



## Teaching Guide

| Teaching Guide           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                                                  |           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------|-----------|
| Identifying Data         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                                                  | 2020/21   |
| Subject (*)              | Computational Methods for Continuous Media                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        | Code                                             | 730497221 |
| Study programme          | Mestrado Universitario en Enxeñaría Industrial (plan 2018)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                  |           |
| Descriptors              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                                                  |           |
| Cycle                    | Period                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Year   | Type                                             | Credits   |
| Official Master's Degree | 1st four-month period                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Second | Optional                                         | 3         |
| Language                 | Spanish                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |                                                  |           |
| Teaching method          | Face-to-face                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |        |                                                  |           |
| Prerequisites            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                                                  |           |
| Department               | Enxeñaría Naval e Industrial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |        |                                                  |           |
| Coordinador              | Gosset , Anne Marie Elisabeth                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | E-mail | anne.gosset@udc.es                               |           |
| Lecturers                | Gosset , Anne Marie Elisabeth<br>López Peña, Fernando                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | E-mail | anne.gosset@udc.es<br>fernando.lopez.pena@udc.es |           |
| Web                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                                                  |           |
| General description      | Esta é unha materia  introdutoria ao módulo de  optatividade de métodos computacionais para os medios continuos. Nela trátase, en primeiro lugar, de repasar e poñer en común conceptos que os alumnos deben ter adquirido durante os seus estudos de grao para orientalos despois ao enfoque que se lles dá ao resto das materias deste módulo. Exponse a hipótese de medio continuo e vese como a formulación duns principios físicos de conservación permiten obter as ecuacións xerais que gobernan os desprazamentos e os esforzos en medios continuos. Analízanse as relacións constitutivas que permiten obter as ecuacións para os distintos tipos de medio e desenvólvense estas ecuacións nos casos de sólidos elásticos e de fluídos  newtonianos. Por último analízanse os métodos de  discretización destas ecuacións mediante diferenzas  finitas, elementos  finitos e volumes  finitos. |        |                                                  |           |
| Contingency plan         | 1. Modifications to the contents<br><br>2. Methodologies<br>*Teaching methodologies that are maintained<br><br>*Teaching methodologies that are modified<br><br>3. Mechanisms for personalized attention to students<br><br>4. Modifications in the evaluation<br><br>*Evaluation observations:<br><br>5. Modifications to the bibliography or webgraphy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |                                                  |           |

## Study programme competences

| Code | Study programme competences                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A3   | ETI3 - Ability to design and test machines.                                                                                                                                                                                                                      |
| A5   | ETI5 - Knowledge and skills for the design and analysis of machines and thermal engines, hydraulic machines and industrial installations of heat and cold.                                                                                                       |
| A19  | EI3 - Knowledge and skills for the calculation and design of structures.                                                                                                                                                                                         |
| A20  | EI4 - Knowledge and skills for projecting and designing electrical and fluid installations, lighting, air conditioning and ventilation, energy saving and efficiency, acoustics, communications, home automation and smart buildings and security installations. |
| B2   | CB7 - That students know how to apply the knowledge acquired and their ability to solve problems in new or unfamiliar environments within broader (or multidisciplinary) contexts related to their area of study.                                                |
| B5   | CB10 - That students have the learning skills that allow them to continue studying in a way that will be largely self-directed or autonomous.                                                                                                                    |



|     |                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B6  | G1 - Have adequate knowledge of the scientific and technological aspects in Industrial Engineering.                                                                                                                                       |
| B13 | G8 - Apply the knowledge acquired and solve problems in new or unfamiliar environments within broader and multidisciplinary contexts.                                                                                                     |
| B16 | G11 - Possess the learning skills that allow to continue studying in a self-directed or autonomous way.                                                                                                                                   |
| C1  | ABET (a) - An ability to apply knowledge of mathematics, science, and engineering.                                                                                                                                                        |
| C3  | ABET (c) - An ability to design a system, component, or process to meet desired needs within realistic constraints such as economic, environmental, social, political, ethical, health and safety, manufacturability, and sustainability. |
| C8  | ABET (h) - The broad education necessary to understand the impact of engineering solutions in a global, economic, environmental, and societal context.                                                                                    |
| C9  | ABET (i) - A recognition of the need for, and an ability to engage in life-long learning.                                                                                                                                                 |
| C11 | ABET (k) - An ability to use the techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice.                                                                                                                     |

| Learning outcomes                                                                                       |      |                             |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------|------|
| Learning outcomes                                                                                       |      | Study programme competences |      |
| Dominar as leis de conservación dos medios continuos                                                    | AJ19 | BJ2                         | CJ1  |
|                                                                                                         | AJ20 | BJ5                         | CJ11 |
|                                                                                                         |      | BJ13                        |      |
| Comprender as ecuacións constitutivas que diferencian o comportamento dos fluídos e sólidos deformables | AJ3  | BJ6                         | CJ1  |
|                                                                                                         | AJ19 | BJ16                        | CJ3  |
|                                                                                                         | AJ20 |                             |      |
| Comprender as leis de conservación da dinámica de fluidos e da mecánica de sólidos elásticos            | AJ19 | BJ13                        | CJ1  |
|                                                                                                         | AJ20 |                             |      |
| Entender os fundamentos e conceptos da discretización das ecuacións                                     | AJ5  | BJ2                         | CJ1  |
|                                                                                                         | AJ19 |                             | CJ8  |
|                                                                                                         |      |                             | CJ9  |
| Diferenciar a filosofía detrás dos métodos de diferenzas, elementos e volumes finitos                   | AJ3  | BJ13                        | CJ1  |
|                                                                                                         | AJ5  |                             | CJ3  |
|                                                                                                         | AJ19 |                             | CJ11 |
|                                                                                                         | AJ20 |                             |      |

| Contents                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Topic                                                                              | Sub-topic                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Introducción                                                                       | Fundamentos, conceptos básicos, ferramentas e aplicacións da mecánica de medios continuos                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tema 1. Leis de conservación en medios continuos                                   | 1. Forzas no seo dun medio continuo<br>2. Forzas de superficie: tensor de esforzos.<br>3. Cinemática<br>4. Principios de conservación aplicados a medios continuos                                                                                                                                                                          |
| Tema 2. Modelos constitutivos para sólidos elásticos.<br>Ecuacións da elasticidade | 1. Comportamento elástico de sólidos<br>2. Ecuacións constitutivas da elasticidade<br>3. Formulación xeral do problema elástico<br>4. Pincipios xerais na solución do problema elástico<br>5. Deformacións e esforzos de orixe térmica                                                                                                      |
| Tema 3. Modelos constitutivos para fluídos. Leis da dinámica de fluídos            | 1. Ecuacións de conservación da dinámica de fluídos en forma diferencial<br>2. Ecuación de conservación da masa<br>3. Ecuación de conservación de cantidade de movemento<br>4. Ecuación de conservación da enerxía<br>5. O sistema completo de ecuacións de Navier- Stokes. Condicións iniciais e de contorno.<br>6. Movementos turbulentos |



|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema 4. Discretización das ecuacións. Filosofía dos métodos de diferenzas finitas, elementos finitos e volumes finitos. | 1. O paso ao espazo discreto<br>2. Estrutura da malla<br>3. Discretización das ecuacións de derivadas parciais<br>4. Modelos de discretización por diferenzas finitas, elementos finitos e volumes finitos. Adecuación aos diferentes campos da enxeñería.<br>5. Propiedades dos modelos: consistencia, estabilidade, converxencia, e conservación.<br>6. Erros de discretización |
| Tema 5. Método de diferenzas finitas                                                                                    | 1. Bases do método de diferenzas finitas<br>2. Aplicación á resolución dun problema de condución de calor transitoria. Programación con Matlab<br>3. Aplicación ao cálculo da advección dun pulso nun medio continuo. Programación con Matlab                                                                                                                                     |
| Tema 6. Método de elementos finitos                                                                                     | 1. Bases do método de elementos finitos<br>2. Método de Galerkin. Aplicación á ecuación de difusión estacionaria en 1D.<br>3. Aplicación á resolución da ecuación de condución de calor. Programación con Matlab.                                                                                                                                                                 |

| Planning                                                                                                                        |                                   |                      |                               |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests                                                                                                           | Competencies                      | Ordinary class hours | Student?s personal work hours | Total hours |
| Guest lecture / keynote speech                                                                                                  | A3 A5 A19 A20 B16 B6 C1 C8 C9 C11 | 12                   | 18                            | 30          |
| ICT practicals                                                                                                                  | A19 A20 B2 B13 C3 C11             | 4                    | 14                            | 18          |
| Problem solving                                                                                                                 | A5 A20 B2 B5 B13 B16 B6 C1 C3 C11 | 5                    | 20                            | 25          |
| 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 | Exposición oral complementada co uso de medios audiovisuais e a introdución dalgunhas preguntas dirixidas aos estudantes, coa finalidade de transmitir coñecementos e facilitar a aprendizaxe.                                                                |
| ICT practicals                 | Metodoloxía que permite ao alumnado aprender de forma efectiva, a través de actividades de carácter práctico (demostracións, simulacións, etc.) a teoría dun ámbito de coñecemento, mediante a utilización das tecnoloxías da información e as comunicacións. |
| Problem solving                | Técnica mediante a que ha de resolverse unha situación problemática concreta, a partir dos coñecementos que se traballaron, que pode ter máis dunha posible solución                                                                                          |

| Personalized attention |                                                                                                                                                                     |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Methodologies          | Description                                                                                                                                                         |
| Problem solving        | Tutelarase ao alumno nas técnicas de resolución de problemáticas concretas, a partir dos coñecementos que se traballaron, que pode ter máis dunha posible solución. |

| Assessment     |                       |                                                                                                   |               |
|----------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Methodologies  | Competencies          | Description                                                                                       | Qualification |
| ICT practicals | A19 A20 B2 B13 C3 C11 | Cada alumno entregará una memoria describiendo los resultados logrados durante las prácticas TIC. | 30            |



|                 |                                      |                                                                         |    |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Problem solving | A5 A20 B2 B5 B13<br>B16 B6 C1 C3 C11 | Cada alumno resolverá problemas e exercicios expostos ao longo do curso | 70 |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----|

## Assessment comments

Nesta asignatura non se acepta dispensa académica.

Os criterios de avaliación da segunda oportunidade son os mesmos que na primeira.

## Sources of information

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Basic</b>         | <ul style="list-style-type: none"><li>- Reddy, J.N. (2010). Principles of Continuum Mechanic. Cambridge University Press</li><li>- Lopez Peña, F. (2019). Mecánica de Fluidos (2a Ed.). Universidade da Coruña</li><li>- Peiró, J. &amp; Sherwin, S. (2005). Finite Difference, Finite Element and Finite Volume Methods for Partial Differential Equations, in Handbook of Materials Modeling pp 2415-2446. Springer</li><li>- Anderson, J.D. (1995). Computational fluid dynamics. The basics with applications. McGraw-Hill Education</li></ul> |
| <b>Complementary</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Versteeg, H.K. &amp; Malalasekera, W. (2007). An introduction to Computational Fluid Dynamics (2nd Ed.). Pearson Education Limited</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## Recommendations

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

### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Finite Volume Method in CFD/730497222

### Subjects that continue the syllabus

Simulation Process in CFD/730497223

Simulation of Mechanic and Structural Systems/730497224

### Other comments



O alumno ha de adquirir nos seus estudos anteriores unhas competencias en mecánica de fluídos, elasticidade e métodos numéricos equivalentes ás que se adquiren nun grao de enxeñería industrial. Para axudar a conseguir unha contorna inmediata sostida e cumprir co obxectivo da acción número 5: "Docencia e investigación saudable e sustentable ambiental e social" do "Plan de Acción Green Campus Ferrol":

1.- A entrega dos traballos documentais que se realicen nesta materia:

- 1.1. Solicitarse en formato virtual e/ou soporte informático.
- 1.2. Realizarse a través de Moodle, en formato dixital sen necesidade de imprimilos
- 1.3. De se realizar en papel:

- Non se empregarán plásticos.

- Realizáranse impresións a dobre cara. - Empregarase papel reciclado.
- Evitárase a impresión de borradores.

2.- Débese facer un uso sostible dos recursos e a prevención de impactos negativos sobre o medio natural.

3.- Débese ter en conta a importancia dos principios éticos relacionados cos valores da sustentabilidade nos comportamentos persoais e profesionais.

4.- Segundo se recolle nas distintas normativas de aplicación para a docencia universitaria deberá incorporarse a perspectiva de xénero nesta materia (usarase linguaxe non sexista, utilizarase bibliografía de autores de ambos os sexos, propiciárase a intervención en clase de alumnos e alumnas...).

(\*)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.