



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

**53001595 - Diseño De Reactores Nucleares**

### PLAN DE ESTUDIOS

05BF - Master Universitario En Ciencia Y Tecnologia Nuclear

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - 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.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	10
9. Otra información.....	10

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53001595 - 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>	05BF - Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 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.es	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 Ciencia y Tecnología Nuclear no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Tecnología nuclear: fundamentos de las desintegraciones, reacciones nucleares, ciclo neutrónico en reactores de fisión
- Centrales nucleares

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB07 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CE02 - Es capaz de realizar análisis matemático avanzado y simulación numérica de los diferentes procesos y sistemas de la física y de la ingeniería de los reactores de energía nuclear de fisión y/o fusión

CE03 - Utiliza los datos y sistemas informáticos más empleados tanto en la investigación como en la industria nuclear para los sistemas de fisión y/o fusión

CE07 - Es capaz de trabajar profesionalmente en las empresas del sector nuclear, diseñando, coordinando, dirigiendo e integrando los conocimientos necesarios para participar en la puesta en marcha y apoyo a operación de las instalaciones nucleares

CG02 - Realizar investigación, desarrollo e innovación en procesos y métodos aplicables a los sistemas de fisión o fusión nuclear

CG03 - Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares

CT03 - Diseña. Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad

CT05 - Resuelve. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

CT11 - Usa herramientas. Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería

CT12 - Es bilingüe. Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano)

CT13 - Planifica. Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA42 - Diseño y análisis de reactores nucleares de fisión

RA41 - Aplicabilidad de códigos de cálculo para física de reactores de fisión)

RA39 - Destreza en la utilización de herramientas de simulación

RA40 - Simulación numérica de Monte Carlo

## 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 estos métodos son prácticamente los únicos capaces de dar soluciones detalladas del transporte de radiación en sistemas complejos.

Esta asignatura tiene como finalidad introducir al alumno en la utilización de códigos de Monte Carlo para el diseño y análisis de instalaciones radiactivas y nucleares. Hoy en día este tipo de códigos suministran las soluciones de

referencia para los cálculos de dosis y blindaje en estudios de radioprotección, para los cálculos de reactores, o para las evaluaciones del riesgo de accidentes de criticidad durante el manejo, transporte y almacenamiento de materiales fisibles.

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. Por último, se aplica dicho código a la evaluación de sistemas desde una perspectiva práctica.

Después del curso, los estudiantes deberían:

- Dominar la teoría que subyace tras la simulación de Monte Carlo
- Saber crear un modelo de cualquier sistema y conocer qué conjunto de datos necesita para su simulación por Monte Carlo
- Aprender a interpretar los resultados de naturaleza estadística y a evaluar la precisión y exactitud 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 y librerías de datos nucleares
- 2.3. Términos fuente: problemas de criticidad y de fuente fija
- 2.4. Registros o tallies
- 2.5. Simulación análoga y no análoga: técnicas de reducción de varianza

### 3. Aplicación al análisis y diseño de sistemas nucleares

- 3.1. Aplicación a análisis de criticidad en instalaciones del ciclo de combustible: fábricas de combustible y transporte y almacenamiento (en seco y en piscina)

- 3.2. Aplicación al cálculo de reactores (diseño de pin-cell, de elemento combustible, de núcleo)
- 3.3. Aplicación a cálculos de blindaje
- 3.4. Aplicación a otros sistemas (reactores subcríticos asistidos por acelerador)

## 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 Cuaderno Electrónico correspondiente a 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 Cuaderno Electrónico correspondiente a 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 trabajo realizado (correspondiente al Tema 3)</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo 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 realizado (correspondiente al Tema 3)</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua 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 Cuaderno Electrónico correspondiente a Ejercicios Tema 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	15%	5 / 10	CT05 CT11 CE02
11	Entrega Cuaderno Electrónico correspondiente a Ejercicios Tema 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	15%	5 / 10	CE03 CT12 CE02
12	Entrega trabajo realizado (correspondiente al Tema 3)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	00:00	15%	5 / 10	CG02 CT12 CT03
14	Presentación trabajo realizado (correspondiente al Tema 3)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	15%	5 / 10	CE03 CE07 CT13
17	Examen de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	40%	4 / 10	CG03 CB07

#### 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	CG03 CB07
17	Examen final - Parte práctica	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	01:00	60%	5 / 10	CE03 CE07 CG02 CT12 CE02 CT03 CT05 CT11 CT13

### 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 asistencia a clase es OBLIGATORIA)

**40%** de la nota por evaluación de un examen a celebrar el día indicado en el POD (deberá obtenerse una nota igual o superior a 4 para hacer media con el resto de actividades)

**30%** de la nota por entrega individual de ejercicios en un cuaderno electrónico

**30%** de la nota por evaluación de un trabajo en grupo que se expondrá oralmente a final del curso y a cuya exposición asistirán todos los alumnos

### 2) EVALUACIÓN FINAL

**40%** de la nota por evaluación de un examen final (deberá obtenerse una nota igual o superior a 5)

**60%** de la nota por evaluación práctica de destrezas en el uso de códigos de simulación para cálculos de criticidad y fuente fija (se deberá obtener una nota igual o superior a 5)

## 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 ilustrativo del 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 Moodle o Microsoft Teams. La asistencia a las clases telemáticas, al igual que 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 nucleares o que emplean radiaciones ionizantes, ampliamente utilizadas en medicina y aplicaciones industriales.

### **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.