



Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Escuela Profesional de

Ingeniería Civil

Sílabo 2027-I

1. CURSO

CE3G5. Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (Electivo)

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Curso	: CE3G5. Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia
2.2 Semestre	: 9 ^{no} Semestre.
2.3 Créditos	: 4
2.4 Horas	: 3 HT; 2 HP;
2.5 Duración del periodo	: 16 semanas
2.6 Condición	: Electivo
2.7 Modalidad de aprendizaje	: Presencial
2.8 Prerrequisitos	: CE3G3. Geología Aplicada. (7 ^{mo} Sem)

3. PROFESORES

Atención previa coordinación con el profesor

4. INTRODUCCIÓN AL CURSO

Elementos Finitos Aplicada a la Geotecnia introduce el método de elementos finitos como herramienta numérica para el análisis y diseño de estructuras y problemas geotécnicos que no pueden resolverse de forma confiable con métodos clásicos de forma cerrada. Apoyándose en el marco de resistencia al corte, consolidación y diseño desarrollado en Mecánica de Suelos II y en los fundamentos de modelamiento numérico introducidos en Mecánica de Fluidos II, el curso desarrolla primero los fundamentos matemáticos del método de elementos finitos (formulación variacional, aproximación de Galerkin, espacios de elementos finitos y estimación de error) y luego los aplica a problemas específicamente geotécnicos: condiciones de contorno, estados de esfuerzo iniciales y modelamiento de construcción por etapas; análisis unidimensional de consolidación e interacción pilote-suelo; análisis bidimensional en deformación plana de excavaciones, terraplenes y estructuras de retención; una introducción al análisis numérico dinámico de problemas geotécnicos sísmicos; y los modelos constitutivos de suelos (Mohr-Coulomb, Cam-Clay y Hardening Soil Model) que hacen tratable el comportamiento no lineal del suelo en software de elementos finitos. Como parte de la línea de especialización en Ingeniería Geotécnica, el curso prepara a los estudiantes para usar herramientas modernas de modelamiento numérico en el ejercicio profesional del diseño geotécnico.

5. OBJETIVOS

- Derivar y formular el método de elementos finitos (formulación débil, aproximación de Galerkin y estimación de error) para problemas de valores de contorno.
- Establecer condiciones de contorno apropiadas, estados de esfuerzo iniciales y secuencias de construcción por etapas para modelos geotécnicos de elementos finitos.
- Formular modelos unidimensionales de elementos finitos para problemas de consolidación e interacción pilote-suelo.
- Desarrollar modelos bidimensionales de elementos finitos en deformación plana para problemas de diseño de excavaciones, terraplenes y estructuras de retención.
- Analizar la respuesta dinámica de sistemas geotécnicos mediante análisis numérico dinámico.
- Seleccionar y aplicar modelos constitutivos de suelos (Mohr-Coulomb, Cam-Clay, Hardening Soil Model) apropiados para el análisis geotécnico no lineal por elementos finitos.

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: 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]	

Unidad 2: Modelamiento Numérico Geotécnico y Aplicaciones (50 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-2,ABET-6	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Condiciones de contorno, estado de esfuerzos inicial y construcción por etapas (secuencia de excavación y relleno) en modelos geotécnicos de elementos finitos ■ Modelamiento de la interacción suelo-estructura: elementos de interfaz y comportamiento de contacto entre el suelo y elementos estructurales ■ Modelos numéricos unidimensionales para consolidación e interacción pilote-suelo bajo carga axial ■ Modelos numéricos bidimensionales en deformación plana para excavaciones, terraplenes y estructuras de retención ■ Análisis numérico dinámico de la respuesta sísmica de sitio y la interacción dinámica suelo-estructura ■ Modelos constitutivos de suelos: Mohr-Coulomb, Cam-Clay y Hardening Soil Model para análisis geotécnico no lineal	■ Explicar las condiciones de contorno, el estado de esfuerzos inicial y la secuencia de construcción por etapas requeridos en modelos geotécnicos de elementos finitos [Familiarizarse] ■ Modelar la interacción suelo-estructura utilizando elementos de interfaz en una malla de elementos finitos [Usar] ■ Formular modelos unidimensionales de elementos finitos para problemas de consolidación e interacción pilote-suelo [Usar] ■ Desarrollar modelos bidimensionales de elementos finitos en deformación plana para problemas de excavación, terraplenes y estructuras de retención [Usar] ■ Analizar la respuesta dinámica de sistemas geotécnicos mediante análisis numérico dinámico [Evaluar] ■ Seleccionar y aplicar modelos constitutivos de suelos apropiados (Mohr-Coulomb, Cam-Clay, Hardening Soil Model) en análisis no lineal de elementos finitos [Usar]
Lecturas : [PottsZdravkovic2001], [ZienkiewiczTaylorZhu2013], [Kramer1996]	

Unidad 3: Ingeniería Geotécnica Sísmica (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-1, ABET-6	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Sistemas dinámicos de un grado de libertad y propagación unidimensional de ondas en depósitos de suelo ■ Respuesta del sitio y amplificación del movimiento del terreno ■ Análisis de amenaza sísmica y movimientos del terreno de diseño ■ Susceptibilidad a la licuefacción y mecanismos desencadenantes ■ Relación de esfuerzos cíclicos y procedimientos de evaluación de licuefacción ■ Efectos de la licuefacción en estructuras e infraestructura ■ Propiedades dinámicas del suelo y ensayos de laboratorio ■ Diseño de cimentaciones para maquinaria vibratoria bajo cargas dinámicas ■ Métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción ■ Desplazamiento lateral y fallas por flujo ■ Asentamiento inducido sísmicamente y capacidad portante ■ Diseño basado en desempeño para ingeniería geotécnica sísmica	■ Formular modelos de un grado de libertad y ecuaciones de propagación unidimensional de ondas para caracterizar la transmisión de ondas sísmicas a través de depósitos de suelo [Usar] ■ Explicar efectos de respuesta del sitio y características del movimiento del terreno [Familiarizarse] ■ Determinar movimientos del terreno de diseño para análisis sísmico geotécnico [Evaluar] ■ Evaluar susceptibilidad a la licuefacción usando datos de investigación de campo [Usar] ■ Calcular relaciones de esfuerzos cíclicos y evaluar el potencial de licuefacción [Evaluar] ■ Evaluar las consecuencias de la licuefacción en cimentaciones y estructuras [Familiarizarse] ■ Caracterizar propiedades dinámicas del suelo a partir de ensayos de laboratorio y campo [Usar] ■ Dimensionar cimentaciones de maquinaria considerando la rigidez dinámica suelo-cimentación, la evitación de resonancia y las amplitudes de vibración permisibles [Evaluar] ■ Seleccionar y diseñar métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción [Evaluar] ■ Predecir desplazamientos por desplazamiento lateral y potencial de falla por flujo [Usar] ■ Analizar asentamientos inducidos sísmicamente y capacidad portante reducida [Evaluar] ■ Implementar enfoques basados en desempeño para diseño geotécnico sísmico [Evaluar]
Lecturas : [Kramer1996], [Das2019]	

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