



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y
Energía

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

63000145 - Simulación Numérica II: Aplicaciones Mediante Códigos Numéricos

PLAN DE ESTUDIOS

06AF - Master Universitario en Ingeniería de Minas

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - 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.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	63000145 - Simulacion Numerica II: Aplicaciones Mediante Codigos Numericos
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Cuarto semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	06AF - Master Universitario en Ingenieria de Minas
Centro responsable de la titulación	06 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Minas y Energia
Curso académico	2019-20

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Ultano Kindelan Bustelo (Coordinador/a)	608	ultano.kindelan@upm.es	M - 12:00 - 14:00 X - 12:00 - 14:00 X - 16:00 - 18:00
Santiago De Vicente Cuenca	610	santiago.devicente@upm.es	L - 16:00 - 19:00 J - 16:00 - 19:00

* 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

- Modelizacion I: Mecanica De Medios Continuos
- Modelizacion Ii: Dinamica De Estructuras Y Petroquimica
- Simulacion Numerica I: Formulacion Y Metodos De Resolucion

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Master Universitario en Ingenieria de Minas no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE01 - Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyectos, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería de minas.

CG18 - Conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de métodos matemáticos, analíticos y numéricos de la ingeniería, mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estructuras, carboquímica, petroquímica y geotecnia

CT01 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa

CT02 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT03 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas

CT04 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo

CT05 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente

CT06 - Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos

CT07 - Capacidad para trabajar en contextos internacionales

4.2. Resultados del aprendizaje

RA56 - Aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión

RA55 - Plantear y resolver problemas matemáticos avanzados en el contexto de la Ingeniería de Minas

RA192 - Utilizar códigos numéricos profesionales para la simulación numérica y optimización de problemas industriales en Ingeniería

RA191 - Aplicar métodos numéricos de aproximación en la resolución de problemas en derivadas parciales de la Ingeniería

RA57 - Análisis e interpretación de los resultados obtenidos

RA58 - Aplicación a los campos de mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estructuras, geotecnia, carboquímica y petroquímica.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La Asignatura se enmarca dentro del módulo de formación científica "*Modelización y Simulación Numérica en Ingeniería*" del *Máster Universitario en Ingeniería de Minas*. Constituye la última asignatura de este bloque y tiene un marcado carácter práctico, no perdiendo nunca de vista que se trata de formar usuarios muy cualificados, pero usuarios, de las Matemáticas. La asignatura debe preparar a los estudiantes para el manejo con criterio (selección, comprobación de resultados, etc.) de códigos profesionales de simulación numérica, y debe tener una carga conceptual considerable si se pretende ir más allá de dar unas cuantas reglas prácticas exentas de sustancia. Se promoverá un enfoque de *resolución de problemas* y de *estudio del caso* utilizando problemas de interés industrial, y no solo académico. Como principio general, se potenciará el *trabajo del estudiante*, con un seguimiento muy personalizado. Deberán fomentarse las habilidades del alumno para *redactar con criterio* y para *preparar y realizar exposiciones*. Se promoverá tanto el *trabajo en equipo* como el *trabajo interdisciplinar*. La *evaluación* se realizará, en gran parte, *mediante trabajos*, no mediante exámenes, asegurando el trabajo personal y potenciando la honradez intelectual de los estudiantes. El principio fundamental que regirá la filosofía de la Asignatura es que "*a modelar se aprende modelando*".

5.2. Temario de la asignatura

1. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica (1,5 C.)
 - 1.1. Principios y Ecuaciones de Conservación.
 - 1.2. Modelos Matemáticos de los Medios Continuos.
 - 1.3. Modelos Matemáticos del Electromagnetismo.
 - 1.4. Condiciones Iniciales y de Contorno.
 - 1.5. Simulación Numérica de modelos típicos en EDPs mediante un código sencillo de Elementos Finitos (Código 1).
2. SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs (1,5 C.)

2.1. Problema Modelo. Formulación Variacional.

2.2. Aproximación en espacio mediante Elementos Finitos.

2.3. Interpolación. Aspectos prácticos: el mallado espacial. Implementación en un código profesional de elementos finitos (Código 2).

2.4. Aproximación en tiempo: Métodos BDF. Aspectos prácticos. Implementación en el Código 2.

2.5. Resolución de Sistemas Algebraicos Lineales y No Lineales. Aspectos prácticos. Implementación en el Código 2.

2.6. Simulación Numérica de modelos industriales en EDPs de la Ingeniería mediante el Código 2.

3. PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS (1,5 C.)

3.1. Problema Industrial.

3.2. Modelo Matemático

3.3. Aproximación Numérica.

3.4. Simulación Numérica mediante el Código 2.

3.5. Análisis e Interpretación de Resultados.

3.6. Informe Final.

3.7. Exposición Pública y Evaluación del Proyecto.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Seguimiento Modelización OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:20
2	MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Seguimiento Modelización OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:20
3		MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Taller Modelización ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Duración: 03:00
4		MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Taller Modelización ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Duración: 03:00
5		MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 01:20 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Examen final ordinario Modelización (Evaluación continua) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 02:00
6	SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Seguimiento Simulación OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:20
7	SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
8		SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Taller Simulación ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Duración: 03:00

9		SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
10		SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs Duración: 01:20 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Examen final ordinario Simulación (Evaluación continua) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 02:00
11		PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
12		PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
13		PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
14		PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
15		PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
16				Exposición del proyecto PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Duración: 00:15
17				Examen Final Ordinario (solo examen final) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación sólo prueba final Duración: 04:00

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Seguimiento Modelización	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:20	2.5%	3.5 / 10	CE01 CT01 CG18
2	Seguimiento Modelización	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:20	2.5%	3.5 / 10	CE01 CT01 CG18
3	Taller Modelización	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	03:00	2.5%	3.5 / 10	CT04 CE01 CG18 CT03
4	Taller Modelización	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	03:00	2.5%	3.5 / 10	CT05 CT04 CT06 CT07 CE01 CG18 CT03
5	Examen final ordinario Modelización (Evaluación continua))	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	15%	3.5 / 10	CG18 CT03 CE01 CT01
6	Seguimiento Simulación	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:20	5%	3.5 / 10	CE01 CT01 CG18
8	Taller Simulación	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	03:00	5%	3.5 / 10	CT06 CT07 CE01 CG18 CT03 CT05 CT04
10	Examen final ordinario Simulación (Evaluación continua))	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	15%	3.5 / 10	CE01 CT01 CG18 CT03

16	Exposición del proyecto	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:15	50%	3.5 / 10	CT05 CT04 CT06 CT07 CE01 CT02 CG18 CT03
----	-------------------------	--	------------	-------	-----	----------	--

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final Ordinario (solo examen final)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CT05 CT04 CT06 CT07 CE01 CT01 CT02 CG18 CT03

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Final extraordinario (solo examen final)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CT05 CT04 CT06 CT07 CE01 CT01 CT02 CG18 CT03

7.2. Criterios de evaluación

SISTEMA DE EVALUACIÓN CONTINUA (CONVOCATORIA ORDINARIA)

1. Seguimiento (10%)*.
2. Taller (10%)**.
3. Examen (30%).
 - a) Examen del bloque de Modelización (15%). El examen consistirá en el modelado de un problema real y su resolución mediante el Código 1.
 - b) Examen del bloque de Simulación (15%). El examen consistirá en la simulación de un caso práctico con el Código 2.
4. Proyecto (50%).

Para superar la Asignatura mediante Evaluación Continua se deben cumplir los dos requisitos siguientes:

1. Obtener, al menos, el 35% de la puntuación de cada actividad de evaluación***.
2. Obtener, al menos, el 50% de la puntuación total.

SISTEMA DE EVALUACIÓN MEDIANTE EXAMEN FINAL (CONVOCATORIA ORDINARIA Y EXTRAORDINARIA)

Examen Final (100%). Para el aprobado debe obtenerse, al menos, el 50% de la puntuación.

El examen consistirá en el modelado de un caso práctico y en la posterior resolución del modelo planteado con los dos códigos utilizados en el curso.

(*) En el bloque de Modelización las dos pruebas de seguimiento que aparecen en el cronograma pueden reducirse a una sola si el desarrollo de las clases así lo aconseja. En este caso el peso de la prueba en la evaluación se multiplicaría por dos.

(**) En el bloque de Modelización los dos talleres que aparecen en el cronograma pueden reducirse a una solo si

el desarrollo de las clases así lo aconseja. En este caso el peso del taller en la evaluación se multiplicaría por dos.

(***) Los alumnos que no hayan alcanzado el mínimo requerido para superar la asignatura en alguna de las actividades de evaluación 1, 2 o 3, suspenderán la convocatoria ordinaria y no podrán realizar el Proyecto.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
G. Allaire (2007). Numerical Analysis and Optimization. An Introduction to Mathematical Modelling and Numerical Simulation. Series in Numerical Mathematics and Scientific Computation. Oxford University Press.	Bibliografía	Libro de texto
M.S. Gockenbach (2002). Partial Differential Equations. Analytical and Numerical Methods. SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics).	Bibliografía	Libro de Consulta
K. Masatsuka (2013). I do like CFD, Vol. 1. Governing Equations and Exact Solutions. CRADLE.	Bibliografía	Libro de Consulta
R.M.M. Mattheig, S.W. Rienstra, J.H.M. ten Thije Boonkamp (2005). Partial Differential Equations. Modeling, Analysis, Computation. SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics). Monographs on Mathematical Modeling and Computation.	Bibliografía	Libro de Consulta

S. Salsa (2008). Partial Differential Equations in Action: From Modelling to Theory. Springer.	Bibliografía	Libro de Consulta
R. Temam, A. Miranville (2005). Mathematical Modeling in Continuum Mechanics (2nd Ed.). Cambridge University Press.	Bibliografía	Libro de Consulta
S. de Vicente (2003). Ecuaciones en Derivadas Parciales de los Medios Continuos. DMAMI UPM.	Bibliografía	Libro de Consulta
PDE Solutions Inc. (2015). FlexPDE 6. Version 6.36.	Otros	Manual de apoyo para FlexPDE
G. Backstrom (2005). Fields of Physics by Finite Element Analysis. Electricity, Magnetism and Heat in 1D, 2D and 3D using FlexPDE, Version 5. GB Publishing.	Otros	Material de apoyo para FlexPDE
COMSOL (2008). Modeling Guide. Comsol Multiphysics 3.5.	Otros	Material de apoyo para COMSOL
COMSOL (2014). COMSOL Multiphysics Reference Manual 5.0.	Otros	Material de apoyo para COMSOL
P. Råback et al. (2015). Elmer Models Manual. CSC - IT Center for Science.	Otros	Material de apoyo para Elmer
J. Ruokolainen et al. (2014). Elmer Solver Manual. CSC - IT Center for Science.	Otros	Material de apoyo para Elmer
CSC (2015). Elmer GUI Tutorials. IT Center for Science.	Otros	Manual de apoyo para Elmer
Scientific / Educational MATLAB Database	Recursos web	http://m2matlabdb.ma.tum.de
List of Finite Elements Packages	Recursos web	https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_finite_element_software_packages

Comparison Chart of Finite Element Analysis (FEA) Programs	Recursos web	http://feacompare.com
--	--------------	---

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

El seguimiento de la Asignatura mediante evaluación continua requiere de aproximadamente 50 horas presenciales (incluyendo clases, actividades de seguimiento, talleres, prácticas y examen) por parte del estudiante. Éste debe dedicar aproximadamente otras 70 horas de trabajo personal (de las que unas 6 horas corresponden a la realización de los talleres). La carga total horaria estimada es de 120 horas de trabajo, correspondientes a 8 horas semanales.