



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

43000665 - Modelos Computacionales Para Análisis Estructural

PLAN DE ESTUDIOS

04AP - Master Universitario Ingeniería De Estructuras, Cimentaciones Y Materiales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	43000665 - Modelos Computacionales para Análisis Estructural
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	04AP - Master Universitario Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales
Centro responsable de la titulación	04 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Juan Carlos Garcia Orden (Coordinador/a)	ETSI Caminos	juancarlos.garcia@upm.es	M - 11:00 - 13:00 X - 11:00 - 13:00 V - 11:00 - 13:00

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Elementos Finitos

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Some programming experience in any high-level language is highly desirable. Specifically, programming skills with Matlab/Octave are very valuable, since the proposed exercises will demand programming in this environment.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

C1 - [Proviene de las competencias CE1 y CE6]: Capacidad para la resolución de problemas ligados a diseño, construcción, conservación y evaluación técnica de estructuras de ingeniería civil y edificación que involucren el comportamiento lineal y no lineal de las estructuras TIPO: Competencias

C11 - [ligada al Itinerario en Simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales]: Capacidad para la investigación de alta especialización o para la predoctoral en simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales. TIPO: Competencias

C5 - [Proviene de las competencias CG1 y CE5]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos de modelización predictiva mediante métodos numéricos TIPO: Competencias

C7 - [Proviene de la competencia CG2]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos de modelización predictiva mediante el uso de técnicas de programación informática TIPO: Competencias

K1 - [Proviene parcialmente de la competencia CG1]: Aplica e integra conocimientos científicos avanzados de tipo mecánico, físico y matemático en contextos de investigación científica y tecnológica en el ámbito de las estructuras, las cimentaciones y los materiales TIPO: Conocimientos o contenidos

Sk4 - [Proviene de la competencia CB10]: Demuestra que puede adquirir conocimientos complejos y continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida auto-dirigido o autónomo TIPO: Habilidades o destrezas

Sk5 - [Proviene de la competencia CG4]: Utiliza la lengua inglesa para expresar conocimiento técnico y científico, de forma oral y escrita. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk6 - [Proviene de la competencia CG5]: Aplica los servicios de comunicación y de obtención de información para su transformación en conocimiento aplicable al ejercicio de las competencias en ingeniería de estructuras, cimentaciones y materiales. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk7 - [Proviene de las competencias CB9 y CT1]: Prepara y presenta comunicaciones orales, escritas y gráficas, estructurada y argumentadamente, y es capaz de discutir las con otras personas. TIPO: Habilidades o destrezas

4.2. Resultados del aprendizaje

RA11 - Utiliza con eficacia, autonomía y polivalencia recursos de modelización predictiva en la temática de la materia

RA12 - "Presenta comunicaciones orales, escritas y gráficas, estructurada y argumentadamente, en lengua española e inglesa"

RA13 - Utiliza con eficacia recursos de información y comunicación

RA17 - Utiliza con eficacia recursos de modelización predictiva en una o más de las materias del módulo

RA22 - familiarizarse con la metodología científica de las disciplinas en que se apoya la asignatura

RA39 - Aplica los métodos y modelos de cálculo de estructuras para el análisis del comportamiento de las estructuras existentes

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

The main objective of this course is to present the main modeling techniques and numerical methods applied to structural analysis. At the end of the course a student should have become familiar with the most important algorithms and must know how to choose the most suitable for certain common problems of structural engineering. Specific objectives are:

1. Acquire the necessary knowledge of programming in Matlab / Octave that allows to apply the different methods studied for the solution of mechanical problems
2. To know the basic concepts related to the numerical techniques for the solution of structural models
3. To know and to program the most common algorithms for the numerical solution of linear and nonlinear static models
4. To know and to program the most common algorithms for the numerical solution of nonlinear dynamical structural models

The lectures are very detailed, including implementation issues often overlooked by similar courses. As a result, students will have the knowledge to implement all the methods and actually will have to program a lot of them in order to solve several practical exercises that will be proposed along the course. Periodically, students will present their exercises and discuss their results in class.

At the end of the course a student should have become familiar with many algorithms, should have a deep knowledge of the most important ones and must know how to choose the most suitable for certain common problems of structural engineering.

5.2. Temario de la asignatura

1. Programming basic concepts with Matlab/Octave
 - 1.1. Use of the graphical interface. Elementary operations, definition of variables
 - 1.2. Vectors and matrices: definition, access, sectioning with operator `:`. Element-by-element operations with the operator `.*`. Linear algebra operators
 - 1.3. Loops. Conditional statements. Graphics. Functions
2. Introduction. Basic concepts on structural models and numerical methods
 - 2.1. Linear and nonlinear models. Errors. Ill-conditioned problems. Stability of algorithms. Accuracy, efficiency, robustness. Notation of order.
 - 2.2. Floating-point representation of real numbers. IEEE standard
 - 2.3. Roundoff errors. Machine precision. Evaluation of expressions. Stabilization
3. Statics of solids and structures. Nonlinear static problems
 - 3.1. Nonlinear finite element formulation. Updated and total Lagrangian
 - 3.2. Mathematical definition: scalar and system cases
 - 3.3. Basic concepts about iterative methods: rate of convergence, end of iterations
 - 3.4. Basic example: bisection method
 - 3.5. Fixed-point iterations. Scalar case; Aitken method. Systems: contractivity
 - 3.6. Newton's method
 - 3.7. Line-search
 - 3.8. Quasi-Newton methods
 - 3.9. Continuation methods in mechanics: spherical arc-length
4. Linear static problems. Small-medium size models: direct methods
 - 4.1. Backward and forward substitutions
 - 4.2. Gauss method
 - 4.3. LU and Cholesky decompositions
 - 4.4. Vector and matrix norms. Relative errors in positions and forces. Condition number.
 - 4.5. Vectors and matrices in Octave
5. Linear static problems. Large models: iterative methods

- 5.1. Basic methods: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.
- 5.2. Basic methods: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.
- 5.3. Steepest descent
- 5.4. Conjugate gradient
- 5.5. Preconditioning
- 5.6. Sparse matrices
6. Nonlinear dynamics of solids and structures. General concepts about direct integration methods
 - 6.1. Initial value problem. Well-posed problem: Lipschitz condition. Stability. Mechanical models.
 - 6.2. One-step/multi-step ; Explicit/implicit
 - 6.3. Consistency, stability, convergence.
 - 6.4. Implementation
 - 6.5. Absolute stability region. A-stability
 - 6.6. Stiff problem. Stiff methods.
7. One-step, Runge-Kutta methods
 - 7.1. Basic interpretation. General definition of a RK method with s stages. Butcher format.
 - 7.2. Explicit RK: order, stability
 - 7.3. Implicit RK: Gauss, Radau, Lobatto. Order, stability, stiff properties
8. Structural methods
 - 8.1. Test equation. Spectral stability
 - 8.2. Beta-Newmark method. Order, stability
 - 8.3. HHT method.
 - 8.4. Central differences. Courant limit.
 - 8.5. Introduction to geometric methods
9. Multi-step methods
 - 9.1. Adams methods. Basic interpretation, general expression. Explicit (Adams-Bashford) and implicit (Adams-Moulton). Order, stability
 - 9.2. BDF methods. Order, stability
 - 9.3. Predictor-corrector

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Presentation Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Unit 1. Programming basic concepts with Matlab/Octave Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Unit 2. Basic concepts about numerical methods Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Oral presentation, Unit 1 Duración: 00:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p>Oral presentations, Unit 1 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:30</p>
3	<p>Unit 3. Nonlinear static models Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p>Unit 3. Nonlinear static models Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Oral presentations. Unit 2 Duración: 00:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p>Oral presentations, Unit 2 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:30</p>
5	<p>Unit 4. Linear static models. Direct methods Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
6	<p>Unit 5. Linear static models. Iterative methods Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Oral presentations. Unit 3 Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p>Oral presentations, Unit 3 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p>
7	<p>Unit 6. Nonlinear dynamics. General concepts. about direct integration methods Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

8	<p>Unit 7. One-step, Runge-Kutta methods Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Oral presentations. Units 4 and 5 Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p>Oral presentations, Units 4 and 5 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p>
9	<p>Unit 8. Structural methods Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p>Unit 9. Multistep methods Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Oral presentations. Units 6,7,8 y 9 Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p>Oral presentations, Units 6,7 8 y 9 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p>
11				
12				
13				
14				
15				
16				<p>Final exam. Ordinary EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Global Presencial Duración: 03:00</p>
17				<p>Final exam. Extraordinary EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Global Presencial Duración: 03:00</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Oral presentations, Unit 1	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:30	3%	/ 10	K1 Sk5 Sk7 C7 C1
4	Oral presentations, Unit 2	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:30	8%	/ 10	K1 Sk5 Sk6 Sk7 C7 Sk4
6	Oral presentations, Unit 3	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	01:00	18%	/ 10	Sk6 Sk7 C7 C11 Sk4 Sk5 C5
8	Oral presentations, Units 4 and 5	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	01:00	18%	/ 10	C1 K1 Sk5 C5 Sk6 Sk7 C7 C11 Sk4
10	Oral presentations, Units 6,7 8 y 9	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	01:00	18%	/ 10	C1 K1 Sk5 C5 Sk6 Sk7 C7 C11 Sk4

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Final exam. Ordinary	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	03:00	100%	5 / 10	K1 Sk5 C5 Sk6 Sk7 C7 C11 Sk4 C1
17	Final exam. Extraordinary	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	03:00	100%	5 / 10	C1 K1 Sk5 C5 Sk6 Sk7 C7 C11 Sk4

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

Students will be evaluated, by default, through progressive evaluation.

Seven sheets of exercises are proposed throughout the course. Typically every sheet has a deadline of two-three weeks. They have to elaborate a written report containing a description of the solution, the main results and its discussion, and load it to Moodle. During the class which is right after the deadline, different students are drawn to the front of the classroom to present their results, and their work is open for discussion. The exercises are evaluated and the grades posted in Moodle. Based on the comments made at the presentation, students may modify or complete their exercises and the initial grades may be increased proportionally to the correctness of the additions and the time of the new delivery.

The grade of the course through continuous evaluation will be determined according to two elements: 1) Participation and debate during the lectures (35% of the grade); 2) Exercises and problems proposed and presented throughout the course (65% of the grade).

The evaluation will check if the students have acquired the competences of the course. Therefore, the final exam will use the same types of evaluation techniques used in the progressive evaluation (EX), and will be carried out at the final dates and times approved by the Academic Board for the current course and semester, except those activities of evaluation of learning results of difficult qualification in a final exam. In this case, these evaluation activities may be carried out throughout the course. The grade is obtained from just from the problems solved during the exam. A minimum of 5 is necessary to pass the course

The evaluation in the extraordinary call will be made exclusively through the final exam procedure.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
García Orden, J.C. "Computational Mechanics"	Bibliografía	Course notes
Página web de la asignatura	Recursos web	https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=4366
Hubert Selhofer, revised by Marcel Oliver Introduction to GNU Octave., 2008	Bibliografía	
A. Quarteroni and F. Saleri. Scientific Computing with MATLAB and Octave. Springer, 2006.	Bibliografía	

A. Quarteroni, R. Sacco, and F. Saleri. Numerical Mathematics. Texts in Applied Mathematics. Springer, 2007.	Bibliografía	
J.W. Demmel, Applied numerical linear algebra, SIAM, Philadelphia, 1997.	Bibliografía	
T.R.J. Hughes. The Finite Element Method. Prentice Hall, 1987.	Bibliografía	
Javier Bonet and Richard D. Wood. Nonlinear continuum mechanics for finite element analysis. Cambridge University Press, second edition, 2008.	Bibliografía	
Uri M. Ascher and Linda R. Petzold. Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations. SIAM, Philadelphia, USA, 1998.	Bibliografía	
M. Geradin and D. Rixen. Mechanical vibrations. Wiley, 1997.	Bibliografía	
J.W. Eaton, David Bateman, and Soren Hauberg. GNU Octave. A high- level interactive language for numerical computations	Bibliografía	