



ASIGNATURA:	Estructuras Sismorresistentes		
TITULACIÓN:	Arquitectura		
DEPARTAMENTO:	Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica		
ÁREA DE CONOCIMIENTO:	Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras		
CARGA DOCENTE:	9 créditos	Teoría:	6 créditos
		Práctica:	3 créditos
CURSO:	Optativa de Segundo ciclo		
CUATRIMESTRE:	<input type="checkbox"/>	Primer cuatrimestre	
	<input type="checkbox"/>	Segundo cuatrimestre	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Anual	
TIPO:	<input type="checkbox"/>	Troncal	
	<input type="checkbox"/>	Obligatoria	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Optativa	
	<input type="checkbox"/>	Libre configuración	
PRERREQUISITOS:	Conocimientos de mecánica de estructuras		
PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:	Amadeo Benavent Climent		
PROFESOR/ES COLABORADOR/ES:	Rafael Bravo Pareja		
PRESENTACIÓN:			

La asignatura esta organizada en grandes bloques: Parte I: Dinámica de estructuras; Parte II: Fundamentos de ingeniería sísmica; y Parte III: Proyecto de estructuras sismorresistentes. En el primero se estudian conceptos básicos de la dinámica estructural, fundamentalmente en régimen lineal y elástico, mediante modelos de masas concentradas por ser más adecuados a las estructuras de edificación. En el segundo se abordan aspectos fundamentales de la ingeniería sísmica, concretamente el cómo caracterizar el efecto de carga de un terremoto, y en función de ello, el cómo estimar la respuesta de la estructura. Esta manera de exponer el problema permite encuadrar fácilmente los distintos métodos de proyecto sismorresistente que se emplean en la actualidad. En la tercera parte se estudian las distintas estrategias para proyectar estructuras en zonas sísmicas; tanto las soluciones convencionales como las más avanzadas basadas en el empleo de sistemas de control pasivo (disipadores de energía) o el aislamiento de base. También se estudia con detalle la normativa sísmica actual aplicada al proyecto de estructuras sismorresistentes convencionales.

OBJETIVOS:

Se persigue transmitir al alumno un bagaje de conocimientos que le permitan proyectar y analizar estructuras de edificación situadas en zonas de peligrosidad sísmica como es el caso de Granada. Las acciones sísmicas presentan peculiaridades notables que las diferencian de las acciones gravitatorias: (1) son de carácter dinámico; (2) son acciones con una probabilidad de ocurrencia muy baja pero con una intensidad de carga tremendamente elevada, lo cual obliga a movilizar la capacidad de deformación plástica de la estructura; y (3) su definición es compleja y no se puede hacer simplemente en términos de fuerzas ya que la respuesta de la estructura en caso de un sismo severo es fundamentalmente no lineal.

El carácter dinámico de las acciones sísmicas hace imprescindible plantear como objetivo inicial el

transmitir al alumno unos conceptos mínimos de dinámica de estructuras, que le permitirán entender los diferentes métodos de cálculo sísmico existentes, anticipar la respuesta del edificio y comprobar sus estados tensionales en caso de un terremoto.

La necesidad de movilizar la capacidad de deformación plástica de la estructura hace más compleja la definición del efecto de carga del terremoto a efectos de cálculo sísmico, y obliga a estudiar el comportamiento de los materiales y de los elementos estructurales más allá del régimen elástico. El estudio de estos dos aspectos son también objetivos de la asignatura.

El carácter de carga accidental poco frecuente pero de gran intensidad que presentan las acciones sísmicas obliga a emplear en las estructuras sismorresistentes estrategias de proyecto notablemente distintas a las utilizadas cuando las que gobiernan son las cargas gravitatorias. Es también objetivo de la asignatura el concienciar al alumno de estas diferencias. Por último el alumno al terminar el curso debe ser capaz de proyectar una estructura sismorresistente de edificación convencional, aplicando la normativa sísmica española vigente.

SISTEMA DE EVALUACIÓN:

Exámenes escritos.

PROGRAMA RESUMIDO:

Parte I: Dinámica de estructuras;
Parte II: Fundamentos de ingeniería sísmica; y
Parte III: Proyecto de estructuras sismorresistentes.

PROGRAMA DETALLADO: (contenidos y distribución en créditos de la carga lectiva)

BLOQUE I: DINÁMICA DE ESTRUCTURAS		
TEMA 1	Introducción	2 hrs
	1.1. Objetivo de la dinámica de estructuras y relación con el proyecto sismorresistente. 1.2. Tipos de cargas dinámicas. 1.3. Diferencias entre el problema dinámico y el problema estático 1.4. Métodos de discretización de estructuras 1.5. Ecuaciones de equilibrio dinámico. Principio de D'Alembert	
Unidad 1: Comportamiento dinámico de sistemas de un grado de libertad		
TEMA 2	Vibraciones libres	4 hrs
	2.1. Componentes básicas del sistema dinámico 2.2. Ecuación del movimiento del sistema dinámico básico 2.3. Influencia de las cargas gravitatorias 2.4. Influencia de los movimientos en la base 2.5. Análisis de las vibraciones libres sin amortiguamiento 2.6. Análisis de las vibraciones libres con amortiguamiento	
TEMA 3	Respuesta dinámica bajo cargas armónicas	3 hrs
	3.1. Respuesta bajo cargas armónicas sin amortiguamiento 3.2. Respuesta bajo cargas armónicas con amortiguamiento viscoso 3.3. Respuesta resonante	
TEMA 4	Respuesta dinámica bajo cargas periódicas	3 hrs



	4.1. Expresión de una carga periódica mediante las series de Fourier 4.2. Respuesta a una carga periódica expresada mediante series de Fourier	
TEMA 5	Respuesta dinámica bajo cargas impulsivas	3 hrs
	5.1. Naturaleza de las cargas impulsivas 5.2. Respuesta a un impulso rectangular 5.3. Espectros de respuesta de desplazamiento para distintos tipos de cargas impulsivas 5.4. Análisis aproximado de la respuesta bajo cargas impulsivas	
TEMA 6	Respuesta dinámica bajo cargas generales. Métodos de superposición.	3 hrs
	6.1. Análisis en el dominio del tiempo. Integral de Duhamel 6.2. Introducción al análisis en el dominio de la frecuencia. Transformadas de Fourier	
Unidad 2: Comportamiento dinámico de sistemas de varios grados de libertad		
TEMA 7	Formulación de las ecuaciones del movimiento	2 hrs
	7.1. Selección de los grados de libertad 7.2. Condición de equilibrio dinámico	
TEMA 8	Evaluación de las propiedades estructurales del sistema	4 hrs
	8.1. Propiedades elásticas: matriz de rigidez 8.2. Propiedades másicas: matriz de masas 8.3. Propiedades de amortiguamiento: matriz de amortiguamiento 8.4. Cargas externas: vector de cargas externas	
TEMA 9	Vibraciones libres sin amortiguamiento	3 hrs
	9.1. Frecuencias propias de vibración 9.2. Modos propios de vibración 9.3. Propiedades de los modos de vibración. Ortogonalidad	
TEMA 10	Respuesta dinámica bajo cargas generales. Método de superposición modal	3 hrs
	10.1. Coordenadas normales 10.2. Desacoplamiento de las ecuaciones del movimiento. 10.3. Cálculo de la respuesta por superposición de desplazamientos modales	
BLOQUE II: FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA SÍSMICA		
TEMA 11	Aspectos básicos de sismología	2 hrs
	11.1. Sismicidad. Fallas y tectónica de placas. 11.2. Mecanismo de generación de las ondas sísmicas. 11.3. Principales parámetros de los terremotos. 11.4. Peligrosidad sísmica. Vulnerabilidad sísmica. Riesgo sísmico	
TEMA 12	Definición de la acción sísmica con acelerogramas. Cálculo dinámico directo	3 hrs
	12.1. Introducción. 12.2. Acelerogramas históricos. Amplitud, contenido de frecuencias y duración. 12.3. Acelerogramas artificiales. 12.4. Respuesta sísmica obtenida mediante cálculos dinámicos directos.	



TEMA 13	Definición de la acción sísmica mediante espectros elásticos de respuesta. Método de los espectros de respuesta o análisis modal espectral	6 hrs
<p>Método de los espectros de respuesta o análisis modal espectral</p> <p>13.1. Espectros elásticos de respuesta para un sismo determinado.</p> <p>13.2. Factores que influyen en los espectros elásticos de respuesta.</p> <p>13.3. Espectros elásticos de respuesta de proyecto. Espectros de la NCSE-02</p> <p>13.4. Cálculo sísmico con el método de los espectros de respuesta</p> <p>13.4.1. Respuesta de sistemas de un grado de libertad sobre suelo rígido</p> <p>13.4.2. Respuesta de sistemas de varios grados de libertad sobre suelo rígido</p> <p>13.4.2.1. Respuesta máxima para un modo de vibración dado</p> <p>13.4.2.2. Respuesta máxima total combinando respuestas máximas modales</p> <p>13.5. Introducción a la respuesta sísmica de sistemas elasto-plásticos.</p>		
TEMA 14	Definición de la acción sísmica en términos de input de energía. Metodología de proyecto sismorresistente basada en el balance energético	2 hrs
<p>14.1. Introducción.</p> <p>14.2. Input total de energía en sistemas de un grado de libertad.</p> <p>16.1.1. Ecuación de equilibrio de fuerzas y ecuación del balance de energía.</p> <p>16.1.2. Características básicas del input de energía.</p> <p>14.3. Input total de energía en sistemas de varios grados de libertad.</p> <p>14.4. Espectros de input de energía de proyecto propuestos en la literatura.</p> <p>14.5. Fundamento de los métodos de proyecto sismorresistente basados en el balance energético de Housner-Akiyama.</p>		
TEMA 15	Comportamiento de los materiales y elementos estructurales	3 hrs.
<p>15.1. Los materiales hormigón y acero.</p> <p>15.2. Elementos estructurales de hormigón armado bajo cargas monótonas y cíclicas.</p> <p>15.2.1. Vigas y columnas. Fallo a flexión y a cortante. Columnas cortas. Vigas planas.</p> <p>15.2.2. Muros de cortante.</p> <p>15.2.3. Nudos viga-columna.</p> <p>15.3. Elementos estructurales de acero bajo cargas monótonas y cíclicas.</p> <p>15.3.1. Vigas y pilares. Perfiles en H, circulares y rectangulares. Celosías.</p> <p>15.3.2. Barras diagonales con y sin resistencia a compresión.</p> <p>15.3.3. Nudos viga-columna</p>		



BLOQUE III: PROYECTO DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

TEMA 16	Estrategias actuales y avanzadas en el proyecto sismorresistente de estructuras	4 hrs.
----------------	--	---------------

- 16.1. Introducción. Acciones sísmicas y acciones gravitatorias. Metas actuales y futuras.
- 16.2. Principios de proyecto sismorresistente.
 - 16.2.1. Estrategia de las estructuras tipo columna débil-viga fuerte.
 - 16.2.2. Estrategias que incrementan la capacidad de disipación de energía de cada planta.
 - 16.2.2.1. Control del fallo a cortante en elementos de hormigón armado.
 - 16.2.2.2. Instalación de elementos disipadores de energía.
 - 16.2.2.3. Las estructuras mixtas rígido-flexibles.
 - 16.2.2.4. Estrategias orientadas a mitigar la concentración del daño.
 - 16.2.2.5. Estructuras del tipo viga débil-columna fuerte.
 - 16.2.2.6. Estructuras con dispersión del daño.
 - 16.2.3. Estrategias que utilizan de forma positiva la concentración del daño.
 - 16.2.3.1. Estructuras con aislamiento de base.
 - 16.2.3.2. Estructuras con concentración de daño en la última planta.
 - 16.2.3.3. Estructuras con concentración de daño en la primera planta.
- 16.3. Clasificación de las estructuras sismorresistentes.
 - 16.3.1. Estructuras convencionales.
 - 16.3.2. Estructuras avanzadas equipadas con sistemas de control de respuesta.
 - 16.3.2.1. Estructuras con aislamiento de base.
 - 16.3.2.2. Estructuras equipadas con disipadores de energía.
 - 16.3.2.3. Estructuras equipadas con sistemas de control activo y semiactivo.

TEMA 17	Aspectos importantes en el proyecto sismorresistente	3 hrs.
----------------	---	---------------

- 17.1. Coeficiente cortante basal y distribución de cortantes entre plantas.
- 17.2. Amortiguamiento.
- 17.3. Ductilidad.
- 17.4. Efectos de torsión.
- 17.5. Momentos de vuelco y axiles adicionales en pilares.
- 17.6. Efecto P-delta.
- 17.7. Control del desplazamiento entre plantas
- 17.8. Criterios heurísticos de proyecto
 - 17.8.1. Simetría
 - 17.8.2. Redundancia estructural
 - 17.8.3. Limitación de fallos frágiles
 - 17.8.4. Distribución de masa y rigidez
 - 17.8.5. Compatibilidad de deformaciones
 - 17.8.6. Resonancia suelo-estructura
 - 17.8.7. Elementos no estructurales
- 17.9. Proyecto por capacidad.

TEMA 18	Cálculo sismorresistente según la Norma española NCSE-02. Los Eurocódigos.	4 hrs.
----------------	---	---------------

18.1. Generalidades 18.2. Masas y acciones a considerar en el cálculo 18.3. Verificación de la seguridad 18.4. Métodos de cálculo 18.4.1. Análisis dinámico directo 18.4.2. Análisis modal espectral 18.4.3. Método simplificado para casos usuales de edificación	
TEMA 19	Rehabilitación de estructuras existentes
19.1. Bases de proyecto y proceso de rehabilitación 19.2. Estrategias de rehabilitación 19.3. Estructuras de acero 19.4. Estructuras de hormigón 19.5. Estructuras de fábrica	3 hrs.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

Ray W. Clough, Joseph Penzien, DYNAMICS OF STRUCTURES", McGraw-Hill, Second Edition, 1993

Anil K. Chopra. DYNAMICS OF STRUCTURES: Theory and Applications to Earthquake Engineering (2nd Edition):

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

Nathan M. Newmark, Emilio Rosenblueth, FUNDAMENTALS OF EARTHQUAKE ENGINEERING, Prentice-Hall Inc. 1971

Hiroshi Akiyama, EARTHQUAKE-RESISTANT LIMIT STATE DESIGN FOR BUILDINGS, University of Tokyo Press, 1985.

NORMA DE CONSTRUCCION SISMORESISTENTE NCSE-02, Ministerio de Fomento Español EUROCODIGO E-8, Comisión de las Comunidades Europeas.

S. Timoshenko y D. H. Young, DINÁMICA SUPERIOR, Ediciones Urmo, 1971
 John Biggss, INTRODUCTION TO STRUCTURAL DYNAMICS, McGraw-Hill

E. Alarcón, C. Brebbia, A. Hacar, A. Samartín, CÁLCULO DINÁMICO EN LA INGENIERÍA CIVIL, Edix S.A. Madrid

D.G. Fertis, DYNAMICS AND VIBRATION OF STRUCTURES, John Wiley, New York

Ch. Norris, R. J. Hansen, M. J. Honell, J. M. Biggs, S. Namyet, J. K. Minami,
STRUCTURAL DESIGN FOR DYNAMIC LOADS, McGraw-Hill, New York

G. B. Warburton, THE DYNAMICAL BEHAVIOUR OF STRUCTURES, Pergamon Press, Oxford

A. H. Barbat y J. M. Canet, ESTRUCTURAS SOMETIDAS A ACCIONES SÍSMICAS, Centro
Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería, CIMNE, Barcelona 1994.

G. W. Housner, STRONG GROUND MOTIONS", Earthquake Engineering (Editor R. Wiegel)
Prentice-Hall, USA, 1970

L. Mierovitch, INTRODUCTION TO DYNAMICS AND CONTROL, John Wiley and Sons Inc.,
New York, 1985

A. H. Barbat, CÁLCULO SÍSMICO DE LAS ESTRUCTURAS, Editores Técnicos Asociados S.A.,
Barcelona 1982.

M. Paz, STRUCTURAL DYNAMICS, Van Nostrand Reinhold, New York, 1980

R. R. Craig, STRUCTURAL DYNAMICS, John Wiley and Sons Inc., New York, 1981

Park R., y Pauley T., REINFORCED CONCRETE STRUCTURES, John Wiley and Sons Inc.,
New York, 1975

Wakabayashi Minoru, DESIGN OF EARTHQUAKE RESISTANT BUILDINGS, McGraw-Hill, 1986
INTERNATIONAL HANDBOOK OF EARTHQUAKE ENGINEERING. CODES, PROGRAMS AND
EXAMPLES. Mario Paz (Editor), Chapman and Hall, New York, 1994.

Neville Gerald (Editor), SIMPLIFIED DESIGN, REINFORCED CONCRETE BUILDINGS OF
MODERATE SIZE AND HEIGHT, Portland Cement Association, Illinois, 1984.

José Calavera, PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN, Intemac, 1999,
2 Tomos.

Jimenez Montoya, Meseguer, Morán. HORMIGON ARMADO, Ediciones Gustavo Gili.

Normas: INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-98, Ministerio de Fomento.

OTROS RECURSOS: *(páginas web que ofrezcan información sobre la asignatura)*
