

19-20

MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA NUCLEAR

CÓDIGO 2880624-

Ambito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el Código Seguro de Verificación (CSV) en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



FD88231EAB7C3F101BEBE71B6BEBE405

uned

19-20

TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA NUCLEAR  
CÓDIGO 2880624-

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
ADENDA AL SISTEMA DE EVALUACIÓN CON MOTIVO DE LA PANDEMIA COVID 19

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



FD88231EAB7C3F101BEBE71B6BEBE405

Nombre de la asignatura	TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA NUCLEAR
Código	2880624-
Curso académico	2019/2020
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	5
Horas	125.0
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Este curso de Tecnologías de la Energía Nuclear trata de los aspectos básicos en que se fundamentan las aplicaciones de la energía nuclear, Como materia las Tecnologías de la Energía Nuclear está conectada a muy diversas ramas de la ciencia. Desde el punto de vista académico podría por tanto considerarse que esta asignatura sería multidisciplinar, con fundamentos ligados a la termodinámica, hidrodinámica, metalurgia, materiales e incluso economía. El cuerpo de la asignatura estará dedicado a los temas característicos de la tecnología nuclear, lo cual hace imprescindible cierta aclaración sobre la diferencia de objetivos y de metodología entre esta asignatura y la física nuclear. Conviene indicar que la física nuclear tiene como objeto observar e interpretar todos los procesos de la naturaleza en los que intervienen las fuerzas nucleares, es decir, las que ligan entre sí a los constituyentes del núcleo atómico. La física nuclear intenta elaborar modelos que expliquen los procesos observados y predigan otros nuevos. Frente a la reacción de fisión, por ejemplo, la física nuclear utilizará los modelos que interpretan el comportamiento de neutrones y protones para determinar teóricamente las magnitudes de interés, tales como secciones eficaces, defecto de masa, número de neutrones liberados, etc. La tecnología nuclear, por su parte, utilizará esos conocimientos para aplicaciones concretas, y será la fenomenología de los procesos. Por ejemplo, de la fisión, la tecnología nuclear se interesará por la probabilidad de que ocurra con neutrones de una determinada energía, por los productos de fisión que aparecen y demás fenómenos, sin entrar en una interpretación exhaustiva de cómo y por qué se producen estos procesos en el microcosmos del núcleo atómico, que es lo propio de la física nuclear. La tecnología trabajará con los fenómenos observables (a los cuales habrá que conocer exhaustivamente) e intentará extraer aplicaciones útiles a partir de ellos, ideando sistemas adecuados en los que también intervendrán otras ciencias, ya mencionadas, como la termotecnia y el estudio de materiales. Al ingeniero nuclear le será imprescindible conocer todas las propiedades de los materiales y procesos involucrados en las aplicaciones nucleares. Estas propiedades habrán de analizarse y coordinarse para producir el bien deseado, generación de energía con absoluta seguridad

Asignatura obligatoria en el primer cuatrimestre para todos los alumnos que quieran abordar la especialidad de Ingeniería Nuclear del Master en Ingeniería Industrial

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/validar>



## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Los conocimientos de física, cálculo, ecuaciones diferenciales y física nuclear que el alumno habrá cursado en las asignaturas del grado correspondiente.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	MIREIA PIERA CARRETE (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	mpiera@ind.uned.es
Teléfono	91398-6471
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos	MERCEDES ALONSO RAMOS
Correo Electrónico	malonso@ind.uned.es
Teléfono	91398-6464
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

El equipo docente de la asignatura tiene asignados unos días de guardia donde el alumno podrá localizar a los profesores y consultarles lo que consideren para resolver las dudas que se les planteen en el estudio de la asignatura. El alumno también puede dirigirse en todo momento, al equipo docente de la asignatura, a través de los foros habilitados al efecto en el Plataforma Alf.

D<sup>a</sup> Mireia Piera  
Lunes, de 16 a 20 h  
Teléfono.: 91 398 64 70  
Despacho 2.21  
Correo electrónico: mpiera@ind.uned.es Bloque 1  
D. Javier Sanz  
Jueves de 16:00 a 20:00 horas.  
Teléfono: 91 398 64 63

Despacho: 2.18  
Correo electrónico: jsanz@ind.uned.es

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### Competencias Básicas:

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - 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

Ámbito: G.U.I. - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



FD88231EAB7C3F101BEBE71B6BEBE405

amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - 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

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### **Competencias Generales:**

CG1 - Iniciativa y motivación

CG2 - Planificación y organización

CG3 - Manejo adecuado del tiempo

CG4 - Análisis y síntesis

CG5 - Aplicación de los conocimientos a la práctica

CG6 - Resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos

CG7 - Pensamiento creativo

CG8 - Razonamiento crítico

CG9 - Toma de decisiones

CG10 - Seguimiento, monitorización y evaluación del trabajo propio o de otros

CG11 - Aplicación de medidas de mejora

CG12 - Innovación

CG13 - Comunicación y expresión escrita

CG14 - Comunicación y expresión oral

CG15 - Comunicación y expresión en otras lenguas

CG16 - Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica

CG17 - Competencia en el uso de las TIC

CG18 - Competencia en la búsqueda de la información relevante

CG19 - Competencia en la gestión y organización de la información

CG20 - Competencia en la recolección de datos, el manejo de bases de datos y su presentación

CG21 - Habilidad para coordinarse con el trabajo de otros

CG22 - Habilidad para negociar de forma eficaz

CG23 - Habilidad para la mediación y resolución de conflictos

CG24 - Habilidad para coordinar grupos de trabajo

CG25 - Liderazgo

CG26 - Conocimiento y práctica de las reglas del trabajo académico

CG27 - Compromiso ético y ética profesional

CG28 - Conocimiento, respeto y fomento de los valores fundamentales de las sociedades democráticas

CG29 - Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



FD88231EAB7C3F101BEBE71B66BEBE405

métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, mecánica de fluidos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.

CG36 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

### Competencias Específicas:

CE1 - Conocimiento y capacidad para el análisis y diseño de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

CE6 - Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía.

CE16 - Capacidad para la gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación tecnológica.

CE23 - Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.

CE24 - Realización, presentación y defensa, una vez obtenidos todos los créditos del plan de estudios, de un ejercicio original realizado individualmente ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto integral de Ingeniería Industrial de naturaleza profesional en el que se sintetizan las competencias adquiridas en las enseñanzas.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

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

- Conocer y fundamentar el uso de los procesos nucleares para aplicaciones energéticas
- Conocer y asimilar los conceptos básicos de la tecnología nuclear.
- Identificar a la fisión como la reacción básica para el aprovechamiento actual de la energía nuclear.
- Conocimiento cualitativo del funcionamiento del reactor: el cómo y el porqué de su configuración–
- Conocer las distintas familias de reactores nucleares
- Conocer las características generales de tecnologías nucleares comercializadas para producción de electricidad y los diversos tipos de centrales.
- Conocer cada una de las actividades que constituyen el ciclo de combustible nuclear

## CONTENIDOS

### Tema 1

#### TEMA 1. *Introducción científica e histórica.*

1.1. El descubrimiento de la fisión y su desarrollo. 1.2. Introducción a las interacciones nucleares. 1.3. El carácter multidisciplinar de la ingeniería nuclear. 1.4. Ingeniería nuclear y seguridad. 1.5. Metodología de la ingeniería nuclear.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



(Reactores Nucleares; capítulo 1).

## Tema 2

### **TEMA 2.** *Radiactividad.*

2.1. Modos de desintegración. 2.1.1. Radiactividad natural. 2.1.2. Inventario de radiactividad en un reactor nuclear. 2.1.3. La radiactividad en el ciclo del combustible. 2.2. Interacción de las radiaciones con la materia. 2.2.1. Partículas cargadas. 2.2.2. Radiación electromagnética. 2.2.3. Neutrones.

(Reactores Nucleares; capítulo 3)

## Tema 3

### **TEMA 3.** *Reacciones nucleares y secciones eficaces.*

3.1 Principios y notación. 3.2. Clasificación de reacciones nucleares. 3.3. Reacciones inducidas por neutrones. 3.3.1. Cinemática del choque neutrón-núcleo. 3.4. Fisión. 3.4.1. Naturaleza de la fisión y nucleidos fisionables. 3.4.2. Energía producida en la fisión. 3.4.3. Radiactividad de los productos de fisión. 3.4.4. Multiplicación neutrónica.

(Reactores Nucleares; capítulo 4).

3.5 Recorrido libre medio. 3.6. Tipología de secciones eficaces. 3.6.1. Rango térmico. 3.6.2. Rango rápido. 3.6.3. Rango intermedio. Resonancias. 3.7. Secciones eficaces fundamentales. 3.7.1. Dispersiones elásticas e inelásticas. 3.7.2. Captura. 3.7.3. Fisión. 3.7.4. Reacciones de alta energía. (Reactores Nucleares; capítulo 5).

## Tema 4

### **TEMA 4.** *El ciclo del combustible.*

4.1. Introducción. 4.2. Descripción básica del ciclo combustible. 4.3. Alternativas en el ciclo del combustible. 4.4. Economía del ciclo del combustible. 4.5. Gestión del combustible para reactores de agua ligera. 4.6. Gestión del combustible nuclear para otros reactores. 4.7. Diseños del reactor y diseño de ciclos.

(APUNTES).

## Tema 5

### **TEMA 5.** *Las fases finales del ciclo del combustible y los residuos radiactivos.*

5.1. Introducción. 5.2. Almacenamiento de combustibles irradiados y de otros residuos nucleares. 5.3. Transporte de combustible irradiado. 5.4. Reelaboración del combustible irradiado. 5.5. El reciclado del combustible nuclear. 5.6. La gestión de los residuos

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



FD88231EAB7C3F101BEBE71B66BEBE405

radiactivos. 5.7. Disposición definitiva de residuos radiactivos. 5.8. La clausura definitiva de las instalaciones nucleares.

**(APUNTES).**

## Tema 6

### **TEMA 6.** *Irradiación neutrónica y materiales.*

6.1. Introducción: quemado. 6.2. Evolución isotópica. Planteamiento general. 6.2.1. Evolución de los actínidos. 6.2.2. Productos de fisión. 6.2.3. Productos de activación. 6.3. Efectos del quemado en la reactividad. 6.3.1. Consumo de combustible nuclear. 6.3.2. Envenenamiento por xenon-135. 6.3.3. Envenenamiento por samario-149. 6.3.4. Venenos consumibles. 6.4. Efectos de la irradiación de los materiales. 6.4.1. Efectos en el combustible. 6.4.2. Efectos en los metales.

**(Reactores Nucleares; capítulo 13).**

## Tema 7

### **TEMA 7.** *El uranio.*

Los minerales. Recursos españoles del uranio. 7.2. Prospección y minería. 7.3. Los concentrados. Su obtención y su precio. 7.4. Producciones de uranio en España y en el resto del mundo. 7.5. Consumo de uranio en centrales nucleares. Consumo previsto en España y en el resto del mundo. 7.6. Propiedades físico-químicas del uranio más importantes para la tecnología nuclear. 7.7. Aleaciones del uranio. 7.8. Combustibles nucleares cerámicos del uranio. 7.9. Uso del uranio enriquecido. 7.10. Métodos posibles de separación isotópica a escala industrial. 7.11. La difusión gaseosa. Consideraciones generales. 7.12. Método de Becker o de las toberas. 7.13. Método de las centrifugadoras. 7.14. Unidad de trabajo de separación, capacidad o poder de separación. 7.15. Método químico. 7.16. Método de láser. 7.17. Peligros del uranio enriquecido.

**(APUNTES).**

## Tema 8

### **TEMA 8.** *El plutonio como combustible.*

8.1. El plutonio como combustible de los reactores térmicos. 8.2. La reproducción por medio del plutonio. Aspectos más importantes del problema. 8.3. El plutonio como combustible de reactores rápidos. 8.4. El papel del plutonio en la economía nuclear. 8.5. Energía obtenible del uranio según el tipo de reactor en que este se quema. 8.6. Ciclo del plutonio. (

**APUNTES)**

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



FD88231EAB7C3F101BEBE71B66BEBE405

## 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.

La Evaluación Continua propuestas a través de las Pruebas de Evaluación a Continua (PEC) que deben realizar los alumnos con carácter voluntario, permiten a los estudiantes contrastar su proceso de asimilación en cada uno de los temas.

Las prácticas presenciales obligatorias tienen como objetivo 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.

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	3
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	
NINGUNO	
Criterios de evaluación	
Adecuacion de la respuesta	
% del examen sobre la nota final	90
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	
Comentarios y observaciones	

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad	Si
Descripción	
Desarrollo adecuado de las preguntas propuestas	
Criterios de evaluación	
Adecuacion de la respuesta	
Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final	90% Prueba Presencial 10% PEC
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



**PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

¿Hay PEC?

Si,PEC no presencial

Descripción

Desarrollo de las preguntas propuestas

Criterios de evaluación

Adecuacion de la respuesta

Ponderación de la PEC en la nota final 10%

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

**OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?

No

Descripción

Criterios de evaluación

Adecuacion de la respuesta

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

**¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?**

0,9 x Nota Prueba Presencial + 0,1 x Nota PEC

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

ISBN(13):9788474841190

Título:REACTORES NUCLEARES (1ª)

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

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

Apuntes facilitados a los alumnos

**BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA****RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA**

Acceso a la Página de la asignatura en Internet:

Es fundamental para el desarrollo de la asignatura que el alumno utilice la Plataforma Alf.

Cualquier material complementario que se pueda publicar o aconsejar se encontrará en dicha Plataforma.

El alumno también puede enviar sus consultas por fax, a la atención de alguno de los profesores de la asignatura al número 91 398 76 15, o bien por correo postal a la dirección

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



FD88231EAB7C3F101BEBE71B6BEBE405

indicada a continuación.

Dirección postal:

Universidad Nacional de Educación a Distancia  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales  
Departamento de Ingeniería Energética  
C/ Juan del Rosal, 12  
28040 Madrid

Programas de radio: En la Plataforma Alfde la asignatura se comunicará al alumno la temática del programa que se emita así como la significación del mismo en el contexto de la asignatura y podrá encontrar una relación de los programas emitidos con los links adecuados.

## ADENDA AL SISTEMA DE EVALUACIÓN CON MOTIVO DE LA PANDEMIA COVID 19

<https://app.uned.es/evacaldos/asignatura/adendasig/2880624->

---

## 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.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



FD88231EAB7C3F101BEBE71B6BEBE405