Clase 1: Bienvenida al curso

Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Parciales CM032

Prof. Fidel Jara Huanca
Universidad Nacional de Ingeniería
Escuela Profesional de Matemática
Facultad de Ciencias

23 de marzo de 2026

¿Por qué este curso?

¿Por qué este curso?

Muchos fenómenos en la naturaleza se describen mediante ecuaciones diferenciales parciales (EDPs).

Los fenómenos físicos se modelan con las EDPs

Propagación de ondas: tsunamis, terremotos, sonido.
Difusión térmica: distribución de calor en materiales.
Dinámica de fluidos: océanos, atmósfera, aire en tuberías.
Reacciones químicas: combustión, ecosistemas.

La mayoría de los problema de valor inicial / frontera no tienen soluciones analíticas.

¡Necesitamos de los métodos numéricos para resolverlas!

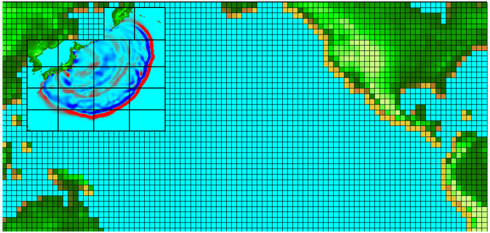


Figura: Simulación numérica de un tsunami (Fuente: `https://dlgeorge.github.io/project/geoclaw-project`)

Objetivos del curso

Objetivos del curso

Al final de este curso, ustedes serán capaces de

1. **Comprender** la teoría detrás de los métodos numéricos.
   - Consistencia, convergencia, estabilidad.
   - Análisis de errores.
2. **Implementar** esquemas numéricos en Python.
   - Métodos de diferencias finitas (FDM).
   - Métodos de elementos finitos (FEM).
   - Métodos de volúmenes finitos (FVM).
3. **Resolver** problemas prácticos.
   - Ecuaciones parabólicas (calor).
   - Ecuaciones elípticas (Poisson).
   - Ecuaciones hiperbólicas (ondas, leyes de conservación).

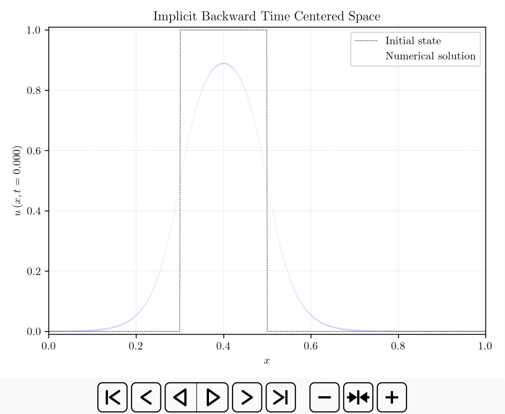


Figura: Simulación numérica de la ecuación de calor unidimensional.

Dinámica del curso

Dinámica del curso

Clases teóricas y prácticas

Durante 16 semanas, las clases son 6 horas por semana distribuidas así:

Teoría	2h Lunes + 2h Miércoles
Laboratorio	2h Martes (Python + JupyterLab)

Evaluación continua

- Trabajo de laboratorio regular.
- 5 prácticas calificadas (semanas 3, 5, 10, 12, 15).
- 1 proyecto con 2 presentaciones (semanas 7 y 15).
- 1 examen parcial (semana 8).
- 1 examen final (semana 16).

¡Énfasis en argumentación clara y rigor matemático!

GitHub

Ventajas de GitHub Classroom

- **Repositorio público** para cada estudiante.
- **Control de versiones** con Git.
- Tendrán registro completo de su trabajo.
- Facilita la evaluación y retroalimentación.

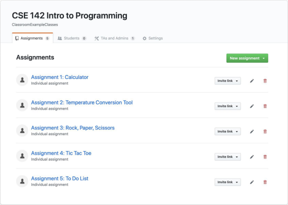


Figura: Interfaz de GitHub Classroom (Fuente: `https://classroom.github.com`)

GitHub Desktop

- Aplicación de escritorio que facilita el uso de Git y GitHub sin necesidad de usar la línea de comandos.
- Aprenderán herramientas profesionales de desarrollo.

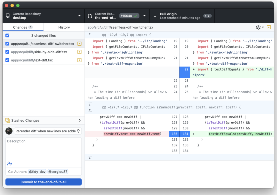
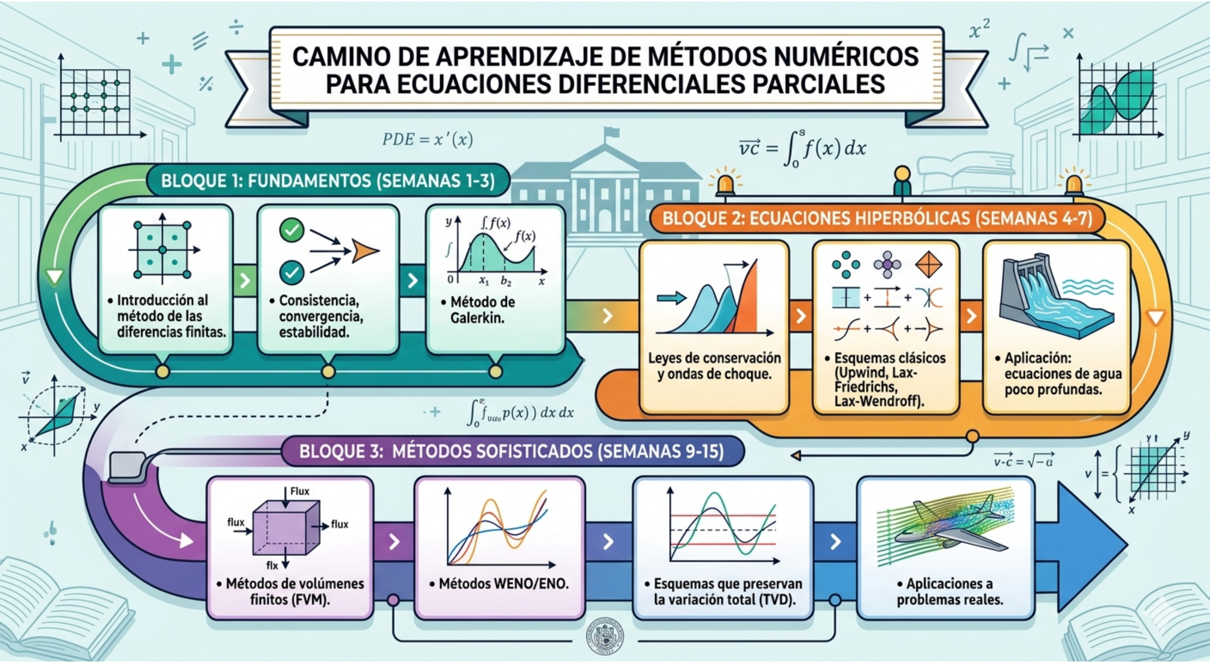


Figura: Interfaz de GitHub Desktop (Fuente: `https://desktop.github.com`)

Ruta de aprendizaje


CAMINO DE APRENDIZAJE DE MÉTODOS NUMÉRICOS PARA ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES
BLOQUE 1: FUNDAMENTOS (SEMANAS 1-3)
• Introducción al método de las diferencias finitas.
• Consistencia, convergencia, estabilidad.
• Método de Galerkin.
BLOQUE 2: ECUACIONES HIPERBÓLICAS (SEMANAS 4-7)
Leyes de conservación y ondas de choque.
• Esquemas clásicos (Upwind, Lax-Friedrichs, Lax-Wendroff).
• Aplicación: ecuaciones de agua poco profundas.
BLOQUE 3: MÉTODOS SOFISTICADOS (SEMANAS 9-15)
Flux
flux
flux
flx
• Métodos de volúmenes finitos (FVM).
• Métodos WENO/ENO.
• Esquemas que preservan la variación total (TVD).
• Aplicaciones a problemas reales.

Ruta de aprendizaje

Bloque 1: Fundamentos (Semanas 1-3)

- Introducción al método de las diferencias finitas.
- Consistencia, convergencia, estabilidad.
- Método de Galerkin.

Bloque 2: Ecuaciones hiperbólicas (Semanas 4-7)

- Leyes de conservación y ondas de choque.
- Esquemas clásicos (Upwind, Lax-Friedrichs, Lax-Wendroff).
- Aplicación: ecuaciones de agua poco profundas.

Bloque 3: Métodos sofisticados (Semanas 9-15)

- Métodos de volúmenes finitos (FVM).
- Métodos WENO/ENO.
- Esquemas que preservan la variación total (TVD).
- Aplicaciones a problemas reales.

Recursos

Recursos

En el sitio web del curso `https://cm032.github.io` encontrarás

- Diapositivas de clase.
- Notas de laboratorio.
- Ejercicios resueltos.
- Lecturas complementarias.
- Cronograma detallado del curso (fechas de entregas, temas, etc.):

Referencia principales

- Kendall Atkinson y Weimin Han. *Theoretical Numerical Analysis: A Functional Analysis Framework*. New York, NY: Springer New York, 2009. ISBN: 978-1-4419-0458-4. DOI: `10.1007/978-1-4419-0458-4`.
- Jan S. Hesthaven. *Numerical Methods for Conservation Laws*. Computational Science & Engineering. Society for Industrial y Applied Mathematics, feb. de 2018. ISBN: 978-1-61197-509-3.
- Abner J. Salgado y Steven M. Wise. *Classical Numerical Analysis: A Comprehensive Course*. Cambridge University Press, sep. de 2022. ISBN: 978-1-108-94260-7.
- J. W. Thomas. *Numerical Partial Differential Equations: Finite Difference Methods*. New York, NY: Springer New York, 1995. ISBN: 978-1-4899-7278-1. DOI: `10.1007/978-1-4899-7278-1`.
- 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`.

Vamos a aprender juntos cómo
capturar el comportamiento de la naturaleza
mediante ecuaciones numéricas.

Preguntas y dudas: No duden en preguntar en cualquier momento.

¡Bienvenidos al CM032!

Prueba de entrada

Prueba de entrada

1 Una barra metálica de 100 cm de longitud tiene sus extremos $x = 0$, $x = 100$ mantenidos a 0 °C. Inicialmente, la mitad de la barra está a 60 °C; mientras que la otra mitad a 40 °C. Asumiendo un coeficiente de difusividad de 0,16 unidades c.g.s y un entorno aislado.

- **a** Describa la ecuación diferencial correspondiente, así como las condiciones iniciales y de frontera.
- **b** No resuelva, solo comente los pasos a tener en cuenta para resolver el problema en el ítem (a).

2 Dado el problema

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} = \dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a\dfrac{\partial u}{\partial x} & \text{en } \mathbb{R} \times (0, \infty)\,. \\ u = f & \text{en } \mathbb{R} \times \{t = 0\}\,. \end{cases}$$

Utilizando la transformada de Fourier, determine la solución en el contexto de su transformada.

3

- **a** Describa cuatro términos de la serie de Taylor de una función real de variable real infinitamente diferenciable en un dominio adecuado.
- **b** Describa cuatro términos de la serie de una función real de dos variables reales infinitamente diferenciable en un dominio adecuado.
- **c** Describa el gradiente y el hessiano de una función real de tres variables reales en un dominio adecuado.