



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**53001038 - Diseño de Reactores Nucleares**

### PLAN DE ESTUDIOS

05AX - Master Universitario en Ingeniería de la Energía

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - 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.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	9
9. Otra información.....	9

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53001038 - Diseño de Reactores Nucleares
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05AX - Master Universitario en Ingeniería de la Energía
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Nuria Garcia Herranz (Coordinador/a)	Nuclear Planta1	nuria.garcia.herranz@upm.e s	Sin horario. Solicitar por correo electrónico

\* 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

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de la Energía no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Tecnología nuclear: fundamentos de física de reactores de fisión
- Centrales nucleares
- Estructura de la materia

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE 10. - Aplicar los conocimientos adquiridos en la ciencia y tecnología nuclear para la práctica profesional en las empresas del sector nuclear, diseñando, coordinando, dirigiendo e integrando los conocimientos necesarios para poner en marcha y operar una instalación nuclear.

CE 11 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas en las metodologías de simulación y de diseño de los reactores de fisión y fusión nuclear.

CE 16 - Capacitar en el cálculo del diseño de los reactores nucleares, mediante herramientas computacionales de simulación neutrónica y termohidráulica. Resolver problemas, interpretar los resultados, y conocer las limitaciones y capacidades de la simulación.

CE 19 - Conocer las tecnologías innovadoras de los nuevos diseños de reactores nucleares, y de sus sistemas avanzados de seguridad.

CG 1 - Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica profesional o investigadora de la Ingeniería Energética.

CG 2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos energéticos, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales avanzadas

CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos multidisciplinares de la Ingeniería Energética.

CG 6. - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones (y los conocimientos y razones últimas que las sustentan), de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG 7 - Poseer habilidades de aprendizaje que le permitan continuar estudiando, de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, para su adecuado desarrollo profesional o como investigador

CG 8 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas de la Ingeniería Energética en sus actividades profesionales o investigadoras.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA40 - Simulación numérica de Monte Carlo

RA36 - Aplicabilidad de los códigos de cálculo para física de reactores de fisión

RA41 - Diseño y análisis de reactores nucleares de fisión

RA44 - Destreza en la utilización de herramientas de simulación para reactores de fisión

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Los métodos de Monte Carlo son técnicas estocásticas para la resolución de diversos problemas a través de simulaciones numéricas que utilizan secuencias de números aleatorios. Hoy en día los métodos de Monte Carlo son ampliamente utilizados en diferentes campos de la física y la ingeniería, desde la astrofísica a la medicina nuclear. En particular en la industria nuclear, que necesita confiar en simulaciones numéricas precisas, estos métodos son prácticamente los únicos capaces de dar soluciones detalladas del transporte de radiación en sistemas complejos.

Este curso tiene como finalidad introducir al alumno en la utilización de este tipo de métodos computacionales y su

aplicación al diseño y análisis de sistemas nucleares. En primer lugar, se dota al alumno de los conocimientos básicos y específicos necesarios para llevar a cabo cálculos con códigos de transporte de radiación por el método de Monte Carlo. En segundo lugar, se presenta un código ampliamente utilizado en la industria, organismos reguladores y centros de investigación para el transporte neutrónico. Por último, se aplica dicho código a la evaluación del diseño de sistemas nucleares desde una perspectiva práctica.

De esta forma, el alumno se enfrentará a los mismos problemas que pueden surgirle en el ejercicio de su profesión: sabrá crear un modelo matemático de cualquier sistema, conocerá qué conjunto de datos necesita para su simulación con un código de Monte Carlo y qué resultados de interés puede obtener, aprendiendo a interpretar los resultados y a evaluar la bondad de los modelos y de las simulaciones realizadas.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Fundamentos de los métodos de Monte Carlo

- 1.1. Bases de las técnicas de Monte Carlo
- 1.2. Generadores de números aleatorios
- 1.3. Proceso de muestreo
- 1.4. Análisis estadístico
- 1.5. Aplicación al transporte neutrónico

### 2. Código de Monte Carlo

- 2.1. Geometría
- 2.2. Materiales
- 2.3. Términos fuente
- 2.4. Registros o tallies
- 2.5. Técnicas de reducción de varianza

### 3. Aplicación al diseño de sistemas nucleares: cálculos de criticidad

- 3.1. Análisis de fábricas de combustible
- 3.2. Transporte y almacenamiento de combustible fresco
- 3.3. Transporte y almacenamiento de combustible irradiado (en seco y en piscina). Crédito al quemado

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Impartición Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Ejercicios de simulación Tema 1</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
3	<b>Ejercicios de simulación Tema 1</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
4	<b>Ejercicios de simulación Tema 1</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
5	<b>Impartición Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega Ejercicios Tema 1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
6	<b>Ejercicios de simulación Tema 2</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
7	<b>Ejercicios de simulación Tema 2</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
8	<b>Ejercicios de simulación Tema 2</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
9	<b>Ejercicios de simulación Tema 2</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
10	<b>Impartición Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Ejercicios de simulación Tema 3</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			<b>Entrega Ejercicios Tema 2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00

12	<b>Trabajo de aplicación Tema 3</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			<b>Entrega Ejercicios Tema 3</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
13	<b>Trabajo de aplicación Tema 3</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
14				<b>Presentación trabajo / cuaderno electrónico elaborado</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
15				
16				
17				<b>Examen de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00  <b>Examen final- Parte teórica</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00  <b>Examen final - Parte práctica</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00

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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Entrega Ejercicios Tema 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	15%	5 / 10	CG 8 CG 3 CE 16 CE 19 CG 7 CG 1 CG 2
11	Entrega Ejercicios Tema 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	15%	5 / 10	CG 1 CG 2 CG 8 CG 3 CE 16 CE 19 CG 7
12	Entrega Ejercicios Tema 3	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	5 / 10	CG 1 CG 2 CG 8 CG 3 CE 16 CE 19 CG 7
14	Presentación trabajo / cuaderno electrónico elaborado	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	No Presencial	02:00	20%	5 / 10	CG 6.
17	Examen de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	40%	5 / 10	CE 11 CE 10.

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

17	Examen final- Parte teórica	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	40%	5 / 10	CE 11 CE 10.
17	Examen final - Parte práctica	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	01:00	60%	5 / 10	CG 8 CG 3 CE 16 CE 19 CG 6. CG 7 CG 1 CG 2

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Dos opciones de evaluación a elegir por el alumno: 1) Evaluación continua 2) Evaluación final

### 1) EVALUACIÓN CONTINUA (la entrega de ejercicios y la asistencia a clase es OBLIGATORIA)

**40%** de la nota por evaluación de un examen a celebrar el día del examen final

**60%** de la nota por entrega de ejercicios en un cuaderno electrónico y de un trabajo final. Dicho cuaderno y trabajo se expondrán oralmente a final de curso

### 2) EVALUACIÓN FINAL

**40%** de la nota por evaluación de un examen final

**60%** de la nota por evaluación práctica de destrezas en el uso de códigos de simulación para cálculos de criticidad y blindaje

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes elaborados por el equipo docente	Bibliografía	El material necesario para el estudio de la asignatura estará disponible en MOODLE
Monte Carlo Methods, M.H. Kalos and P.A. Whitlock	Bibliografía	Recomendada para consulta de los formalismos teóricos de los distintos temas
Plantillas de EXCEL	Otros	Plantillas elaboradas por el equipo docente para la realización de ejercicios del Tema 1
Programa en FORTRAN	Otros	Programa sencillo para ilustrar el transporte neutrónico por Monte Carlo
Manual código de Monte Carlo	Recursos web	Manual del código de Monte Carlo empleado

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### TIPO DE DOCENCIA

La docencia de la asignatura será presencial. Sin embargo, si las condiciones sanitarias así lo exigieran, pasaría a ser telemática, en cuyo caso:

- **COMUNICACIÓN CON EL EQUIPO DOCENTE:** Se llevaría a cabo preferentemente a través del e-mail institucional y/o a través del chat de la plataforma de tele-enseñanza utilizada.
- **PLATAFORMAS DE TELE-ENSEÑANZA:** Las actividades de tele-enseñanza se llevarían a cabo utilizando la plataforma Collaborate de Moodle o Microsoft Teams. La asistencia a las clases telemáticas, al igual que ocurre con las presenciales, sería obligatoria.

## OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La asignatura permite trabajar algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como:

### **ODS 3 "Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades"**

### **ODS 9 "Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación"**

La asignatura trabaja esos aspectos al estudiar las bases de herramientas de simulación computacional imprescindibles hoy en día para el diseño y análisis de sistemas que emplean radiaciones ionizantes, tan usadas en medicina y aplicaciones industriales, y necesarias para el diseño de blindajes contra las mismas.

### **ODS 17 "Alianzas para lograr los objetivos"**

- El desarrollo sostenible no puede lograrse con la participación de una única organización o un único Gobierno. Las alianzas son un elemento fundamental para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El OIEA, la NEA y otras instituciones internacionales desempeñan un papel importante en la agenda mundial para el desarrollo sostenible al ayudar a los países a utilizar la ciencia nuclear para cumplir sus objetivos de desarrollo y trabajar conjuntamente. Esta ayuda consiste en intercambio conocimientos a través de proyectos de investigación, distribución de bases de datos y software, proyectos de cooperación técnica, así como establecimiento de guías y normativas internacionales,
- En la asignatura se trabajan esos aspectos utilizando bases de datos nucleares y códigos computacionales de instituciones internacionales.