Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Escuela Profesional de
Ingeniería Civil
Sílabo 2027-I

1. CURSO

MA202. Métodos Numéricos (Obligatorio)

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Curso	:	MA202. Métodos Numéricos
2.2 Semestre	:	4to Semestre.
2.3 Créditos	:	3
2.4 Horas	:	2 HT; 2 HP;
2.5 Duración del periodo	:	16 semanas
2.6 Condición	:	Obligatorio
2.7 Modalidad de aprendizaje	:	Presencial
2.8 Prerrequisitos	:	▪ MA121. Algebra Lineal I. (3er Sem) ▪ BIC101. Introducción a la Programación. (1er Sem)

3. PROFESORES

Atención previa coordinación con el profesor

4. INTRODUCCIÓN AL CURSO

Los métodos numéricos son una herramienta fundamental compartida por la informática y las disciplinas de ingeniería para aproximar soluciones a problemas matemáticos que no pueden resolverse analíticamente. Este curso proporciona una introducción a los métodos numéricos más comunes, incluyendo el análisis de errores, la solución de ecuaciones no lineales, la interpolación, la integración numérica y la solución de ecuaciones diferenciales, en contextos científicos y de ingeniería.

5. OBJETIVOS

- Comprender la importancia de los métodos numéricos en la resolución de problemas científicos y de ingeniería.
- Aplicar diferentes métodos numéricos para aproximar soluciones a problemas matemáticos.
- Analizar la precisión y eficiencia de los métodos numéricos utilizados.

6. RESULTADOS DEL ESTUDIANTE

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usage)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usage)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usage)

7. TEMAS

Unidad 1: Análisis de Errores y Aritmética de Punto Flotante (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Representación en punto flotante y errores de redondeo en software de ingeniería ▪ Condicionamiento de problemas de ingeniería y estabilidad de algoritmos numéricos ▪ Error de truncamiento en aproximaciones en serie y en esquemas de diferencias finitas ▪ Propagación de errores a través de cadenas de cálculos en simulaciones de ingeniería	▪ Explicar las fuentes y consecuencias de los errores de redondeo y truncamiento en computaciones de ingeniería [Familiarizarse] ▪ Calcular el número de condición de un sistema lineal e interpretar su efecto sobre la precisión de la solución [Evaluar] ▪ Estimar la propagación de incertidumbres de medición a través de una cadena de cálculos de ingeniería [Usar] ▪ Seleccionar métodos numéricos con propiedades de estabilidad adecuadas para los requerimientos de simulación en ingeniería [Evaluar]
Lecturas : [**ChapraCanale2015**], [**BurdenFaires2010**]	

Unidad 2: Solución Numérica de Ecuaciones no Lineales (10 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Métodos de acotamiento: bisección y falsa posición ▪ Método de Newton-Raphson y método de la secante ▪ Orden de convergencia y criterios de parada en métodos iterativos	▪ Explicar el fundamento y las garantías de convergencia de los métodos de bisección y falsa posición [Familiarizarse] ▪ Aplicar el método de Newton-Raphson y el método de la secante para aproximar raíces de ecuaciones de ingeniería [Usar] ▪ Comparar el orden de convergencia de distintos métodos iterativos y seleccionar el más apropiado según el problema [Evaluar]
Lecturas : [**ChapraCanale2015**], [**BurdenFaires2010**]	

Unidad 3: Teoría de Aproximación e Interpolación (10 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Interpolación polinomial: Lagrange, diferencias divididas de Newton y fenómeno de Runge ▪ Interpolación por splines: splines cúbicos, B-splines y métodos de funciones polinómicas a trozos ▪ Mejor aproximación en espacios normados: Chebyshev (minimax) y mínimos cuadrados ▪ Polinomios de Chebyshev: propiedades, ortogonalidad y convergencia espectral ▪ Aproximación trigonométrica y transformada rápida de Fourier (FFT)	▪ Explicar el fenómeno de Runge y justificar la elección de nodos de Chebyshev para mitigarlo [Familiarizarse] ▪ Construir interpolantes por splines cúbicos y de Chebyshev para datos dados y estimar el error de interpolación [Usar] ▪ Aplicar la FFT para calcular eficientemente aproximaciones trigonométricas de una función muestreada [Evaluar]
Lecturas : [**ChapraCanale2015**], [**BurdenFaires2010**]	

Unidad 4: Integración Numérica y Cuadratura (10 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Reglas de Newton-Cotes: trapezoidal, Simpson y reglas compuestas; análisis de error ▪ Cuadratura adaptativa y control automático del error ▪ Cuadratura gaussiana: nodos y pesos óptimos, conexión con polinomios ortogonales ▪ Tratamiento numérico de integrales impropias y singulares ▪ Integración de Monte Carlo y métodos cuasi-Monte Carlo para integrales de alta dimensión	▪ Derivar la fórmula de error para la regla compuesta de Simpson e identificar su orden de precisión [Familiarizarse] ▪ Seleccionar y aplicar una regla de cuadratura apropiada (Gaussiana, adaptativa) según la regularidad del integrando [Usar] ▪ Aplicar integración de Monte Carlo para estimar integrales de alta dimensión y cuantificar el error estadístico [Evaluar]
Lecturas : [**ChapraCanale2015**], [**BurdenFaires2010**]	

Unidad 5: Métodos Numéricos para EDO y EDP (12 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Métodos de Runge-Kutta y paso adaptativo para problemas de EDO en ingeniería ▪ Análisis de estabilidad y rigidez en integradores numéricos de EDO de ingeniería ▪ Discretización por diferencias finitas de EDP de ingeniería (ecuación de calor, ecuación de Laplace) ▪ Elementos finitos y métodos de disparo para problemas de valores de frontera en ingeniería	▪ Implementar un integrador Runge-Kutta de cuarto orden para un problema de vibración mecánica [Usar] ▪ Determinar la región de estabilidad absoluta de un esquema explícito de avance temporal [Evaluar] ▪ Discretizar la ecuación de calor 2D usando diferencias finitas y plantear el sistema lineal resultante [Usar] ▪ Comparar los enfoques de diferencias finitas y elementos finitos para resolver una EDP de ingeniería [Evaluar]
Lecturas : [**ChapraCanale2015**], [**BurdenFaires2010**]	

Unidad 6: álgebra Lineal Numérica (12 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Factorizaciones LU y QR para resolver sistemas lineales de ingeniería ▪ Solvers iterativos: Jacobi, Gauss-Seidel y Gradiente Conjugado para sistemas dispersos de gran escala ▪ Descomposición en Valores Singulares (SVD) para ajuste de datos y reducción de modelos ▪ Formatos de almacenamiento de matrices dispersas y solvers eficientes para sistemas FEM/FVM de ingeniería	▪ Resolver sistemas lineales de ingeniería usando descomposición LU con pivoteo parcial [Usar] ▪ Analizar la tasa de convergencia de solvers iterativos aplicados a matrices de rigidez de ingeniería [Evaluar] ▪ Implementar un solver de Gradiente Conjugado para un sistema de ingeniería simétrico y definido positivo de gran escala [Usar] ▪ Aplicar SVD para comprimir un conjunto de formas modales estructurales y evaluar la calidad de la aproximación [Evaluar]
Lecturas : [**BurdenFaires2010**], [**TrefethenBau1997**]	

Unidad 7: Método de Elementos Finitos (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Formulación débil (variacional) de problemas de valor en la frontera y espacios de Sobolev ▪ Método de Galerkin: espacios de aproximación de dimensión finita y matriz de rigidez ▪ Espacios de elementos finitos triangulares y cuadriláteros: elementos de Lagrange y conformidad ▪ Estimaciones de error a priori: lema de Céa y cotas de error de interpolación ▪ Estimaciones de error a posteriori y refinamiento adaptativo de malla	▪ Derivar la formulación débil de un PVE elíptico y mostrar su equivalencia con la forma fuerte [Familiarizarse] ▪ Ensamblar la matriz de rigidez global y el vector de carga para una discretización lineal por elementos finitos [Usar] ▪ Estimar el error en H^1 de una solución por elementos finitos usando el lema de Céa y la teoría de interpolación [Evaluar]
Lecturas : [**ReddyFEM2019**], [**BurdenFaires2010**]	

Unidad 8: Algoritmos de Optimización (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-2,ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Descenso por gradiente y métodos de búsqueda lineal: condiciones de Armijo-Wolfe y tasas de convergencia ▪ Método de Newton y métodos cuasi-Newton (BFGS, L-BFGS) ▪ Optimización con restricciones: condiciones KKT, métodos de penalización y programación cuadrática secuencial ▪ Algoritmos de optimización convexa: métodos de punto interior y método de multiplicadores de dirección alterna (ADMM) ▪ Descenso de gradiente estocástico (SGD), reducción de varianza y optimizador Adam	▪ Explicar las garantías de convergencia del descenso por gradiente para funciones convexas suaves [Familiarizarse] ▪ Aplicar los métodos de Newton y cuasi-Newton a problemas de optimización sin restricciones [Usar] ▪ Formular un problema de optimización con restricciones como un sistema KKT y aplicar un método de punto interior [Evaluar]
Lecturas : [**NocedalWright2006**]	

Unidad 9: Computación Paralela y de Alto Rendimiento (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Arquitecturas paralelas: memoria compartida (OpenMP), memoria distribuida (MPI) y GPU (CUDA) ▪ Modelos de rendimiento: ley de Amdahl, modelo de línea techada y complejidad de comunicación ▪ Algoritmos paralelos para álgebra lineal densa y dispersa (ScaLAPACK, PETSc) ▪ Descomposición de dominio y solucionadores paralelos de EDPs ▪ Diferenciación automática (modo directo y reverso) y su rol en ML científico	▪ Explicar la ley de Amdahl e identificar los cuellos de botella que limitan la aceleración paralela en un algoritmo dado [Familiarizarse] ▪ Implementar una rutina paralela de álgebra lineal usando MPI o OpenMP y medir la eficiencia paralela [Usar] ▪ Aplicar diferenciación automática para calcular gradientes de funciones científicas complejas con fines de optimización [Evaluar]
Lecturas : [**PachecoMalensek2022**]	

Unidad 10: Teoría de Grafos (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Grafos: definiciones, isomorfismo, sucesiones de grados, árboles y árboles generadores ▪ Conectividad, teorema de Menger y flujos en redes (flujo máximo-corte mínimo) ▪ Emparejamientos (teorema de Hall), coloraciones de grafos y el polinomio cromático ▪ Grafos planares, fórmula de Euler, teorema de Kuratowski y el teorema de los cuatro colores ▪ Matrices de adyacencia y laplaciana, valores propios y grafos expandidores	▪ Identificar propiedades estructurales de grafos (conectividad, planaridad, bipartitud) y aplicar la fórmula de Euler [Familiarizarse] ▪ Aplicar el teorema de matrimonio de Hall y algoritmos de flujo en redes a problemas de emparejamiento y enrutamiento [Usar] ▪ Analizar el espectro de un grafo para acotar su número cromático y sus propiedades de conectividad [Evaluar]
Lecturas : [**West2001**]	

Unidad 11: Análisis de Series Temporales (2 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-6	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Estacionariedad, función de autocovarianza y función de autocorrelación (ACF) ▪ Modelos ARMA: identificación, estimación (Yule-Walker, MLE) y diagnóstico ▪ Densidad espectral, el periodograma y el teorema de Wiener-Khinchin ▪ Modelos de espacio de estados y el filtro de Kalman ▪ Modelos ARIMA, ajuste estacional y predicción a múltiples pasos	▪ Identificar la estacionariedad y determinar el orden de un modelo ARMA a partir de gráficos ACF y PACF [Familiarizarse] ▪ Ajustar modelos ARIMA a datos de series temporales, validar residuos y producir predicciones [Usar] ▪ Aplicar el filtro de Kalman para estimar estados ocultos en un modelo lineal gaussiano de espacio de estados [Evaluar]
Lecturas : [**ShumwayStoffer2017**]	

8. PLAN DE TRABAJO

8.1 Metodología

Se fomenta la participación individual y en equipo para exponer sus ideas, motivándolos con puntos adicionales en las diferentes etapas de la evaluación del curso.

8.2 Sesiones Teóricas

Las sesiones de teoría se llevan a cabo en clases magistrales donde se realizarán actividades que propicien un aprendizaje activo, con dinámicas que permitan a los estudiantes interiorizar los conceptos.

8.3 Sesiones Prácticas

Las sesiones prácticas se llevan en clase donde se desarrollan una serie de ejercicios y/o conceptos prácticos mediante planteamiento de problemas, la resolución de problemas, ejercicios puntuales y/o en contextos aplicativos.

9. SISTEMA DE EVALUACIÓN

********* EVALUATION MISSING ********

10. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA