



Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Escuela Profesional de

Ingeniería Civil

Sílabo 2027-I

1. CURSO

CE2H1. Mecánica de Fluidos I (Obligatorio)

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Curso	:	CE2H1. Mecánica de Fluidos I
2.2 Semestre	:	5 ^{to} Semestre.
2.3 Créditos	:	5
2.4 Horas	:	4 HT; 2 HP;
2.5 Duración del periodo	:	16 semanas
2.6 Condición	:	Obligatorio
2.7 Modalidad de aprendizaje	:	Presencial
		▪ CE1M1. Estática. (3 ^{er} Sem)
2.8 Prerrequisitos	:	▪ CE1M2. Dinámica. (4 ^{to} Sem)
		▪ MA211. Cálculo IV. (4 ^{to} Sem)

3. PROFESORES

Atención previa coordinación con el profesor

4. INTRODUCCIÓN AL CURSO

Mecánica de Fluidos I es el curso introductorio del área de Hidráulica que sienta las bases físicas y matemáticas -mecánica de materiales, mecánica analítica y termodinámica- necesarias para analizar el comportamiento de fluidos en reposo y en movimiento. El curso culmina con el planteamiento de las ecuaciones de continuidad y de Navier-Stokes, la resolución de flujo en tuberías a presión y el diseño preliminar de estructuras hidráulicas, preparando al estudiante para los cursos posteriores de la línea de Hidráulica.

5. OBJETIVOS

- Aplicar los principios de la mecánica de materiales y de la mecánica analítica al comportamiento de sistemas hidráulicos de ingeniería.
- Formular y simplificar las ecuaciones de continuidad y de Navier-Stokes para problemas de flujo de ingeniería civil.
- Diseñar y verificar sistemas de flujo en tuberías a presión y estructuras hidráulicas básicas.
- Reconocer el rol de los métodos numéricos (elementos finitos) y de las herramientas termodinámicas en el análisis hidráulico moderno.

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: Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (13 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Conceptos de esfuerzo y deformación, incluyendo esfuerzos normal, cortante y principales ■ Carga axial y deformación de elementos ■ Torsión de secciones circulares y no circulares ■ Esfuerzo por flexión y deflexión en vigas ■ Distribución del esfuerzo cortante en vigas ■ Carga combinada y transformación de esfuerzos ■ Pandeo de columnas y análisis de estabilidad ■ Mecánica de fatiga y fractura ■ Comportamiento elástico y plástico de los materiales ■ Métodos energéticos para análisis estructural	■ Definir esfuerzo, deformación y sus relaciones a través de leyes constitutivas [Familiarizarse] ■ Calcular esfuerzos y deformaciones en elementos bajo carga axial [Usar] ■ Determinar esfuerzos torsionales y ángulos de giro en ejes [Usar] ■ Analizar la distribución de esfuerzos por flexión y la deflexión en vigas [Evaluar] ■ Calcular la distribución del esfuerzo cortante en secciones transversales de vigas [Usar] ■ Aplicar ecuaciones de transformación de esfuerzos para condiciones de carga combinada [Evaluar] ■ Evaluar la estabilidad de columnas y calcular cargas críticas de pandeo [Evaluar] ■ Explicar los mecanismos de falla por fatiga y predecir la vida a fatiga [Familiarizarse] ■ Distinguir entre el comportamiento elástico y plástico de los materiales bajo carga [Usar] ■ Utilizar métodos energéticos para resolver problemas de deflexión y estructuras indeterminadas [Usar]
Lecturas : [Hibbeler2017]	

Unidad 2: Cinemática y Dinámica de Partículas (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Descripción vectorial de posición, velocidad y aceleración en coordenadas cartesianas, polares y esféricas ■ Las tres leyes de movimiento de Newton y los marcos de referencia inerciales ■ Formulación y solución de ecuaciones de movimiento para fuerzas constantes y variables ■ Fuerzas de fricción estática y cinética, incluyendo el ángulo de reposo ■ Integración numérica de ecuaciones de movimiento para problemas de dinámica en ingeniería	■ Formular las ecuaciones de movimiento de una partícula en una, dos y tres dimensiones dada una ley de fuerza [Usar] ■ Identificar todas las fuerzas que actúan sobre una partícula y dibujar un diagrama de cuerpo libre correcto [Familiarizarse] ■ Calcular la velocidad terminal de un objeto que cae a través de un fluido con resistencia por arrastre [Evaluar] ■ Implementar un algoritmo numérico para simular la dinámica de un sistema mecánico de ingeniería [Usar] ■ Construir e interpretar diagramas de espacio de fase para sistemas oscilatorios de ingeniería [Evaluar]
Lecturas : [Goldstein2002]	

Unidad 3: Marcos de Referencia no Inerciales y Fuerzas Ficticias (21 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Transformaciones entre marcos de referencia inerciales y acelerados ■ Fuerza centrífuga definida como $F_{cent} = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}')$ ■ Fuerza de Coriolis definida como $F_{Cor} = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}'$ ■ Fuerza de Euler para rotación no constante: $F_{Euler} = -m \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r}'$ ■ Gravedad efectiva en la Tierra en rotación: $g_{eff} = g - \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{R})$ ■ Péndulo de Foucault como demostración de la rotación de la Tierra ■ Efecto Coriolis en los patrones climáticos globales y las corrientes oceánicas ■ Precesión de Larmor en campos magnéticos vista como un efecto de marco rotatorio ■ Fuerzas de marea como efectos gravitatorios diferenciales en marcos co-rotatorios ■ Conexión con el principio de equivalencia de la Relatividad General	■ Transformar la segunda ley de Newton a un marco de referencia uniformemente rotatorio [Usar] ■ Calcular las fuerzas centrífuga y de Coriolis para posiciones y velocidades dadas en un marco rotatorio [Usar] ■ Predecir la dirección de desviación de los proyectiles debido a la rotación de la Tierra mediante el efecto Coriolis [Evaluar] ■ Explicar la precesión de un péndulo de Foucault en términos de la rotación de la Tierra [Familiarizarse] ■ Calcular la aceleración gravitatoria efectiva en diferentes latitudes de la Tierra [Usar] ■ Analizar la precesión de Larmor utilizando el concepto de marcos de referencia rotatorios [Evaluar] ■ Comparar las fuerzas de marea con las fuerzas centrífugas en sistemas co-rotatorios [Evaluar]
Lecturas : [Goldstein2002]	

Unidad 4: Mecánica Lagrangiana y Hamiltoniana (21 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Principio de mínima acción y principio de acción estacionaria de Hamilton ▪ Definición de Lagrangiano: $L = T - V$ para sistemas conservativos ▪ Ecuaciones de movimiento de Euler-Lagrange: $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) = \frac{\partial L}{\partial q_i}$ ▪ Coordenadas generalizadas y el tratamiento de restricciones holonómicas ▪ Coordenadas cíclicas y las leyes de conservación asociadas ▪ Transformada de Legendre del Lagrangiano al Hamiltoniano: $H = \sum p_i \dot{q}_i - L$ ▪ Ecuaciones de Hamilton: $\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}$ y $\dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}$ ▪ Paréntesis de Poisson: $\{f, g\} = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial q_i} \frac{\partial g}{\partial p_i} - \frac{\partial f}{\partial p_i} \frac{\partial g}{\partial q_i} \right)$ ▪ Transformaciones canónicas y sus funciones generatrices ▪ Variables de acción-ángulo para sistemas hamiltonianos periódicos	▪ Construir el Lagrangiano para sistemas mecánicos simples en coordenadas generalizadas adecuadas [Usar] ▪ Deducir las ecuaciones de movimiento a partir de las ecuaciones de Euler-Lagrange [Usar] ▪ Identificar coordenadas cíclicas y sus magnitudes conservadas asociadas en un Lagrangiano dado [Evaluar] ▪ Formular el Hamiltoniano a partir de un sistema lagrangiano dado [Usar] ▪ Resolver las ecuaciones de Hamilton para sistemas simples como el oscilador armónico [Usar] ▪ Calcular los paréntesis de Poisson para pares de variables dinámicas [Usar] ▪ Aplicar transformaciones canónicas para simplificar la descripción de sistemas hamiltonianos [Usar]
Lecturas : [Goldstein2002]	

Unidad 5: Fundamentos de la Mecánica de Medios Continuos (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Hipótesis del continuo y definición de campos de densidad ▪ Tensor de tensión σ_{ij} y el concepto de fuerza por unidad de área ▪ Tensor de deformación ϵ_{ij} como medida de la deformación local ▪ Ley de Hooke para materiales isotrópicos: $\sigma_{ij} = \lambda \epsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu \epsilon_{ij}$ ▪ Ecuación de Navier-Stokes para fluidos viscosos: $\rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} + \vec{f}$ ▪ Principio de Bernoulli para flujo de fluidos no viscosos e incompresibles ▪ Conservación de la masa y la ecuación de continuidad: $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0$ ▪ Conservación del momento expresada en forma de mecánica de medios continuos ▪ Propagación de ondas en medios elásticos incluyendo ondas P y ondas S ▪ Viscosidad y reología de fluidos no Newtonianos	▪ Interpretar el significado físico de las componentes del tensor de tensión [Familiarizarse] ▪ Calcular las componentes del tensor de deformación para deformaciones simples [Usar] ▪ Aplicar la ley de Hooke para relacionar tensión y deformación en materiales elásticos isotrópicos [Usar] ▪ Simplificar la ecuación de Navier-Stokes para casos especiales como flujo estacionario o no viscoso [Usar] ▪ Aplicar el principio de Bernoulli para calcular variaciones de presión en el flujo de fluidos [Usar] ▪ Deducir la ecuación de continuidad a partir del principio de conservación de la masa [Usar] ▪ Analizar diferentes modos de propagación de ondas en sólidos elásticos [Evaluar]
Lecturas : [Mase2010]	

Unidad 6: Leyes de la Termodinámica y Funciones de Estado (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Ley Cero de la Termodinámica y el equilibrio de temperatura ▪ Primera Ley de la Termodinámica: $dU = dQ - dW$ para sistemas de ingeniería ▪ Entalpía $H = U + PV$ y su papel en los procesos de flujo y las reacciones químicas ▪ Calores específicos C_V y C_P y su medición y aplicación en ingeniería ▪ Procesos adiabáticos y condiciones de flujo isentrópico en turbomáquinas	▪ Calcular el trabajo realizado por un gas en expansiones isotérmica y adiabática en ciclos de ingeniería [Usar] ▪ Evaluar cambios de energía interna y aplicar la Primera Ley a procesos termodinámicos de ingeniería [Evaluar] ▪ Aplicar la relación de Mayer para determinar la razón de calores específicos de fluidos de trabajo en ingeniería [Usar] ▪ Analizar las condiciones de flujo isentrópico en toberas y turbinas de ingeniería [Evaluar]
Lecturas : [Cengel2019]	

Unidad 7: Teoría Cinética de los Gases (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
- Derivación de la presión macroscópica a partir de la transferencia de momento molecular - Distribución de Maxwell-Boltzmann de velocidades y sus implicaciones en ingeniería - Teorema de equipartición y grados de libertad para gases monoatómicos y poliatómicos - Recorrido libre medio y su relevancia para el flujo de gases y la ingeniería de vacío - Fenómenos de transporte: viscosidad, conductividad térmica y difusión en gases de ingeniería	- Calcular las velocidades cuadrática media y promedio de gases de trabajo en ingeniería [Usar] - Interpretar la distribución de Maxwell-Boltzmann y su dependencia de la temperatura para aplicaciones de ingeniería [Evaluar] - Calcular el recorrido libre medio y relacionarlo con la viscosidad en problemas de aerodinámica de ingeniería [Usar] - Estimar la conductividad térmica y la viscosidad de un gas a partir de la teoría cinética para el diseño de ingeniería [Evaluar]
Lecturas : [Cengel2019]	

Unidad 8: Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO) (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
Ecuaciones de primer orden: formas separables, lineales y exactas	Resolver EDO lineales de primer orden usando factores integrantes [Usar]
Lecturas : [Boyce2017]	

Unidad 9: Dinámica de Fluidos Matemática (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
- Hipótesis del continuo, derivada material y teorema del transporte de Reynolds - Ecuaciones de Euler para flujo no viscoso: forma conservativa, vorticidad y flujo potencial - Ecuaciones de Navier-Stokes: deducción, soluciones exactas y análisis dimensional - Teoría de la capa límite: ecuaciones de Prandtl y solución de Blasius - Turbulencia: promediado de Reynolds, modelo $k-\varepsilon$ y simulación numérica directa	- Derivar las ecuaciones de Navier-Stokes a partir de principios de conservación e identificar el significado físico de cada término [Familiarizarse] - Analizar flujos no viscosos usando las ecuaciones de Euler y aplicar el principio de Bernoulli [Usar] - Aplicar la teoría de la capa límite para estimar el arrastre sobre una placa plana y comparar con la solución de Blasius [Evaluar]
Lecturas : [ChorinMarsden1993]	

Unidad 10: Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Fundamentos del flujo en tuberías y ecuación de Darcy-Weisbach ▪ Pérdidas menores y análisis de sistemas de tuberías ▪ Métodos de análisis de redes de tuberías ▪ Características de bombas y curvas del sistema ▪ Selección de bombas y requisitos de instalación ▪ Golpe de ariete y análisis de transitorios ▪ Diseño de tuberías y selección de materiales ▪ Bombas de velocidad variable y eficiencia energética ▪ Modelación y optimización de redes ▪ Selección de válvulas y sistemas de control hidráulico	▪ Calcular pérdidas de carga en sistemas de tuberías usando ecuaciones de fricción [Evaluar] ▪ Determinar la pérdida de carga total incluyendo pérdidas menores en tuberías complejas [Usar] ▪ Analizar redes de tuberías usando el método de Hardy Cross o métodos equivalentes [Evaluar] ▪ Construir curvas características de bombas y curvas del sistema [Usar] ▪ Seleccionar bombas apropiadas basándose en el punto de operación y eficiencia [Evaluar] ▪ Evaluar efectos de golpe de ariete y diseñar protección contra transitorios [Usar] ▪ Diseñar tuberías considerando factores hidráulicos, estructurales y económicos [Evaluar] ▪ Aplicar variadores de velocidad para optimización de sistemas de bombeo [Usar] ▪ Optimizar redes de distribución de agua usando software de modelación [Evaluar] ▪ Especificar válvulas y sistemas de control para operaciones de tuberías [Usar]
Lecturas : [White2016]	

Unidad 11: Diseño de Estructuras Hidráulicas (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Tipos de presas y criterios de selección ■ Hidráulica y diseño de vertedores ■ Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas ■ Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación ■ Hidráulica y diseño de alcantarillas ■ Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos ■ Obras de salida y estructuras de control ■ Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental ■ Análisis y prevención de cavitación ■ Modelación física hidráulica y efectos de escala	■ Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse] ■ Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar] ■ Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar] ■ Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar] ■ Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar] ■ Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar] ■ Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar] ■ Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar] ■ Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar] ■ Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]
Lecturas : [White2016]	

Unidad 12: Métodos Numéricos para EDO y EDP (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-6	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ 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 : [Chapra2015]	

Unidad 13: Método de Elementos Finitos (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-1, ABET-6	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ 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 : [Reddy2019]	

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