



Universidad Nacional
de Entre Ríos

DOCTORADO EN INGENIERÍA

Mención

Ciencias Agropecuarias

Carrera: Doctorado en Ingeniería

Curso de Posgrado: *Herramientas Computacionales para la Simulación de Fenómenos Meteorológicos*

Carga Horaria ¹: 60 hs

Docente/s a cargo: César Augusto Aguirre, Armando Benito Brizuela, Carlos Germán Sedano

Semestre: 2do

Año: 2018

Características del curso

1. **Carga horaria:** la cantidad de horas reloj: 60 hs.
2. **Curso teórico:** curso donde se desarrolla en forma expositiva una temática propia de la disciplina: NO
3. **Curso teórico-práctico:** curso que articula la modalidad del curso teórico con una actividad de la práctica con relación a la temática de estudio. Lo teórico y lo práctico se dan simultáneamente en forma interrelacionada: SI
4. **Carácter:** si son del ciclo común o del ciclo electivo: Electivo

Programa Analítico de foja: 2 a foja: 2

Bibliografía de foja: 3 a foja: 4

Aprobado Resoluciones de Consejos Directivos: CD 6340/11 **Fecha:** 29/06/2011

Modificado/Anulado/ Res. Cs. Ds.:

Fecha:

Carece de validez sin la certificación del Comité de Doctorado:



Universidad Nacional
de Entre Ríos

PROGRAMA ANALÍTICO

1. *Álgebra indicial*: Campos Escalares, Vectoriales y Tensoriales. Operaciones elementales. Álgebra Indicial en el Sistema Coordinado Cartesiano. Ejemplos y ejercicios de aplicación. (5 hs).
2. *Las Ecuaciones de Balance y Constitutivas*: Hipótesis del Continuo Material (CM). Acumulación de una propiedad del CM en un sistema. Flujo Neto Convectivo. Ecuación General del Balance. Ecuaciones de Navier-Stokes. (5 hs).
3. *Introducción al estudio de flujos turbulentos*: Descripción de los fenómenos de la turbulencia en la Mecánica de Fluidos. Nociones sobre el cálculo de flujos turbulentos. La Simulación Numérica Directa. La Simulación de las Grandes Escalas. Ejemplos y ejercicios de aplicación. (10 hs).
4. *Microfísica de nubes y precipitación*: Descripción física de las teorías sobre formación de nubes y precipitación. Energía involucrada en los procesos de cambio de fase del agua en la atmósfera. Fundamentos de los distintos modelos de formación de nubes y precipitación, aproximaciones y errores. (10 hs).
5. *Introducción a las soluciones numéricas*: Soluciones Numéricas de las Ecuaciones en Diferenciales Parciales. Método de las Diferencias Finitas. Discretización de las Ecuaciones de la Mecánica de Fluidos. Métodos de Resolución Explícito e Implícito: Método de Richardson. Método de Crank-Nicolson. Estabilidad y criterios de convergencia. Iteración de Jacobi. Iteración de Gauss-Sidel. Iteración S-O-R. Ejemplos y ejercicios de aplicación. (10 hs).
6. *Técnicas de Programación en ARPS*: El Dominio de Cálculo. Condiciones Iniciales. Condiciones de Borde. Criterios de mallado del dominio de Cálculo. Problemas relacionados con las paredes sólidas. Modelos de Pared. Técnicas de estiramiento de malla. Modelos de elevación de terreno. Las Ecuaciones de Balance en coordenadas curvilíneas. Aplicaciones para casos de flujos turbulentos. Ejemplos utilizando el código ARPS. (20 hs).



- SEDANO C. G., AGUIRRE C. A. y BRIZUELA A. B. 2017. *Simulación de la eyección de spray líquido desde un pico de pulverizadora para aplicación de herbicidas*. Revista Científica de Mecánica Computacional. Ed. Asociación Argentina de Mecánica Computacional, AMCA. ISSN 1666-6070, pp: 1049 – 1068.
- ORCELLET E.E., J. G. BERRI, C. A. AGUIRRE and G. V. MÜLLER. 2016. *Atmospheric Dispersion Study of TRS Compounds Emitted from a Pulp Mill Plant in Coastal Regions of the Uruguay River, South America*. Aerosol and Air Quality Research, **16 (6)**. Ed. Taiwan Association for Aerosol Research. ISSN: 1680-8584 print / 2071-1409 online. doi: 10.4209/aaqr.2015.02.0112. Taiwan, pp: 1473 – 1482.
URL: <http://aaqr.org/article/detail/AAQR-15-02-OA-0112>
- AGUIRRE C. A. and A. B. BRIZUELA. 2016. *Título del Libro: Atmospheric Hazards. Número y Título del Capítulo: Chapter 6. Computational Tools for the Simulation of Atmospheric Pollution Transport During a Severe Wind Event in Argentine*. Editora: Jill Coleman. Editorial: INTECH Open Science, Open Minds. ISBN: 978-953-51-4680-3, pp: 111 – 136.
URL: <http://www.intechopen.com/books/atmospheric-hazards-case-studies-in-modeling-communication-and-societal-impacts>
- AGUIRRE C. A., G. J. BERRI, A. B. BRIZUELA and E. E. ORCELLET. 2014. *External Weather Data Assimilation to Simulate Wind and Temperature Fields in the Region of Gualeguaychú, Argentina*. Journal of Mechanics Engineering and Automation. **4**. Ed: David Publishing Company. Print ISSN: 2159-5275; Online ISSN: 2159-5283, USA, pp: 887 – 899.
- AGUIRRE C. A., R. R. PAZ y A. B. BRIZUELA. 2014. *Effect of mesh resolution for the simulation of severe thunderstorm: the need of parallel computing and distributed techniques*. Latin American Applied Research. **44 (1)**. Ed: UNS – CONICET. ISSN on line: 1851-8796. ISSN printed: 0327-0793, pp: 31 – 40.
- AGUIRRE C. A., A. B. BRIZUELA y L. E. HILDT. 2013. *Computational tools for the simulation of atmospheric pollution events*. Scientia Interfluvius. **4 (1-2)**. Ed: Universidad Autónoma de Entre Ríos. ISSN on line: 1853-4430. ISSN printed: 1853-4422, pp: 7 – 29.
- AGUIRRE C. A., R. R. PAZ, J. M. MARTÍNEZ FAYÓ, G. REARTE y A. B. BRIZUELA. 2009. *Simulación Computacional de la Tormenta Severa ocurrida en Aranguren – Entre Ríos – Argentina*. Revista Científica de Mecánica Computacional. **XXVIII (17)** Asociación Argentina de Mecánica Computacional AMCA. ISSN 1666-6070, pp: 1337– 1354.
- AGUIRRE C. A. y A. B. BRIZUELA. 2008. *Simulación Numérica de la Dispersión Atmosférica de Gas Pasivo sobre una Colina utilizando un Modelo Acoplado*. Revista Científica de Mecánica Computacional. **XXVII (4)** Asociación Argentina de Mecánica Computacional AMCA. ISSN 1666-6070, pp: 217 – 237.
- AGUIRRE C. A., J. M. MARTÍNEZ FAYÓ, A. B. BRIZUELA y M. F. MOYANO. 2007. *Simulación de las Grandes Escalas de Flujo Turbulento sobre una colina de suave pendiente*. Revista Científica de Mecánica Computacional. **XXVI (14)**. Asociación Argentina de Mecánica Computacional AMCA. ISSN 1666-6070, pp: 1215 – 1235.
- AGUIRRE C. A., A. B. BRIZUELA, I. VINKOVIC and S. SIMOËNS. 2006. *A subgrid Lagrangian stochastic model for turbulent passive and reactive scalar dispersion*. International Journal of Heat and Fluid Flow. Ed: Elsevier Science. **27 (4)**. ISSN: 0142 – 727X, pp: 627 – 635.

AGUIRRE C. A., A. B. BRIZUELA, I. VINKOVIC and S. SIMOËNS. 2006. *Modelo acoplado Euler-Lagrangiano de simulación de la dispersión atmosférica de especies químicamente reactivas en la capa límite*. Revista Científica de Mecánica Computacional **XXV (2)**. Asociación Argentina de Mecánica Computacional AMCA. ISSN 1666 – 6070, pp: 185 – 205.

AGUIRRE C. A. 2005. *Dispersion et mélange atmosphérique euléro-lagrangien de particules fluides réactives. Application à des cas simples et complexes*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard – Lyon 1. **115**. Lyon-France. pp: 1 – 323.

URL:<http://venus.ceride.gov.ar/twiki/pub/Cimec/RepositorioDeInformesTesis/aguirre-phd-thesis.pdf>

BLEECKER and CSORDAS. 2000. *Basic P.D.E. An Introduction*. Capítulo **6**: Métodos Numéricos. pp: 215 – 265.

BRAYAN, G.H., J. C. WYNGAARD and J.M. FRITSCH. 2003. *Solution Requirements for the Simulation of Deep Moist Convection*. Monthly Weather Review, **131**, pp: 2394-2416.

DEIBER, J. A. 1988. *Introducción a las Ecuaciones de Balances Integrales y Locales de los Fenómenos de Transporte*. Cuaderno de Enseñanza 1. Comité Argentino de Transferencia de Calor y Materia CAMAT. FIQ UNL-INTEC CONICET. ISSN: 0326-2731. pp: 1-131.

DROEGEMEIER K. 1995. *The Advanced Regional Prediction systems (ARPS). Manual Code Version 4*. Center of Analysis and Prediction Storm CAPS. Oklahoma University (USA). pp: 1- 374.

VINKOVIC I., C. AGUIRRE, M. AYRAULT and S. SIMOËNS. 2006. *Large-eddy simulation of the dispersion of solid particles in a turbulent boundary layers*. Journal of Boundary Layers-Meteorology. Publisher: Springer Netherlands. ISSN: 0006-8314. DOI: 10.1007/s10546-006-9072-6. pp: 1472-1573.

VINKOVIC I., C. AGUIRRE, S. SIMOËNS and M. GOROKHOVSKI. 2006. *Large-eddy simulation of droplet dispersion for inhomogeneous turbulent wall flow*. International Journal of Multiphase Flow. Editorial: Elsevier Science. **32 (3)**. ISSN: 0301 – 9322. 21 pp: 344 – 364.

VINKOVIC I., C. A. AGUIRRE, S. SIMOËNS and J.-N. GENGE. 2005. *Couplage d'un modèle stochastique lagrangien sous-maille avec une simulation grandes échelles*. Journal Comptes Rendus Mécanique. **333**. Editorial: Elsevier Sciences. Paris, France. ISSN: 1631-0721. pp: 325 – 330.

XUE M., K DROEGEMEIER and V. WONG. 2000. *The Advanced Regional Prediction System (ARPS) – A Multi-scale Nonhydrostatic Atmospheric Simulation and Prediction Model. Part I: Model Dynamics and Verification*. Meteorology and Atmospheric Physics **75**. pp 161-193.

XUE M., K DROEGEMEIER, V. WONG, A. SHAPIRO, K. BREWSTER, F. CARR, D. WEBER, Y. LIU and D. WANG. 2001. *The Advanced Regional Prediction System (ARPS) – A Multi-scale Nonhydrostatic Atmospheric Simulation and Prediction Tool. Part II: Model Physics and Applications*. Meteorology and Atmospheric Physics **76**. pp 143-175.

XUE M., D. WANG, J. GAO, K. BREWSTER and K. DROEGEMEIER. 2003. *The Advanced Regional Prediction Systems (ARPS), Storm-scale Numerical Weather Prediction and Data Assimilation*. Meteorology and Atmospheric Physics **82**. pp 139-170.

POPE S. B. 2000. *Turbulent Flows*. Ed. Cambridge University Press. 771 pp.

GARRAT J. R. 2017. *Atmospheric Boundary Layers*. Ed. Cambridge University Press. 316 pp.



Universidad Nacional
de Entre Ríos

PLANIFICACIÓN DEL CURSO

Objetivos Generales:

- Promover la formación de recursos humanos en investigación.
- Introducir al alumno en las técnicas de simulación numérica utilizando herramientas computacionales para abordar problemas complejos relacionados a los fenómenos meteorológicos.

Objetivos Particulares:

- Desarrollar capacidades de comprensión acerca de los conceptos básicos relacionados al balance de energía y agua en la interfase suelo-atmósfera como causante principal de los fenómenos meteorológicos.
- Conocer las posibilidades y limitaciones actuales de estas herramientas en la resolución de problemas.
- Aprender a transformar un problema planteado en el dominio físico al dominio computacional, respetando los criterios y conociendo los errores de cálculo según los parámetros y datos de entrada escogidos para la simulación.
- Conocer las fuentes de datos que están disponibles y su pre-procesamiento para utilizarlas como datos de entrada en las simulaciones computacionales.
- Introducir al alumno a las técnicas de resolución de flujo turbulento en la atmósfera considerando las interacciones con los elementos del suelo y su relieve.
- Simular eventos meteorológicos particulares como la ocurrencia de tormentas severas, vientos fuertes, precipitaciones, analizando las ventajas e inconvenientes de cada sub-modelo de microfísica de nubes.
- Evaluar diferentes configuraciones de mallado de cálculo en relación a los tiempos de cómputo vs la precisión de la solución.
- Analizar la influencia de las condiciones iniciales y de borde en los resultados del campo de viento simulado.

Metodología de Trabajo:

El curso se desarrolla en forma intensiva con clases teórico/prácticas: exposición teórica con resolución de ejercicios clásicos en clase. Se propone la confección por parte del alumno de una carpeta de ejercicios propuestos para su resolución fuera de clase con el fin que el alumno logre profundizar los conceptos vertidos en clase. Se prevé la utilización del código ARPS para simular un caso típico de flujo turbulento en la atmósfera bajo diferentes condiciones. Esto permitirá afianzar la utilización de la herramienta. Cada alumno correrá un caso de simulación diferente para luego presentar sus resultados. Para esta última actividad se utilizará sistema Linux montado en PC o notebook.

Equipo docente: Dr. César Augusto Aguirre
Lic. Armando Benito Brizuela
Lic. Carlos Germán Sedano

Cronograma del Curso: El curso está propuesto para ser desarrollado durante el segundo cuatrimestre. Se propone una clase semanal de 5 horas reloj utilizados para realizar presentaciones teóricas y ejercicios prácticos de resolución de problemas y de uso del software.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1												
T2												
T3												
T4												
T5												
T6												
TF												

Referencias:

T1, T2, T3, T4, T5, T6: Temas del Programa analítico.

TF: Presentación, exposición y defensa del Trabajo Final.

Días y Horario de Cursado: **10 al 14 de diciembre de 2018 de 8:00 hs a 18:00 hs presenciales + 10 hs. Trabajo Final del curso.**

Condiciones de Regularidad y Promoción: Será calificada la Carpeta de Trabajos Prácticos con una nota. Al finalizar el curso los alumnos deberán presentar un Trabajo final consistente en la simulación de un caso de estudio utilizando el código de simulación ARPS (Advanced Regional Prediction System) desarrollado por CAPS (Center of Analysis and Prediction of Storm) de la Universidad de Oklahoma <http://www.caps.ou.edu/ARPS/>.

Los alumnos que no aprueben el examen parcial tendrán una instancia de recuperación.

De la instancia de evaluación parcial y del Trabajo Final se conformará la nota final del curso.

Infraestructura necesaria: Se debe disponer de un aula con pizarrón o pizarra para marcadores, sistema de proyección con cañón. Para las corridas del modelo de simulación ARPS será necesario que los alumnos dispongan de PC con sistema operativo LINUX o, si disponen de notebooks propias, que estén preparadas para arrancar con sistema operativo LINUX. El software será provisto por los docentes del curso.