

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo P1 - PROGRAMA DE ASIGNATURA			
Asignatura: INGENIERÍA SISMORRESISTENTE			
Profesor Titular: Francisco J. Crisafulli			
Carrera: Ingeniería Civil			
Año: 2023	Semestre: 7º	Horas Semestre: 90	Horas Semana: 6

OBJETIVOS

- ◆ Conocer los conceptos físicos de terremoto, daño, sismorresistencia y dinámica estructural.
- ◆ Demostrar habilidad para interpretar y aplicar reglamentos, realizar el análisis dinámico, interpretar los resultados y verificar la validez del modelo en sistemas discretos sencillos.
- ◆ Manifiestar inquietud por las consecuencias de los terremotos.

CONTENIDOS

UNIDAD 1: NOCIONES DE SISMOLOGÍA.

1.A. Terremotos

Generalidades. Teoría del mecanismo de los terremotos. Tipos de fallas. Ondas sísmicas y su propagación. Atenuación. Efectos de direccionalidad y amplificación. Efectos directos e indirectos producidos por los terremotos.

1.B. Medición de terremotos. Acelerogramas

Escalas de intensidad y magnitud. Medición instrumental. Registros de aceleración. Filtrado y corrección de línea de base. Aceleración, velocidad y desplazamiento máximo del terreno. Contenido de frecuencia, espectro de Fourier.

UNIDAD 2: FUNDAMENTOS DE DINÁMICA ESTRUCTURAL.

2.A. Formulación del problema

Características básicas del problema dinámico. Grado de libertad dinámico. Condensación estática. Formulación de la ecuación de equilibrio dinámico. Matrices de rigidez, amortiguamiento y masa. Ejemplos de sistemas con 1 grado de libertad y n grados de libertad.

2.B. Cargas dinámicas

Tipos de cargas dinámicas. Ecuación de equilibrio dinámico para el caso de acción sísmica. Vector de influencia. Ejemplos para distintos tipos de estructura.

UNIDAD 3: SISTEMAS DE UN GRADO DE LIBERTAD

3.A. Vibraciones libres

Sistemas con y sin amortiguamiento. Amortiguamiento crítico. Sistemas con amortiguamiento sub-crítico. Planteo y resolución de la ecuación diferencial. Ecuaciones de movimiento. Cálculo de los constantes de integración para el caso de desplazamiento y/o velocidad inicial.

3.B. Vibraciones forzadas con carga armónica

Vibraciones forzadas con carga armónica. Planteo y resolución de la ecuación diferencial. Ecuaciones de movimiento. Condición de resonancia.

3.C. Vibraciones con cargas impulsivas

Ejemplos de carga impulsiva. Ecuación de movimiento para casos de pulsos simples (rectangular, triangular, senoidal). Espectros de choque. Integral de Duhamel: formulación y evaluación numérica. Aplicación al caso de terremotos.

UNIDAD 4: ESPECTROS.

4.A. Espectros de respuesta

Concepto de espectro. Cálculo de espectros. Espectros de desplazamiento, velocidad y aceleración. Espectros de pseudo-velocidad y pseudo-aceleración. Diferentes formas de representación de los espectros. Introducción a los espectros de respuesta no lineal.

4.B. Aplicación de espectros al diseño

Espectros de diseño. Espectros de base (movimiento del suelo). Espectros de piso.

UNIDAD 5: ANÁLISIS DINÁMICO DE SISTEMAS DE VARIOS GRADOS DE LIBERTAD.

5.A. Planteo del problema y ecuaciones

Ecuaciones de movimiento. Análisis modal. Auto-valores y auto-vectores del sistema. Amortiguamiento, matriz de amortiguamiento de Rayleigh.

5.B. Aplicación al análisis sísmico.

Tipos de análisis. Análisis modal espectral, reglas de superposición modal: SRSS, CQC. Análisis modal temporal e integración directa de la ecuación de movimiento.

UNIDAD 6: DISEÑO SISMORRESISTENTE.

6.A. Conceptos generales

Ductilidad y disipación de energía. Conceptos de igual desplazamiento e igual energía. Factores de reducción de fuerza y de amplificación de desplazamientos. Conceptos de diseño por capacidad. Aislación sísmica y disipación adicional de energía. Tipos de dispositivos. Efecto en la respuesta estructural. Ejemplos simples de aplicación de aislamiento sísmico.

6.B. Aspectos reglamentarios del diseño sismorresistente

Normativa INPRES-CIRSOC. Espectros de diseño. Métodos de diseño basado en fuerzas y en desplazamientos.

UNIDAD 7: EDIFICIOS SISMORRESISTENTES.

7.A. Materiales y tipos estructurales. Configuración estructural. Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente. Modelos con diafragmas rígidos. Proceso de diseño. Efectos de torsión en edificios. Generalización del concepto de centro de rigidez. Control de desplazamiento.

Irregularidad estructural en planta y en elevación.

Aplicaciones con programas computacionales. Aplicación del método estático y dinámico. Nociones de análisis no lineal aplicado a edificios sismorresistentes.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

La metodología de enseñanza a implementar tiene por objetivos (i) lograr la integración efectiva de conocimientos teóricos y prácticos y (ii) desarrollar en los estudiantes capacidad para enfrentar y resolver problemas de diseño ingenieril. Dado el carácter de la asignatura (bloque de Tecnologías Aplicadas), el estudio de la normativa vigente reviste suma importancia, resultando necesario que los estudiantes conozcan los aspectos conceptuales en los que se fundamentan los códigos y adquiera habilidad para su interpretación y aplicación

a distintos casos. Es por ello que, no solo se permite, sino que se estimula la consulta de los distintos reglamentos durante las clases y las evaluaciones.

Las actividades académicas se desarrollarán en forma presencial, con apoyo de la plataforma Aula Abierta (Moodle), donde los estudiantes disponen del material didáctico, trabajos prácticos e información actualizada semanalmente sobre el desarrollo del curso. Además, la plataforma se usa para las consultas.

Los contenidos del programa se desarrollan usando distintos recursos pedagógicos, según convenga para cada caso, tales como: clases, guías de estudio (en formato pdf), presentaciones Power Point con audio y ejercicios resueltos que sirvan de orientación a los estudiantes para resolver los prácticos.

A través de trabajos prácticos, que se resuelven en grupos de 3 o 4 personas, se capacita a los estudiantes para que analicen problemas reales, similares a situaciones de la práctica profesional, cuya resolución implica la aplicación de conocimientos y habilidades adquiridos en distintos temas de la asignatura y también de otras asignaturas (como Álgebra, Análisis Matemático I, Física, Estabilidad I y Análisis Estructural I). Se busca con ello, que los estudiantes desarrollen capacidad de enfrentar y solucionar problemas con criterios interdisciplinarios, favoreciendo el trabajo en equipo. Se incluye un trabajo integrador en el cual deben modelar, analizar (método estático y dinámico) y evaluar resultados obtenidos de un edificio en altura sometido a la acción sísmica.

En los trabajos prácticos, y particularmente en el Trabajo Práctico Integrador, se realizan actividades orientadas a que el estudiante desarrolle las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería (entendiendo como tal a aquellas situaciones reales o hipotéticas cuya solución presenta distintas alternativas válidas y requiere de la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías).

Los trabajos prácticos a realizar son:

TP1: Ecuación de equilibrio dinámico: Matrices de masa y rigidez.

TP2: Registros de aceleración. Procesamiento. Espectro de Fourier.

TP3: Sistemas de 1GDL.

TP4: Espectros.

TP5: Análisis dinámico de sistemas de varios grados de libertad.

TP Integrador 1: Análisis sísmico de un edificio.

TP Integrador 2: Análisis de una vivienda con muros de mampostería.

Modalidad de enseñanza y carga horaria.

Actividad	Carga horaria por semestre
Teoría y resolución de ejercicios simples	45
Formación práctica	
Formación Experimental - Laboratorio	5
Formación Experimental - Trabajo de campo	0
Resolución de problemas de ingeniería	20
Proyecto y diseño	20
Total	90

BIBLIOGRAFÍA

Guías de estudio (disponibles en Aula Abierta)

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Crisafulli, F.	Nociones de sismología	FI-UNCuyo	2020	Formato digital
Crisafulli, F. y Villafañe, E.	Espectros de respuesta y diseño	FI-UNCuyo	2018	Formato digital
Crisafulli, F.	Sistema de N grados de libertad. Análisis modal	FI-UNCuyo	2021	Formato digital
Crisafulli, F.	Diseño sismorresistente	FI-UNCuyo	2021	Formato digital
Crisafulli, F.	Edificios sismorresistentes	FI-UNCuyo	2022	Formato digital

Bibliografía básica

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Chopra, A.,	Dynamics of Structures of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineer	Pearson	2006	6
Clough, R. W. y Penzien, J.,	Dynamics of Structures	Mc Graw Hill Inc.	1975	3
Paulay, T. y Priestley, M. J. N.,	Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings	John Willy & Sons, Inc.	1992	2
Naeim, F.,	The Seismic Design Handbook	Van Nostrand Reinhold	1989	4
Crisafulli, F. y Villafañe, E.	Espectros de Respuesta y Diseño	Apunte	2002	Formato digital
Crisafulli, F.	Nociones de Sismología	Apunte	2002	Formato digital
INPRES-CIRSOC	INPRES-CIRSOC 103: Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes. Parte 1	INTI	2013	Formato digital
Crisafulli, F. J.	Diseño Sismorresistente de Estructuras de Acero Capítulos 1 y 2.	ALACERO	2018	Formato digital

Bibliografía complementaria

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
	FEMA 356: Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings	FEMA	2000	Formato digital
	FEMA 547: Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings	FEMA	2006	Formato digital

EVALUACIONES

La asignatura puede aprobarse mediante promoción directa o por examen final.

Para obtener la promoción directa es necesario cumplir con los siguientes requisitos:

- Asistir al 75% de las clases.
- Desarrollar y aprobar todos los trabajos prácticos en tiempo y forma.
- Aprobar las evaluaciones parciales con nota igual o mayor a 8. En caso de no alcanzar esa condición en una de las evaluaciones parciales, podrá rendir una evaluación global al final del periodo de cursado.
- Aprobar la evaluación final (presentación oral/escrita del trabajo práctico integrador).

Para obtener la condición de alumno regular (a los efectos de rendir examen final bajo esa condición) es necesario cumplir con los siguientes requisitos:

- Asistir al 75% de las clases.
- Aprobar las evaluaciones parciales. En caso no aprobar las evaluaciones parciales se rendirá una evaluación global al final del periodo de cursado
- Presentar y aprobar la totalidad de los trabajos prácticos.

Condiciones para rendir como estudiante libre: podrán rendir el examen final los estudiantes libres en la condición de "Libre por pérdida de regularidad (LPPR)".

Criterios de evaluación: las evaluaciones se planifican y diseñan con el objetivo de comprobar que el estudiante demuestra habilidad para enfrentar problemas de diseño de estructuras sismorresistentes y análisis dinámico. Para ello, debe evaluar racionalmente distintas alternativas de solución, aplicar juicio crítico e integrar conocimientos de distintas áreas de la ingeniería estructural. Las evaluaciones no representan una prueba sobre la capacidad de retención del estudiante, por lo que se permite la consulta de los reglamentos de aplicación.

Es importante considerar que la asignatura pertenece al bloque de Tecnologías Aplicadas y sus contenidos se relacionan directamente con actividades reservadas al título de ingeniero civil, en lo que respecta al diseño y cálculo estructural. De modo que la acreditación de la asignatura implica también validar las habilidades y capacidades del futuro ingeniero para desarrollar actividades profesionales cuyo ejercicio puede "*comprometer el interés público poniendo en riesgo de modo directo la salud, la seguridad, los derechos, los bienes o la formación de los habitantes*" (Art. 43, Ley 24591).

Para la aprobación de las evaluaciones el estudiante debe demostrar:

- Comprensión conceptual de las ecuaciones de la dinámica estructural para sistemas de 1 gdl y de N gdl, de sismología y de los criterios de diseño sismorresistente.
- Habilidad para aplicar las ecuaciones de la dinámica a problemas de la ingeniería estructural.
- Capacidad para integrar conocimientos de física, estática y análisis estructural con los contenidos propios de la asignatura.
- Habilidad para resolver numéricamente problemas de dinámica estructural y de diseño sismorresistente, y para utilizar correctamente las unidades correspondientes a cada variable.
- Capacidad para interpretar y analizar la validez de los resultados numéricos obtenidos, aplicando para ello juicio crítico.
- Capacidad para interpretar y aplicar la reglamentación INPRES-CIRSOC 103 a estructuras simples y edificios (se permite la consulta del reglamento durante las evaluaciones).

- Actitudes para desempeñarse satisfactoriamente en el mundo del trabajo (ejercicio profesional de la ingeniería). Esto incluye análisis de alternativas, evaluación comparativa de ventajas y desventajas para adoptar soluciones y capacidad de expresión oral y escrita, (uso de lenguaje técnico adecuado, correcta redacción, gráficos y esquemas explicativos, etc.)

El examen final es la instancia para acreditar (aprobar) la asignatura y se desarrollará con la modalidad de evaluación escrita y oral, abarcando aspectos teóricos, conceptuales y prácticos (con resolución numérica de ejercicios) de los temas incluidos en los contenidos de este programa.

PARA RENDIR EL EXAMEN FINAL ES OBLIGATORIO QUE EL ESTUDIANTE TENGA COPIA DEL TPI: ANÁLISIS SÍSMICO DE UN EDIFICIO (APROBADO). Además, debe disponer del reglamento impreso, calculadora, papel y elementos de escritura.

CALIDAD DEL ALUMNO QUE PUEDE RENDIR EL EXAMEN FINAL

(**) Examen final habilitado para estudiantes con REGULARIDAD VIGENTE, Y LIBRES POR PÉRDIDA DE REGULARIDAD

PROGRAMA DE EXAMEN

- Bolilla 1: Temas: 1A - 3B - 4B - 5B - 6B
Bolilla 2: Temas: 2B - 3A - 5A - 6A - 7
Bolilla 3: Temas: 1B - 2A - 4A - 6B - 7
Bolilla 4: Temas: 2B - 3B - 4B - 5A - 6A
Bolilla 5: Temas: 2A - 3C - 4A - 5B - 6B
Bolilla 6: Temas: 1A - 3C - 5A - 6A - 7
Bolilla 7: Temas: 2B - 3A - 4B - 6A - 7
Bolilla 8: Temas: 1B - 3C - 4A - 6B - 7
Bolilla 9: Temas: 2B - 3B - 5A - 6A - 7



Francisco J. CRISAFULLI
Profesor Titular