-804492-6.

Conjunto de artículos científicos.

#### **Bibliografía complementaria**

Valsaraj, K. T. Elements of environmental engineering, thermodynamics and kinetics. (1995). CRC Press - ISBN 1-56670-089-2.

#### **7. Carga horaria y duración**

Teoría: 45 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 15 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

## **ESTADÍSTICA APLICADA**

### **1. Objetivos**

Adquirir conocimientos básicos de Estadística para el planteo de modelos y posterior manejo y análisis de datos; especialmente para el diseño de experimentos y regresión

Poder analizar datos provenientes de situaciones reales sobre los temas dictados en este curso.

Realizar informes técnicos estadísticos.

Desarrollar un pensamiento y metodología estadística que le permita enfrentarse con nuevas situaciones problemáticas no presentadas en el curso, así como también una lectura crítica de trabajos publicados.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

## 2. Programa Sintético.

**Introducción:** Modelos lineales. Diseño versus regresión.

**Una introducción al diseño de un factor:** Estudio de una población y de dos poblaciones. La importancia de los gráficos. Métodos no paramétricos.

**Experimentos con un factor:** Análisis de la varianza. Diseño de un factor con varios niveles. Efectos fijos, aleatorios, mixtos. El enfoque no paramétrico. Otros diseños.

**Regresión lineal múltiple:** Estimación. Predicción. Aspectos del modelado en regresión múltiple. Transformación de variables., regresores categóricos, selección de variables, multicolinealidad, componentes principales, ridge regresión

**Regresión logística múltiple:** Interpretación del modelado de regresión ajustado.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

## 4. Actividades Prácticas:

Las actividades prácticas consisten en una Guía de Resolución de Problemas

## 5. Modalidad de evaluación:

Presentación de informes. Aprobación de un examen parcial. Aprobación de un examen final.

## 6. Bibliografía básica

Montgomery, D. y Runger, G. (2006). Applied Statistics and Probability for Engineers. John Wiley & Son..

Weisberg, S. (2005). Applied Linear Regression, Wiley-Interscience.

Montgomery, D. (2004). Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Son.

Netter, J., Kutner, M., Nachtsheim, C. Wasserman, W. (1996). Applied Linear Statistical Models. Mc Graw Hill.

Ramsey, F y Schafer, D (2002). The Statistitical Sleuth. A Course in Methods of Data Analysis, Thomson Learning.

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 60 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

## FUNDAMENTOS y APLICACIONES DE TRANSPORTE DE CALOR Y MATERIA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

### 1. Objetivos

Brindar los conocimientos necesarios para el desarrollo de los conceptos de transferencia de calor y materia en sistemas de interés para la ingeniería ambiental, en orden de complejidad creciente. Plantear en forma racional, ordenada e integrada el tratamiento conjunto de los fenómenos de transporte, para lo cual se instrumenta una propuesta de contenidos y metodológica que incluye la revisión de los conceptos básicos y el estudio de los fundamentos del transporte de movimiento, calor y materia, su aplicación a problemas ambientales “simples”, y su posterior integración en problemas “complejos”. La complejidad vendrá dada en términos de la formulación de los modelos (estacionario-transiente, uno o varios componentes, acoplamiento de balances, 1-3-D) y en el grado de complejidad matemática de las soluciones analíticas y/o numéricas. Para este último punto se prevé, además de las actividades de resolución de problemas en forma individual, llevar a cabo el dictado de una porción de las clases en gabinete informático

### 2. Programa Sintético.

Introducción. Mecanismos de transporte de energía. Leyes y principios fundamentales. Balances integrales y diferenciales. Ecuaciones constitutivas. Transferencia de calor. Conducción. Convección natural y forzada. Turbulencia. Balances macroscópicos Estudio de casos aplicados a problemas ambientales. Mecanismos de transporte de materia. Sistemas con múltiples componentes. Balances integrales y diferenciales. Ecuaciones constitutivas. Transferencia de materia. Formulación de problemas. Balances macroscópicos. Coeficientes de transferencia de materia. Transferencia simultánea de calor y materia en geometrías sencillas. Efectos combinados por gradientes de composición, temperatura y/o presión. Estudio de casos aplicados a problemas ambientales

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

### 4. Actividades Prácticas:

Resolución de problemas integrados, con trabajo en Laboratorio de Computación, utilizando Matlab u otro software de cálculo

### 5. Modalidad de evaluación:

Dos exámenes parciales aprobados con el 60% (o sus recuperatorios), evaluación de las actividades prácticas previstas



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

## 6. Bibliografía básica

Bird, R.B., W.E. Steward y E.N. Lightfoot, "Fenómenos de Transporte", Limusa Wiley (2006), y/o versiones anteriores.

Whitaker, S., "Fundamental Principles of Heat Transfer", Pergamon Press (1977).

Ozisik, M.N., "Heat Conduction", J.Wiley (1980).

Logan B. "Environmental Transport Processes", John Wiley & Sons (2012).

Ramaswami A., J.B. Milford, M. J. Small, Integrated Environmental Modeling: Pollutant Transport, Fate, and Risk in the Environment, John Wiley & Sons (2005)

Datta A. "Biological and Bioenvironmental Heat and Mass Transfer", CRC Press (2002)

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 30 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

## HIDRODINÁMICA DE CUERPOS DE AGUA

### 1. Objetivos

El curso tiene el objetivo de incorporar al alumno en los conocimientos básicos que rigen el flujo de superficie libre sobre cauces naturales y artificiales. Se examinarán los principios del movimiento de un flujo potencial, incompresible, avanzando desde los conceptos básicos de las ecuaciones de Navier-Stokes, simplificaciones de Saint Venant pasando por las promediaciones de turbulencia de Reynolds. Además se darán nociones básicas de los modelos Large Eddy Simulation, sus implicancias y aplicaciones. Todo esto con la ayuda del lenguaje de programación Python de manera interactiva mediante el uso de un entorno Notebook.

### 2. Programa Sintético.

**Unidad 1:** Introducción al lenguaje de programación Python. Entornos Notebooks (Jupyter-Lab), Librerías de Cómputo Científico: NumPy y ScyPy. Ploteo de variables. Librerías: Plotly y Matplotlib.

**Unidad 2:** Breve repaso de los conceptos básicos de la mecánica de fluidos. Tensores cartesianos. Cinemática de los fluidos; Teorema del transporte; Leyes de conservación; Las ecuaciones de Navier-Stokes; Escalas; Adimensionalización de las ecuaciones de movimiento; Semejanza geométrica,



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

cinemática y dinámica; Función de corriente; Interpretación física del concepto de circulación y vorticidad; Teorema de Helmholtz; Teorema de Stokes; Ecuación de Bernoulli, Dinámica de la vorticidad 2D y 3D; Familia de flujos simples. Ecuación de Laplace y Poisson.

**Unidad 3:** Flujos de potencial complejo: Repaso de conceptos de variable compleja; Conceptos básicos; definición potencial complejo y de la función de corriente; definición de circulación y flujo. Flujo uniforme. Flujo debido a una fuente o sumidero. Flujo por un vórtice puntual. Flujo alrededor de un cilindro. Flujo alrededor de un cilindro con circulación. Flujo alrededor de un cilindro con circulación con un ángulo de ataque dado.

**Unidad 4:** Aproximación de ondas largas: Aproximación hidrostática; Condiciones de borde; Derivación del Modelo de Aguas Poco Profundas o Ecuaciones de Saint Venant: Integración en la vertical de las RANS. Modelos Large Eddy Simulation (LES) sus implicancias y aplicaciones prácticas.

**Unidad 5:** Flujos turbulentos en canales abiertos (2D): Conceptos básicos; Ecuaciones promediadas en el sentido de Reynolds; Turbulencia isotrópica y homogénea 2D; Velocidad de corte; Distribución vertical de tensiones totales; Consideración de lechos hidrodinámicamente lisos y rugosos; Resistencia hidráulica; Concepto de longitud de mezcla; Distribución vertical del gradiente de velocidades; Ley de la pared; Viscosidad de remolino de Engelund-Hansen. Nociones básicas de Telemac 2D.

*Requerimientos para el cursado:* Mecánica de Fluido; Métodos Numéricos (de grado) y conocimientos básicos de lenguaje de programación, preferentemente Python (básico)

**3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

#### **4. Actividades Prácticas:**

Las actividades del curso se desarrollarán de manera individual mediante la ejecución de problemas matemáticos en clase y la concreción de Trabajos Prácticos para las unidades temáticas. Todo esto se llevará a cabo con el uso interactivo del lenguaje de programación Python en entornos notebooks (Jupyter-Lab) para una mejor interpretación y manejo de las operaciones por parte del alumno. A continuación se plantea una serie de trabajos prácticos:

- Introducción al lenguaje Python. Entorno Jupyter-Lab y Librerías de cómputo científico.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- Ecuaciones de Navier Stokes.
- Determinación de la superficie libre en rotación uniforme.
- Ecuaciones de Navier Stokes Promediadas con Reynolds.
- Resistencia hidráulica en canales.

### 5. Modalidad de evaluación:

Para la aprobación de la asignatura se debe cumplimentar los siguientes requisitos:

Aprobar cinco Trabajos Prácticos con un porcentaje no menor del 60%.

Aprobar un Examen Final con un porcentaje no menor al 70%. El Examen Final incluirá Teoría y Práctica.

Para aprobar el curso se requiere un mínimo de 70% según la siguiente ponderación. Trabajos Prácticos 60% y Examen Final 40%

### 6. Bibliografía básica

Hervouet, J.M. (2007), Hydrodynamics of Free Surface Flows: modeling with the finite element method, John Wiley & Sons.

Wu, W. (2008), Computational River Dynamics, Taylor and Francis.

VanderPlas, J. (2017), Python Data Science Handbook, O'Reilly.

Batchelor, G.K. (2000), An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press.

Stoker, J.J. (1992), Water Waves: The Mathematical Theory with Applications, Wiley Classics Library.

Whitham, G.B. (1999), Linear and Nonlinear Waves, John Wiley & Sons.

Vreugdenhil, C.B. (1994), Numerical Method for Shallow-Water Flow, Springer Science+Business Media, B.V., DOI: 10.1007/978-94-015-8354-1.

### 7. Carga horaria y duración

Teoría: 40 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 20 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

## HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE

### 1. Objetivos

Que el alumno profundice el conocimiento de los principales procesos hidrológicos en una cuenca hidrográfica, en las fases atmosférica, superficial y subsuperficial en la zona no saturada del suelo. Que se capacite para el análisis y la modelización de dichos procesos.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:  
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

## 2. Programa sintético

**Unidad 1: Conceptos hidrológicos básicos y aproximación de sistemas.** El agua superficial en el ciclo hidrológico. Tiempo de residencia. Principios y ecuaciones básicas aplicadas al análisis hidrológico. Escalas espacial y temporal de procesos hidrológicos. Procesos dominantes. Cuenca hidrográfica. Tiempos de traslado y de concentración. Factores dominantes a escala de cuenca. Aproximación de sistemas. Clasificación de sistemas y modelos. Procesos de análisis y de síntesis. Incertidumbres en la simulación hidrológica.

**Unidad 2: Agua atmosférica y balance hídrico.** Agua atmosférica. Contenido de humedad atmosférica. Física de la precipitación. Mecanismos de elevación del aire húmedo. Variación espacio-temporal de la precipitación. Análisis temporal y areal. Aplicaciones de radar meteorológico. Física de la evaporación. Aproximaciones: balance de energía, aerodinámico y combinado. Transpiración. Evapotranspiración potencial. Métodos basados en la temperatura, radiación y combinados. Evapotranspiración real. Modelos de balance hídrico parsimoniosos.

**Unidad 3: Escurrimiento.** Procesos hidrológicos del ciclo de la escorrentía. Flujos de agua superficial, subsuperficial y subterráneo. Mecanismos de generación de flujo superficial Hortoniano y Dunneano. Áreas fuente variables. Escurrimiento: componentes. Análisis del hidrograma. Constantes de recesión. Separación de componentes: métodos operativos, hidroquímicos e hidroisotópicos. Factores que afectan el hidrograma. Relación entre hietogramas e hidrogramas.

**Unidad 4: Infiltración y movimiento del agua en el suelo.** Propiedades físicas e hidráulicas del suelo. Curvas de retención de humedad y de conductividad hidráulica de Van Genuchten y Brooks-Corey. Medición y estimación de las propiedades hidráulicas. Factores que afectan la infiltración. Ecuaciones que gobiernan el flujo de agua en suelos no saturados. Ecuaciones de Buckingham-Darcy y de Richards. Velocidad y capacidad de infiltración. Determinación experimental de la capacidad de infiltración. Modelos de infiltración: Horton, Holtan y Green-Ampt. Método operacional del Número de Curva del U. S. Soil Conservation Service. Relación CN – Precipitación en cuencas no aforadas. Aplicación en cuencas con áreas fuente.

**Unidad 5: Distribución temporal del escurrimiento con modelos lineales.** Hidrograma unitario. Hipótesis simplificadoras. Hidrograma unitario de tiempo discreto (HUT). Tiempo unitario. Ecuación de convolución discreta. Hidrograma unitario instantáneo (HUI). Integral de convolución. Relación HUT-HUI. Estimación de



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

parámetros del HUI Modelos de HUI: Embalse Lineal Simple, Embalses Lineales en Cascada, del Histograma Área-Tiempo, Método Racional, Geomorfológico y combinados. Hidrogramas unitarios sintéticos (HUS) de Snyder y del Servicio de Conservación de Suelos de EEUU. Limitaciones de aplicación de hidrograma unitario.

**Unidad 6: Propagación del flujo de agua superficial con modelos basados en la onda cinemática.** Ecuaciones que gobiernan el flujo de agua superficial. Modelo de la onda cinemática. Simplificaciones geométrica y de procesos. Ecuaciones diferenciales para flujo superficial y en canal. Solución analítica para flujo superficial. Celeridad de la onda. Tiempo de equilibrio cinemático. Equilibrio cinemático completo y parcial. Solución analítica para flujo en canal. Solución numérica para flujo superficial y en canal. Esquemas lineal y no lineal. Modelos hidrológicos basados en la onda cinemática. Limitaciones de aplicación de la onda cinemática.

**Unidad 7: Propagación hidrológica de crecidas.** Modelos de propagación de crecidas. Propagación hidrológica de crecidas en canales. Ecuación general de almacenamiento. Modelos Muskingum y Muskingum-Cunge. Aplicaciones lineal y no lineal. Propagación hidrológica de crecidas en reservorios. Modelo de la Piscina Nivelada. Limitaciones de aplicación de la propagación hidrológica.

**Unidad 8: Modelización hidrológica.** Objetivos de la modelización. Clasificación de modelos. Modelo HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System). Métodos y componentes del modelo. Simulación continua y de eventos aislados. Extensión de modelación hidrológica geoespacial HEC-GeoHMS. Modelos distribuidos basados físicamente. Modelo MIKE-SHE (European Hydrological System). Modelos semidistribuidos basados en índices de similitud. Modelo TOPMODEL.

**3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico presencial

**4. Actividades Prácticas:**

TP1: Cálculo de tiempos de residencia de subsistemas del ciclo hidrológico. Clasificación de modelos según las ecuaciones diferenciales de gobierno.

TP2: Aplicación de un modelo de balance hídrico a una cuenca rural para el cálculo de caudales mensuales.

TP3: Análisis de hidrogramas. Identificación de componentes de escurrimiento. Cálculo de constantes de recesión.

TP4: Aplicación de los modelos Green y Ampt y Número de Curva. Aplicación del segundo modelo en cuencas con áreas fuente.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.





2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

TP5: Aplicación de los modelos de HUI de Zoch, Nash y Clark.

TP6: Aplicación de las soluciones analíticas de las ecuaciones diferenciales de onda cinemática para flujo superficial y en canal.

TP7: Aplicación de los modelos de propagación hidrológica de crecidas Muskingum, Muskingum-Cunge y Puls.

TP8: Trabajo Final Integrador: aplicaciones del modelo HEC-HMS para simulación continua y de eventos aislados.

## 5. Modalidad de evaluación:

Aprobación de 7 (siete) trabajos prácticos y 1 (un) Trabajo Práctico Integrador

Aprobación de un examen final teórico-práctico de 2.5 horas de duración

## 6. Bibliografía básica

Atkinson B. W., 1981. "Dynamical Meteorology: An Introductory Selection". Methuen & Co. Ltd.

Beven K, Kirkby M. 1979. "A physically-based, variable contributing area model of basin hydrology". Hydrological Science Bulletin 24:43–69.

Beven K. J., 2001. "Rainfall – runoff modelling. The primer". John Wiley & Sons.

Blöschl G., Sivapalan M., 1995. "Scale Issues in Hydrological Modelling: A review". In Hydrological Processes, Vol. 9, John Wiley & Sons, pp. 251-290.

Brutsaert W., 2005. "Hydrology: An Introduction". Cambridge University Press.

Chow V.T. Maidment D. y Mays L., 1994. "Hidrología Aplicada". Mc. Graw Hill Interamericana S.A., Bogotá.

Dingman S. L., 2015. "Physical hydrology". Waveland Press Inc.

Dooge, J. C., 1973. "Linear Theory of Hydrologic Systems". Technical Bulletin N° 1468, U.S. Department of Agriculture.

Eagleson P., 1970. "Dynamic Hydrology". Mc. Graw Hill Book Co. New York.

Falkenmark M., Chapman T., 1993. "Hidrología comparada: una aproximación ecológica a los recursos hídricos y suelos". UNESCO.

[http://www.siwi.org/downloads/Reports/Comparative/CH\\_Full.pdf](http://www.siwi.org/downloads/Reports/Comparative/CH_Full.pdf)

Haan C., 1982. "Hydrologic Modeling of Small Watersheds", American Society of Agricultural Engineers, ISBN N°0-916150-44-5.

Kirkby M.J., 1978. "Hillslope Hydrology". Ed. John Wiley & Sons. Gt. Britain.

Maidment D. R., 1993. "Handbook of Hydrology". Mc Graw Hill.

Raudkivi A., 1979. "Hydrology and Advanced Introduction to Hydrological Processes and Modelling". Pergamon Press. London.

Refsgaard, J.C., and Storm, B., 1995, MIKE SHE, in Computer Models of Watershed Hydrology: Singh, V.P., ed., Highlands Ranch, Colo., Water Resources Publications, p. 809-846.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:  
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

Singh V. P., 2017. [Handbook of Applied Hydrology, Second Edition](#). Mc Graw Hill Ed.  
Stephenson D., Meadows M. E., 1986. "Kinematic Hydrology and Modelling". Elsevier.  
Tucci C. E., 1993. "Hidrologia, Ciência e Aplicação". Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.  
Tucci C. E., 1998. "Modelos Hidrológicos". Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.  
U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2018. HEC-HMS Hydrologic Modeling System. Technical Reference Manual, User's Manual. HEC-GeoHMS. HEC, Davis, California. <http://www.hec.usace.army.mil/>  
Artículos seleccionados de revistas científicas indizadas.

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 35 horas.

Coloquio y/o Práctica en aula, laboratorio o campo: 25 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

## INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO

### 1. Objetivos

Obtener fundamentos sólidos en Geoestadística y desarrollar la habilidad para aplicar el conocimiento adquirido en la resolución de problemas prácticos en el área de Geo-Ciencias. Proveer experiencia en la evaluación geostatística mediante la aplicación de las herramientas apropiadas con datos aportados por el estudiante o por la Cátedra.

### 2. Programa Sintético.

Introducción. Definición de Geoestadística. Campos de aplicación y antecedentes en la temática. Software. Conceptos básicos de Estadística clásica. Variable aleatoria, funciones de distribución y de densidad, esperanza matemática y momentos de orden  $m$ , funciones aleatorias intrínsecas y no intrínsecas, distribución normal, funciones aleatorias multivariadas. Análisis exploratorio de datos en el espacio. Transformación de variables. Análisis de la continuidad espacial. Soporte y dominio de una variable regionalizada. Geoestadística de dos puntos. Modelos de regionalización y co-regionalización. Variografía y análisis estructural. Conceptos de estimación local, mínima varianza, estimación insesgada. Multiplicadores de Lagrange y ecuaciones de Krigeado. Krigeado Simple, Ordinario e Indicativo. Co-Krigeado. Evaluación paramétrica y no paramétrica de la incertidumbre local.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Validación cruzada. Limitaciones. Estimación versus simulación. Ventajas de la simulación. Realizaciones estocásticas. Ergodicidad. Simulación condicional. Simulación Secuencial Gaussiana e Indicativa. Co-simulación. Introducción a la Simulación de puntos múltiples.

**3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

**4. Actividades Prácticas:**

Los conceptos adquiridos durante las clases teóricas servirán de base para la resolución de problemas tipo durante el transcurso de las clases prácticas utilizando grupos de datos geoespaciales aportados por la cátedra. Se asignarán trabajos teórico-prácticos para las distintos contenidos abordados durante el cursado: el análisis estadístico univariado y bivariado, la detección de valores anómalos y técnicas de transformación de variables, el análisis de continuidad espacial (variografía), técnicas de estimación y cuantificación de la incertidumbre local y la simulación geoestadística.

**5. Modalidad de evaluación:**

La asistencia será un requisito para la aprobación del curso, requiriéndose un mínimo de horas cursadas del total de horas presenciales del 80%.

Asimismo, el alumno será evaluado a través de trabajos prácticos semanales y dos exámenes parciales.

La evaluación final consistirá en un examen escrito de teórico-práctico.

**6. Bibliografía básica**

ABRAHAMSEN P., R. HAUGE and O. KOLBJORNSEM. Geostatistics Oslo 2012. Quantitative Geology and Geostatistics. Springer 2012.

BIVAND, R.S., E.J. PEBESMA, AND V. GOMEZ-RUBIO. Applied Spatial Data Analysis with R (Use R). Springer 2009 ISBN-13: 978-0387781709.

CHILÈS, J. P., P. Delfiner. Geostatistics, Modeling spatial uncertainty. Wiley 2nd Edition.2012.

DEUTSCH, C.V. AND A. G. JOURNEL, GsLib: Geostatistical software library and user`s guide. Applied Geostatistic series. Oxford University Press. 2<sup>nd</sup> ed. 1998.

GOMEZ-HERNANDEZ, J.J., J. RODRIGO-ILARRI, M.E. RODRIGO-CLAVERO, E. CASSIRAGA, J.A.VARGAS-GUZMAN. Geostatistics Valencia 2016. Springer 2017.

GOOVAERTS F. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford Univ. Press, New-York, 483 pages. 1997.

GRANA D. AND C. DALY. PETROLEUM GEOSTATISTICS. MATHEMATICAL GEOSCIENCES. 2017. DOI: 10.1007/S11004-017-9688-8.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- JOURNEL A. Fundamentals of Geostatistics in five lessons. Short Course in Geology. American Geophysical Union. 2000.
- JURGEN, P. Interfacing Geostatistics and GIS. Springer 2009.
- KITANIDIS P.K. Introduction to Geostatistics. Applications in Hydrogeology. Cambridge University Press. 1997.
- MATHERON, G. Traité de géostatistique appliquée. Editions Technip. 1962.
- MCBRATNEY, A., WEBSTER, R. and BURGESS, T. The design of optimal sampling schemes for local estimation and mapping of regionalized variables I. Computers and Geosciences, 7(4), 331-334. 1981.
- MERT B. A., A. DAG. A Computer Program for Practical Semivariogram Modeling and Ordinary Kriging: A Case Study of Porosity Distribution in an Oil Field. Open Geosciences, 9, 1. 2017.
- MORAL GARCÍA F. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, vol. 1, n° 13, pp. 78-86, 2004.
- SAMPER F.J y J. CARRERA. Geoestadística. Aplicaciones a la hidrología subterránea. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Barcelona. España. 1990.
- SANCHEZ VILA J., J. CARRERA, and J.J. GÓMEZ-HERNANDEZ. Geostatistics for Environmental Applications. Quantitative Geology and Geostatistics. Klumer Academic Publishers. 2004.
- SARMA D. D. Geostatistics with applications in Earth Sciences. Springer 2009.
- REMY, N., A. BOUCHER and J. WU. Applied Geostatistics with SGeMS. A user's guide. Cambridge University Press. 2009. ISBN 978-1-107-40324-6.
- [VENKATRAMANAN](#), S., [P. M. VISWANATHAN](#), and S. Y. CHUNG. GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science. Elsevier 2019. ISBN-13: 978-0128154137
- WACKERMAGEL H, F. ORS and D. RENARD. Operational monitoring of radioelectric exposure in an urban environment. Conference on Geostatistics for Environmental Applications, Valencia, Spain, 2012.

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 24 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 36 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 12 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

## INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

### 1. Objetivos

Conocer las bases matemáticas del método de los elementos finitos para problemas de campos escalares (térmicos, difusión, flujo potencial) y vectoriales (ecuaciones de elasticidad), así como comprender los aspectos prácticos de programación involucrados en el mismo.

### 2. Programa Sintético.

**Introducción al MEF para problemas elípticos.** Formulación variacional para un problema modelo unidimensional. MEF para problema modelo con funciones lineales por tramos. MEF para la ecuación de Poisson. Espacios de Hilbert. **Formulación abstracta del MEF para problemas elípticos. Algunos espacios de elementos finitos.** Requerimientos de regularidad. Ejemplos de elementos finitos. **Estimaciones de error para problemas elípticos.** Interpolación con funciones lineales por tramos en dos dimensiones. Estimaciones de error para el MEF en problemas elípticos. **Aplicaciones para problemas elípticos.** Problema de elasticidad. Problema de Stokes. Problema de flexión de placas. **Elementos finitos curvos e integración numérica. MEF para problemas parabólicos.** Problema modelo unidimensional. Semidiscretización en el espacio. Métodos de diferencias hacia atrás de Euler y Crank-Nicolson. **Problemas hiperbólicos.** Problema de convección-difusión. Métodos numéricos para problemas hiperbólicos. Método de difusión por líneas de corriente.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

### 4. Actividades Prácticas:

Resolución de guías individuales teórico practicas  
Programación del método

### 5. Modalidad de evaluación:

Evaluación de guías individuales teórico practicas  
· Un examen parcial y un examen final escritos

### 6. Bibliografía básica

Numerical solution of partial differential equations by the finite element method. C. Johnson, Cambridge University Press (1995).

The finite element method, 5th ed, O.C.Zienkiewicz y R.L. Taylor, Butterworth-Heinemann (2000).



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

The finite element method, T.J.R. Hughes, Prentice-Hall Int. Editions (1987).  
Numerical methods in finite element analysis, K.J. Bathe y E.L. Wilson, Prentice-Hall (1976).  
[Introduction to Finite Element Methods](#), Carlos Felippa, Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado at Boulder (2011).

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 45 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 45 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

## MATEMÁTICA APLICADA

### 1. Objetivos

La matemática aplicada vincula la matemática con la ingeniería, las ciencias naturales, las de la vida y las sociales a través de modelos matemáticos de fenómenos naturales o físicos. Teniendo en cuenta que este curso está dirigido a egresados de diversas carreras de ingeniería para diferentes menciones del Doctorado en Ingeniería es que el curso de Matemática Aplicada deberá aportar a los estudiantes conceptos, métodos de la matemática y destrezas requeridas para su uso con los fines antes mencionados proporcionando conocimientos a nivel de posgrado y desarrollando habilidades en temas específicos de matemática aplicada. Se espera que se alcance:

Conocer, emplear y relacionar conceptos básicos del Álgebra Lineal.

Conocer, plantear y resolver problemas con ecuaciones diferenciales ordinarias.

Dominar, vincular, plantear y resolver problemas con ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales.

Vincular los conceptos teóricos de la matemática aplicada con los conceptos prácticos y de ingeniería.

Utilizar software específico para la simulación y/o resolución de problemas.

### 2. Programa Sintético.

**Módulo 1. Vectores, tensores y coordenadas.** Notación vectorial y notación indicial. Tensores particulares. Operaciones del cálculo vectorial y tensorial usando notación indicial. Algunos problemas del cálculo vectorial. Sistemas de coordenadas. Coordenadas en 2D y en 3D. Cambios de coordenadas. Coordenadas intrínsecas. Coordenadas generalizadas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:  
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

**Módulo 2. Métodos numéricos.** Algebra Lineal Numérica. Solución de ecuaciones con métodos numéricos. Generalización del método de Newton para sistemas de ecuaciones no lineales. Matrices y operaciones. Aplicaciones. Sistemas de ecuaciones lineales. Métodos iterativos. Estimaciones de error. Factorización de matrices: método LU y su aplicación. Interpolación y aproximaciones. Métodos en Diferencias Finitas. Método de Elementos Finitos. Diferenciación numérica. Aproximaciones a derivadas de primer orden y de orden superior. Integración numérica. Aplicaciones.

**Módulo 3. Ecuaciones Diferenciales.** Repaso de ecuaciones diferenciales ordinarias. Problemas de valor inicial. Resolución de sistemas. Problemas con condiciones de borde. Problemas de valores característicos. Aplicaciones. Ecuaciones diferenciales parciales clásicas. Clasificación. La ecuación del calor. Método de separación de variables. La ecuación de Laplace y la de Ondas. Métodos de resolución. Principio del Máximo. Métodos Numéricos. Nociones sobre consistencia, convergencia y estabilidad. Aplicaciones: actividades prácticas específicas.

### 3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico.

El curso se desarrollará en base a clases teóricas y prácticas. Las teorías establecerán un marco general que deberá ser complementado y completado por las prácticas que se realizarán en forma simultánea con la teoría. Las actividades serán planeadas de manera que los alumnos puedan practicar durante esa semana de manera tal que el proceso enseñanza-aprendizaje sea realizado en forma continuada.

### 4. Actividades Prácticas:

Dentro de las actividades prácticas, además de las guías de la cátedra, se proponen a los alumnos problemas de aplicación de su especialidad, para los cuales deben seguir los siguientes pasos:

- Traducción de la información física dada al lenguaje matemático obteniendo un modelo matemático que puede ser una ecuación diferencial o un sistema de ecuaciones o alguna otra expresión matemática.
- Tratamiento del modelo obtenido por medio de métodos matemáticos, lo cual conducirá a la solución en forma analítica o numérica del problema dado.
- Interpretación del resultado matemático.
- Presentación de informe oral y escrito, y si corresponde del instrumental utilizado: PC, software específico.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

## 5. Modalidad de evaluación:

Se acreditará el rendimiento académico de los alumnos a través distintas alternativas de evaluación: trabajos prácticos, informes orales y escritos, y un examen final obligatorio.

## 6. Bibliografía básica

Kreuzig, Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Vol I. México: Limusa Wiley, 2003.  
Arfken y Weber, Mathematical Methods for Physicists, HARCOUT-Academic Press, 2001.  
Hildebrand. Advanced Calculus for Applications. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 1962.  
Courant y Hilbert, "Methods of Mathematical Physics", Vols I y II, John Wiley and Sons, 1953.  
Polking y Arnold. Ordinary Differential Equations using MatLab, Third Edition, Prentice-Hall, Inc 2003.  
Bleecker y Csordas, Basic Partial Differential Equations, International Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.  
Larsson y Thomee. Partial Differential Equations with Numerical Methods, Springer, 2009.  
Chapra y Canale, Métodos Numéricos para Ingenieros, tercera edición, McGraw-Hill, 2003.  
Logan. Applied Partial Differential Equations. Springer, New York, 2004.

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 60 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

## MECÁNICA DE FLUIDOS

### 1. Objetivos

El curso está orientado a proveer una base común de transferencia de cantidad de movimiento para alumnos provenientes de distintas carreras de ingeniería. El núcleo del curso reside en el estudio de flujos newtonianos. La ecuación de Navier-Stokes se analiza en detalle, en particular, los casos límites de bajos y altos números de Reynolds que se traducen en flujos reptantes por un lado y potencial por otro



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.





**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

(solución externa) y capa límite (solución interna). Se enfatizan los principios gobernantes de la práctica ingenieril, sin embargo, también se hace uso de balances macroscópicos para obtener soluciones aproximadas.

## **2. Programa Sintético.**

**Unidad 1:** Introducción. Vectores, tensores y elementos de cálculo vectorial

**Unidad 2:** Estática de fluidos. Tensión superficial.

**Unidad 3:** Cinemática. Principios de la mecánica. Sistemas no inerciales.

**Unidad 4:** Ecuaciones de transporte. Teorema del transporte. Ecuaciones diferenciales e integrales. Tensor de tensiones y tensión de deformaciones. Ecuación de movimiento. Fluido newtoniano. Ecuación de Navier Stokes y soluciones exactas. Vorticidad. Flujo irrotacional. Ecuaciones de la energía y entropía. Adimensionalización de ecuaciones de las Navier Stokes. Casos particulares y números adimensionales significativos.

**Unidad 5:** Flujos viscosos

**Unidad 6:** flujos a altos números de Reynolds.

**Unidad 7:** Flujos unidireccionales. Solución de similaridad. Flujos cuasi unidireccionales.

**Unidad 8:** Flujos alrededor de cuerpos sumergidos. Capa límite laminar. Solución de Blasius. Método de Karman y Pholhausen. Capa límite turbulenta. Capa límite térmica con y sin acoplamiento entre el campo de velocidades y el de temperatura.

**Unidad 9:** Ondas superficiales. Teoría de ondas de pequeña amplitud y solución linealizada. Trayectoria de partículas. Aproximación de aguas poco profundas.

**Unidad 10:** Introducción a los métodos de medición de flujos.

## **3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

## **4. Actividades Prácticas:**

Se propone la resolución grupal en el aula de problemas prácticos relacionados con la temática desarrollada en clases teóricas. Dicha resolución de problemas se complementará con ejercicios numéricos en laboratorios de informática con la utilización de software CFD (basado en volúmenes finitos) para mostrar a los alumnos el cálculo de soluciones correspondientes a ciertos problemas o casos de estudio puntuales. El curso incluirá dos horas de práctica de laboratorio donde se realizará una introducción a las técnicas de medición de flujos.

## **5. Modalidad de evaluación:**

Para aprobar el curso se deben acreditar como mínimo 60 puntos, a obtener mediante las siguientes instancias de evaluación, todas de tipo individual:



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- (a) Se tomarán dos exámenes escritos de carácter teórico-práctico, uno al promediar el cursado y otro al finalizar el mismo. Ambas evaluaciones deben aprobarse con un mínimo de 60/100 puntos. Se puede recuperar sólo uno de estos exámenes. El promedio de estas evaluaciones tendrá un peso del 70% para el cálculo de la nota final.
- (b) Se realizarán 4 guías de problemas a entregarse en fechas a determinar. Se deberán aprobar al menos 3 de las mismas con un mínimo de 60/100 puntos. El promedio de estas guías tendrá un peso del 30% para el cálculo de la nota final.
- (c) Se realizará un examen final que consistirá en la presentación escrita mediante un informe y en la defensa oral de un trabajo en donde cada estudiante proponga la solución de un problema práctico relacionado con la materia. Este problema será propuesto por el alumno en función de su especialidad en la mitad del cursado, en caso de no existir propuestas el equipo docente asignará el problema a resolver.

## 6. Bibliografía básica

- Kundu, P.K. and Cohen, M.I., Fluid Mechanics, 4th Edition, Academic Press in an imprint of Elsevier, 2010.
- White, F.M., Fluid Mechanics, 7th Edition, McGraw Hill Series in Mechanical Engineering, 2011.
- Durst, F., Fluid Mechanics – An Introduction to the Theory of Fluid Flows, Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- Kleinstreuer, C., Modern Fluid Dynamics, CRC Press – Taylor & Francis, 2018.
- Whitaker, S., “Introduction to Fluid Mechanics”, Krieger Publishing Company, Prentice Hall, 1968.
- Schlichting, H. and Gersten, K., *Boundary Layer Theory*, 9th Edition, Springer – Verlag, 2017
- Slattery, J.C., “Momentum, Energy and Mass Transfer in Continua”, Mc Graw-Hill, 1972.
- Batchelor, G.K., “An Introduction to Fluid Dynamics”, Cambridge University Press, 1972.

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 40 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 35 horas.

Total: 75 horas.

Duración: 15 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

## MECÁNICA DE SÓLIDOS

### 1. Objetivos

Introducción a los elementos principales de la teoría matemática de la Elasticidad, aplicación de esta teoría a la solución de problemas de valores de frontera en sólidos no lineales, y análisis de las propiedades mecánicas de materiales sólidos bajo grandes deformaciones.

### 2. Programa Sintético.

**Unidad 1: Tensores.** Tensores Cartesianos. Álgebra tensorial. Campos tensoriales.

**Unidad 2: Análisis de Deformación y Movimiento.** Cinemática. Deformación. Análisis del movimiento. Objetividad.

**Unidad 3: Ecuaciones de Equilibrio.** Conservación de la cantidad de movimiento. Tensor de Cauchy. Punto de vista Lagrangiano. Tensores de tensión conjugados.

**Unidad 4: Elasticidad.** Leyes constitutivas para materiales simples. Material elástico de Cauchy. Materiales de Green.

**Unidad 6: Problemas de Valores de Frontera.** Formulación. Teorema de Ericksen. Algunas soluciones. Principios variacionales.

**Unidad 7: Método de los Elementos Finitos en Elasticidad No Lineal.** Discretización de las ecuaciones de equilibrio. Formulación Galerkin. Elementos finitos isoparamétricos. Método de los elementos finitos inversos. Aplicaciones.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

### 4. Actividades Prácticas:

Las actividades prácticas acompañan el desarrollo del programa, incluyendo

**Guía 1:** [Tensores - Parte I](#): Tensores cartesianos.

**Guía 2:** [Tensores - Parte II](#): Álgebra tensorial.

**Guía 3:** [Tensores - Parte III](#): Campos tensoriales.

**Guía 4:** [Deformación y Movimiento - Parte I](#): Deformación.

**Guía 5:** [Deformación y Movimiento - Parte II](#): Movimiento.

**Guía 6:** [Leyes de Conservación, Tensión y Ecuaciones de Campo](#).

**Guía 7:** [Elasticidad](#).

**Guía 8:** Método de los Elementos Finitos en Elasticidad No Lineal – Parte I: Formulación de elementos finitos isoparamétricos.

**Guía 9:** Método de los Elementos Finitos en Elasticidad No Lineal – Parte II: Método de los Elementos Finitos Inversos.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

## 5. Modalidad de evaluación:

- Cantidad y tipo de exámenes parciales: *un examen escrito*
- Tipo y duración del examen final: *trabajo final individual y examen escrito de 3 hs.*

## 6. Bibliografía básica:

- R. W. Ogden, "*Nonlinear Elastic Deformations*", John Wiley & Sons (1984).
- X. Oliver y C. Agelet de Saracibar, "*Mecánica de Medios Continuos para Ingenieros*", UPC Ediciones (2002).
- M. E. Gurtin, "*An Introduction to Continuum Mechanics*", Academic Press (1981).
- K.-J. Bathe, "*Finite Element Procedures*", Prentice Hall (1996).
- R. J. Asaro y V.A. Lubarda, "*Mechanics of Solids and Materials*", Cambridge University Press (2006).
- E. A. de Souza Neto, D. Perić y D. R. J. Owens, "*Computational methods for plasticity: theory and applications*", John Wiley & Sons (2008).
- J. C. Simo, "*Topics on the Numerical Analysis and Simulation of Plasticity*", G. Ciarlet y J. L. Lions, eds., *Handbook of numerical analysis*, Vol. 3, Elsevier Science Publisher (1996).
- J. Lemaitre, J.-L. Chaboche, *Mechanics of Solid Materials*, Cambridge University Press (1990).

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 45 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 75 horas.

Duración: 15 semanas.

## MODELACIÓN AMBIENTAL

### 1. Objetivos

Que el estudiante adquiera una formación avanzada basada en principios de la mecánica de fluidos, la fisicoquímica, la termodinámica, la química y la biología, que le permitan cuantificar el destino y el transporte de contaminantes en ambientes naturales mediante las herramientas del modelado, teniendo en cuenta sus reacciones, especiación y movimiento.

### 2. Programa Sintético.

- Calidad del agua: medidas físicas, químicas y biológicas. Contaminación térmica. Hidrodinámica ambiental. Leyes de conservación. Ecuaciones de Navier



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Stokes. Análisis de derrames. Ecuación advección–difusión/dispersión, soluciones analíticas. Transporte de partículas en suspensión. Transporte de sedimentos.

- Modelado de metales, oxígeno disuelto, nutrientes y patógenos en ríos. Reacciones redox y metales traza. Equilibrio y mediación microbiana. Absorción, partición e interfases. Modelos de mezcla. Métodos computacionales aplicados a modelación en ríos. Modelos sencillos de transporte en cuencas urbanas y rurales.

- Modelado de lagos y reservorios, eutrofización y temperatura. Modelos completamente mezclados, unidimensionales (verticales) y bidimensionales. Control de eutrofización, nivel de oxígeno disuelto y acidez.

- Transporte de masa en medios porosos saturados y no saturados. Soluciones analíticas a la ecuación de transporte. Retardo. Adsorción y decaimiento. Nociones de transporte reactivo. Líquidos de fase no acuosa.

**3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

**4. Actividades Prácticas:**

Resolución de problemas/estudios de casos relacionados con el destino y transporte de contaminantes en ambientes naturales. Determinación de perfiles de concentración de compuestos en el tiempo y espacio, y especiación química de los compuestos. Los estudiantes deberán resolver ecuaciones de gobierno de procesos ambientales mediante el desarrollo de sus propios códigos numéricos.

**5. Modalidad de evaluación:**

Aprobación de cuatro (4) Trabajos prácticos, un (1) examen parcial y un (1) examen final.

**6. Bibliografía básica**

Hemond H.F., Fechner E.J., “Chemical Fate and Transport in the Environment”, Academic Press, Elsevier Inc., 2015.

Clark M. M., “Transport Modeling for Environmental Engineers and Scientists”, 2<sup>nd</sup> edition, J. Wiley, 2009.

Chapra S., “Surface Water Quality Modeling”, Prentice Hall, 1996.

Chin D.A., “Water-Quality Engineering in Natural Systems, Fate and Transport Processes in the Water Environment”, J. Wiley, 2006.

Gunnar Nützmann G., Viotti P., Aagaard P. (Editores). “Reactive Transport in Soil and Groundwater”, Springer, 2005.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:  
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 40 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 20 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

## TÓPICOS SELECTOS EN APRENDIZAJE MAQUINAL

### 1. Objetivos

Que el alumno: Conozca los fundamentos teóricos de las técnicas más utilizadas y los avances recientes en el área del aprendizaje maquinal. Comprenda su significado a los efectos de la correcta implementación de los algoritmos. Identifique la utilidad de estas técnicas para su aplicación en problemas reales. Desarrolle habilidad para la lectura fluida y comprensiva de publicaciones científicas actuales sobre el tema.

### 2. Programa sintético

INTRODUCCIÓN. Revisión de Probabilidad, Nociones de Teoría de la Información y Teoría de la Decisión. Clasificación estadística de patrones y regresión: aprendizaje supervisado paramétrico, no paramétrico y no supervisado. Minería de datos y agrupamiento de patrones.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS. Análisis de componentes principales, formulación probabilística. Análisis de componentes independientes: formulaciones alternativas, funciones objetivo y funciones de contraste. Modelos de mezclas no lineales y convolutivas. Métodos de proyección y reducción dimensional. Factorización de matrices nonegativas.

APRENDIZAJE BASADO EN REDES Y TÉCNICAS CLÁSICAS Revisión de redes neuronales "clásicas": Perceptrón simple y multicapa, redes con Funciones de Base Radial, Mapas Auto-organizativos. Naive Bayes, k-vecinos cercanos, Análisis Discriminante Lineal, Mezclas de gaussianas, k-medias. Aprendizaje por refuerzo. Ensamble de clasificadores, Bagging, Boosting. Aprendizaje profundo.

APRENDIZAJE BASADO EN ÁRBOLES Y REGLAS DE DECISIÓN. Métodos que no utilizan métricas. Generación de árboles de decisión: CART, ID3, C4.5. Reglas para separación, crecimiento y podado. Tratamiento de atributos con valores faltantes. Relación y equivalencias con redes neuronales.

APRENDIZAJE BASADO EN NÚCLEOS. Construcción de núcleos y aprendizaje basado en núcleos. Teoría estadística del aprendizaje: clasificadores de riesgo empírico mínimo. Máquinas de soporte vectorial. Máquinas multi-clase.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

**APRENDIZAJE DE DATOS SECUENCIALES** Revisión de redes neuronales dinámicas: redes de Hopfield, redes neuronales con retardos temporales, redes de Elman y Jordan. Modelos ocultos de Markov discretos y continuos. Algoritmos hacia adelante y hacia atrás. Algoritmo de Viterbi. Entrenamiento por maximización de la esperanza.

**VALIDACIÓN Y SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS** Figuras de mérito en aplicaciones de clasificación y regresión. Capacidad de generalización y sobre-entrenamiento. Métodos de estimación del error: partición simple, validación cruzada, particiones múltiples, Bootstrap, 0.632-bootstrap. Análisis ROC. Métodos de selección de características.

**APLICACIONES** Aplicaciones de aprendizaje maquina a problemas con datos reales.

**3. Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico presencial

**4. Actividades Prácticas:**

TP N°1: Desarrollo e implementación de algoritmos selectos de aprendizaje maquina

TP N°2: Resolución de problemas de clasificación y regresión con datos reales.

Guías de trabajos prácticos y laboratorio

**5. Modalidad de evaluación:**

Aprobación de las guías de trabajos prácticos y laboratorio a través de un coloquio

Aprobación de un examen final.

**6. Bibliografía básica**

K. P. Murphy, Machine Learning: A Probabilistic Perspective, MIT Press, 2012.

Zhi-Hua Zhou, Ensemble Methods: Foundation and Algorithms, CRC Press, 2012.

Ethem Alpaydin, Introduction to Machine Learning. MIT Press: Adaptive Computation and Machine Learning series, 2010.

Stephen Marsland, Machine Learning: An Algorithmic Perspective. Chapman & Hall/CRC: Machine Learning & Pattern Recognition Series, 2009.

Y. Bengio, Learning Deep Architectures for AI, Now Publishers, Canadá, 2009.

S. Theodoridis and K. Koutroumbas, Pattern Recognition, Academic Press, Elsevier, 2009.

R. S. Sutton and A. G. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, MIT Press, Cambridge MA, 1998.

Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning. Springer: Information Science and Statistics, 2006.

V. Cherkassky, F. Mulier, Learning from Data: Concepts, Theory and Methods. Wiley-International Science, 1998.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



**2020**

Año del General  
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:  
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- A. Cichocki and S. Amari, Adaptive Blind Signal and Image Processing. John Wiley & Sons, 2002.
- R. O. Duda, P. E. Hart, D. G. Stork, Pattern Classification. Wiley-Interscience, 2001.
- X. D. Huang, Y. Ariki, M. A. Jack, Hidden Markov models for speech recognition. Edinburgh University Press, 1990.
- Hyvärinen, J. Karhunen, E. Oja, Independent Component Analysis. John Wiley & Sons, 2001.
- D. J. C. MacKay, Information Theory, Inference, and Learning Algorithms. Cambridge University Press, 2003.
- B. D. Ripley, Pattern Recognition and Neural Networks, Cambridge University Press, 1999.
- J. R. Quinlan, C4.5: Programs for Machine Learning. 1993.
- R. P. N. Rao, B. A. Olshausen, M. S. Lewicki (Eds.), Probabilistic Models of the Brain: Perception and Neural Function. MIT Press, 2002.
- V. N. Vapnik, The Nature of Statistical Learning Theory, Springer, 2000.
- Yoshua Bengio, "Learning Deep Architectures for AI", Foundations and Trends in Machine Learning archive, Vol. 2 Issue 1, pp 1-127, 2009.

## 7. Carga horaria y duración

Teoría: 60 horas.

Coloquio y/o Práctica en aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS\_FICH-1042879-20\_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

\*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.