



## Teaching Guide

Identifying Data				2019/20
Subject (*)	Cálculo Dinámico de Estruturas	Code	632011601	
Study programme	Enxeñeiro de Camiños, Canais e Portos			
Descriptors				
Cycle	Period	Year	Type	Credits
First and Second Cycle	2nd four-month period	Third Fourth Fifth	Optional	4
Language	Spanish			
Teaching method	Face-to-face			
Prerequisites				
Department	Enxeñaría Civil			
Coordinador		E-mail		
Lecturers		E-mail		
Web	moodle.udc.es (4514024-Cálculo dinámico de estruturas- MICCP)			
General description				

## Study programme competences / results

Code	Study programme competences / results
A1	Capacitación científico-técnica e metodolóxica para a asesoría, a análise, o deseño, o cálculo, o proxecto, a planificación, a dirección, a xestión, a construción, o mantemento, a conservación e a explotación nos campos relacionados coa enxeñaría civil: materiais de construción, xeotecnia, estruturas, edificación, hidráulica, enerxía, enxeñaría sanitaria, medio ambiente, enxeñaría marítima e costeira, transportes, enxeñaría cartográfica, urbanismo e ordenación do territorio.
A3	Coñecemento, comprensión e capacidade para aplicar a lexislación necesaria durante o desenvolvemento da profesión de enxeñeiro de Camiños, Canais e Portos.
A5	Coñecemento da profesión de enxeñeiro de Camiños, Canais e Portos e das actividades que se poden realizar no ámbito da enxeñaría civil.
A21	Capacidade para analizar e comprender como as características das estruturas inflúen no seu comportamento, así como para coñecer as tipoloxías máis usuais na Enxeñaría Civil. Capacidade para utilizar métodos tradicionais e numéricos de cálculo e deseño de todo tipo de estruturas (de barras, placas, láminas esféricas e de revolución, etc.) de diferentes materiais (formigón, metálicas, mixtas, de madeira, cerámicas, compostas, etc.) sometidas a esforzos diversos e en situacións de comportamentos mecánicos variados (elásticos, elastoplásticos, viscoelásticos, etc.).
A22	Coñecemento teórico e práctico para a análise non lineal e dinámica estrutural, con especial atención á análise sísmica, por medio da aplicación dos métodos e programas de deseño e cálculo dinámico de estruturas por ordenador, a partir do coñecemento e comprensión das cargas dinámicas máis habituais e a súa aplicación ás tipoloxías estruturais da Enxeñaría Civil.
B1	Aprender a aprender.
B2	Resolver problemas de forma efectiva.
B3	Aplicar un pensamento crítico, lóxico e creativo.
B4	Traballar de forma autónoma con iniciativa.
B10	Aproveitamento e incorporación das novas tecnoloxías.
B11	Entender e aplicar o marco legal da disciplina.
B22	Capacidade de traballo persoal, organizado e planificado.
B24	Capacidade de enfrontarse a situacións novas.
B27	Capacidade para aplicar coñecementos básicos na aprendizaxe de coñecementos tecnolóxicos e na súa posta en práctica.
C3	Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida.
C5	Entender a importancia da cultura emprendedora e coñecer os medios ao alcance das persoas emprendedoras.
C6	Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.
C7	Asumir como profesional e cidadán a importancia da aprendizaxe ao longo da vida.
C8	Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade.



Learning outcomes			
Learning outcomes	Study programme competences / results		
Capacidad de para analizar y comprender el comportamiento dinámico de las estructuras	A1 A5 A22	B3 B4 B10 B27	C3 C5 C6 C8
Capacidad de realizar modelos de elementos finitos para obtener las respuestas estructurales frente a acciones dinámicas	A1 A21 A22	B2 B3 B4 B22 B24 B27	C3 C6 C7
Capacidad para aplicar la normativa sismoresistente vigente en la legislación española en el diseño de estructuras	A1 A3 A5 A21	B1 B2 B4 B11	C3 C7

Contents	
Topic	Sub-topic
INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES	Tipos y clasificaciones de las acciones dinámicas. Respuesta estática y dinámica de un medio continuo deformable. Sistemas continuos y discretos: discretización de una estructura. Fuerzas elásticas, de inercia y de amortiguamiento. Concepto de grado de libertad dinámico. Métodos de obtención y solución de las ecuaciones diferenciales del movimiento. Vibraciones libres, forzadas, amortiguadas y no amortiguadas.
RESPUESTA FRENTE A VIBRACIONES LIBRES	Vibración libre no amortiguada. Frecuencia y periodo natural. Tipos de amortiguamiento. Vibración libre con amortiguamiento viscoso. Sistemas sobreamortiguados, críticamente amortiguados y subamortiguados. Medida y valores del amortiguamiento estructural. Energía en vibración libre. Amortiguamiento por fricción.
RESPUESTA FRENTE A CARGAS ARMÓNICAS Y PERIÓDICAS	Excitación armónica no amortiguada y amortiguada. Respuesta estacionaria y transitoria. Resonancia. Fuerzas transmitidas a la base. Excitación de la base y aislamiento de vibraciones. Amortiguamiento viscoso equivalente y amortiguamiento estructural. Medidas experimentales de frecuencias y ratios de amortiguación. Series de Fourier, representación de cargas genéricas y respuesta en frecuencias. Acelerómetros.
RESPUESTA FRENTE A CARGAS INCREMÉNTALES, PULSANTES Y GENERALES	Respuesta frente a cargas especiales: escalón, rampa y bilineal. Espectros de respuesta. Respuesta frente a cargas breves: pulso rectangular, senoidal y triangular. Respuesta aproximada frente a pulsos cortos. Respuesta al impulso unitario. Respuesta frente a cargas generales: Integral de Duhamel.
ACCIONES SÍSMICAS Y RESPUESTA ESTRUCTURAL	Nociones de sismología: tectónica de placas. Foco y epicentro. Tipos de sismos. Zonas sísmicas. Intensidad sísmica y sismicidad. Tipos de ondas sísmicas. Sismógrafos y acelerogramas. Escalas sísmicas y magnitud. Mapas de riesgo sísmico. Respuesta lineal en el tiempo de un sistema de un grado de libertad. Espectro de respuesta de un sismo y características. Espectros de diseño. Normas NCSE-02, CTE, EC-8. Efectos en las estructuras: descripción tipológica y en función del tipo de material. Reglas de diseño. Sismos históricos en España. Sismos de México (1985) y Kobe (1995).



OBTENCIÓN NUMÉRICA DE LA RESPUESTA DINÁMICA	Métodos de integración temporal paso a paso. Sistemas lineales: métodos de interpolación de la excitación, método de diferencias centrales, método de Newmark. Estabilidad y error de la solución. Sistemas no lineales: método de diferencias centrales y método de Newmark.
INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DINÁMICO CON EL PROGRAMA SAP2000	Características. Módulos de análisis dinámico: análisis armónico, en el tiempo y espectral. Modelización de las cargas dinámicas y tipos de cargas consideradas. Modelización de la masa: masas distribuidas y concentradas
ESTRUCTURAS CON MASA Y ELASTICIDAD DISTRIBUIDAS	Ecuaciones de equilibrio en estructuras 1D con masa distribuida. Vibraciones libres: frecuencias y modos naturales de vibración. Casos de viga biapoyada y viga empotrada-libre. Ortogonalidad modal. Método de Rayleigh. Viga biapoyada con carga móvil a velocidad constante. Vibración de placas delgadas.
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y ECUACIONES DEL MOVIMIENTO	Ecuaciones del movimiento en estructuras de dos GDL y de múltiples GDL. Matrices de rigidez elástica, de masas y de amortiguamiento. Condensación estática. Excitación sísmica, uniforme o múltiple. Aplicación a distintos sistemas estructurales. Métodos de solución numéricos.
FRECUENCIAS NATURALES Y MODOS DE VIBRACIÓN	Vibración libre no amortiguada: autovalores, frecuencias naturales y modos de vibración, matrices modal, espectral y de masas, ortogonalidad modal, matrices de rigidez y masas generalizadas, teorema de expansión y respuesta en vibración libre no amortiguada. Vibración libre amortiguada: amortiguamiento clásico y no clásico. Métodos de obtención de los modos de vibración. Vectores de Ritz.
EL AMORTIGUAMIENTO EN LAS ESTRUCTURAS	Medidas experimentales. Matrices de amortiguación clásicas: Amortiguación de Rayleigh, Caughey, y superposición de matrices de amortiguación modal. Matriz de amortiguación no clásica.
ANÁLISIS LINEAL DE SISTEMAS CON N GRADOS DE LIBERTAD	Análisis modal. Ecuaciones modales en estructuras no amortiguadas. Ecuaciones modales en sistemas amortiguados. Respuesta por superposición modal. Contribuciones modales. Convergencia de la solución. Método de corrección estática. Análisis modal experimental.
ANÁLISIS DINÁMICO CON EL MEF	Aplicación del MEF en problemas dinámicos. Discretización espacial y temporal. Ecuaciones de equilibrio. Matrices de masas concentradas y consistentes. Formulación en problemas no lineales. Introducción a los programas Sap2000. Ejemplos de aplicación.
RESPUESTA SÍSMICA DE SISTEMAS CON N GRADOS DE LIBERTAD	Análisis modal. Factores de participación de masas. Respuesta temporal. Respuesta espectral. Reglas de combinación modal: ABSSUM, SRSS, CQC. Respuesta no lineal. Ductilidad y daño. Espectros inelásticos de diseño. Normas NCSE-02, CTE, EAE y EC8. Ejemplos de aplicación: edificación, presas, pasarelas y puentes. Diseño antisísmico: vulnerabilidad y diseños antisísmicos en edificios históricos. Sistemas de control pasivos y activos. Ejemplos de diseño antisísmico de estructuras.
ACCIONES DE VIENTO EN LAS ESTRUCTURAS. AEROELASTICIDAD I	Modelos de flujo de viento. Flujo laminar y flujo turbulento. Fenómenos aeroelásticos. Modelos espectrales de viento. Obtención experimental de las fuerzas del viento en las estructuras.
VIENTO LAMINAR EN PUENTES DE GRAN VANO. AEROELASTICIDAD II	Formulación de las funciones de flameo. Equilibrio dinámico frente a fuerzas aeroelásticas. Obtención de la velocidad de flameo.
VIENTO TURBULENTO EN PUENTES DE GRAN VANO. AEROELASTICIDAD III	Equilibrio dinámico con cargas de viento turbulento. Transformación al dominio de la frecuencia. Transformada inversa de Fourier. Obtención de las respuestas estructurales.
NORMATIVAS, EJEMPLOS DE APLICACIÓN Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL	Normas NCSE-02, NCSP-07, EC-8. Aplicación en edificación, puentes y pasarelas. Problemas de interacción sísmica suelo-estructura y fluido-estructura en presas y depósitos.



Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student's personal work hours	Total hours
Guest lecture / keynote speech		20	30	50
Laboratory practice		14	14	28
Supervised projects		4	16	20
Personalized attention		2	0	2

(\*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech	Las clases magistrales consistirán en la exposición del contenido teórico, involucrando al alumno en debate y discusión sobre el contenido expuesto.
Laboratory practice	A medida que se van desarrollando los temas teóricos se realizarán prácticas de ordenador en el laboratorio de estructuras de la escuela de caminos, canales y puentes. Cada una de las practicas consistirán en la modelización mediante elementos finitos de una estructura definida por el profesor, donde se aplicarán los conocimientos teóricos adquiridos previamente.
Supervised projects	El alumno deberá realizar un trabajo a lo largo del curso académico. En dicho trabajo deberá demostrar las capacidades adquiridas durante las clases teóricas y prácticas. El trabajo consistirá en la realización de un modelo en SAP2000 de la estructura definida por el enunciado entregado por el profesor. Deberá aplicarse la normativa sismoresistente vigente en la legislación española para verificar los estados límite frente a acciones dinámicas.

Personalized attention	
Methodologies	Description
Supervised projects Laboratory practice Guest lecture / keynote speech	Trabajos tutelados: El profesor asesorará al alumno durante el transcurso del trabajo, indicándole los errores que está cometiendo y como solucionarlos. Periodicamente el alumno pasará por el despacho del profesor para comentar la evolución de su trabajo.  Practicas de laboratorio: El profesor deberá atender en clase todas las dudas que le surjan al alumno y de forma individualizada.  Sesion magistral: Los alumnos deberán preguntar en tutoría individual aquellos aspectos desarrollados en las sesiones magistrales que no han sido suficientemente comprendidos e interiorizados.

Assessment			
Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification
Supervised projects		El profesor valorará el desarrollo del trabajo a medida que se va completando y el interés del alumno, así como el esfuerzo realizado. Esta nota será el 40% del total siendo la valoración final del trabajo el resto de la nota.	100
Others			

Assessment comments
La asignatura pertenece a una titulación extinguida y no tiene docencia asignada.

Sources of information	
Basic	- ( ). .
Complementary	



## Recommendations

### Subjects that it is recommended to have taken before

Estruturas I/632011202

Estruturas II/632011303

### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Estruturas III/632011604

### Subjects that continue the syllabus

### Other comments

(\*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.