



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS  
Av. Bolivia 5150 - 4400 - Salta  
Tel. (0387)425-5408 - Fax (0387)425-5449  
Republica Argentina

SALTA, 28 de diciembre de 2021

EXP-EXA N° 8257/2021

RESD-EXA N° 370/2021

VISTO la presentación efectuada por el Dr. Luis CARDÓN, por la cual solicita autorización para dictar el Curso de Posgrado "*Transferencia de calor asistida por computador: métodos numéricos en transferencia de calor*", y

#### CONSIDERANDO

Que se cuenta con despachos favorables de la Comisión de Posgrado, de la Comisión de Hacienda y de la Comisión de Docencia e Investigación.

Que el curso en cuestión se encuadra en la Res. R-0640/2021 y CS-155/2021 (Reglamento de Cursos de Posgrado Presenciales o a Distancia de la Universidad), en la RESCD-EXA N° 481/12 (Normativa para el dictado de Cursos de Posgrado de la Facultad) y en la RESCD-EXA N° 017/16.

Por ello, y en uso de las atribuciones que le son propias.

EL DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS  
(Ad-Referéndum del Consejo Directivo)

#### RESUELVE

ARTÍCULO 1º: Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "*Transferencia de calor asistida por computador: métodos numéricos en transferencia de calor*", a dictarse a partir de marzo de 2022, bajo la dirección del Dr. Luis CARDÓN, con las características y requisitos que se explicitan en el Anexo de la presente resolución.

ARTICULO 2º: Disponer que, una vez finalizado el curso, el responsable del dictado del curso elevará el listado de los participantes promovidos para la confección de las constancias y certificados respectivos, los que serán emitidos por esta Unidad Académica, de acuerdo a lo establecido en la reglamentación vigente.


ARTÍCULO 3º: Dejar aclarado que la presente resolución no acredita la concreción del curso; para ello el responsable deberá elevar el informe final de realización correspondiente, con los detalles que el caso amerite, dentro de los 8 (ocho) meses de finalización del dictado. En caso de que el curso no se hubiera llevado a cabo, el responsable deberá informar de tal situación, dentro de los 30 (treinta) días de la fecha prevista para su inicio.

ARTÍCULO 4º: Hágase saber al Dr. Luis CARDÓN, al Cuerpo Docente (Dra. Ester Sonia ESTEBAN, Dra. Ana María ARAMAYO), a la Comisión de Posgrado, al Departamento de Matemática, al Departamento de Física, al Departamento Administrativo de Posgrado y siga al Consejo Directivo para la correspondiente homologación.

mxs

  
Dra. MARÍA RITA MARTEARENA  
SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



  
Ing. DANIEL HOYOS  
DECANO  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS  
Av. Bolivia 5150 - 4400 - Salta  
Tel. (0387)425-5408 - Fax (0387)425-5449  
Republica Argentina

ANEXO de la RESD-EXA N° 370/2021 – EXP-EXA N° 8257/2021

**Curso de Posgrado:** “Transferencia de calor asistida por computador: métodos numéricos en transferencia de calor”

**Director Responsable:** Dr. Luis CARDÓN

**Cuerpo Docente:** Dr. Luis CARDÓN, Dra. Ester Sonia ESTEBAN, Dra. Ana María ARAMAYO.

**Fines y objetivos:** El curso está destinado a dar una base en las técnicas y métodos numéricos para la solución de problemas de conducción de calor y convección forzada, gobernados por ecuaciones diferenciales parciales caracterizadas desde el punto de vista matemático por ecuación de tipo elípticas y parabólicas. El estudio numérico y computacional en profundidad se focalizará en los métodos de discretización de tipo diferencias finitas y volúmenes de control. El curso está destinado fundamentalmente a quienes requieran desarrollar su propia resolución numérica de problemas térmicos o tengan en vista involucrarse en el desarrollo y/o modificación de códigos o programas que los implementen. Proporcionará los fundamentos teóricos y experiencia básica en el planteo de problemas computacionales como para encarar luego la aplicación de códigos o programas de mayor envergadura, comerciales o no, basados en estas técnicas. Sumado a la presentación de técnicas y métodos numéricos específicos para la resolución de ecuaciones de tipo conducción y convección-difusión, tales como las ecuaciones de transporte de calor u especies químicas en fluidos en movimiento (convección forzada), el curso permitirá una familiarización con los distintos problemas y dificultades numéricas que aparecen en la aplicación de las técnicas, métodos y algoritmos.

**Conocimientos previos necesarios:** Es recomendable poseer conocimientos de Transferencia de Calor o Mecánica de Fluidos. En su defecto será imprescindible conocer por lo menos las ecuaciones diferenciales a derivadas parciales de la física (Laplace, Poisson, etc.). Será necesario conocimiento práctico de un lenguaje de programación (Fortran, Basic, Pascal, C, Python o Matlab, Mathematica, Scilab o cualquier otro) ya que los proyectos requerirán este conocimiento. Será requisito indispensable leer en inglés, ya que toda la bibliografía está en este idioma.

**Dirigido a:** Profesionales en el área de Ingeniería, Ciencias Exactas y Ciencias Naturales. Se aceptarán alumnos avanzados en las carreras de grado sobre la base de los conocimientos previos del punto precedente, a criterio del Director responsable del curso.

**Metodología:** Se prevé llevar adelante distintas actividades: clases teóricas, seminarios, trabajos prácticos y proyectos computacionales. El contenido del curso se dictará mediante clases teóricas a cargo del profesor y seminarios a cargo de los participantes. En las clases teóricas se presentarán y analizarán los conceptos fundamentales y los métodos, técnicas y algoritmos básicos. En los seminarios se requerirá que los participantes analicen artículos de la bibliografía internacional en los que se introducen mejoras o modificaciones a los algoritmos básicos o en los que se discute y/o compare los resultados de distintos métodos sobre problemas clásicos de prueba. En los seminarios se discutirán también los resultados de experimentos numéricos llevados a cabo por los participantes. En los trabajos prácticos se resolverán problemas que impliquen la aplicación de los contenidos teóricos. Algunos de estos prácticos requerirán la realización de pequeños programas, la modificación o ampliación de programas, o el uso de programas ya elaborados.

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten mark]*

///...



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS  
Av. Bolivia 5150 - 4400 - Salta  
Tel. (0387)425-5408 - Fax (0387)425-5449  
Republica Argentina

...///-2-

## ANEXO de la RESD-EXA N° 370/2021 – EXP-EXA N° 8257/2021

Por último, se elaborarán tres proyectos en los cuales los participantes deberán resolver un problema substancial, la derivación y/o programación de un algoritmo, la prueba de distintas alternativas, etc. Los resultados de los proyectos deberán ser presentados por escrito en un formato estándar (tipo presentación a congreso). Una lista de sugerencias para estos proyectos se presentará al inicio del curso.

**Duración total:** 60 horas distribuidas en 15 semanas. Esfuerzo total requerido: seis horas a la semana.

**Distribución de actividades:** 2 hs. de exposición teórica, 2 hs. de prácticas de laboratorio guiada, 2 hs. de trabajo individual.

**Evaluación:** La evaluación se realizará en base a tres mini proyectos. Los tres deberán estar aprobados. La puntuación resultará de un promedio de los tres.

**Fecha de realización:** a partir de marzo de 2022.

**Lugar de realización:** Edificio de Física. Facultad de Ciencias Exactas. UNSa. Complejo Universitario San Martín. Castañares.

**Inscripciones:** Por correo electrónico [posgrado@exa.unsa.edu.ar](mailto:posgrado@exa.unsa.edu.ar)

**Arancel:** Se cobrará un arancel de \$1000, que cubrirá la entrega de material de estudio. Estudiantes de grado de la UNSa sin arancel. Miembros del equipo de trabajo del Grupo de Mecánica Computacional, sin arancel.

**Contenidos mínimos:** La ecuación de conducción de calor. Modelos de dimensión cero. Redes térmicas. Discretización en una dimensión: diferencias finitas y volúmenes de control. Condiciones de borde. Caso estacionario: aplicación a aletas. Algoritmo de Thomas para la resolución de sistemas algebraicos tridiagonales. Caso no estacionario. Métodos de discretización temporal: explícito, totalmente implícito y Crank Nicolson. Generalización a dos y tres dimensiones. Materiales por zona. Métodos directos e iterativos para la resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas. Convección forzada: la ecuación de convección difusión. Esquemas de discretización: diferencias centradas, upwind, exponencial, híbrido, otros.

### Programa:

1) *La ecuación general de transporte.* Ecuaciones diferenciales a derivadas parciales. Clasificación. Propiedades. Punto de vista físico y matemático. La ecuación general de transporte. Condiciones de borde.

2) *Modelos de dimensión cero.* Modelos de capacidad concentrada para el enfriamiento de un cuerpo. Escalas temporales. Redes térmicas.

3) *Difusión estacionaria unidimensional.* La ecuación de conducción de calor con generación interna como prototipo de ecuación de difusión. Condiciones de borde. Otros problemas gobernados por la ecuación de difusión. Métodos de discretización de tipo diferencias finitas en una dimensión: diferencias finitas y volúmenes de control. Volúmenes de control: tratamiento del término fuente, tratamiento de las condiciones de borde. Coeficiente difusivo con variación espacial. Solución del sistema de ecuaciones: el algoritmo de Thomas. Implementación y programación. Redes no uniformes. Problemas no lineales. Propiedades deseables de un método

///...



ANEXO de la RESD-EXA N° 370/2021 – EXP-EXA N° 8257/2021

de discretización: realismo físico y balance global. Implementación de las ecuaciones de discretización en coordenadas polares.

4) *Difusión no estacionaria unidimensional.* Ecuación de discretización general. Esquema explícito, de Crank-Nicolson y totalmente implícito. Propiedades de los métodos de discretización: consistencia, convergencia, estabilidad. Implementación.

5) *Generalización a dos y tres dimensiones.* Generalización del método de volúmenes de control a dos y tres dimensiones. Técnicas para el tratamiento de geometrías y condiciones de borde de mediana complejidad con redes cartesianas estructuradas. Implementación computacional.

6) *Resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas.* Métodos directos: Eliminación de Gauss, descomposición LU, sistemas tridiagonales, reducción cíclica. Métodos iterativos de resolución de los sistemas de ecuaciones algebraicas: Gauss-Seidel, Gauss-Seidel por líneas, ADI, otros métodos de separación. Métodos de gradientes conjugados y bi-conjugados. Preacondicionamiento. Técnicas de aceleración de convergencia: multigrillas.

7) *Convección Difusión.* La ecuación de convección difusión en una dimensión. Características de la solución analítica. Esquemas de discretización: diferencias centradas, upwind, exponencial, híbrido, otros. Formulación generalizada. Diferencias de tercer orden, el esquema QUICK. El diagrama de variable normalizada. Otros esquemas SMART, NOTABLE. Problemas de prueba típicos en dos dimensiones.

**Bibliografía básica:**

- Ferziger y Peric. Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 3era. Ed., 2001
- Patankar, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Taylor and Francis, 1980.
- Tannehill, Anderson y Pletcher, Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, 4era. Ed, CRC Press, 2011.
- Versteeg y Malalasekera. An introduction to Computational Fluid Dynamics: the Control Volume Method, 2nda Ed. Pearson, 2007.
- Moukalled F., L. Mangani, y M. Darwish. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics: An Advanced Introduction with OpenFOAM® and Matlab (Fluid Mechanics and Its Applications), 1ra. Ed. 2015.

**Bibliografía complementaria:**

- Davidson, P. Turbulence: An Introduction for Scientists and Engineers 2nd Edition, Oxford University Press, 2015.
- Hirsch, C. Numerical Computation of Internal and External Flows: The Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 2nd Edition. Butterworth-Heinemann, 2007.
- Zikanov, O. Essential Computational Fluid Dynamics 1st Edition. Wiley, 2010.
- Lomax, H., Thomas H. Pulliam, David W. Zingg Fundamentals of Computational Fluid Dynamics. Springer, 2004.
- Lomax, H., Thomas H. Pulliam, David W. Zingg. Fundamental Algorithms in Computational Fluid Dynamics. Springer, 2014.
- Date. Introduction to computational fluid dynamics. Cambridge University Press, 2005.
- Mazumder, S. Numerical Methods for Partial Differential Equations: Finite Difference and Finite Volume Methods. Academic Press, 2016.

\*\*\*\*\*

Dra. MARÍA RITA MARTEARENA  
SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



Dr. DANIEL HOYOS  
DECANO  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa