

PROGRAMA DE CURSO DINÁMICA DE ESTRUCTURAS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil (DIC)					
Nombre del curso	Dinámica de estructuras	Código	CI4111	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Dynamics of Structures</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	CI3211: Ingeniería Estructural, CI3251: Cálculo Numérico para Ingeniería Civil					

B. Propósito del curso:

El propósito del curso es que los y las estudiantes comprendan y manejen conceptos básicos del comportamiento dinámico de las estructuras para ingenieros estructurales, geotécnicos y de construcción. En particular, los y las estudiantes trabajan con los fundamentos de la dinámica estructural para el análisis ante vibraciones sísmicas y de origen antrópico en estructuras.

A lo largo del semestre, se desarrolla un proyecto de laboratorio donde se utilizan los conceptos vistos en clase y se interpretan y analizan los datos obtenidos en los ensayos realizados a un sistema de un grado de libertad y a otro de varios grados de libertad.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos para la resolución de problemas relacionados con obras y sistemas de ingeniería civil.

CE2: Interpretar y evaluar los métodos, herramientas y tecnologías utilizadas y sus resultados, siendo estas computacionales, experimentales, numéricas o analíticas, en la resolución de problemas asociados a obras y sistemas de ingeniería civil.

CE5: Administrar, operar, mantener y monitorear obras y sistemas, asegurando el mejoramiento continuo de su funcionamiento, logrando optimizar las distintas operaciones.

CEE6: Concebir, analizar, diseñar y construir infraestructura resiliente y sustentable, utilizando materiales tradicionales y nuevos.

CEE7: Administrar, operar, mantener y monitorear infraestructura, asegurando su adecuado funcionamiento.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Elabora y utiliza modelos analíticos y numéricos para evaluar e interpretar la respuesta de sistemas estructurales elásticos, con y sin amortiguamiento, de uno o varios grados de libertad o continuos, ante diferentes condiciones iniciales y/o cargas dinámicas determinísticas.
CE1, CE2, CEE6	RA2: Analiza, evalúa e interpreta, en el espacio del tiempo y la frecuencia, el comportamiento de sistemas lineales de un grado de libertad ante cargas dinámicas (sísmicas, de impacto o sinusoidal en su base o interior), obteniendo el espectro de respuesta.
CE1, CE2	RA3: Determina la respuesta para sistemas de varios grados de libertad o continuos, considerando el uso de métodos en el espacio del tiempo, del tiempo de la frecuencia y el análisis modal espectral.
CE2, CE5, CEE7	RA4: Describe métodos y analiza la respuesta experimental de modelos simples de estructuras de un grado y varios grados de libertad a partir de las actividades de laboratorio.

Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Redacta reportes de ensayos de laboratorio con su correspondiente descripción, argumentando, de forma eficaz, precisa e informada, sobre la pertinencia de sus resultados.
CG4	RA6: Trabaja, con su equipo, en un proyecto experimental que incluye la construcción de probetas, montaje de sensores, ensayo y análisis de resultados, organizando su quehacer en torno a objetivos comunes, la asignación de roles y el cumplimiento de plazos y tareas.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA5, RA6	Sistemas lineales de un grado de libertad	6,0 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>1.1. Vibraciones libres sin amortiguamiento: conceptos de frecuencias y períodos naturales.</p> <p>1.2. Vibraciones libres con amortiguamiento: amortiguamiento crítico y decremento logarítmico.</p> <p>1.3. Vibraciones forzadas: fuerza sinusoidal, periódica, impacto, pulsos.</p> <p>1.4. Vibraciones ante carga arbitraria, solución de la integral de Duhamel, solución numérica de ecuación de equilibrio de un grado de libertad.</p> <p>1.5. Aplicaciones: instrumentos sísmicos.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Maneja conceptos básicos de sistemas elásticos sin y con amortiguamiento de un grado de libertad ante diferentes tipos de carga que usa en la elaboración de modelos analíticos y numéricos. 2. Calcula, analiza e interpreta la respuesta de sistemas elásticos sin y con amortiguamiento de un grado de libertad ante diferentes tipos de acción. 3. Elabora, con su equipo de trabajo, un modelo de un grado de libertad, el que ensaya en laboratorio, organizando su quehacer y el de sus compañeros en base a la organización, la distribución de roles y metas. 4. Elabora un reporte sobre la experiencia de laboratorio donde se incluyen los resultados obtenidos, el análisis e interpretación de estos, los que comunica de manera eficaz, precisa y clara. 	
Bibliografía de la unidad		<p>AC: Cap. 1-7</p> <p>CP: Cap. 2-8</p> <p>TMR: Cap. 2 - 7</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA4, RA5, RA6	Medidas experimentales de propiedades dinámicas de estructuras	1,0 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Pruebas de pull-back. 2.2. Vibraciones forzadas. 2.3. Impacto.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconoce y describe métodos experimentales tradicionales con los cuales es posible determinar las propiedades dinámicas de estructuras civiles. 2. Utiliza métodos experimentales en actividades prácticas de laboratorio, recopilando y utilizando estos datos para la obtención de las propiedades dinámicas de estructuras. 3. Redacta, con su equipo, los resultados del ensayo realizado a un modelo de un grado de libertad, considerando una argumentación que dé cuenta en forma clara de la interpretación de dichos resultados y del uso de conceptos técnicos en dinámica de estructuras. 	
Bibliografía de la unidad		AC: Cap. 3 CP: Cap. 3	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2	Espacio de Frecuencia	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Descomposición de la forzante mediante Series de Fourier. 3.2. Respuesta de un sistema de un grado de libertad ante cargas representadas mediante Series de Fourier. 3.3. Transformada de Fourier.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Calcula, analiza e interpreta la respuesta de sistemas elásticos con amortiguamiento de un grado de libertad ante cargas representadas mediante series o Transformada de Fourier. 	
Bibliografía de la unidad		CP: Cap. 6 TMR: Cap. 8	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2	Espectros de respuesta	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Características de los registros sísmicos: duración del movimiento fuerte, contenidos de frecuencia. 4.2. Definición de espectros de respuesta de desplazamiento relativo, de velocidad relativa y de aceleración absoluta. Pseudoespectros. 4.3. Propiedades de los espectros y sus relaciones. 4.4. Representación Trilogaritmica.		El/la estudiante: 1. Identifica y describe en términos generales datos de registros sísmicos (duración del movimiento fuerte, contenidos de frecuencia, etc), con énfasis en registros chilenos. 2. Analiza e interpreta la respuesta de sistemas de un grado de libertad ante registros sísmicos en su base en el espacio del tiempo y la frecuencia. 3. Calcula espectros de respuesta de aceleración, velocidad y desplazamientos.	
Bibliografía de la unidad		AC: Cap. 6 CP: Cap. 25 TMR: Cap. 7, 18	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA2, RA3	Coordenadas generalizadas y Método de Rayleigh	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Coordenadas generalizadas. 5.2. Método de Rayleigh.		El/la estudiante: 1. Usa coordenadas generalizadas y métodos aproximados para reconocer y describir el proceso de reducción de sistemas de varios grados de libertad. 2. Utiliza los conceptos de análisis numérico para evaluar la respuesta de sistemas estructurales de varios grados de libertad reducidos a un grado de libertad.	
Bibliografía de la unidad		AC: Cap. 3 CP: Cap. 8	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6	Sistemas discretos de varios grados de libertad	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Modos de Vibración 6.1.1. Vibraciones libres. 6.1.2. Ecuaciones de vibraciones propias. 6.1.3. Frecuencias propias. 6.1.4. Modos de vibrar. 6.1.5. Propiedades de ortogonalidad. 6.1.6. Normalización. 6.2. Vibraciones forzadas sin amortiguamiento. 6.2.1. Vibraciones inducidas por movimientos arbitrarios de la base. 6.2.2. Descomposición modal. 6.2.3. Truncación modal. 6.2.4. Método espectral. 6.3. Vibraciones forzadas con amortiguamiento. 6.3.1. Matriz de amortiguamiento viscoso. Condición de Rayleigh y Caughey. 6.3.2. Vector de influencia. 6.3.3. Método de integración		El/la estudiante: 1. Maneja conceptos básicos de sistemas elásticos sin y con amortiguamiento de varios grados de libertad ante diferentes tipos de carga, para crear modelos analíticos y numéricos. 2. Utiliza los conceptos de análisis numérico para evaluar la respuesta de sistemas estructurales de varios grados de libertad 3. Calcula, analiza e interpreta la respuesta de sistemas elásticos sin y con amortiguamiento de varios grados de libertad ante diferentes tipos de acción. 4. Maneja y analiza sistemas de varios grados de libertad ante cargas sísmicas en su base, utilizando análisis modal espectral. 5. Trabaja, con su equipo de trabajo, en un modelo de varios grados de libertad, ensayándolo en laboratorio, organizando para ello el quehacer en torno a metas, tareas y distribución de roles. 6. Escribe un reporte sobre la experiencia de laboratorio donde se incluyen los resultados obtenidos, el análisis e interpretación hecho a estos, los que comunica de manera eficaz, precisa y clara.	
Bibliografía de la unidad		AC: Cap. 9 - 13 CP: Cap. 8 -15 TMR: Cap. 9 - 13	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
7	RA1, RA2, RA3	Casos especiales de varios grados de libertad	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
7.1. Torsión dinámica de edificios con diafragmas rígidos. 7.2. Aislación basal		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Utiliza los conceptos de sistemas de varios grados de libertad para evaluar estos casos especiales. Calcula, analiza e interpreta la respuesta y el comportamiento dinámico torsional de estructuras. Calcula, analiza e interpreta la respuesta y el comportamiento dinámico de sistemas con aislación basal. 	
Bibliografía de la unidad		AC: Cap. 13	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
8	RA1, RA2, RA3	Sistemas continuos uniaxiales	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
<p>8.1. Planteamiento de la ecuación de movimiento de sistemas continuos. Ejemplo para la viga de corte y viga flexión.</p> <p>8.1.1. Vibraciones libres. Frecuencia y modos naturales de vibrar para viga uniforme.</p> <p>8.1.2. Ortogonalidad de los modos. Vibraciones forzadas. Método de descomposición modal.</p> <p>8.2. Vigas de flexión.</p> <p>8.2.1. Vibraciones libres. Frecuencia y modos naturales de vibrar para viga uniforme.</p> <p>8.2.2 Ortogonalidad de los modos. Vibraciones forzadas. Método de descomposición modal.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elabora modelos analíticos y numéricos para el análisis del comportamiento de sistemas elásticos continuos sin y con amortiguamiento ante diferentes tipos de carga, considerando conceptos de sistemas continuos axiales. 2. Utiliza ecuaciones diferenciales para resolver problemas de sistemas continuos uniaxiales. 3. Calcula, analiza e interpreta la respuesta de sistemas elásticos continuos sin y con amortiguamiento ante diferentes tipos de acción. 	
Bibliografía de la unidad		<p>AC: Cap 16 CP: Cap 17 -19 TMR: Cap. 14</p>	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clase expositiva.
- Resolución de problemas individuales y grupales.
- Análisis de caso.
- Experiencias de laboratorio grupales o laboratorios demostrativos.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera diversas instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controles escritos de desarrollo y cálculo (3). 	Evalúa RA1 Evalúa RA2 Evalúa RA3
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tareas para desarrollo fuera del horario de clases y/o ejercicios a realizar en horario de clase auxiliar. 	Evalúa RA1 Evalúa RA2 Evalúa RA3
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informes grupales de las experiencias y ensayos de laboratorio. 	Evalúa RA3, RA4 (en informe de laboratorio), RA5 y RA6.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía Principal:

- [1] Chopra, A. "Dynamics of Structures". Pearson. Quinta Edición, 2019. (AC)
- [2] Clough, R. y Penzien, J. "Dynamics of Structures". Computers & Structures, Inc. Tercera Edición, 2003. (CP)
- [3] Tedesco, J.W., McDougal, W. G. y Ross., C.A. Structural Dynamics: Theory and Applications. Addison-Wesley Longman, Inc. 1999 (TMR)
- [4] Notas de curso, disponibles en Ucursos.

Bibliografía complementaria:

- [5] Biggs, J.M., "Introduction to Structural Dynamics". Mc.Graw Hall Inc. New York, 1964. (JB).

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2023
Elaborado por:	Fabián Rojas, Rubén Boroschek
Validado por:	Validación de pares académicos: Francisco Hernández, Rafael Ruiz, Leonardo Massone Validación general académicos del Departamento de Ingeniería Civil Actualización julio 2023, post entrega de resultados monitoreo curricular
Revisado por:	Área de Gestión Curricular