



Teaching Guide

| Identifying Data | | | | | 2015/16 |
|----------------------------|--|---------------|---|----------------|---------|
| Subject (*) | Cálculo dinámico de estruturas | Code | 632514024 | | |
| Study programme | Mestrado Universitario en Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos | | | | |
| Descriptors | | | | | |
| Cycle | Period | Year | Type | Credits | |
| Official Master's Degree | 1st four-month period | First | Optativa | 4.5 | |
| Language | SpanishGalicianEnglish | | | | |
| Teaching method | Face-to-face | | | | |
| Prerequisites | | | | | |
| Department | Tecnoloxía da Construción | | | | |
| Coordinador | Romera Rodriguez, Luis Esteban | E-mail | l.romera@udc.es | | |
| Lecturers | Fontan Perez, Arturo Norberto Romera Rodriguez, Luis Esteban | E-mail | arturo.fontan@udc.es l.romera@udc.es | | |
| Web | moodle.udc.es (4514024-Cálculo dinámico de estruturas- MICCP) | | | | |
| General description | <p>Dotar al alumno de los conocimientos teórico y prácticos necesario para el análisis dinámico estructural.</p> <p>Desarrollar las cargas dinámicas más habituales y los métodos de cálculo</p> <p>Formar al alumno en el uso e interpretación de programas de cálculo dinámico de estructuras</p> <p>Introducir el diseño sísmico mediante el estudio de casos prácticos</p> <p>Conocimiento y aplicación de la normativa vigente</p> <p>Iniciación al análisis experimental modal</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: edificación, enerxía, estruturas, xeotecnía, hidráulica, hidroloxía, 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 |
| 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 | Dominar a expresión e a comprensión de forma oral e escrita dun idioma estranxeiro |
| 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 |
| C13 | Claridade na formulación de hipóteses |
| C15 | Capacidade de traballo persoal, organizado e planificado |
| C21 | Capacidade de realizar probas, ensaios e experimentos, analizando, sintetizando e interpretando os resultados |



| Learning outcomes | | | |
|--|---|--|--|
| Learning outcomes | Study programme competences / results | | |
| Capacidad de para analizar y comprender el comportamiento dinámico de las estructuras | AC1 AC3 AC4 AC6 AC8 AC9 AC11 AC17 AC18 AC21 | BC1 BC2 BC3 BC4 BC6 BC7 BC8 BC16 BC18 | CC1 CC2 CC5 CC9 CC13 CC15 |
| Capacidad de realizar modelos numéricos para obtener las respuestas estructurales frente a acciones dinámicas | AC1 AC2 AC3 AC8 AC9 AC11 AC17 AC18 AC19 AC20 AC21 | BC1 BC2 BC3 BC4 BC6 BC7 BC8 BC9 BC16 BC18 | CC1 CC2 CC5 CC9 CC13 CC15 CC21 |
| Capacidad para aplicar la normativa sismoresistente vigente en la legislación española y europea en el diseño de estructuras | AC1 AC2 AC3 AC5 AC18 AC52 | BC5 BC6 BC7 BC8 BC16 BC18 BC19 | |

| Contents | |
|--|---|
| Topic | Sub-topic |
| Introducción y conceptos fundamentales | Acciones dinámicas. Respuesta estática y dinámica. Sistemas continuos y discretos. Fuerzas elásticas, de inercia y de amortiguamiento. Concepto de grado de libertad dinámico. Obtención y solución de las ecuaciones diferenciales del movimiento. Vibraciones libres, forzadas, amortiguadas y no amortiguadas. |
| Sistemas de 1 grado de libertad (S1GDL): 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. Cargas incrementales, pulsos y cargas generales. Espectros de respuesta. 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): 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. Diseño antisísmico: vulnerabilidad y diseños antisísmicos en edificios históricos. 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. |

| Planning | | | | |
|--------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests | Competencies / Results | Teaching hours (in-person & virtual) | Student's personal work hours | Total hours |
| Guest lecture / keynote speech | A1 A2 A3 A4 A5 A6 A8 A9 A11 A17 A18 A19 A20 A21 A52 B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8 B9 B16 | 14 | 21 | 35 |
| Problem solving | A1 A2 A3 A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8 B9 B16 | 13 | 19.5 | 32.5 |
| Laboratory practice | A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8 B9 B16 | 11.5 | 11.5 | 23 |



| | | | | |
|------------------------|--|---|----|----|
| Supervised projects | A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B19 B16 B18 C1 C2 C5 C9 C13 C15 C21 | 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. |
| Problem solving | Sesiones de solución analítica de problemas planteados previamente por el profesor. |
| 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 puertos. 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. También se realizarán prácticas de análisis modal experimental. |
| Supervised projects | 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 consistirán 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. |

| Personalized attention | |
|---|---|
| Methodologies | Description |
| Guest lecture / keynote speech Supervised projects Laboratory practice Problem solving | 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 | A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B19 B16 B18 C1 C2 C5 C9 C13 C15 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 |
| Others | | | |

| Assessment comments |
|---------------------|
| |



Sources of information

| | |
|-----------------------------|---|
| <p>Basic</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Chopra, Anil K. Prentice Hall (1995). Theory and Applications to Earthquake Engineering. - Craig, Roy R (1981). Structural Dynamics. An Introduction to Computer Methods. John Wiley - Paz, Mario (1997). Structural Dynamics. Theory and Computations. Chapman - Hughes, Thomas J.R. (1987). The Finite Element Method. Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Prentice Hall - Rao, Singiresu S. (1995). Mechanical vibrations. - Fryba L. (1999). Vibrations of solids and structures under moving loads. Thomas Telford Ltd - Alex H. Barbat y Juan Miguel Canet (1994). - Estructuras sometidas a acciones sísmicas. Cálculo por ordenador. - (). - Sap2000. Integrated Software for Structural Analysis and Design. Analysis Reference Manual. CSI, Berkeley, USA 2002.. - Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Fomento (). www.geo.ign.es. - Earthquake Engineering Research Institute (USA) (). www.eeri.org. - Earthquake Engineering Research Center (USA) (). http://eerc.berkeley.edu. - International Journal of Structural Stability and Dynamics (). . - International journal of earthquake engineering and structural dynamics (). . - Journal of wind engineering and industrial aerodynamics (). . - Structural Design of Tall Buildings (). . - Advances in Structural Engineering (). . - Journal of computing in civil engineering (). . - (2002). NCSR-02: Norma de construcción sismorresistente. Parte general y de edificación. Ministerio de fomento - (2007). NCSP-07. Norma de construcción sismorresistente: Puentes. Ministerio de fomento - (2005). Eurocódigo 8: Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes. Reglas generales. Acciones sísmicas y requisitos generales de las estructuras. Parte 1.1. Aenor |
| <p>Complementary</p> | |

Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before

Estruturas III/632514003

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Subjects that continue the syllabus

Cálculo sísmico e aeroelástico de estruturas/632514026

Análise avanzado de estruturas/632514028

Other comments

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.

(*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.