



| Guía Docente          |   |                    |                      |          |
|-----------------------|---|--------------------|----------------------|----------|
| Datos Identificativos |   |                    |                      | 2018/19  |
| Asignatura (*)        | Cálculo dinámico de estruturas  | Código             | 632514024            |          |
| Titulación            | Mestrado Universitario en Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos   |                    |                      |          |
| Descritores           |   |                    |                      |          |
| Ciclo                 | Período   | Curso              | Tipo                 | Créditos |
| Mestrado Oficial      | 1º cuatrimestre   | Primeiro           | Optativa             | 4.5      |
| Idioma                | CastelánGalegoInglés  |                    |                      |          |
| Modalidade docente    | Presencial  |                    |                      |          |
| Prerrequisitos        |   |                    |                      |          |
| Departamento          | Construcións e Estruturas Arquitectónicas, Cívicas e Aeronáuticas   |                    |                      |          |
| Coordinación          | Romera Rodriguez, Luis Esteban  | Correo electrónico | l.romera@udc.es      |          |
| Profesorado           | Fontan Perez, Arturo Norberto   | Correo electrónico | arturo.fontan@udc.es |          |
|                       | Romera Rodriguez, Luis Esteban  |                    | l.romera@udc.es      |          |
| Web                   | moodle.udc.es (4514024-Cálculo dinámico de estruturas- MICCP)   |                    |                      |          |
| Descrición xeral      | Dotar al alumno de los conocimientos teórico y prácticos necesario para el análisis dinámico estructural.<br>Desarrollar las cargas dinámicas más habituales y los métodos de cálculo<br>Formar al alumno en el uso e interpretación de programas de cálculo dinámico de estructuras<br>Introducir el diseño sísmico mediante el estudio de casos prácticos<br>Conocimiento y aplicación de la normativa vigente<br>Iniciación al análisis experimental modal |                    |                      |          |

| Competencias / Resultados do título |  |
|-------------------------------------|--|
| Código                              | Competencias / Resultados do título  |
| 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: edificación, enerxía, estruturas, xeotecnía, hidráulica, hidroxía, enxeñaría cartográfica, enxeñaría marítima e costeira, enxeñaría sanitaria, materiais de construción, medio ambiente, ordenación do territorio, transportes e urbanismo, entre outros   |
| A2                                  | Capacidade para comprender os múltiples condicionamentos de carácter técnico, legal e da propiedade que se suscitan no proxecto dunha obra pública, e capacidade para establecer diferentes alternativas válidas, elixir a óptima e plasmala adecuadamente, prevendo os problemas da súa construción, e empregando os métodos e tecnoloxías máis adecuadas, tanto tradicionais como innovadoras, coa finalidade de conseguir a maior eficacia dentro do respecto polo medio ambiente e a protección da seguridade e saúde dos traballadores e usuarios da obra pública |
| A3                                  | Coñecemento, comprensión e capacidade para aplicar a lexislación necesaria durante o desenvolvemento da profesión de Enxeñeiro de Camiños, Canais e Portos   |
| A4                                  | Coñecemento da historia da Enxeñaría Civil e capacitación para analizar e valorar as obras públicas en particular e a construción en xeral   |
| A5                                  | Coñecemento da profesión de Enxeñeiro de Camiños, Canais e Portos e das actividades que se poden realizar no eido da Enxeñaría Civil   |
| A6                                  | Aplicación das capacidades técnicas e xestoras en actividades de I+D+i dentro do eido da Enxeñaría Civil   |
| A8                                  | Utilización dos ordenadores para a resolución de problemas complexos de enxeñaría. Utilización de métodos e modelos sofisticados de cálculo por ordenador así como utilización de técnicas de sistemas expertos e de intelixencia artificial no contexto das súas aplicacións na resolución de problemas do ámbito estrito da Enxeñaría Civil  |
| A9                                  | Capacidade para resolver numericamente os problemas matemáticos máis frecuentes na enxeñaría, desde a formulación do problema ata o desenvolvemento da formulación e a súa implementación nun programa de ordenador. En particular, capacidade para formular, programar e aplicar modelos numéricos avanzados de cálculo, así como capacidade para a interpretación dos resultados obtidos no contexto da enxeñaría civil, a mecánica computacional e/ou a enxeñaría matemática, entre outros  |



|     |  |
|-----|--|
| A11 | Capacidade para documentarse, obter información e aplicar os coñecementos de materiais de construción en sistemas estruturais. Coñecementos da relación entre a estrutura dos materiais e as propiedades mecánicas que dela se derivan, incluíndo a caracterización microestrutural. Coñecemento, comprensión e capacidade para aplicar os métodos, procedementos e equipos que permiten a caracterización mecánica dos materiais, tanto experimentais como analíticos. Coñecementos teóricos e prácticos avanzados das propiedades dos materiais de construción máis utilizados en enxeñaría civil. Capacidade para a aplicación de novos materiais a problemas construtivos. |
| A17 | Capacidade para analizar e comprender como as características das estruturas inflúen no seu comportamento, así como 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 diferentes materiais, sometidas a esforzos diversos e en situacións de comportamentos mecánicos variados. Coñecemento das diferentes tipoloxías de pontes metálicas, de formigón e mixtas, o seu comportamento estrutural, os métodos de cálculo e os procedementos construtivos empregados  |
| A18 | Coñecemento teórico e práctico para a análise non lineal e dinámico estrutural, con especial fincapé na análise sísmica, mediante a 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.  |
| A19 | Capacidade para definir a formulación do problema de deseño óptimo de estruturas, mediante a aplicación dos métodos de optimización lineal e non lineal máis habituais en diversas tipoloxías estruturais, incluíndo conceptos de análise de sensibilidade   |
| A20 | Coñecemento dos esquemas estruturais máis empregados en Enxeñaría Civil, e capacidade para analizar os antecedentes históricos e a súa evolución ao longo do tempo. Comprensión das interaccións entre as tipoloxías estruturais, os materiais de construción existentes en cada etapa histórica e os medios de cálculo utilizados.  |
| A21 | Coñecemento dos fundamentos do comportamento das estruturas de formigón armado e pretensado que permiten ter a capacidade para concibir, proxectar, construír e manter este tipo de estruturas. Coñecemento da tipoloxía de elementos prefabricados, as características principais do seu cálculo e a súa aplicación nos procesos de fabricación.  |
| A52 | Coñecemento e comprensión dos diferentes estilos artísticos, en relación co contexto histórico, económico e social da súa época desenvolvendo a capacidade para apreciar e incluír condicionantes estéticos na obra civil.   |
| B1  | Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun xeito que terá que ser en gran medida autodirixido ou autónomo.   |
| B2  | Posuír e comprender coñecementos que aporten unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, a miúdo nun contexto de investigación   |
| B3  | Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en contornas novas ou pouco coñecidas dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo.   |
| B4  | Que os estudantes sexan capaces de integrar coñecementos e enfrontarse á complexidade de formular xuízos a partir dunha información que, sendo incompleta ou limitada, inclúa reflexións sobre as responsabilidades sociais e éticas vinculadas á aplicación dos seus coñecementos e xuízos  |
| B5  | Que os estudantes saiban comunicar as súas conclusións e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan a públicos especializados e non especializados dun xeito claro e sen ambigüidades.  |
| B6  | Resolver problemas de forma efectiva   |
| B7  | Aplicar un pensamento crítico, lóxico e creativo   |
| B8  | Traballar de xeito autónomo con iniciativa   |
| B9  | Traballar de forma colaborativa  |
| B11 | Comunicarse de xeito efectivo nun ambiente de traballo   |
| B12 | Expresarse correctamente, tanto de forma oral coma escrita, nas linguas oficiais da comunidade autónoma  |
| B16 | Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse   |
| B18 | Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade   |
| B19 |  |
| C1  | Reciclaxe continua de coñecementos nunha perspectiva xeral no eido global de actuación da Enxeñaría Civil  |
| C2  | Comprender a importancia da innovación na profesión  |
| C5  | Comprensión da necesidade de actuar de forma enriquecedora sobre o medio ambiente contribuíndo ao desenvolvemento sostible   |
| C9  | Capacidade para organizar e planificar   |
| C12 | Capacidade de análise, síntese e estruturación da información e das ideas  |



|     |  |
|-----|--|
| C13 | Claridade na formulación de hipóteses  |
| C14 | Capacidade de abstracción  |
| C15 | Capacidade de traballo persoal, organizado e planificado   |
| C16 | Capacidade de autoaprendizaxe mediante a inquietude por buscar e adquirir novos coñecementos, potenciando o uso das novas tecnoloxías da información |
| C17 | Capacidade para afrontar a novas situacións  |
| C20 | Capacidade para aplicar coñecementos básicos na aprendizaxe de coñecementos tecnolóxicos e na súa posta en práctica                                  |
| C21 | Capacidade de realizar probas, ensaios e experimentos, analizando, sintetizando e interpretando os resultados  |

| Resultados da aprendizaxe   |                                     |      |      |
|---|-------------------------------------|------|------|
| Resultados de aprendizaxe   | Competencias / Resultados do título |      |      |
| Capacidade de para analizar y comprender el comportamiento dinámico de las estructuras  | AM1                                 | BM1  | CM1  |
|   | AM2                                 | BM2  | CM2  |
|   | AM3                                 | BM3  | CM5  |
|   | AM4                                 | BM4  | CM9  |
|   | AM5                                 | BM5  | CM12 |
|   | AM6                                 | BM6  | CM13 |
|   | AM8                                 | BM7  | CM15 |
|   | AM9                                 | BM8  | CM21 |
|   | AM11                                | BM9  |      |
|   | AM17                                | BM11 |      |
|   | AM18                                | BM12 |      |
|   | AM20                                | BM16 |      |
|   | AM21                                | BM18 |      |
| Capacidade de realizar modelos numéricos para obtener las respuestas estructurales frente a acciones dinámicas                | AM1                                 | BM1  | CM1  |
|   | AM2                                 | BM2  | CM2  |
|   | AM3                                 | BM3  | CM5  |
|   | AM8                                 | BM4  | CM9  |
|   | AM9                                 | BM6  | CM13 |
|   | AM11                                | BM7  | CM15 |
|   | AM17                                | BM8  | CM21 |
|   | AM18                                | BM9  |      |
|   | AM20                                | BM16 |      |
|   | AM21                                | BM18 |      |
| Capacidade para aplicar la normativa sismoresistente vigente en la legislación española y europea en el diseño de estructuras | AM1                                 | BM5  | CM14 |
|   | AM2                                 | BM6  | CM16 |
|   | AM3                                 | BM7  | CM17 |
|   | AM5                                 | BM8  | CM20 |
|   | AM18                                | BM16 |      |
|   | AM19                                | BM18 |      |
|   | AM52                                | BM19 |      |

| Contidos                               |   |
|--|---|
| Temas                                  | Subtemas  |
| Introducción y conceptos fundamentales | Acciones dinámicas. Respuesta estática y dinámica. Sistemas continuos y discretos.<br>Fuerzas elásticas, de inercia y de amortiguamiento. Concepto de grado de libertad dinámico. Obtención y solución de las ecuaciones diferenciales del movimiento.<br>Vibraciones libres, forzadas, amortiguadas y no amortiguadas. |



|  |   |
|--|---|
| Sistemas de 1 grado de libertad (S1GDL):<br>Respuesta en vibración libre                   | Vibración libre no amortiguada. Frecuencia y periodo natural. Tipos de amortiguamiento. Amortiguamiento viscoso. Medida y valores Amortiguamiento estructural. Energía en vibración libre. Amortiguamiento por fricción.  |
| S1GDL: Respuesta frente a cargas dinámicas   | Excitación armónica: Estacionario y transitorio. Resonancia. Fuerzas transmitidas a la base. Excitación de la base y aislamiento de vibraciones. Medidas experimentales de frecuencias y amortiguación. Series de Fourier, Acelerómetros.<br>Cargas incrementales, pulsos y cargas generales. Espectros de respuesta.<br>Acciones sísmicas, NCSE-02, EC-8, Efectos sísmicos en las estructuras. Reglas de diseño.   |
| SiGDL: métodos numéricos de obtención de la respuesta                                      | 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.   |
| 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   |
| Sistemas de N GDL (SNGDL):<br>Estructuras con masa y elasticidad distribuidas              | Ecuaciones de equilibrio. 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.  |
| SNGDL: Formulación, ecuaciones del movimiento, frecuencias naturales y modos de vibración. | Ecuaciones del movimiento. Matrices de rigidez elástica, de masas y de amortiguamiento. Condensación estática. Métodos de solución numéricos. Autovalores, frecuencias naturales y modos de vibración, matrices modal, espectral y de masas. Teorema de expansión modal. Métodos de obtención de los modos de vibración.  |
| SNGDL: 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.   |
| SNGDL: Análisis modal temporal y espectral   | Análisis modal. Ecuaciones modales. Respuesta por superposición modal. Contribuciones modales. Convergencia de la solución. Método de corrección estática. Análisis modal experimental.   |
| SNGDL: Análisis dinámico mediante 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. Programa Sap2000. Ejemplos de aplicación.   |
| SNGDL: Respuesta sísmica temporal y espectral  | Análisis modal sísmico. Factores de participación de masas. Respuesta temporal y espectral. Reglas de combinación modal. Respuesta no lineal. Ductilidad y daño. Espectros inelásticos de diseño. Normas NCSE-02, EAE y EC8. Ejemplos de aplicación: edificación, presas, pasarelas y puentes.<br>Diseño antisísmico: vulnerabilidad y diseños antisísmicos en edificios históricos.<br>Sistemas de control pasivos y activos. Ejemplos de diseño antisísmico de estructuras. |
| SNGDL: Normativas, análisis experimental y FRF's.  | Normas NCSE-02, NCSP-07, EC-8. Análisis modal experimental. Funciones de respuesta en frecuencias. Aplicación en edificación, puentes y pasarelas.  |

## Planificación

| Metodologías / pruebas | Competencias / Resultados | Horas lectivas (presenciales e virtuales) | Horas trabajo autónomo | Horas totales |
|------------------------|---------------------------|---|------------------------|---------------|
|------------------------|---------------------------|---|------------------------|---------------|



|                          |   |      |      |      |
|--------------------------|---|------|------|------|
| Sesión maxistral         | A1 A2 A3 A4 A5 A6<br>A11 A17 A18 A20<br>A21 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B18 C1 C2 C5<br>C15   | 14   | 21   | 35   |
| Solución de problemas    | A8 A9 B8 B9 B11 B12<br>B19 B16 C9 C13 C21   | 13   | 19.5 | 32.5 |
| Prácticas de laboratorio | A6 A8 A9 B6 B7 B8<br>B9 B19 B16 B18 C5<br>C9  | 11.5 | 11.5 | 23   |
| Traballos tutelados      | A52 A21 A20 A19<br>A18 A17 A11 A9 A8<br>A3 A2 A1 B1 B2 B3<br>B4 B5 B6 B7 B8 B9<br>B16 B18 C16 C15<br>C14 C13 C12 C9 C5<br>C2 C1 C17 C20 C21 | 4    | 16   | 20   |
| Atención personalizada   |   | 2    | 0    | 2    |

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientativo, considerando a heteroxeneidade do alumnado

| Metodoloxías             |  |
|--------------------------|--|
| Metodoloxías             | Descrición   |
| Sesión maxistral         | Las clases magistrales consistirán en la exposición del contenido teórico, involucrando al alumno en debate y discusión sobre el contenido expuesto.   |
| Solución de problemas    | Sesiones de solución analítica de problemas planteados previamente por el profesor.  |
| Prácticas de laboratorio | 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.<br>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.<br>También se realizarán prácticas de análisis modal experimental.                          |
| Traballos tutelados      | El alumno deberá realizar dos trabajos a lo largo del cuatrimestre. En dichos trabajos deberá demostrar las capacidades adquiridas durante las clases teóricas y prácticas. Los trabajos consisistirán en la resolución analítica y mediante ordenador de las estructuras definidas por el profesor. Deberá aplicarse también en otra practica la normativa sismoresistente vigente en la legislación española para verificar los estados límite frente a acciones sísmicas. |

| Atención personalizada   |  |
|--|--|
| Metodoloxías   | Descrición   |
| Solución de problemas<br>Prácticas de laboratorio<br>Sesión maxistral<br>Traballos tutelados | Traballos tutelados:<br>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.<br><br>Practicas de laboratorio:<br>El profesor deberá atender en clase todas las dudas que le surjan al alumno y de forma individualizada.<br><br>Sesion magistral:<br>Los alumnos deberán preguntar en tutoría individual aquellos aspectos desarrollados en las sesiones magistrales que no han sido suficientemente comprendidos e interiorizados. |



## Avaliación

| Metodoloxías        | Competencias / Resultados   | Descrición  | Cualificación |
|---------------------|---|---|---------------|
| Traballos tutelados | A52 A21 A20 A19<br>A18 A17 A11 A9 A8<br>A3 A2 A1 B1 B2 B3<br>B4 B5 B6 B7 B8 B9<br>B16 B18 C16 C15<br>C14 C13 C12 C9 C5<br>C2 C1 C17 C20 C21 | El profesor valorará el desarrollo de los trabajos a medida que se va completando y el interés del alumno, así como el esfuerzo realizado, junto con la valoración de los trabajos finalmente entregados. | 100           |
| Outros              |   |   |               |

## Observacións avaliación

|  |
|--|
|  |
|--|

## Fontes de información

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Bibliografía básica         |  |
| Bibliografía complementaria |  |

## Recomendacións

### Materias que se recomenda ter cursado previamente

Estruturas III/632514003

### Materias que se recomenda cursar simultaneamente

### Materias que continúan o temario

Cálculo sismico e aeroelástico de estruturas/632514026

Análise avanzado de estruturas/632514028

### Observacións

&lt;p&gt;La asignatura combina los conceptos de mecánica del sólido rígido y del análisis de estructuras para comprender el funcionamiento dinámico de las estructuras, por lo que se recomiendan conocimientos de mecánica y estructuras, junto con conocimientos de resolución de ecuaciones diferenciales y álgebra.&lt;/p&gt;

(\* ) A Guía docente é o documento onde se visualiza a proposta académica da UDC. Este documento é público e non se pode modificar, salvo casos excepcionais baixo a revisión do órgano competente dacordo coa normativa vixente que establece o proceso de elaboración de guías