



| Teaching Guide | | | | |
|------------------------|---|--------------------|-----------|---------|
| Identifying Data | | | | 2020/21 |
| Subject (*) | Cálculo Dinámico de Estructuras | 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 estructuras- MICCP) | | | |
| General description | | | | |
| Contingency plan | <p>1. Modifications to the contents</p> <p>2. Methodologies</p> <p>*Teaching methodologies that are maintained</p> <p>*Teaching methodologies that are modified</p> <p>3. Mechanisms for personalized attention to students</p> <p>4. Modifications in the evaluation</p> <p>*Evaluation observations:</p> <p>5. Modifications to the bibliography or webgraphy</p> | | | |

| 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 INCREMENTALES, 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. |

Planning

| 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 teoricos 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 | <p>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.</p> <p>Practicas de laboratorio: El profesor deberá atender en clase todas las dudas que le surjan al alumno y de forma individualizada.</p> <p>Sesion magistral: Los alumnos deberán preguntar en tutoría individual aquellos aspectos desarrollados en las sesiones magistrales que no han sido suficientemente comprendidos e interiorizados.</p> |
|---|---|

| 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.