



Sílabo 2026-I

I. Información general

Curso:	Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Parciales
Código:	CM032
Prerrequisitos:	CM4G2 (Ecuaciones Diferenciales Parciales I) CM5F1 (Análisis y Modelamiento Numérico II)
Departamento académico:	Matemática
Condición:	Electivo
Créditos:	4
Horas teóricas:	4
Horas prácticas/laboratorio:	2
Sistema de evaluación:	G
Profesor del curso:	Fidel Jara Huanca
Email:	fjarah@uni.edu.pe
Página web:	https://cm032.github.io

II. Sumilla

Este curso ofrece una introducción integral a los métodos numéricos para ecuaciones diferenciales parciales (EDP), con énfasis especial en la discretización espaciotemporal y resolución de sistemas de leyes de conservación. De carácter eminentemente práctico, integra herramientas computacionales de simulación ampliamente reconocidas para aplicar conceptos teóricos en contextos reales. El curso prioriza la comprensión cualitativa de las EDP sobre una base matemática rigurosa, estudiando los fundamentos de métodos clásicos como diferencias finitas, volúmenes finitos y elementos finitos. Se profundiza en propiedades esenciales de los esquemas numéricos: estabilidad, consistencia, convergencia y estimación de error, con validación mediante aplicaciones computacionales.

III. Competencias

1. Analiza problemas que modelan fenómenos físicos representados por ecuaciones diferenciales parciales, incluyendo:

- Fenómenos de transporte: ecuación de advección, advección-difusión, advección-difusión-reacción.
- Transferencia térmica: ecuación de difusión del calor.
- Fenómenos ondulatorios: ecuación de onda, ecuación de Korteweg-de Vries.
- Dinámica de fluidos: ecuaciones de Euler, Navier-Stokes, aguas poco profundas.
- Teoría de campos: ecuación de Poisson.

Aplica métodos numéricos especializados como diferencias finitas, volúmenes finitos, elementos finitos, esquemas ENO/WENO y métodos espectrales, seleccionando el más apropiado según características del problema.

3. Implementa soluciones numéricas mediante herramientas computacionales modernas, adaptando métodos a problemas específicos y validando resultados computacionales.

IV. Unidades de Aprendizaje

Capítulo 1: Fundamentos de sistemas de EDP y leyes de conservación (4 horas)

Clasificación de sistemas de ecuaciones diferenciales parciales (elípticas, parabólicas e hiperbólicas). Conceptos fundamentales de sistemas de leyes de conservación. Tipos de soluciones: clásicas, débiles y entrópicas. Introducción al problema de Riemann y aplicaciones. Ejemplos de relevancia en ingeniería, modelado ambiental e industria.

Capítulo 2: Sistemas hiperbólicos y problema de Riemann (8 horas)

Ecuación de advección lineal: problema de valor inicial y condiciones de frontera. Sistemas lineales hiperbólicos y descomposición en variables características. Ecuaciones escalares no lineales. Discontinuidades en ondas de choque y expansión. Condición de salto de Rankine-Hugoniot, criterio de entropía de Lax y condición de Oleinik.

Capítulo 3: Métodos de diferencias finitas (8 horas)

Aproximación de EDP mediante diferencias finitas. Esquemas explícitos e implícitos: construcción y análisis. Análisis de consistencia, estabilidad de von Neumann y convergencia. Teorema de equivalencia de Lax. Monotonidad y teorema de Godunov. Viscosidad artificial y forma viscosa de esquemas numéricos. Validación mediante problemas test estándar.

Capítulo 4: Método de volúmenes finitos (24 horas)

Formulación integral del método de volúmenes finitos. Problemas elípticos unidimensionales y condiciones de Dirichlet. Análisis de convergencia y estimación de error con regularidad C^2 . Ecuaciones elípticas generales, semilineales y perturbadas. Problemas parabólicos e hiperbólicos. Esquemas numéricos conservativos para casos lineales y no lineales.

Capítulo 5: Métodos para sistemas hiperbólicos (24 horas)

Método de Godunov y extensiones modernas. Esquemas conservativos y técnicas de descentrado. Teorema de Lax-Wendroff y mejoras de precisión. Resolventes de Riemann aproximadas y exactas. Esquemas de variación total decreciente (TVD) y consistencia con la entropía. Técnicas de descomposición del flujo y métodos de direcciones alternadas. Volúmenes finitos en mallas no estructuradas. Esquemas ENO/WENO de alto orden. Aplicaciones integradoras.

Capítulo 6: Aplicaciones computacionales (16 horas)

Implementación de esquemas numéricos en Python. Soluciones de ecuaciones de onda y difusión. Solución de ecuación de advección-difusión mediante método de paso fraccionario. Dinámica de gases: ecuaciones de Euler. Aplicaciones a cinética química y procesos acoplados. Validación computacional y análisis de resultados. Proyecto integrador final con problemática real.

V. Metodología

La asignatura se desarrolla en dos modalidades complementarias:

1. Clases teóricas: Exposición estructurada de conceptos según el calendario académico, fomentando la participación activa mediante aprendizaje colaborativo, resolución de problemas contextualizados, análisis de casos de estudio y búsqueda de información en fuentes bibliográficas especializadas.
2. Prácticas de laboratorio: Uso de herramientas computacionales (Python) para simulaciones numéricas en todas las sesiones, promoviendo el aprendizaje basado en proyectos y validación computacional de conceptos teóricos.

Se utilizan recursos tanto tecnológicos (computadoras, proyector multimedia, software especializado) como educativos (textos, materiales de estudio, aula virtual), facilitando la comunicación, distribución de recursos y acceso a contenidos complementarios.

VI. Sistema de Evaluación

Sistema de evaluación: G.

Cantidad de prácticas o trabajos calificados: cinco (05).

El promedio final (PF) se calcula tal como se muestra a continuación:

$$PF = \frac{EP + EF + PP}{3}.$$

EP:	Nota del examen parcial	(Peso 1)
EF:	Nota del examen final	(Peso 1)
PP:	Nota del promedio aritmético de las 4 mejores notas de las prácticas.	(Peso 1)

VII. Bibliografía

- [1] James H. Adler et al. *Numerical Partial Differential Equations*. 1st ed. Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2025. DOI: [10.1137/1.9781611978285](https://doi.org/10.1137/1.9781611978285).
- [2] Christophe Ancey. *Clawpack: A tutorial for hydraulic applications*. Draft version v2.3. 2025. URL: https://en.ancey.ch/cours/doctorat/tutorial_clawpack.pdf.
- [3] Rostum Choksi. *Partial Differential Equations: A First Course*. American Mathematical Society, Apr. 2022. ISBN: 978-1-4704-6491-2.
- [4] Clawpack Development Team. *Clawpack software*. Version 5.13.1. 2025. DOI: [10.5281/zenodo.17107527](https://doi.org/10.5281/zenodo.17107527).
- [5] Ionut Danaila et al. *An Introduction to Scientific Computing: Fifteen Computational Projects Solved with MATLAB*. Cham: Springer International Publishing, 2023. ISBN: 978-3-031-35032-0. DOI: [10.1007/978-3-031-35032-0_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35032-0_1).
- [6] Lawrence C. Evans. *Partial Differential Equations*. 2nd ed. American Mathematical Society, 2010. ISBN: 978-1-4704-6942-9.
- [7] Robert Eymard, Thierry Gallouët, and Raphaële Herbin. “Finite Volume Methods”. In: *Solution of Equation in \mathbb{R}^n (Part 3), Techniques of Scientific Computing (Part 3)*. Ed. by J. L. Lions and Philippe Ciarlet. Vol. 7. Handbook of Numerical Analysis. Elsevier, 2000, pp. 713–1020. DOI: [10.1016/S1570-8659\(00\)07005-8](https://doi.org/10.1016/S1570-8659(00)07005-8). URL: <https://hal.science/hal-02100732>.
- [8] Edwige Godlewski and Pierre-Arnaud Raviart. *Numerical Approximation of Hyperbolic Systems of Conservation Laws*. New York, NY: Springer New York, 2021. ISBN: 978-1-0716-1344-3. DOI: [10.1007/978-1-0716-1344-3](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1344-3).
- [9] Jan S. Hesthaven. *Numerical Methods for Conservation Laws*. Computational Science & Engineering. Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics, Feb. 2018. ISBN: 978-1-61197-509-3. DOI: [10.1137/1.9781611975109](https://doi.org/10.1137/1.9781611975109).

- [10] David I. Ketcheson, Randall J. LeVeque, and Mauricio J. del Razo. *Riemann Problems and Jupyter Solutions*. Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2020. DOI: [10.1137/1.9781611976212](https://doi.org/10.1137/1.9781611976212).
- [11] David I. Ketcheson et al. “PyClaw: Accessible, Extensible, Scalable Tools for Wave Propagation Problems”. In: *SIAM Journal on Scientific Computing* 34.4 (2012), pp. C210–C231. DOI: [10.1137/110856976](https://doi.org/10.1137/110856976).
- [12] Randall J. LeVeque. *Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems*. Cambridge University Press, Aug. 2002. ISBN: 978-0-5210-0924-9. DOI: [10.1017/CB09780511791253](https://doi.org/10.1017/CB09780511791253).
- [13] Kyle T Mandli et al. “Clawpack: building an open source ecosystem for solving hyperbolic PDEs”. In: *PeerJ Computer Science* 2 (2016), e68. DOI: [10.7717/peerj-cs.68](https://doi.org/10.7717/peerj-cs.68).
- [14] James. W. Thomas. *Numerical Partial Differential Equations: Conservation Laws and Elliptic Equations*. New York, NY: Springer New York, 1999. ISBN: 978-1-4612-0569-2. DOI: [10.1007/978-1-4612-0569-2](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0569-2).
- [15] Eleuterio F. Toro. *Computational Algorithms for Shallow Water Equations*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. ISBN: 978-3-031-61395-1. DOI: [10.1007/978-3-031-61395-1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-61395-1).
- [16] Eleuterio F. Toro. *Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics: A Practical Introduction*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. ISBN: 978-3-540-49834-6. DOI: [10.1007/b79761_13](https://doi.org/10.1007/b79761_13).
- [17] M. Elena Vázquez-Cendón. *Lecture Notes on Numerical Methods for Hyperbolic Equations*. CRC Press, 2011. ISBN: 978-0-429-21185-0. DOI: [10.1201/b18130](https://doi.org/10.1201/b18130).
- [18] M. Elena Vázquez-Cendón. *Solving Hyperbolic Equations with Finite Volume Methods*. Springer International Publishing, 2015. ISBN: 978-3-319-14784-0. DOI: [10.1007/978-3-319-14784-0](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14784-0).
- [19] Michael Zingale. *Introduction to Computational Astrophysical Hydrodynamics*. 2025. URL: https://open-astrophysics-bookshelf.github.io/numerical_exercises/CompHydroTutorial.pdf.