



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 - Máster Universitario En Ingeniería De Minas

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - 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
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	63000145 - Simulacion Numerica II: Aplicaciones Mediante Codigos Numericos
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Cuarto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06AF - Máster Universitario en Ingeniería de Minas
<b>Centro responsable de la titulación</b>	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Santiago De Vicente Cuenca	610	santiago.devicente@upm.es	Sin horario.
Anastasio Pedro Santos Yanguas (Coordinador/a)	632	tasio.santos@upm.es	Sin horario. Solicitar por email
Ricardo Castedo Ruiz	622	ricardo.castedo@upm.es	L - 09:30 - 12:30 X - 09:30 - 12:30 Concretar cita por email

Maria Chiquito Nieto	629-M3	maria.chiquito@upm.es	M - 12:00 - 14:00 X - 11:00 - 13:00 J - 12:00 - 14:00
----------------------	--------	-----------------------	---

\* 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 Máster Universitario en Ingeniería de Minas no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CB09 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

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.

CE14 - Realización, presentación y defensa de un trabajo realizado individualmente consistente en un proyecto integral de ingeniería de minas de naturaleza profesional en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas

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.

RA207 - Utilizar distintos métodos para comunicar sus conclusiones, de forma clara y sin ambigüedades, y el conocimiento y los fundamentos lógicos que las sustentan, a audiencias especializadas y no especializadas con el tema, en contextos nacionales e internacionales

## 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 en público de un modo claro y sin ambigüedades*. 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. Al menos uno de los trabajos consistirá en la realización, presentación y defensa de un proyecto. 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.
    - 1.2.1. Modelos matemáticos de los problemas de transmisión de calor
    - 1.2.2. Modelos matemáticos de la Mecánica de Sólidos
    - 1.2.3. Modelos matemáticos de la Mecánica de Fluidos
  - 1.3. Condiciones iniciales y de contorno.
  - 1.4. Simulación numérica de modelos típicos de elastoplasticidad mediante un código profesional de Elementos Finitos. (Ansys- LS-DYNA Student)
2. SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs (1,5 C.)
  - 2.1. Repaso fundamentos Método de Elementos Finitos
  - 2.2. Problema modelo. Formulación variacional.
  - 2.3. Aproximación en espacio mediante Elementos Finitos.
  - 2.4. Interpolación. Aspectos prácticos: el mallado espacial. Implementación en un código profesional de elementos finitos.
  - 2.5. Aproximación en tiempo: Métodos utilizados. Aspectos prácticos. Implementación en un código profesional de EE.FF.
  - 2.6. Resolución de Sistemas Algebraicos Lineales y No Lineales. Aspectos prácticos.
  - 2.7. Simulación Numérica de modelos en EDPs de la Ingeniería (Térmicos y de Mecánica de Fluidos) mediante un código profesional de EE FF.(ANSYS-LS-DYNA Student)
3. PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS (1,5 C.)
  - 3.1. Planteamiento del problema.
  - 3.2. Modelo matemático
  - 3.3. Aproximación numérica.
  - 3.4. Simulación numérica mediante el Código LS-DYNA Student
  - 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 en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
3		<b>MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	<b>SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6		<b>SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7		<b>SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

8		<b>SIMULACIÓN NUMÉRICA CON UN CÓDIGO PROFESIONAL: Aspectos prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos en EDPs</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Examen final ordinario Simulación (Evaluación continua)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
9		<b>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
10		<b>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
11		<b>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
12		<b>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
13		<b>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
14		<b>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
15		<b>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		<b>Realización, exposición y defensa en público del proyecto.</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
16				
17				<b>Examen Final Ordinario (solo examen final)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:00

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 derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 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
8	Examen final ordinario Simulación (Evaluación continua))	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	40%	4 / 10	CB09 CG18 CT03 CE01
15	Realización, exposición y defensa en público del proyecto.	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:15	60%	4 / 10	CB09 CT04 CT05 CG18 CT03 CE01

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

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 CG18 CB09 CT04 CT03 CE01

#### 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	CB09 CT04 CT05 CG18 CT03 CE01

## 7.2. Criterios de evaluación

### **SISTEMA DE EVALUACIÓN PROGRESIVA (CONVOCATORIA ORDINARIA)**

#### 1. Examen (40%).

a) Examen del bloque de Modelización (20%). El examen consistirá en el modelado de un problema real y su resolución mediante el Código de EE FF de referencia.

b) Examen del bloque de Simulación (20%). El examen consistirá en la simulación de un caso práctico con el Código de EE FF de referencia.

#### 2. Proyecto (60%).

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

1. Obtener, al menos, el 40% de la puntuación en cada una de las actividades 1 y 2\*.

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 el Código de EE FF de referencia en el curso.

(\*) Los alumnos que no hayan alcanzado el mínimo requerido para superar la asignatura en la actividad de evaluación 1, 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
List of Finite Elements Packages	Recursos web	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_finite_element_software_packages">https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_finite_element_software_packages</a>
Comparison Chart of Finite Element Analysis (FEA) Programs	Recursos web	<a href="http://feacompare.com">http://feacompare.com</a>
Ignacio Romero: Apuntes de Mecánica de Medios Continuos	Bibliografía	Apuntes de referencia mecánica de medios continuos. Página Web de la asignatura
Ignacio Romero: Mecánica de Sólidos	Bibliografía	Referencia para mecánica de sólidos. Página Moodle de la asignatura

## 9. Otra información

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### Estimación de la carga horaria

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.

#### Comunicación

La comunicación con el profesorado se hará presencialmente en horario de tutorías y, como vía alternativa, de forma no presencial mediante correo electrónico en cualquier horario. Los profesores intentaremos responder en menos de 24 horas. Si la situación de la pandemia de COVID lo requiere, se sustituirán las tutorías presenciales

por tutorías telemáticas utilizando las plataformas Zoom o Teams.