

23-24

GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  
CUARTO CURSO

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## TECNOLOGÍA NUCLEAR PARA PRODUCCIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA

CÓDIGO 68014120

UNED

23-24

TECNOLOGÍA NUCLEAR PARA  
PRODUCCIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA  
CÓDIGO 68014120

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
IGUALDAD DE GÉNERO

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TECNOLOGÍA NUCLEAR PARA PRODUCCIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA
CÓDIGO	68014120
CURSO ACADÉMICO	2023/2024
DEPARTAMENTO	INGENIERÍA ENERGÉTICA
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE CURSO - PERIODO - TIPO	GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA - CUARTO - SEMESTRE 2 - OPTATIVAS
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE CURSO - PERIODO - TIPO	GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES - CUARTO - SEMESTRE 2 - OPTATIVAS
Nº ETCS	5
HORAS	125.0
IDIOMAS EN QUE SE IMPARTE	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

El objetivo principal de esta asignatura es formar a los alumnos en el proceso de obtención de energía de origen nuclear por medio del proceso de fisión. Esto pasa por estudiar cómo funcionan los reactores nucleares de fisión, principalmente los principales parámetros que rigen su operación, y por conocer la problemática asociada a todo el ciclo de combustible que juega un papel fundamental en la sostenibilidad y el impacto ambiental de esta tecnología.

La asignatura comienza con una revisión histórica del desarrollo de la tecnología de fisión y de los principios físicos básicos, en gran parte ya estudiados en la asignatura de Fundamentos de Ingeniería Nuclear, para entender el concepto de reacción en cadena controlada y el funcionamiento del reactor. A continuación, se da paso al núcleo central de la asignatura dedicado al estudio del reactor como un sistema físico atendiendo tanto a su comportamiento en estático como en su evolución temporal. Finalmente, la última parte de la asignatura se ha dividido en dos temas dedicados a la tipología de reactores y al ciclo de combustible respectivamente. El tema dedicado a la tipología de reactores se centra en describir los conceptos de reactor ya desarrollados y las posibles alternativas futuras dentro de la tecnología de fisión. En el último tema se describirá el ciclo de combustible desde las materias primas y su disponibilidad hasta la reutilización o gestión como residuo final de los elementos de combustible usados. Este tema es de vital importancia dentro de la tecnología de fisión ya que el impacto medioambiental y económico de esta tecnología es crítico a la hora de evaluar el coste-beneficio, y por tanto la viabilidad, de las diferentes tecnologías de fisión.

El gran reto actual al que se enfrenta la generación de energía es reducir drásticamente el uso de fuentes de energía que contribuyan al cambio climático. A día de hoy, esto es imposible de conseguir utilizando sólo energías renovables lo que lleva a la energía nuclear

a jugar un papel clave en las próximas décadas como una alternativa o complemento a las energías renovables dado el bajo impacto de esta tecnología al cambio climático al no producir apenas CO<sub>2</sub>. En este sentido, la Unión Europea ha declarado recientemente a la energía nuclear como una energía clave para conseguir la transición energética hacia fuentes de energía verdes, reavivando así el interés en este tipo de energía en nuestro entorno económico e industrial más cercano. Además, tampoco es desdeñable la importancia que tiene este tipo de energía para la independencia energética de la Unión Europea tradicionalmente dependiente de los recursos de otros países lo que resulta en incertidumbres de abastecimiento y precios.

De acuerdo con los informes de la IAEA, en el año 2020 se encontraban en el mundo 52 reactores nucleares en construcción, y 442 en operación. La tecnología de fisión nuclear está plenamente activa. Además de ser una tecnología prometedora para el futuro, sobre todo con la incorporación de nuevos esquemas avanzados de funcionamiento, se prevé la necesidad de una gran fuerza de trabajo para gestionar el desmantelamiento de numerosas unidades, así como la gestión de sus residuos.

Dicho esto, no hay que ignorar que actualmente la producción de energía nuclear por medio de los reactores de fisión conlleva unas contrapartidas en seguridad e impacto medio ambiental que han de ser consideradas para evaluar de forma adecuada el coste riesgo-beneficio de usar este tipo de energía. En este sentido, esta asignatura pretende en parte dotar al alumno de una opinión formada que le permita analizar, en base a los conocimientos técnicos actuales, la adecuación de esta tecnología dentro del panorama energético actual y futuro. Este tipo de conocimiento se antoja fundamental para el ingeniero que quiera dedicarse al sector de la energía.

Esta asignatura se enmarca dentro de la materia de ingeniería nuclear y esta relacionada con las asignaturas Fundamentos de Ingeniería Nuclear y Protección Radiológica.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Es imprescindible que el alumno tenga conocimientos previos de física, cálculo, y ecuaciones diferenciales que el alumno deberá haber cursado en los primeros cursos del grado correspondiente.

Es recomendable haber cursado o estar cursando la asignatura de Fundamentos de Ingeniería Nuclear.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

FRANCISCO M. OGANDO SERRANO  
fogando@ind.uned.es

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono

JUAN PABLO CATALAN PEREZ (Coordinador/a de asignatura)  
jpcatalan@ind.uned.es

Facultad  
Departamento

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Profesor: D. Juan Pablo Catalán Pérez  
Horario de guardia: Martes y Jueves de 16 a 18 horas  
Teléfono: 913988209  
Despacho: 0.15  
Dirección: Juan del Rosal 12, 28040, Madrid  
Correo electrónico: jpcatalan@ind.uned.es  
Curso Virtual: Curso ALF

Profesor: D. Francisco Ogando Serrano  
Horario de guardia: Martes y Jueves de 16 a 18 horas  
Teléfono: 913988223  
Despacho: 0.15  
Dirección: Juan del Rosal 12, 28040, Madrid  
Correo electrónico: fogando@ind.uned.es  
Curso Virtual: Curso ALF

## TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

- Tutorías de centro o presenciales:** se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.
- Tutorías campus/intercampus:** se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 68014120

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### COMPETENCIAS DEL GRADO (ORDEN CIN 351-2009)

**CO.22.** Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de la tecnología nuclear para la producción de energía eléctrica.

#### OTRAS COMPETENCIAS:

- Comprensión de textos técnicos en lengua inglesa.
- Capacidad de análisis y síntesis.
- Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica.
- Manejo de las tecnologías de la información y comunicación (TICs).
- Capacidad para gestionar información.
- Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos de ingeniería nuclear.

(OBSERVACIONES: Memoria del Grado en proceso de revisión)

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Con el estudio de esta asignatura se pretende que el alumno sea capaz de conseguir los siguientes resultados de aprendizaje:

- Conocer los fundamentos de la ingeniería nuclear
- Conocer las tecnologías empleadas en la producción de energía eléctrica de origen nuclear
- Utilizar los conocimientos de ingeniería nuclear para la resolución de problemas
- Capacidad para plasmar o transmitir conocimientos en el área de ingeniería nuclear

## CONTENIDOS

Capítulo 1. Breve historia de la tecnología nuclear.

1. Los tiempos heroicos.
2. El proyecto Manhattan.
3. La postguerra.
4. Usos civiles de la energía nuclear.

Capítulo 2. Conceptos físicos básicos

1. La naturaleza atómica y nuclear de la materia.
2. Radiactividad y reacciones nucleares.

3. Interacción de la radiación con la materia.
4. Fisión nuclear.

### Capítulo 3. Fundamentos del reactor de fisión

1. Reacción en cadena controlada y autosostenida. Criticidad y reactividad.
2. Procesos físicos relevantes para el neutrón dentro del núcleo.
3. Ciclo de vida del neutrón.
4. Factor de multiplicación  $k$ .
5. Potencia del reactor.

### Capítulo 4. Moderación neutrónica

1. Introducción.
2. Uso de dispersiones elásticas.
3. Uso de dispersiones inelásticas
4. Escape de las resonancias.
5. Tiempo de moderación y ciclo neutrónico.

### Capítulo 5. Difusión de los neutrones

1. Introducción.
2. Planteamiento de la ecuación de difusión.
3. Fugas de neutrones.
4. Análisis de casos simples.

### Capítulo 6. Evolución temporal del reactor

1. Período del reactor.
2. Cinética del reactor. Neutrones diferidos.
3. Coeficientes de reactividad.
4. Envenenamiento por productos de fisión.
5. Control del reactor.
6. Quemado del combustible

### Capítulo 7. Tipos de reactores de fisión

1. Tipología de los reactores
2. Generación II.
3. Generación III(+).

4. Reactores modulares.
5. Generación IV.

## Capítulo 8. Ciclo de combustible

1. Materias primas y su disponibilidad.
2. Esquema general del ciclo de combustible.
3. Fases Pre-reactor: Extracción, procesado y fabricación.
4. Utilización.
5. Fases Post-reactor: almacenamiento, reprocesado y gestión de residuos.

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada es la característica de la UNED, enseñanza a distancia apoyada en el uso de las tecnologías de información y comunicación. La bibliografía básica está especialmente diseñada para facilitar al alumno la asimilación de los contenidos de manera autónoma.

Las actividades de seguimiento y evaluación continua se realizarán a través de las Pruebas de Evaluación Continua (PEC) a distancia.

Por otra parte, la prueba presencial personal y las prácticas presenciales serán indicadoras del nivel global de asimilación alcanzado por el estudiante al finalizar el periodo de aprendizaje de la asignatura.

Las pruebas de evaluación continua tienen carácter obligatorio y se realizarán paulatinamente a lo largo del curso. Están pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de asimilación en cada uno de los bloques en que se estructura la asignatura.

Las prácticas presenciales obligatorias tienen como objetivo fundamental que el alumno entre en contacto con las instalaciones de carácter nuclear y vean in situ la enorme complejidad, desarrollo tecnológico y la seguridad de esas instalaciones. En caso de establecer las prácticas en los locales del Departamento de Ingeniería Energética, el objetivo será afianzar y extender conocimientos clave vinculados a la asignatura.

La labor personal y continuada del alumno es imprescindible para el proceso de aprendizaje, siendo fundamental la asimilación de los nuevos conceptos.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen Examen de desarrollo

Preguntas desarrollo 4

Duración del examen 120 (minutos)

Material permitido en el examen

Calculadora no programable

Criterios de evaluación

Adecuación de la respuesta  
 % del examen sobre la nota final 80  
 Nota del examen para aprobar sin PEC  
 Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC  
 Nota mínima en el examen para sumar la PEC 4  
 Comentarios y observaciones

No es posible aprobar la asignatura, independientemente de la nota en el examen, sin haber realizado tanto las PEC como las prácticas presenciales con una evaluación mínima de 4 en cada una de ellas.

**El número de preguntas de examen es orientativo, puede variar ligeramente en cada examen.**

**PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

¿Hay PEC? Si  
 Descripción

Preguntas de desarrollo sobre cada uno de los temas que conforman la asignatura  
 Criterios de evaluación

Adecuación de la respuesta  
 Ponderación de la PEC en la nota final 10%  
 Fecha aproximada de entrega 10/05/2022  
 Comentarios y observaciones

Al inicio del curso virtual se pondrá el enunciado de las PEC a disposición de los estudiantes en el apartado “Trabajos” del Curso Virtual, con la fecha límite para la entrega en la convocatoria ordinaria.

**Posteriormente a la calificación de la asignatura en convocatoria ordinaria se abrirá de nuevo el plazo de entrega de las PEC para la convocatoria de septiembre, con la fecha aproximada de entrega del 28/08/2022.**

**OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si  
 Descripción

**Prácticas presenciales**

Estas prácticas consisten o bien en una visita a una Instalación Nuclear, o bien prácticas en los locales del Departamento de Ingeniería Energética de la ETS Ingenieros Industriales. Se realizarán en principio en el periodo de prácticas de las asignaturas del segundo semestre del grado en el mes de junio.

No hay sesión de prácticas en el mes de septiembre. Por lo tanto, y dado el carácter obligatorio de las mismas, cualquiera que sea el plan que el alumno tenga de examinarse (junio/septiembre) siempre tendrá que realizar las prácticas en el mes de junio.

Las prácticas presenciales obligatorias tienen como objetivo fundamental que el alumno entre en contacto con las instalaciones de carácter nuclear y vean in situ la enorme complejidad, desarrollo tecnológico y la seguridad de esas instalaciones. En caso de establecer las prácticas en los locales del Departamento de Ingeniería Energética, el objetivo será afianzar y extender conocimientos clave vinculados a la asignatura.

**Criterios de evaluación**

Se debe obtener una nota igual o superior a 4 puntos para poder aprobar la asignatura.

Ponderación en la nota final	10%
Fecha aproximada de entrega	31/06/2022
Comentarios y observaciones	

Consultar fecha definitiva en el calendario de prácticas del grado para asignaturas del segundo semestre cuando esté disponible.

**Con antelación a la realización de las prácticas, los alumnos recibirán toda la información necesaria sobre las mismas: actividades y material de apoyo. Esa misma información aparecerá en el curso virtual de la asignatura.**

**¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?**

La evaluación de la asignatura se realizará en función de las siguientes actividades, todas ellas obligatorias.

Prueba Presencial (PruP).

Práctica Presencial (PraP).

Pruebas de Evaluación Continua (PEC).

**La nota final de la asignatura se calcula de acuerdo a los siguientes criterios:**

**1. La asignatura se aprueba si se obtiene una calificación global igual o superior a cinco, pero además se fija como condicionante adicional para la superación de la misma, el haber obtenido un mínimo de 4 puntos sobre 10 cada una de las anteriores actividades.**

**2. Si se supera el condicionante mencionado, el cálculo de la nota final de la asignatura se hace de acuerdo a la siguiente fórmula:**

$$\text{Nota (final)} = 0,1 \times \text{PraP} + 0,1 \times \text{PEC} + 0,8 \times \text{PruP}$$

**Si la nota del examen es menor que 4 la nota final en las actas será la nota del examen, sin ponderar con las otras dos actividades.**

**\*La Nota asociada a cualquier actividad se puntúa de 0 a 10.**

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

La asignatura se estudiará por medio de apuntes que dará el equipo docente y que estarán disponibles en el curso virtual. Los apuntes han sido pensados para ser autocontenidos.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9788450069990

Título:TEORÍA DE REACTORES Y ELEMENTOS DE INGENIERÍA NUCLEAR (VOL.I) null

Autor/es:Goded Echevarría, Federico ;

Editorial:CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS (CIEMAT)

ISBN(13):9788474841190

Título:REACTORES NUCLEARES1ª

Autor/es:Martínez-Val Peñalosa, José Mª ; Piera, Mireia ;

Editorial:UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

Los libros referenciados en la bibliografía complementaria son dos de las obras más completas sobre teoría de reactores que se pueden encontrar en castellano. Ambas cubren todos los contenidos de la asignatura de forma extensa y en mayor profundidad por lo que son altamente recomendables como obras de consulta.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

**Es fundamental para el desarrollo de la asignatura que el alumno utilice el Curso Virtual.**

Cualquier material complementario adicional que se pueda publicar o aconsejar se encontrará en dicha Plataforma. El alumno puede enviar sus consultas a los distintos foros de debate, o por correo electrónico a la atención de cualquiera de los profesores de la asignatura.

**Programas de radio y otros materiales multimedia grabados por el equipo docente:**

En el curso virtual de la asignatura se comunicará al alumno la temática del material audiovisual que se emita, así como la significación del mismo en el contexto de la asignatura. Además, podrá encontrar una relación de estos audios o videos con los enlaces adecuados.

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO

### Prácticas presenciales obligatorias

Es obligatorio realizar prácticas presenciales de esta asignatura.

En el apartado “Sistema de evaluación” de esta guía está la información completa sobre estas prácticas.

La información acerca de las prácticas de laboratorio de todas las asignaturas de Grado se encuentra en la página web de la Escuela, esa información general se particulariza en el curso virtual de esta asignatura.

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.