



Resolución de Consejo Directivo 434 / 2025 - EXA -UNSa

Exp Nro 201/2025-EXA-UNSa.: Autoriza el dictado del curso de posgrado "Modelado numérico de sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones", en el 2do. cuatrimestre/2025 a cargo del Dr. Javier A. Gutierrez.

De: EXACTAS-Dirección de Posgrado



Salta,  
22/08/2025

VISTO la presentación efectuada por el Dr. Javier Armando GUTIERREZ, por la cual propone el dictado del Curso de Posgrado "Modelado Numérico de Sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones", y

CONSIDERANDO:

Que el curso cuenta con el visto bueno del Departamento de Física.

Que la Comisión de Docencia e Investigación, teniendo en cuenta el despacho favorable de la Comisión de Posgrado, desde el punto de vista académico, aconseja autorizar el dictado del curso en el segundo cuatrimestre de 2025.

Que el curso en cuestión se encuadra en la Res. 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° 481/2012 (Normativa para el dictado de Cursos de Posgrado de la Facultad) y en la RESCD-EXA N° 017/2016.

Por ello,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

(en su 13° Sesión Ordinaria del 06/08/2025)

RESUELVE

ARTÍCULO 1°: Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "Modelado Numérico de Sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones", bajo la dirección del Dr. Javier Armando GUTIERREZ, con las características y requisitos que se explicita en el Anexo de la presente resolución.

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

ARTICULO 3°: Dejar aclarado que la presente resolución no acredita la concreción del curso; para ello el director responsable del mismo deberá elevar el informe final de realización correspondiente, con los detalles que el caso amerite, dentro de los 8 (ocho) meses desde la finalización del dictado. En caso de que el curso no se pudiera dictar, el docente responsable deberá informar tal situación, dentro de los 30 (treinta) días de la fecha prevista para su inicio.

ARTÍCULO 4°: Hágase saber al Dr. Javier Armando GUTIERREZ, a la Dra. Ivana Carola RAMOS, a la Comisión de Posgrado y a la Dirección Administrativa de Posgrado. Cumplido, resérvese.

mxs

  
LIC. MARCELA F. LÓPEZ  
SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



  
Dr. JOSÉ RAMÓN MOLINA  
DECANO  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



Resolución de Consejo Directivo **434 / 2025 - EXA -UNSa**  
Exp Nro 201/2025-EXA-UNSa.: Autoriza el dictado del curso de posgrado  
"Modelado numérico de sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones", en el  
2do. cuatrimestre/2025 a cargo del Dr. Javier A. Gutierrez.  
**De: EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,  
22/08/2025

ANEXO de la RCD- 434/2025 –EXA-UNSa. - Exp Nro. 201/2025 – EXA-UNSa.

**Curso de Posgrado:** "Modelado Numérico de Sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones"

**Director Responsable:** Dr. Javier Armando GUTIERREZ

**Plantel Docente:** Dr. Javier Armando GUTIERREZ y Dra. Ivana Carola RAMOS

**Objetivos:** El curso tiene como objetivo principal desarrollar técnicas de modelado numérico para sistemas fuera de equilibrio, integrando fundamentos teóricos con implementación computacional. Se aplicarán estos métodos a problemas en física cuántica y biofísica.

**Carga horaria total:** 90 horas.

**Inicio de clases:** 26/08/2025

**Modalidad:** Presencial -Teórico-Práctica. Durante todo el 2do Cuatrimestre de 2025. Martes y Jueves de 15:00 a 19:00 horas en la Sala de Cómputos del Departamento de Física. Facultad de Ciencias Exactas.

**Dirigido a:** Estudiantes de posgrado, graduados, docentes y profesionales de las Ciencias Exactas y afines.

Se admitirán estudiantes de grado, con un cursado equivalente a mecánica estadística de la Licenciatura en Física (Plan 2005) de la Facultad de Ciencias Exactas, sólo en calidad de asistentes.

**Conocimientos Previos Necesarios:**

- Conocimientos de probabilidad y estadística.
- Conocimientos equivalente a un curso de Física Moderna.
- Programación en Python y elementos del Cálculo Numérico.

**Arancel:** Sin Arancel.

**Cupo:** 15 (quince) estudiantes.



Resolución de Consejo Directivo **434 / 2025 - EXA -UNSa**  
Exp Nro 201/2025-EXA-UNSa.: Autoriza el dictado del curso de posgrado  
"Modelado numérico de sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones", en el  
2do. cuatrimestre/2025 a cargo del Dr. Javier A. Gutierrez.  
**De: EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,  
22/08/2025

**Metodología:** La distribución de horas estará dada de la siguiente forma:

- Clases teóricas (50%): Exposición interactiva de modelos y discusión de papers.
- Prácticas (30%): Laboratorios con Python en clusters del departamento.
- Seminarios (20%): Presentación y crítica de proyectos en formato coloquio.
- Guías Prácticas: Se propone realizar actividades de prácticas sobre las aplicaciones enseñadas en la teoría.

**Condiciones de Aprobación:**

- Asistencia mínima del 80%
- Aprobar todos los trabajos prácticos (nota  $\geq 6$ )
- Nota mínima de 6 en el proyecto final
- Promedio mínimo de 6 en los exámenes parciales

**Recursos:**

- Plataforma GitHub para gestión de código y colaboración.
- Recursos del Departamento de Física para acceso a CPUs y GPUs.
- Tutoriales avanzados de Python.

**Sistema de Evaluación:**

- Trabajos prácticos (40%): Resolución de los problemas propuestos por la cátedra.
- Exámenes parciales (30%): Análisis teórico y resolución de problemas.
- Proyecto final (30%): Resolución de un problema propuesto por el estudiante, en común acuerdo con la cátedra, con presentación escrita (en formato de artículo científico) y presentación oral.



Resolución de Consejo Directivo **434 / 2025 - EXA -UNSa**

Exp Nro 201/2025-EXA-UNSa.: Autoriza el dictado del curso de posgrado "Modelado numérico de sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones", en el 2do. cuatrimestre/2025 a cargo del Dr. Javier A. Gutierrez.

De: **EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,  
22/08/2025

### Contenidos Mínimos:

Variables aleatorias. Movimiento browniano. Ecuaciones diferenciales estocásticas: Itô y Stratonovich. Ecuación de Fokker-Planck. Métodos numéricos para procesos estocásticos. Caminatas aleatorias continuas y difusión anómala. Transporte en medios desordenados. Modelado computacional de sistemas con desorden. Implementación numérica de modelos estocásticos en sistemas físicos y biológicos.

### Programa del curso

#### UNIDAD 1: Elementos de Probabilidad para Modelado Numérico

Variables aleatorias. Transformaciones de variables y estimación de distribuciones. Teorema central del límite. Análisis de correlaciones y de fluctuaciones. Aplicaciones a sistemas térmicos microscópicos: Distribución de Maxwell-Boltzman, capacidad calorífica, ruido térmico.

#### UNIDAD 2: Sistemas Físicos Fuera de Equilibrio: Marco Teórico

Fundamentos de procesos Markovianos. Proceso Markoviano en un átomo dos niveles con emisión espontánea. Procesos de Wiener como proceso Markoviano. Movimiento Browniano de partículas coloidales. Ecuación de Langevin. Ruido blanco en Oscilador clásico y cuántico. Ecuación de Fokker-Plank. La ecuación de Schrödinger como una ecuación de Fokker-Plank. Efecto túnel por fluctuaciones térmicas y por efecto cuántico.

#### UNIDAD 3: Métodos Numéricos para Ecuaciones Estocásticas

Integral estocástica: definición y diferencias entre Itô y Stratonovich. Transporte en medios heterogéneos. Sistemas con ruido multiplicativo, transporte en medios heterogéneos, fluctuaciones térmicas vs cuánticas: Oscilador de Duffing con ruido térmico, transiciones de fase inducidas por ruido. Relación con ecuaciones diferenciales estocásticas (SDE). Ejemplos de simulación numérica con métodos de Euler-Maruyama e integración tipo Milstein: Difusión de electrones en sólidos amorfos con ruido multiplicativo. Ecuaciones estocásticas para láseres con ruido cuántico.

#### UNIDAD 4: Simulación de Fenómenos de Transporte Complejo

Implementación de Continuous-Time Random Walks (CTRW) para estudiar difusión anómala en semiconductores. Simulación de sistemas con desorden aplicando la ecuación maestra: Transporte en polímeros y en redes biológicas. Funciones de respuesta y verificación del teorema de Wiener-Khinchin: Resonancia estocástica, absorción dependiente de la frecuencia y respuesta en dieléctrica en materiales. Relación entre ruido temporal y respuesta en frecuencia. Optimización de simulaciones en problemas de transporte complejo.



Resolución de Consejo Directivo **434 / 2025 - EXA -UNSa**  
Exp Nro 201/2025-EXA-UNSa.: Autoriza el dictado del curso de posgrado  
"Modelado numérico de sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones", en el  
2do. cuatrimestre/2025 a cargo del Dr. Javier A. Gutierrez.  
**De: EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,  
22/08/2025

#### UNIDAD 5: Modelado Espacial

Diseño de autómatas celulares estocásticos para modelar patrones espaciales: Aplicaciones en sistemas biofísicos, gases de Bose-Einstein y de Fermi, fonones. Simulación de procesos físicos y biofísicos en redes complejas mediante métodos de Monte Carlo: Modelo de Ising/Potts y propagación de agentes en redes biofísicas. Análisis cuantitativo de resultados usando herramientas de visualización científica.

#### UNIDAD 6: Proyecto Integrador: Modelado Numérico y Análisis de Resultados

Aplicación conjunta de los métodos aprendidos en un proyecto de investigación que combine: formulación teórica del problema, implementación computacional, y análisis estadístico de resultados. Ejemplos posibles incluyen modelado de sistemas físicos fuera de equilibrio, procesos biológicos, o algún tema de interés por parte del estudiante.

#### **Bibliografía Básica:**

Cáceres, M. O. (2007). Elementos de estadística de no equilibrio y sus aplicaciones en medios desordenados. Editorial Revertré. S.A.

Van Kampen, N. G. (2007). Stochastic Processes in Physics and Chemistry. Elsevier.

Gardiner, C. W. (2009). Stochastic Methods: A Handbook for the Natural and Social Sciences. Springer.

Higham, D. J. (2001). An Algorithmic Introduction to Numerical Simulation of Stochastic Differential Equations. SIAM Review.

Kloeden, P. E., & Platen, E. (1992). Numerical Solution of Stochastic Differential Equations. Springer.

Alonso, M., & Finn, E. J. (1975). Fundamentos de física. Volumen 3: Física cuántica y estadística. Addison-Wesley Iberoamericana.

Eisberg, R., & Resnick, R. (1985). Física Cuántica: Átomos, moléculas, sólidos, núcleos y partículas. Limusa Wiley.

Seoane, L. F. & Solé, R. (2018). Phase Transitions in Stochastic Chemical Reactions. J. Stat. Mech.

Cugliandolo, L. F. (2011). Effective Temperatures in Driven Systems. arXiv:1104.4901.

#### **Bibliografía Específica:**

Gutierrez, J. A., Laneri, K., Aparicio, J. P., & Sibona, G. J. (2022). Meteorological indicators of dengue epidemics in non-endemic Northwest Argentina. Infectious Disease Modelling, 7, 823-834.



Resolución de Consejo Directivo **434 / 2025 - EXA -UNSa**  
Exp Nro 201/2025-EXA-UNSa.: Autoriza el dictado del curso de posgrado  
"Modelado numérico de sistemas fuera de equilibrio y sus aplicaciones", en el  
2do. cuatrimestre/2025 a cargo del Dr. Javier A. Gutierrez.  
**De: EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,  
22/08/2025

Gutierrez, J. A., & Aparicio, J. P. (2015). Quasi-Deterministic Population Dynamics in Stochastic Coupled Maps. *Journal of Biological Systems*, 23(Supp. 1), 1-12.

Aparicio, J. P. & Solari, H. (2001). Population dynamics: a Poisson approximation and its relation to the Langevin process. *Physical Review Letter*, vol. 86 p. 4183 - 4186.

Keeling, M. J. & Rohani, P. (2008). *Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals*. Princeton University Press.

#### **Bibliografía Complementaria:**

Akiba, T., Sano, S., Yanase, T., Ohta, T., & Koyama, M. (2019). Optuna: A Next-generation Hyperparameter Optimization Framework. *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*.

Bergstra, J., & Bengio, Y. (2012). Random Search for Hyper-Parameter Optimization. *Journal of Machine Learning Research*.

Feurer, M., & Hutter, F. (2019). *Hyperparameter Optimization*. In *Automated Machine Learning*. Springer.

#### **Recursos Computacionales:**

Harris, C. R. et al. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*.

Optuna Documentation. <https://optuna.org/>

Virtanen, P. et al. (2020). SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods*.

McKinney, W. (2017). *Python for Data Analysis*. O'Reilly.

\*\*\*\*\*

  
LIC. MARCELA F. LÓPEZ  
SECRETARIA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



  
Dr. JOSÉ RAMÓN MOLINA  
DECANO  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa