



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

San Miguel de Tucumán, 18 MAY 2021

VISTO el Ref. N° 4-20 del Exp. N° 60830-98 por el cual el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, mediante Res. N° 020-21 solicita la aprobación de las modificaciones al Reglamento de Funcionamiento de la Carrera de Posgrado "Maestría en Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería"; y

CONSIDERANDO:

Que la Carrera de Posgrado "Maestría en Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería" fue creada mediante Res. N° 064-00 de este Cuerpo, y sus modificatorias;

Que la carrera se encuentra acreditada por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), mediante Res. N° 0443-11 y su modificatoria N° 0604-13;

Que asimismo cuenta con Reconocimiento Oficial y la consecuente Validez Nacional de su Título, aprobada mediante Res. N° 0912-15 del Ministerio de Educación de la Nación;

Que en razón de haberse comunicado la convocatoria de CONEAU para el Área Ciencias Aplicadas durante el periodo 2020, corresponde la presentación de la misma para su reacreditación;

Que mediante Res. N° 020-21 del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de esta Universidad, se solicita la aprobación de un nuevo Reglamento de Funcionamiento de la Carrera "Maestría en Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería", así como su nueva oferta académica para el segmento curricular de Cursos Electivos de su Plan de Estudio;

Por ello y teniendo en cuenta lo dictaminado por el Consejo de Posgrado;

EL HONORABLE CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE TUCUMAN

-en sesión ordinaria virtual de fecha 11 de mayo de 2021-

RESUELVE:

ARTICULO 1º.- Aprobar el nuevo Reglamento de Funcionamiento de la Carrera de Posgrado "Maestría en Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería", de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, así como su nueva oferta académica para el segmento curricular de Cursos Electivos de su Plan de Estudio, que como Anexo forma parte de la presente Resolución.-

ARTICULO 2º.- Hágase saber, tome razón Dirección General de Títulos y Legalizaciones, y vuelva a la Facultad de origen.-

RESOLUCIÓN N° 0610 2021  
mt

*cos dala*  
Dra. NORMA CAROLINA ABDALA  
SECRETARIA ACADEMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

*J. Garcia*  
Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

*SA*  
Lic. SONIA ASSAF  
Evaluadora de la  
Estructura Curricular  
y Funcionamiento de la Carrera  
U.N.T.



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

## ANEXO RES. N° 0610 2021

### CARRERA DE MAGISTER EN MÉTODOS NUMÉRICOS Y COMPUTACIONALES EN INGENIERÍA

#### REGLAMENTO DE FUNCIONAMIENTO (Modificación 2020)

##### *I. Sobre la Inscripción en la carrera*

1. Para solicitar la inscripción en la carrera de Magíster en Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería se requiere:
  - a) Poseer un título acreditado de ingeniero o de licenciado en ciencias exactas o naturales otorgado por universidades argentinas o extranjeras. Toda situación no prevista en el reglamento será analizada por la Comisión Académica.
  - b) Demostrar capacidad para desarrollarse en el campo de los métodos numéricos en ciencias e ingeniería, la que será evaluada por la Comisión Académica de la carrera.
2. Los postulantes deberán completar un formulario de inscripción y presentar en Mesa de Entradas de la Facultad una solicitud de inscripción dirigida al decano de la Facultad, el curriculum vitae completo (estudios cursados, cursos superiores o especiales, becas, publicaciones, comunicaciones científicas, patentes, actividad profesional y otros antecedentes que considere pertinentes), copia autenticada del título de grado y, de preferencia, 2 (dos) cartas de profesores y/o investigadores avalando la solicitud de inscripción.
3. La solicitud de inscripción se podrá presentar durante todo el año.
4. Comisión Académica del Magíster analizará los antecedentes y avales de los postulantes y aconsejará mediante nota al Consejo Directivo sobre la inscripción. Si lo consideran apropiado mantendrán una entrevista personal.
5. La inscripción será aceptada por la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología mediante resolución del Consejo Directivo, previo dictamen de la Comisión Académica de la Carrera y con intervención de la dependencia de posgrado de la Facultad de acuerdo al Reglamento General de Estudios de Posgrado de la UNT.

##### *II. Sobre la inscripción, permanencia y obtención del grado de Magister*

6. Para acceder al grado de Magíster, el alumno deberá aprobar un mínimo de 540 hs. de cursos según el siguiente detalle:
  - 320 (trescientas veinte) horas de *Cursos Obligatorios*.
  - Al menos 220 (doscientas veinte) horas de *Cursos Electivos*, que se podrán seleccionar de una oferta que ofrecerá la carrera.Además, se deben completar 160 (ciento sesenta) horas de *Tutorías y trabajos de investigación* y la defensa de una *Tesis de Maestría*.

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

SECRETARÍA DE LA COMISIÓN ACADÉMICA  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
Universidad Nacional de Tucumán

SECRETARÍA DE LA COMISIÓN ACADÉMICA  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
Universidad Nacional de Tucumán



7. Los cursos obligatorios son cuatro:
  - Matemática Numérica Avanzada (80 horas). Docente responsable: Dr. Mario Cesca, UNT.
  - Programación Científica (80 horas). Docente responsable: Dra. María Graciela Molina, UNT.
  - Teoría General de Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería (80 horas). Docente responsable: Dr. Guillermo Etse, UNT.
  - Álgebra Vectorial y Tensorial (80 horas). Docente responsable: Dra. Sonia Vrech, UNT.
8. Los cursos electivos son aprobados por resolución del Consejo Directivo de la facultad a propuesta de la Carrera, la oferta se puede modificar anualmente. En el Anexo I se adjunta un listado de los cursos propuestos, actualizados, no exhaustivos.
9. Con el aval de la Comisión Académica, el alumno podrá acreditar cursos que se hayan dictado fuera de la estructura del Magíster, siempre que los contenidos de los mismos y el nivel de los disertantes sean considerados apropiados por la Comisión de Supervisión.
10. Para la acreditación de los cursos de posgrado, los alumnos deberán aprobar el examen final con una nota igual o mayor a 6 (seis), en la escala 1 a 10.
11. Para formalizar la aceptación del tema y del plan del trabajo final de los interesados en la Carrera de Magíster en Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería se requiere que:
  - a) El candidato haya aprobado al menos cuatro Cursos de la Carrera de Magíster.
  - b) La Comisión Académica apruebe la nominación del Director de Tesis propuesto por el candidato, para lo que se debe incluir la constancia de aceptación del Director.
  - c) La Comisión Académica apruebe el Plan de Trabajo propuesto por el Candidato y avalado por el director, para el desarrollo de la Tesis.
  - d) El Candidato haya cumplido con todos los requisitos de inscripción previstos en el Reglamento General de Estudios de Posgrado de la UNT.
  - e) Presentación de un certificado de lecto-comprensión de idioma inglés, previsto en el Reglamento General de Estudios de Posgrado de la UNT.
  - f) Aceptación del responsable del lugar donde se desarrollará el trabajo de tesis.
12. Para permanecer en el Magister se necesita contar con informes anuales favorables de la Comisión de Supervisión y su plazo de permanencia será el establecido por el Reglamento General de Estudios de Posgrado de la UNT.
13. La Comisión Académica propondrá los miembros de la Comisión de Supervisión y, cuando se requiera, el Co-Director de Tesis.
14. Cuando la Comisión de Supervisión autorice la defensa de la tesis y haya verificado el cumplimiento de todos los requisitos, la Comisión Académica propondrá los miembros del jurado que deberá entender en la defensa. El jurado será designado según lo establecido por el Reglamento General de Posgrado de la UNT.

### III. Sobre la administración del Magíster

15. El Magíster en Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería estará dirigido académicamente por la *Comisión Académica* integrada por 4 (cuatro) miembros, uno de los cuales será el *Director Académico*.
16. Para ser Director Académico se requiere ser Profesor Titular o Asociado de la FACET-UNT. Deberá contar con el título de Magíster, Master o Doctor o equivalente en ciencias afines a la Carrera de Posgrado. Deberá realizar tareas de investigación en áreas vinculadas a los Métodos Numéricos aplicados a la Ingeniería.

Dra. NORMA CAROLINA ABALA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

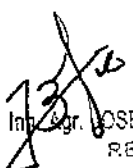


Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

17. El Director Académico durará en sus funciones 4 (cuatro) años y será designado por el Consejo Superior de la UNT, a propuesta del Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Para tal fin, el Decano se basará en una terna elevada por el cuerpo de profesores de la carrera de posgrado.
18. Son responsabilidades del Director Académico:
  - a) Ejercer la representación de la Carrera en todos los actos académicos y administrativos.
  - b) Presidir la Comisión Académica, convocando a las reuniones.
  - c) Realizar gestiones inherentes al financiamiento del posgrado.
  - d) Supervisar toda la actividad de secretaría del posgrado.
  - e) Solicitar asesoramiento en cuestiones particulares al cuerpo de profesores.
19. Para integrar la Comisión Académica se requiere ser Profesor de la FACET - UNT, con título de posgrado de Magíster, Master o Doctor o que posean una reconocida trayectoria y prestigio en las especialidades relacionadas con Métodos Numéricos y Computacionales.
20. Los integrantes de la Comisión Académica durarán en sus funciones 4 (cuatro) años y serán elegidos por el Cuerpo local de Profesores de la carrera.
21. La Comisión Académica propondrá a uno de sus miembros como Co-Director Académico que tendrá la función de reemplazar al Director en forma temporaria en caso de ausencia o imposibilidad. El Co-Director será nombrado por el Decano de la Facultad y cesará en sus funciones cuando concluya el mandato del Director.
22. Serán atribuciones de la Comisión Académica:
  - a) Elegir entre sus miembros al Co-Director Académico de la carrera.
  - b) Entender en la admisión de los interesados en ingresar a la carrera
  - c) Supervisar el avance en los estudios de los alumnos del posgrado y verificar el cumplimiento de todos los requisitos para la obtención del grado académico.
  - d) Fijar el calendario general del posgrado.
  - e) Proponer a consideración de la Facultad los Cursos Electivos.
  - f) Proponer los encargos docentes para su convalidación por el Consejo Directivo de la Facultad.
  - g) Controlar el programa curricular y proponer las modificaciones que correspondan
  - h) Aprobar los planes de tesis, proponer jurados y miembros de Comisiones de Supervisión y aprobar la versión de Tesis para su defensa.
  - i) Proponer las modificaciones al reglamento que fuera conveniente realizar.
  - j) Entender en todo lo no previsto en este reglamento
23. El Cuerpo de Profesores del Magíster está integrado por todos los profesores de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología que participen en forma activa en las actividades del Magíster como el dictado de cursos, dictado de seminarios, dirección de tesis y otras actividades académicas.

Dr. NORMA CAROLINA ABDALA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

  
Ing. JOSÉ RAMÓN GARCÍA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

ANEXO I  
CURSOS DE POSGRADO  
CARRERA DE MAGISTER EN MÉTODOS NUMÉRICOS Y COMPUTACIONALES EN  
INGENIERÍA

A continuación, se detallan los cursos de posgrado obligatorios y electivos pertenecientes a la oferta académica de la Maestría en Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería, de la FACET-UNT. Los cursos electivos no son exhaustivos y se actualizan a propuesta de la Carrera. Se describe la lista de cursos con los docentes responsables y la duración. Seguidamente se incluye un listado del contenido y bibliografía básica de cada curso.

Estos cursos de posgrado fueron evaluados en lo referente a su contenido curricular, bibliografía básica y pertinencia por la Comisión Académica de la Maestría.

Cursos obligatorios:

- Matemática Numérica Avanzada (80 horas). Docente responsable: Dr. Mario Cesca, UNT.
- Teoría General de Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería (80 horas). Docente responsable: Dr. Guillermo Etse, UNT.
- Programación Científica (80 horas). Docente responsable: Dra. María Graciela Molina, UNT.
- Álgebra Vectorial y Tensorial (80 horas). Docente responsable: Dra. Sonia Vrech, UNT.

Cursos electivos:

- Optimización en Ingeniería de Procesos (60 hs). Docente responsable: Dr. Fernando Mele, UNT.
- Indicadores de Falla en Medios Continuos y Estructuras (35 hs). Docente responsable: Dr. Guillermo Etse, UNT.
- Control Avanzado de Procesos SISO (80 hs). Docente responsable: Dr. Mario Cesca, UNT.
- Teoría y Aplicación del Método de los Elementos Finitos en Análisis de Sólidos y Estructuras (30 hs). Docente responsable: Dra. Sonia Vrech, UNT.
- Electromagnetismo Computacional (60 hs). Docente responsable: Dr. Ricardo Diaz, UNT.
- Mecánica del continuo sólido y poroso (80 hs). Docente responsable: Dr. Guillermo Etse, UNT.
- Ciencia de Datos: herramientas y aplicaciones (40 hs). Docente responsable: Dra. María G. Molina, UNT.
- Introducción a Redes Neuronales (70 hs). Docente responsable: Dr. Facundo Lucianna, UNT.
- Principios Generales sobre Radares y Aplicaciones en Geofísica Espacial (40 hs). Docente responsable: Dr. Miguel A. Cabrera.
- Física de la Ionósfera (60 hs). Docente responsable: Dr. Blas de Haro Barbas, UNT.
- Las tormentas geomagnéticas, sus orígenes y su influencia en la Meteorología Espacial (60 hs). Docente responsable: Dr. Gustavo Mansilla, Dra. Marta Zossi, UNT.
- Campo Magnético de la Tierra y Actividad Geomagnética (40 hs). Docente responsable: Dr. Ana G. Elias, UNT.
- Métodos Numéricos Computacionales Avanzados en Sólidos (40 hs). Docente responsable: Dr. Guillermo Etse, UNT.
- Diseño de Experimentos y Análisis de Datos (40 hs). Docente responsable: Dra. Ana María Sfer, UNT.
- Mecánica Computacional de Fluidos (40 hs). Docente responsable: Dra. Mariela Luegue, UNT.
- Métodos de Reconstrucción de Imágenes de Tomografía Computada (40 hs). Docente responsable: Dr. Antonio Orlando, UNT.
- Métodos Avanzados en Mecánica Computacional de Fluido-mecánica (60 hs). Docente responsable: Dr. Antonio Orlando, UNT.

Dra. HORMA CAROLINA ARDILA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JESSE RAMÍREZ  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

- Inferencia Estadística Lineal y sus Aplicaciones (60 hs). Docente responsable: Dr. Juan C. Abril, UNT.
- Relevamiento 3D to BIM: Teorías y aplicaciones (32 hs). Docente responsable: Dr. Salvatore Barbas, Universidad de Salerno, Italia.

Los CV de los respectivos docentes se pueden consultar en <https://drive.google.com/drive/folders/1oAlrbXYc7I5iKa4fT2jR9eF5c6gd8KEw?usp=sharing>.

**NOMBRE: MATEMÁTICA NUMÉRICA AVANZADA**

**DISERTANTE:** Dr. Mario Rodolfo Cesca (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 80 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Modelos matemáticos y cálculo numérico

Resolución de ecuaciones no lineales

Resolución de sistemas de ecuaciones

Interpolación polinómica

Interpolación con trazadores y paramétrica

Aproximación con funciones racionales y trigonométricas

Regresión de datos

Derivación e integración de funciones

Integración de ecuaciones diferenciales ordinarias

**BIBLIOGRAFÍA:** Heath, M. T. Scientific Computing, McGraw-Hill, 2da edición (2004).

Burden, R. L., Faires, D. Análisis Numérico, Thomson International, 6 ta edición (1998).

Chapra, S. C., Canale, R. P. Métodos Numéricos para Ingenieros, McGraw-Hill, 5ta edición (2007).

Gerald, C. F., Wheatley, P. O. Análisis Numérico con Aplicaciones, Pearson Educ., 6 ta. Edición (2000).

Oliver, F., Editor, NIST Handbook of Mathematical Functions, Cambridge University Press, Sec. 3 (2010).

**NOMBRE: TEORÍA GENERAL DE LOS MÉTODOS NUMÉRICOS Y COMPUTACIONALES EN INGENIERÍA**

**DISERTANTES:** Dr. Guillermo Etse (FACET, UNT)

Dra. Sonia Vrech (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 80 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

La mecánica del continuo. Formulaciones diferenciales. Formulaciones integrales: principios físicos globales, principios variacionales.

El método de las diferencias finitas: Propiedades generales, errores, problemas de valores de contorno, aplicaciones.

Método de los residuos ponderados y variacionales.

El método de elementos finitos. Formulación de elementos finitos basada en campos de desplazamientos. Partición del dominio, interpolación local, ensamble, condiciones de contorno.

Criterios de convergencia. Errores. Elementos isoparamétricos y mixtos. Implementación numérica.

**BIBLIOGRAFÍA:** Bathe, K.J. Finite Element Procedures, Pub: Klaus-Jurgen Bathe, 2007.

Crisfield, M. Finite Elements and Solution Procedures for Structural Analysis, Vol I: Linear Analysis, Pineridge Press, 1986.

Felippa, C. Lecture Notes for the course Introduction to Finite Elements Methods, University of Colorado at Boulder, 2004.

Hugues, T.J.R. The Finite Element Method -Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis, Courier Corporation, 2012.

Dr. NORMA CAROLINA ABDALA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Hq. Agr. JOSE RAMÓN GARCÍA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

Zienkiewicz, O. C., Morgan, K. Finite Elements and Approximation, Courier Corporation, 2013.  
Zienkiewicz, O.C., Taylor, R. L. El Método de los Elementos Finitos. Vol 1 y 2. Ed. CIMNE, 2010.

**NOMBRE:** PROGRAMACIÓN CIENTÍFICA  
**DISERTANTE:** Dra. María Graciela Molina (FACET, UNT)  
**DURACIÓN:** 80 horas  
**CONTENIDOS MÍNIMOS:**  
Arquitectura de Computadoras y Sistemas Operativos.  
Algoritmos.  
Desarrollo de software científico.  
Python.  
Lenguajes de programación compilados.

**BIBLIOGRAFÍA:** An Introduction to Statistics with Python, With Applications in the Life Sciences(2016). Thomas Haslwanter. Springer.  
A Primer on Scientific Programming with Python (2014). Hans Petter Langtangen. Springer.  
What Every Programmer Should Know About Memory (2007).Ulrich Drepper.RedHat Inc.  
Data Structures and Algorithms (2001). Aho, Alfred V; Hill, Murray; Hopcroft, John E.; Ullman Jeffrey D.Addison-Wesley Publishing Company.  
<https://docs.python.org/>

**NOMBRE:** ÁLGEBRA VECTORIAL Y TENSORIAL  
**DISERTANTE:** Dra. Sonia Vrech (FACET, UNT)  
Dr. Guillermo Etse (FACET, UNT)  
Dr. Mario Cesca (FACET, UNT)  
Dr. Ricardo Díaz (FACET, UNT)  
**DURACIÓN:** 80 horas  
**CONTENIDOS MÍNIMOS:**  
Algebra Vectorial y Tensorial: Tensores de orden 2. Autovalores y vectores principales. Componentes de un tensor. Tensores de orden 3 y 4. Aplicación: La ley de Hooke de la Mecánica Elástica. Prácticas: Algebra lineal usando Matlab.  
Campos Vectoriales y Tensoriales: Curvas alabeadas. Triedo de Frenet. Coordenadas curvilíneas. Derivación covariante. Símbolos de Christoffel. Divergencia. Hessiano de un campo escalar. Rotacional. Aplicación: El tensor lineal de deformación en los modelos axialsimétricos. Prácticas: El cálculo simbólico usando MatLab.  
Integración de Campos en Curvas y Superficies: Integración en curvas. Integración en superficies. Teorema de Stokes. Teorema de Green. Teorema de Gauss. Aplicación: Los teoremas clásicos de la Mecánica de Fluidos. Prácticas: Visualización científica usando MatLab.  
Cálculo de Variaciones: Variación primera (derivada de Gateaux). La condición de Euler-Lagrange. Aplicación 1: Formulación variacional de problemas de Difusión de Calor. Aplicación 2: Formulación variacional de problemas de Difusión del Calor. Aplicación 1: Formulación variacional de las ecuaciones de la Elasticidad. Prácticas: Una introducción a los elementos finitos.  
Potenciales de un Campo Vectorial: Campos gradientes. Potenciales escalares. Campos conservativos. Campos rotacionales, Potenciales vectoriales. Teorema de Helmholtz. Aplicación: Las leyes de Maxwell del Electromagnetismo. Prácticas: Visualización científica usando MatLab.  
Geometría Diferencial de una Superficie: Láminas. Coordenadas de láminas. Formas fundamentales de una superficie. Aplicación: La energía de deformación en la Mecánica Elástica.

**NOMBRE:** CONTROL AVANZADO DE PROCESOS SISO  
**DISERTANTE:** Dr. Mario Rodolfo Cesca (FACET, UNT)  
**DURACIÓN:** 80 horas  
**CONTENIDOS MÍNIMOS:**  
Historia y perspectiva.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSÉ RAMÓN GARCÍA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

Modelado dinámico de procesos.  
Control feedback con enfoque clásico.  
Teoría moderna clásica.  
Diseño de control siso.  
Sistemas más elaborados.

**BIBLIOGRAFÍA:** Mikleš, Fikar. Process Modelling, Identification and Control, Springer-Verlag, Berlín, Alemania, 2007.  
Astrom, Murray. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers - 2nd Ed. Princeton University Press, 2019.  
Goodwin, Graebe, Salgado. Control System Design, Prentice Hall, 2000.  
Skogestad, Postlethwaite. Multivariable Feedback Control: Analysis and Design, John Wiley and Sons, 2da. Edición, 2005.  
Aström, Hägglund. Control PID Avanzado. Prentice-Hall, 2009.  
Smith. Advanced Process Control: Beyond Single Loop Control, AIChE - John Wiley and Sons, 2011.  
Atherton. An Introduction to Nonlinearity in Control Systems, Bookboon, 2011.

**NOMBRE:** OPTIMIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PROCESOS

**DISERTANTE:** Dr. Fernando Daniel Mele (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 60 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Introducción. La optimización como un punto de vista. Formulación de problemas de optimización. Tipos de problemas de optimización. Métodos de resolución. Herramientas computacionales: ambientes y solvers para optimización. Ejemplos de aplicaciones en ingeniería. GAMS.

Teoría clásica de la Optimalidad. Nociones de máximo y mínimo. Óptimos locales y globales. Convexidad. Condiciones necesarias y suficientes de optimalidad. Multiplicadores de Lagrange y signo de la forma cuadrática. Condiciones de Karush-Kuhn-Tucker para problemas con restricciones. Cualificación de las restricciones.

Optimización lineal. Motivación. Forma de los problemas de programación lineal (LP). El método Simplex. Análisis de sensibilidad. El problema dual.

Optimización lineal mixta entera. Motivación. Planteo general del problema de programación lineal mixta entera (MILP). Resolución de problemas MILP. Relajación. Algoritmo de branch & bound. Linealización mediante variables binarias.

Optimización no lineal. Motivación. Tipos de problemas de optimización no lineal (NLP). Métodos iterativos para problemas NLP. Métodos de Newton y cuasi-Newton. Programación cuadrática sucesiva. Método generalizado del gradiente reducido. Funciones de penalización y de barrera.

Optimización no lineal mixta entera. Optimización. Motivación. Algoritmos para optimización global. Métodos determinísticos. Métodos estocásticos. Branch & bound no lineal. Aproximación exterior. Algoritmos metaheurísticos.

Optimización multiobjetivo. Concepto de óptimo de Pareto, dominancia y eficiencia. Métodos multiobjetivo. Condiciones de optimalidad.

**BIBLIOGRAFÍA:** Edgar, T. F., Himmelblau, D. M, Lasdon, L. S. Optimization of Chemical Processes, 2da edición, McGraw-Hill, 2001.

Pyke, R. W. Essentials of Optimization for Chemical Engineering. Kindle Direct Publishing, 2019.

Ravindran, A., Ragsdell, K. M., Reklaitis, G. V. Engineering Optimization: methods and applications 2da edición, Wiley, 2006.

Sioshansi, R., Conejo, A. J. Optimization in Engineering. Models and Algorithms. Springer, 2017.

Derek Atherton. An Introduction to Nonlinearity in Control Systems, Bookboon, 2011.

Dr. NORMA CAROLINA ABDALA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSÉ MANUEL VARELA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN





Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

**NOMBRE:** INDICADORES DE FALLA EN MEDIOS CONTINUOS Y ESTRUCTURAS

**DISERTANTES:** Dr. Guillermo Etse (FACET, UNT)

Dra. Sonia Vrech (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 35 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Preliminares. Conceptos introductorios. Motivación. Alcances y objetivos del curso.

Descripción Continua de Procesos de Falla. Sólidos elastoplásticos clásicos. Sólidos viscoelastoplásticos. Aplicación a materiales cohesivos – friccionales. Aspectos computacionales.

Indicadores de Falla Difusa o Continua. Condición de tensión límite. Condición de inestabilidad.

Condición de bifurcación continua. Jerarquía de indicadores de falla difusa. Aplicaciones a sólidos elastoplásticos y viscoplásticos.

Indicadores de Falla Localizada o Discontinua. Localización de deformaciones. Caso estático y caso dinámico. Jerarquía de indicadores

de falla localizada. Jerarquía de indicadores de falla difusa y localizada. Aplicaciones.

Performance de Elementos Finitos en Falla Localizada. Distribución a nivel de elemento de discontinuidades. Forma débil de la localización. Propiedades de localización de elementos. El test de localización débil. Aplicaciones Computacionales.

**BIBLIOGRAFÍA:** Robert D. Cook, D. Malkus & Michael Plesha, Concepts and applications of Finite Element Analysis, 3rd Ed., 1989, John Wiley & Sons.

K.J. Bathe. Finite element Procedure in Engineering Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.

Thomas Hugues. The Finite Element Method. Linear Elastic and Dynamic FE Analysis. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ, 1987.

O.C. Zienkiewicz and K.Morgan. Finite Elements and Approximation. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1988.

G. Etse. Teoría General de Métodos Computacionales en Ingeniería. Apuntes de Clase. 1996.

**NOMBRE:** TÓPICOS AVANZADOS EN MÉTODOS COMPUTACIONALES PARA INGENIERIA

**DISERTANTE:** Dr. Guillermo Etse (FACET, UNT)

Dr. Nicolás Labanda (Facultad de Ingeniería, UBA)

**DURACIÓN:** 60 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Problemas Físicamente No Lineales y Disipativos. Procedimientos Numéricos para Teorías Materiales Elastoplásticas y Elasto-Viscoplásticas. La Matriz Modular Tangente Consistente. Integración Forward-Euler. Formulación Implícita Backward-Euler. Procedimientos de Búsqueda de Línea (Line search). Métodos de Longitud de Arco Clásico y Cilíndrico. Criterios de Convergencia. Elementos de Interface No Lineales Disipativos. Formulación de Interface Lagrangeana Aumentada. Introducción al Método de Elementos Virtuales para sólidos. Aplicaciones Numéricas.

**BIBLIOGRAFÍA:** El Método de los Elementos Finitos. Volumen 2. Zienkiewicz-Taylor. Mc Graw Hill. 1994.

The Finite Element Method. Thomas Hugues.

An Excursion into Large Rotations. CMAP&E. J. Argyris. 1982.

Finite Element Procedures. K. Bathe. 1996.

Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures. Vol. 1. M.A. Crisfield. Wiley, 1995.

Dr. BERNARDO CARACULINA ABDALLA  
SECRETARÍA DE ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSÉ RANDY BARRERA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

Augmented Lagrangian methods: application to the numerical solution of boundary-value problems. Fortin M, Glowinski R. North-Holland - Studies in mathematics and its applications; 1983.

Virtual element implementation for general elliptic equations. In: Building bridges: connections and challenges in modern approaches to numerical partial differential equations. Beirão da Veiga L, Brezzi F, Marini LD, Russo A. Springer; 2016a. p. 39-71.

A hybrid discontinuous Galerkin-interface method for the computational modelling of failure. Mergheim J, Kuhl E, Steinmann P. Commun Numer Methods Eng. 2004;20:511-9.

**NOMBRE: ELECTROMAGNETISMO COMPUTACIONAL**

**DISERTANTE:** Dr. Ricardo Díaz (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 60 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Ecuaciones de Maxwell, Laplace y Poisson. Conceptos fundamentales sobre la geometría diferencial en electromagnetismo. Variedades. Campos de vectores y formas diferenciales. Campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos. Problemas estáticos y dinámicos. Métodos analíticos y numéricos. Métodos de Montecarlo.

Fundamentos sobre la transformación conforme. Funciones complejas. Condiciones de Cauchy-Riemann. Ecuaciones de Laplace. Transformación de Schwarz-Christoffel. Funciones de orden superior. Las funciones elípticas. Integrales de Legendre. Funciones de Jacobi. Fundamentos sobre la transformación de coordenadas. Coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas.

Métodos diferenciales aplicados a campos eléctricos (FEM, FDM). Método de Elementos Finitos. Formulación bidimensional y tridimensional en medios isótropos y anisótropos. Condiciones de Dirichlet y de Neumann. Matriz de rigidez. Resolución de la función aproximante. Soluciones de matrices de coeficientes esparsos. Sistemas tridimensionales. Método de Diferencias Finitas. Mallas ortogonales y ecuaciones de diferencias. Sistemas bidimensionales. Ventajas y desventajas. Implementación en computadora, performance, descripción de lógicas.

Métodos integrales aplicados a campos eléctricos (CSM, BEM). Método de Cargas Equivalentes. Principios. Método de las imágenes imperfectas. Cargas discretas y cargas distribuidas. Condiciones de borde. Electrodo a potencial flotante. Cargas espaciales. Sistemas multidieléctricos. Sistemas asimétricos. Método de Elementos de Borde. Modelo matemático y modelo discreto. Integral de Fredholm. Superficies de contorno. Elementos parciales. Dominios tridimensionales. Implementación en computadora, performance, descripción de lógicas.

**BIBLIOGRAFÍA:** M.L. James. Applied Numerical Methods for Digital Computation. Harper & Row Pub. 1985.

F. Browman. Introduction to Elliptic Functions. J. Wiley & Sons. 1953.

J.M. Hammersley. Monte Carlo Methods. Methuen & Co. 1965.

O.C. Zienkiewicz. Finite Elements and Application. J.Wiley. 1983.

A. Bossavit. Méthodes numériques en électromagnétisme. Eyrolles. 1991.

D.M. Sullivan. Electromagnetic Simulation, Wiley & Sons Pub. 2013.

**NOMBRE: PRINCIPIOS GENERALES SOBRE RADARES Y APLICACIONES EN GEOFÍSICA ESPACIAL**

**DISERTANTE:** Dr. Miguel Cabrera (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 40 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Definiciones básicas de un sistema de Radar. Deducción de la ecuación para el Radar.

Determinación de distancia ciega, alcance y resolución. Diseño óptimo del prf para condición de ambigüedad nula. Ejemplos de cálculo de sobre órdenes de magnitud que intervienen en el diseño. El concepto de sección eficaz de Radar.

Un radar para aplicaciones ionosféricas: el sondador ionosférico.

Análisis de las atenuaciones que sufren las señales emitidas.

Dra. NORMA CANCIANA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Dr. Agr. JOSE RAMON GARCIA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

Fuentes de ruido, métodos para mitigar los efectos del ruido, filtrado selectivo, conversión de frecuencias, cambio de dominio.

La capacidad de detección, concepto de sistema de decisión para detección de objetivo.

Parámetros para el diseño de un radar en base a la relación señal/ruido y a la probabilidad de detección. Ejemplo de diseño.

La compresión de impulso y la codificación. Análisis entre la transmisión de portadora no modulada y codificada. Ganancia debida a la codificación. Análisis de diferentes códigos.

Ganancia por integración, coherente e incoherente.

Analizar trabajos de modelación de algunas etapas de un sondador ionosférico de características avanzadas.

Trabajos prácticos de análisis de imágenes del sistema AIS-INGV. Conclusiones.

**BIBLIOGRAFÍA:** Bianchi Cesidio, U. Sciacca, A. Zirizzotti, E. Zuccheretti, and B. J. Arokiasamy. Signal processing techniques for phase-coded HF-VHF radars. *Annals of Geophysics*, Vol. 46, N.4, 2003.

Curry, G. Richard, Radar System Performance Modeling, 2nd. Edit., Ed. Artech House, Norwood, MA, 2005.

Golay, M.J.E., Complementary series, *IRE Trans. Inf.Theory*, 7, 82-87, 1961.

Mahafza, Bassem R., Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB; Ed. Chapman & Hall/CRC, USA, 2000.

Skolnik, M. I., Introduction to radar systems, Mc. Graw-Hill, USA, 1980.

Skolnik, M. I., Radar Handbook, Mc. Graw-Hill, USA, 1990.

Tomasi, Wayne; Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Ed. Prentice Hall, Mexico, 1996.

Zuccheretti E.; Tutone, G.; Sciacca, U.; Bianchi, C.; Arokiasamy, B.J. The new AIS-INGV digital ionosonde. *Annals of Geophysics*, Vol. 46, N.4, 647-659, 2003.

**NOMBRE:** MECÁNICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS

**DESERTANTE:** Dra. Mariela Luegue (FACET-UNT), Dr Antonio Orlando (FACET, UNT).

**DURACIÓN:** 40 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Conceptos de la Mecánica de los Fluidos. Ecuaciones que gobiernan el movimiento de un fluido y la transferencia de calor. Ley de conservación de la masa, del momento y de la energía. Ecuaciones de estado. Ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido newtoniano y ecuaciones generales de transporte. Ecuaciones de conservación en forma diferencial, integral y conservativa. Clasificación de las ecuaciones de la dinámica de los fluidos.

Métodos de Discretización. Métodos de las Diferencias Finitas. Métodos de los Volúmenes Finitos. Métodos de los Elementos Finitos.

Método de los Volúmenes Finitos para Problemas de Difusión. El Método de Volumen Finito 1D para problema estacionario de difusión. El algoritmo de la matriz tridiagonal (TDMA). El Método de Volumen Finito para problema estacionario 2D y 3D de difusión 3.4 Aplicación del método TDMA a problemas 2D y 3D.

Método de los Volúmenes Finitos para Problemas de Convección y Difusión. Problema estacionario 1D de convección y difusión. Esquema de diferencias centrales. Esquema de diferencias upwind. Esquema de diferencias de orden superior. Análisis de Estabilidad de los esquemas. Esquema TVD. Funciones de flujo límite. Acoplamiento velocidad-presión en flujos estacionarios: Algoritmos de resolución. Mallas staggered y non-staggered. Ecuaciones de momentum. Algoritmos SIMPLE, SIMPLER, SIMPLEC y PISO.

Método de volúmenes finitos para flujo no estacionario. Conducción de calor 1D no estacionario. Esquemas explícitos, implícitos y Crank-Nicholson. Métodos implícitos para problemas de convección y difusión en 2D y 3D. Algoritmos SIMPLE y PISO para problemas transitorios.

**BIBLIOGRAFIA:** Blazek J., Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications, Butterworth, 3rd Ed., 2015.

Ferziger J. H., Perić M., Street R. L., Computational Methods for Fluid Dynamics; Springer, 2020.

Dra. NORMA CAROLINA AQUILA  
SECRETARIA ACADEMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSÉ RAMÓN GARCÍA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

Chung T. J., Computational Fluid Dynamics; Cambridge University Press, 2nd Ed., 2010.  
Wesseling P., Principles of Computational Fluid Dynamics, Springer, 2001.  
Hirsch C., Numerical Computation of Internal and External Flows, Volume 1: Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, 2007.  
Hirsch C., Numerical Computation of Internal and External Flows, Volume 2: Computational Methods for Inviscid and Viscous Flows, 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, 2007.

**NOMBRE:**

**MÉTODOS AVANZADOS EN MECÁNICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOMECAÁNICA**

**DISERTANTES:** Dr. Antonio Orlando (FACET, UNT), Dra. Mariela Lueghe (FACET, UNT).

**DURACIÓN:** 60 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Método de elementos finitos conformes para problemas al contorno de tipo coercivo. Formulaciones débiles y variacionales de problemas elípticos. Espacios de Sobolev. Teorema de Lax-Milgram. Lema de Cea. Estima a-priori del error. Condicionamiento de la matriz de rigidez. Precondicionamiento.

Problemas al contorno de tipo no coercivo. Pérdida de la Coercividad: Mecánica de los fluidos incompresibles. Ecuación de Stokes. Oscilaciones de las variables primarias y duales. Relación con problemas de optimización con vínculos. Problemas de puntos de sillas.

Método de elementos finitos mixtos. Condición inf-sup. Análisis de convergencia. Lema de Fortin. Elemento MINI.

Elementos rectangulares (Q2-Q1, Q2 - P-1).

Técnicas para evadir la condición inf-sup Formulaciones estabilizadas. Elementos triangulares estabilizados (Q1-P0, Q1-Q1). Elementos rectangulares estabilizados (Q1-P0, Q1-Q1). Métodos de penalización.

Ecuación de convección (o transporte) & difusión. Formulación débil y el término de convección. Método de Galerkin y sus dificultades.

Métodos de estabilizaciones.

Aspectos algebraicos. Método de Uzawa. Métodos iterativos clásicos Métodos del subespacio de Krylov. Método GMRES.

**BIBLIOGRAFÍA:** Orlando A., Notes del curso (en inglés), Swansea University, aa 2006-2010.

Quarteroni A., Valli A., Numerical Approximation of Partial Differential Equations, Springer 1994.

Boffi D., Brezzi F., Fortin M., Mixed Finite Element Methods and Applications, Springer 2013.

Braess, D., Finite Elements. Theory, Fast Solvers, and Applications in Solid Mechanics. 3rd Ed. Cambridge University Press, 2007

**NOMBRE: FÍSICA DE LA IONÓSFERA I - FÍSICA, CARACTERÍSTICAS Y VARIABILIDAD DE LA IONÓSFERA**

**DISERTANTE:** Blas F. De Haro Barbas (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 60 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Atmósfera neutra (Estructura vertical de la atmósfera. Composición. Equilibrio hidrostático).

Física de la ionósfera, estructura y variabilidad (Procesos de producción y pérdida de ionización. Teoría Chapman de la fotoionización. Transporte vertical. Regiones de la ionosfera: D, E y F. Contenido electrónico total. Principales variaciones de la ionosfera: diurna, estacional y con la actividad solar. Modelos de la ionosfera).

Dinámica del plasma ionosférico (Conductividad eléctrica de la ionosfera. Corrientes en la ionosfera. Dínamo ionosférico).

Características de la ionosfera a latitudes medias y bajas (Comportamiento de la ionosfera a latitudes medias. Anomalia ecuatorial de la ionosfera).

Características de la ionósfera a latitudes.

Dra. NORMA CAROLINA ADALMA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Dr. JOSÉ RAMÓN GARCÍA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

**BIBLIOGRAFÍA:** Glassmeier, K.H., H. Soffel and J.F.W. Negendank (2009), Geomagnetic Field Variations, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 213 pp.  
Hargreaves J.K. (1995), The solar-terrestrial environment, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 420 pp.  
Kelley, M.C. (2009), The Earth's Ionosphere. Plasma Physics & Electrodynamics, Academic Press, Burlington, MA, USA, 576 pp.  
Rishbeth, H. and O.K. Garriott (1969), Introduction to ionospheric physics, Academic Press, New York, USA, 331 pp.  
Schunk, R.W. and A.F. Nagy (2009), Ionospheres. Physics, Plasma Physics, and Chemistry, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 628 pp.  
Zolessi, B. and L.R. Cander (2014), Ionospheric Prediction and Forecasting, Springer- Verlag, Berlin, Germany, 240 pp.

**NOMBRE: MÉTODOS DE RECONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES DE TOMOGRAFÍA COMPUTADA**

**DISERTANTE:** Dr. Antonio Orlando (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 40 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Introducción a los Principios Básicos de la Tomografía Computada. Tomografía por Transmisión (Rayos X, CT por Rayos X). Emisión Tomográfica (PET, SPECT). Interacción entre Fotones y Tejidos. Formulación del Problema de Reconstrucción.

Reconstrucción de imágenes tomográficas por proyecciones. Definición de proyecciones. Transformada de Radón. Teorema de las Secciones de Fourier. Transformada de Fourier. Transformada de Radon en 3D. Transformada de Haz Cónico. Transformada Atenuada de Radon. Teorema del Muestreo de Shannon-Nyquist. Proyecciones sintéticas por simulaciones numéricas. Métodos de Reconstrucciones basados en la Transformada de Fourier. Reconstrucción Standard de Fourier 3.2 Método del Gridding. Método del Linograma.

Métodos de Reconstrucciones basados en la Transformada de Radon. Transformada Discreta de Radon. Implementación de la Transformada Inversa de Radon. Algoritmo de Retroproyección. Algoritmo de Retroproyección Filtrada. Confronto entre la Retroproyección y Retroproyección Filtrada. Algoritmo de Reconstrucción 3D para Haz Cónico y Helicoidal. Algoritmo de Retroproyección Filtrada para la Transformada Atenuada de Radon. Reconstrucción Simultanea del Coeficiente de Atenuación y de la Actividad Radiactiva.

Métodos de Reconstrucciones Algebraicas. Reconstrucción de Imágenes Tomográficas como Problema Inverso. Reconstrucción Naïve y 'Crímenes Inversos'. Problemas Inversos Mal Puestos. Inversa Generalizada de Moore-Penrose. Descomposición en Valores Singulares. Regularización. Métodos algébricos de reconstrucciones de imágenes por Emisión Tomográfica.

Calidad de la imagen y Artefactos.

Características generales de la Imagen. Artefactos en CT imágenes.

**BIBLIOGRAFÍA:** Natterer F., Wübellling F., Mathematical Methods in Image Reconstruction, SIAM, 2001.

Kak A. C., Slaney M., Principles of Computerized Tomographic Imaging, SIAM 2001.

Zeng G. L., Image Reconstruction: Applications in Medical Sciences, Walter de Gruyter, 2017.

Herman G. T., Fundamentals of Computerized Tomography, 2nd Ed., Springer, 2009.

A., Apuntes del curso, UNT, 2018


**NOMBRE: CIENCIA DE DATOS: HERRAMIENTAS Y APLICACIONES**

**DISERTANTE:** Dra. María Graciela Molina (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 40 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Dr. HOMER CAROLINA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

 JOSE RAMON GARCIA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

Introducción a Ciencia de Datos y a la programación científica Introducción a la Ciencia de Datos. Definiciones. Aplicaciones. Estado del arte. Herramientas actuales. Ejemplos. Desarrollo de software científico. Programación científica y optimización. Lenguajes de programación científica. Python como lenguaje de scripting. Variables, tipos de datos, estructuras de control, archivos. Módulos y bibliotecas. Bibliotecas de Python usadas en el análisis y visualización de datos: Numpy, Scipy, Matplotlib, Pandas, etc. Manipulación y limpieza de datos Pandas. Series y DataFrames. Indexado, selección, slicing, etc. Alineamiento de datos. Funciones universales. Datos faltantes. Indexado jerárquico. Datos agregados y agrupados. Operaciones vectorizadas con strings. Series temporales. Clasificación Machine learning: estado del arte, generalización, conjuntos de datos, regresión logística, clasificación, dispersión, introducción a las redes neuronales artificiales. Módulos de Py.

**BIBLIOGRAFÍA:** Camporeale Enrico, Wing, S y Johnson, Jay. (2018). "Machine Learning Techniques for Space Weather". <https://doi.org/10.1016/C2016-0-01976-9>. Elsevier.  
Grus, Joel (2015). "Data Science from Scratch". O'Reilly Media.  
Langtangen, Hans Petter (2014). "A Primer on Scientific Programming with Python". <https://hplgit.github.io/primer.html/doc/pub/half/book.pdf> (fecha consulta 2018).

**NOMBRE:** TEORÍA Y APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS EN ANÁLISIS DE SÓLIDOS Y ESTRUCTURAS

**DISERTANTE:** Dra. Sonia Vrech (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 30 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Introducción al Método de los Elementos Finitos (MEF), marco teórico. Formulación intuitiva y matemática del MEF.  
Formulación isoparamétrica del MEF.  
Programación computacional de Elementos Finitos.  
El test de la parcela.  
Formulación matemática de la matriz de rigidez y del vector de cargas nodales de elementos.  
Formulación de elemento de barra para pórticos con rigidez normal, flexional, cortante y torsional.  
Formulación de elemento de viga. Elemento bidimensional para placas. Elemento bidimensional para cáscaras según teoría clásica de Kirchhoff y Mindlin. Aplicaciones y ejemplos.

**BIBLIOGRAFÍA:** The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Thomas J.R. Hughes. Prentice-Hall .2000.  
Finite Element Procedures. K.J. Bathe. Prentice-Hall .2007.  
El Método De Elementos Finitos. Vol 1 y 2. Zienkiewicz-Taylor. CIMNE 2010.  
Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos: Análisis Estático Lineal. E. Oñate. CIMNE 1992.

**NOMBRE:** INTRODUCCIÓN A REDES NEURONALES

**DISERTANTE:** Dr. Facundo Lucianna (FACET, UNT)


**DURACIÓN:** 70 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Elementos básicos de una red neuronal  
Aprendizaje, validación y codificación  
Topología de una red  
Aplicaciones

**BIBLIOGRAFÍA:** Introduction to the theory of neural computation, John Hertz, Anders Krogh, Richard G. Palmer. Ed. Addison-Wesley. 1990.  
Inteligencia artificial: Modelos, técnicas y Áreas de aplicación, Francisco Escolano Ruiz, Miguel Cazorla Quevedo, Ma. Isabel Alfonso Galipienso, Otto Colomina Pardo, Miguel Lozano Ortega.

Dra. NORMA CAROLINA VRECH  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

  
Ag. JOSE RAMON GARCIA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

Ed. Paraninfo, 2003.

Inteligencia artificial: Un enfoque moderno, Stuart Russel, Peter Norvig. Ed. Pearson Educación. 2004.

Neural Networks for Robotics: An Engineering Perspective, Nancy Arana-Daniel, Alma Y. Alanis, Carlos Lopez-Franco. Ed. CRC Press. 2018.

**NOMBRE: MECÁNICA DE CONTINUOS SÓLIDOS Y POROSOS**

**DISERTANTES:** Dr. Guillermo Etse (FACET, UNT)

Dra. Sonia Vrech (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 80 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Cinemática. Análisis de deformaciones y movimientos. Equilibrio. Ecuaciones de Tensiones y de Campo. Medios Continuos Elásticos. Problemas de Valores de Contorno. Deformaciones Elásticas Incrementales. Condición de Elipticidad Fuerte. Bifurcación del Equilibrio. Ondas y Vibraciones. Plasticidad. Plasticidad con Grandes Deformaciones. Plasticidad Computacional.

**BIBLIOGRAFÍA:** Fundamentos de Mecánica de Medios Continuos. J.M. Massagué y A. Falqués, Edicions UPC, Barcelona. 1987.

Mecánica del Medio Continuo - Geometría y Dinámica. J.M. Massagué y A. Falqués, Edicions UPC, Barcelona. 1994.

Introduction to Mechanics of Continua Media. William Prager, Dover Publications, New York. 1985.

T.S. Chung, Prentice-Hall International Editions, London. 1988.

W.B. Bickford, Irwin, Toronto. 1992.

Mechanics of a Continuum Medium. Amintore Fusco, CIMNE, Barcelona. 1993. J. Danielson; Vectors and tensors in engineering and physics.

P.E. Lewis y J.P. Ward; Vector analysis for engineers and scientists, Addison Wesley, 1989.

F. Charton; Vector and tensor methods, Ellis Horwood, 1976.

C. Moreno; Matemática Numérica. Curso de Posgrado. (apuntes del curso).

**NOMBRE: DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS**

**DISERTANTE:** Dra. Ana María Sfer (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 40 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Estadística.

Etapas de un estudio estadístico.

El papel del diseño experimental.

Población y muestra.

Sesgo de muestreo.

Métodos de muestreo.

Estimación, errores de estimación.

Intervalos de confianza.

Determinación del tamaño muestral. Contraste de hipótesis para una y dos poblaciones.

Comparación de más de dos poblaciones. Comparaciones múltiples. Diseño de experimentos.

Análisis de regresión.


**BIBLIOGRAFÍA:** Box, E. P., Hunter, W.G., Hunter, J.S. Estadística para Investigadores. Reverté, 2008.

Kish, Leslie. Muestreo de encuestas. Editorial Trillas. (1979).

Miller y Freund. Probabilidad y Estadística para ingenieros. Prentice-Hall Hispanoamericana (1997).

Peña, Daniel. Estadística Modelos y Métodos 2. Modelos y Series Temporales. Alianza Universidad

Dra. NORMA CAROLINA GSDUA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

 Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

Textos (2000).

Peña y Romo. Introducción a la Estadística para Ciencias Sociales. McGraw-Hill. Interamericana de España (1997).

Ross, Sheldon M. Introduction Probability and Statistics for Engineers and Scientists, Fifth Edition (2014). 11 th Edition (2019).

Academic Press Elseiver. Smith, Peter. Into Statistics. Springer (1998).

Walpole, Myers y Myers. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Prentice Hall. Hispanoamericana, S.A., 1998.

Walpole, Myers, Myers y Keying. Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias. Pearson Educación. 9na Edición (2012).

**NOMBRE: CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA Y ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA**

**DISERTANTE: Dra. Ana Georgina Elías (FACET, UNT)**

**DURACIÓN: 40 horas**

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Campo magnético de la Tierra: Estructura del interior de la Tierra. Descripción del campo magnético principal de la Tierra. Modelo matemático del campo de origen interno. Análisis en armónicos esféricos y coeficientes de Gauss. Modelo del campo de referencia-geomagnético internacional IGRF. Campo magnético de otros planetas.

Campo magnético de origen externo: conductividad eléctrica de la ionosfera. Corrientes ionosféricas. Sq y electrojet ecuatorial. Electrojet auroral. Efecto de las corrientes ionosféricas sobre el campo magnético de la Tierra.

La magnetósfera: Interacción del viento solar con el campo magnético de la Tierra. La magnetosfera. Modelo de Chapman-Ferraro. La magnetopausa. Corrientes magnetosféricas. Anillo de corriente. Corrientes alineadas con el campo.

Variaciones del campo magnético: Variación secular del campo geomagnético. Excursiones geomagnéticas. Inversión de polaridad y análisis de las secuencias de inversión. Comportamiento durante la transición. Variaciones de origen externo. Variación de las distintas componentes del campo magnético. Tormentas y subtormentas geomagnéticas.

Índices magnéticos: Índice K. Índices planetarios Kp y Ap. Índice aa. Índices aurales AU, AL, AE. Índice Dst. GrupoV-DAT de la IAGA: Datos geomagnéticos e índices. Análisis de variación de índices magnéticos.

Medición del campo geomagnético: Instrumentos de medición. Observatorios, estándares y automatización. Mapas del campo magnético de la Tierra. Intermagnet. Observatorios en América Latina.

**BIBLIOGRAFÍA:** Merrill, R.T., McElhinny, M.W., and McFadden (1983), The Magnetic Field of the Earth, Academic Press, USA.

Jacobs, J.A. (1991), Geomagnetism, Academic Press, USA.

Glassmeier, K.H., H. Soffel and J.F.W. Negendank (2009), Geomagnetic Field Variations, Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Hargreaves J.K. (1995), The solar-terrestrial environment, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Kelley, M.C. (2009), The Earth's Ionosphere. Plasma Physics & Electrodynamics, Academic Press, Burlington, MA, USA.

Rishbeth, H. and O.K. Garriott (1969), Introduction to ionospheric physics, Academic Press, New York, USA.

Schunk, R.W. and A.F. Nagy (2009), Ionospheres. Physics, Plasma Physics, and Chemistry, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Dra. NORMA CAROLINA ANALLA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN





Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

**NOMBRE:** LAS TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS, SUS ORÍGENES Y SU INFLUENCIA EN LA METEOROLOGÍA ESPACIAL

**DISERTANTES:** Dr. Gustavo A. Mansilla (FACET, UNT), Dra. Marta M. Zossi (FACET, UNT)

**DURACIÓN:** 60 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Fenómenos solares. El Sol activo. Campo magnético del Sol. El viento solar. Cavidad magnetosférica. Estructura de la magnetosfera. Acoplamiento viento solar- magnetosfera. Campo Geomagnético. Fuentes del campo geomagnético. Campo principal. Índices geomagnéticos. Atmósfera de la Tierra. Estructura química, térmica de la atmósfera. Dinámica atmosférica. Comportamiento a largo plazo de parámetros estratosféricos. Perturbaciones Geomagnéticas. Tormentas y subtormentas geomagnéticas. Dinámica de las tormentas. Efectos sobre la atmósfera de la tierra. Índices de la actividad geomagnética. Meteorología Espacial. Influencia y efectos sobre el medio interplanetario, la magnetosfera, la atmósfera de la Tierra. Pronostico.

**BIBLIOGRAFÍA:** Magnetic Storms, Bruce T. Tsurutani, Walter D. Gonzalez, Yohsuke Kamide, John K. Arballo, Geophysical Monograph 98, American Geophysical Union, USA, 1997.

The upper Atmosphere and Solar-Terrestrial Relations, An Introduction and the aerospace environment, J.K. Hargreaves, Van Nostrand Reinhold Company, 1979.

Handbook of Geophysics and the Space environment, Air Force Geophysics Laboratory, US Air Force, Springfield, Virginia. USA, 1985.

Magnetospheric Processes, J.G. Roederer, Spring College on Geomagnetism and Aeronomy- ICTP- Trieste, Italia, 1987.

The evolving concept of a magnetospheric substorm, G. Rostoker, J. Atmos.Terr. Phys., 61, 85- 100, 1999.

From the Sun, Auroras, magnetic Storms, Solar Flares, Cosmic Rays, S. Suess, B.Tsurutani, American Geophysical Union. 103, 111, 1998.

Solar Astrophysics, P. V. Foukal, WILEY-VCH.

Aeronomy of the Middle Atmosphere. Chemistry and Physics of the Stratosphere and Mesosphere, G.P. Brasseur and S. Solomon, Springer, Dordrecht, 2005.

**NOMBRE:** INFERENCIA ESTADÍSTICA LINEAL Y SUS APLICACIONES

**DISERTANTE:** Dr. Juan Carlos Abril (Facultad de Ciencias Económicas, UNT)

**DURACIÓN:** 60 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Mínimos cuadrados y otros métodos en el modelo lineal.

Relaciones estadísticas: regresión lineal y correlación.

Correlación parcial, múltiple y regresión.

Regresión en el modelo lineal.

Análisis de la varianza.

Aplicaciones y usos de paquetes informáticos.

**BIBLIOGRAFÍA:**

Abril, Juan Carlos (2010). Matemáticas Avanzadas para la Estadística y la Economía. Ediciones Cooperativas: Buenos Aires.

Abril, J. C. Y Abril, M. de las M. (2020). Probabilidades, Distribuciones e Inferencia Estadística. Editorial Académica Española: Saarbrücken (Alemania).

Agresti, A. (2015). Foundations of Linear and Generalized Linear Models. Wiley: New York.

Dobson, A. J. & Barnett, A. G. (2002). An Introduction to Generalised Linear Modelling. 2nd

Dr. ANORMA CONCEPCIÓN ANDALÁ  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA

RECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán  
Rectorado

"2021 – Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein"

edition. Chapman & Hall: London.

Long, J. S. and Freese, J. (2006). Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata. 2nd edition. Stata Press: College Station. USA.

Sengupta, D. Y Jammalamadaka, S. R. (2003). Linear Models. An Integrated Approach. World Scientific: London.

**NOMBRE: RELEVAMIENTO 3D TO BIM: TEORÍAS Y APLICACIONES**

**DISERTANTES:** Dr. Salvatore Barba (Departamento de Ing. Civil Universidad de Salerno, Italia)

Dr. Marco Limongiello (Departamento de Ing. Civil Universidad de Salerno, Italia)

**DURACIÓN:** 32 horas

**CONTENIDOS MÍNIMOS:**

Relevamiento fotogramétrico, introducción a la teoría, adquisición y pre-elaboración de datos.

Procesamiento de imágenes y reconstrucción 3D.

Relevamiento con escáner láser.

Building Information Modelling - BIM.

Prácticas y tutorías.

Evaluación Final

**BIBLIOGRAFÍA:**

Barba S., Barbato D., di Filippo A., Napoletano R., Ribera F. (2020). BIM-Oriented Modelling and Management of Structured Information for Cultural Heritage, in GRAPHICAL HERITAGE.

Barba S., Parrinello S., Limongiello M., Dell'Amico A. (2020). D-SITE, Drones - Systems of Information on cultural hEritage. For a spatial and social investigation.

Barba S., Barbarella M., Di Benedetto A., Fiani M., Gujski L.M., Limongiello M. (2019). Accuracy Assessment of 3D Photogrammetric Models from an Unmanned Aerial Vehicle, DRONES, 2019, 3.

Ocampo J.R., Ferreyra C., Barba S. (2019). Estimación de los errores y georreferenciación de un levantamiento aereofotogramétrico de un sitio arqueológico en Salta (Argentina), in AGRIMENSURA 2019.

Limongiello M., Barba S., Fiani M., Guida D., Panero J.P., Martínez Chao T.E. (2018). Análisis y validación de datos aerofotogramétricos de un espacio urbano, in XVIII SIMPOSIO INTERNACIONAL SELPER.

Barba S., Lomónaco P. (2016). Introducción al relevamiento digital, A&P CONTINUIDAD, 2016, 4(3).


Limongiello M., Magris N. (2016). Adquisición de datos con sensores pasivos para el registro digital de arquitecturas, in XVII SIMPOSIO INTERNATIONAL SELPER.

Barba S., Mage A.M. (2014). Evaluación ex-ante y ex-post de la precisión de un proyecto fotogramétrico, in V CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y CARRERAS AFINES.

Amoedo M.C., Barba S., Carmignani M. (2014). Una metodología de intervención en el patrimonio jesuítico cordobés, in III CONGRESO MACDES.

Dra. NORA CAROLINA BARBA  
 SECRETARÍA ACADÉMICA  
 Rectorado Universidad de Tucumán

  
 Ing. Agr. JOSÉ RAMÓN GARCÍA  
 RECTOR  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

  
 Lic. NORA ASSAF  
 Rectorado Universidad de Tucumán