20-21

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
CUARTO CURSO

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



# FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA NUCLEAR

**CÓDIGO 6890308-**

UNED

20-21

**FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA NUCLEAR**

**CÓDIGO 6890308-**

# 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

| | |
|---|---|
| Nombre de la asignatura | FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA NUCLEAR |
| Código | 6890308- |
| Curso académico | 2020/2021 |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |
| Título en que se imparte | GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES |
| CURSO - PERIODO | - CUARTO CURSO<br>- SEMESTRE 2 |
| Título en que se imparte | GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA |
| CURSO - PERIODO | - CUARTO CURSO<br>- SEMESTRE 2 |
| Título en que se imparte | GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA |
| CURSO - PERIODO | - CUARTO CURSO<br>- SEMESTRE 2 |
| Tipo | OPTATIVAS |
| Nº ETCS | 5 |
| Horas | 125.0 |
| Idiomas en que se imparte | CASTELLANO |

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura de Fundamentos de Ingeniería Nuclear es común a tres de los grados de ingeniería que se imparten en la ETS Ingenieros Industriales de la UNED, tiene carácter obligatorio en uno de ellos (Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales), y optativo en los otros dos (Grado en Ingeniería Mecánica y Grado en Ingeniería Eléctrica), tal y como se ve en la cabecera de esta página, donde aparecen los créditos y horas equivalentes de trabajo del estudiante, y semestre de impartición.

El objetivo general que se persigue es motivar al estudiante en su interés por el conocimiento de los procesos nucleares y de las aplicaciones o tecnologías que basados en los mismos se han desarrollado, o están en fase de desarrollo, dirigidos a sustentar el bienestar de nuestro planeta y de todos sus habitantes, y que abarcan no sólo opciones energéticas (desde las tradicionales a las nuevas tendentes a la sostenibilidad), sino también las no energéticas, tales como la de salud humana, y otras muchas no consideradas en el curso como la agricultura, la alimentación, etc.

De acuerdo con lo mencionado, los contenidos de la asignatura pueden considerarse organizados en dos partes. En la primera de ellas (la cual incluye los contenidos del Bloque 1 de la signatura) se estudian los conceptos y principios básicos de la fenomenología de los procesos nucleares y de la producción e interacción de las radiaciones ionizantes. Esta primera parte es la que podríamos considerar una introducción a los temas fundamentales de la ciencia nuclear. La segunda parte (que incluye los Bloques 2, 3, 4 y 5 de la asignatura) se orienta a describir y fundamentar las tecnologías que sustentan las principales aplicaciones de los procesos nucleares y las radiaciones. Esta parte es la que podríamos considerar como una introducción a las distintas tecnologías nucleares y de aplicación de la radiación. A este respecto se presta especial atención a las aplicaciones energéticas de los procesos nucleares, y para ello se describe la fuente de energía de fisión nuclear y distintas tecnologías concebidas para explotar su aprovechamiento, desde las actuales a las avanzadas y todavía no implementadas. También se introducen las bases de la fuente de energía de fusión nuclear y de algunas de las tecnologías más prometedoras encaminadas a

lograr su aprovechamiento para la producción de energía eléctrica desde una prespectiva de sostenibilidad. Por otra parte, se aborda también el estudio de las aplicaciones no energéticas, orientadas a campos tales como la industria, la investigación y sobre todo la medicina.

En el curso se subraya la idea de que, si bien las aplicaciones de las reacciones nucleares y la radiación son potencialmente muy beneficiosas, desgraciadamente no están exentas de riesgos, debidas a la presencia de productos radiactivos y radiaciones que pueden interaccionar con la naturaleza y las personas, y producir daños biológicos. En este contexto se introducen los conceptos fundamentales de la cultura de la seguridad nuclear, se plantean las estrategias ligadas a la gestión de los posibles residuos radiactivos que se generan en las distintas aplicaciones, y se presentan algunas de las cuestiones a tener en cuenta para evaluar las posibilidades de alcanzar una energía nuclear sostenible.

En el contexto de la I+D+i, señalar que dentro de los grandes retos hacia los que se quiere orientar la actividad de I+D+i en Europa y España durante los próximos años, las aplicaciones de los procesos nucleares y las fuentes de radiación tienen una cabida muy significativa en varios de ellos. Ver a este respecto documentos sobre:

1. EU research and innovation framework programme, Horizon 2020 (2014-2020)
2. European Atomic Energy Community (EURATOM) programme for nuclear research and training activities, H2020 EURATOM programme (2014-2018)
3. Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación (2013-2020)
4. Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (2017-2020)

Como en ellos puede observarse, las contribuciones esperadas a los retos de energía y salud son muy relevantes.

A nivel contextual, merece la pena hacer constar dos tipos de hechos: i) en España más del 20% de la energía eléctrica producida durante los últimos años ha sido de origen nuclear, en concreto, en el año 2017, ha sido el 22,6%, formando parte de la denominada energía de base, y ii) el enorme avance que en medicina han supuesto la gran variedad de pruebas de diagnóstico y tratamiento basadas en las propiedades nucleares de la materia.

Además, la Unión Europea, consciente de la necesidad de la conservación y actualización de las competencias en el ámbito nuclear, ante el riesgo real de pérdida de competencias nucleares para Europa, y de la dificultad para atraer y motivar a los jóvenes talentos hacia las organizaciones del sector nuclear, ha tomado medidas que se han concretado en la potenciación de la creación de Asociaciones de carácter europeo que hagan de interlocutores para dar respuesta a estas demandas, así como en lanzar Proyectos enmarcados dentro de los últimos Framework Programmes for Research and Technological Development, denominados de forma abreviada, Framework Programmes, FP. El anterior fue el FP7 y el actual, que sería el "FP8", se denomina "Horizon 2020". En este contexto la Gestión del Conocimiento Nuclear ha ido cobrando una gran importancia, y con ella la necesidad de trabajar en entornos multidisciplinares para lograr estos objetivos.

Las dos asociaciones europeas más importantes son FuseNet (The European Fusion Education Network) y ENEN (The European Nuclear Education Network), la primera dedicada a la educación de la ciencia y tecnologías de la fusión nuclear, y la segunda dedicada a a la educación de la ciencia y tecnologías nucleares restantes,

fundamentalmente las concernientes a las tecnologías de fisión nuclear presentes y futuras, y a las basadas en las aplicaciones de las radiaciones ionizantes, y entre ellas y sobre todo a la medicina. Por lo que a proyectos europeos se refiere, los que actualmente se centran en la educación de la ciencia y tecnología nuclear en sentido amplio, encuadrados dentro de Horizonte 2020 y EURATOM, son: ANNETTE (Advanced Networking for Nuclear Education and Training and Transfer of Expertise) y ENEN PLUS (Attract, Retain and Develop New Nuclear Talents Beyond Academic Curricula).

La UNED, bajo la responsabilidad de los profesores de esta asignatura, es miembro desatacado de estas Asociaciones y Proyectos europeos, un gran valor para los estudiantes que quieran iniciarse en la ciencia y tecnología nuclear en la UNED, así como en las temáticas multidisciplinares en el contexto de la Gestión del Conocimiento Nuclear, por las razones que seguidamente comentamos.

Las Redes/Asociaciones Europeas de Formación Nuclear y los Proyectos Europeos de Formación Nuclear arriba indicados suministran una plataforma para la coordinación, integración y mejora de la educación y la formación europeas sobre la distintas Tecnologías nucleares y ciencia nuclear que las sustenta, para la iniciación, desarrollo e implementación de nuevas actividades dentro del marco de la UE, para el intercambio y diseminación de la información sobre educación en las distintas tecnologías nucleares, y para la movilidad de estudiantes de grado, máster y doctorado. En consecuencia, nuestros estudiantes podrían disponer de fondos para movilidad, y además se les posibilita la obtención de certificados internacionales con la realización de unos pocos créditos adicionales en otras instituciones que formen parte de las Redes mencionadas, tales como por el Master Europeo de Ciencia en Ingeniería Nuclear.

Esta asignatura le servirá de puerta de entrada si quisiera abordar la Especialidad de INGENIERÍA NUCLEAR del Máster Universitario en INGENIERÍA INDUSTRIAL, así como también posteriormente el Doctorado en TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES, para el que nuestro equipo de investigación del área de Ingeniería Nuclear del Departamento de ingeniería Energética de la UNED (grupo de investigación TECF3IR), con una reconocida calidad a nivel internacional, podría dirigirle su tesis doctoral dentro del ámbito nuclear.

También puede interesarse por desarrollar su Proyecto Fin de Grado con nosotros en las temáticas propuestas por los profesores de esta asignatura, haciendo la solicitud correspondiente, y si lo desea poniéndose en contacto con nosotros previamente. Además del grupo de investigación citado, se ha constituido un grupo multidisciplinar en temas de innovación educativa y cambio de cultura en el sector nuclear: INOOC ( Innovative Open Online Culture in the Nuclear Field), con posibilidad de incorporar alumnos para desarrollar el Proyecto Fin de Grado.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Los conocimientos de física, cálculo y ecuaciones diferenciales que el alumno habrá adquirido cursando las asignaturas del grado correspondiente.

## EQUIPO DOCENTE


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

| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | JAVIER SANZ GOZALO |
| Correo Electrónico | jsanz@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-6463 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |

| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | FRANCISCO M. OGANDO SERRANO |
| Correo Electrónico | fogando@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-8223 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |

| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | RAFAEL JUAREZ MAÑAS (Coordinador de asignatura) |
| Correo Electrónico | rjuarez@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-8223 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |

| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | JUAN PABLO CATALAN PEREZ |
| Correo Electrónico | jpcatalan@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-8209 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |

| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | ANTONIO JESUS LOPEZ REVELLES |
| Correo Electrónico | alopez@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-6464 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |

| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | PATRICK SAUVAN |
| Correo Electrónico | psauvan@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-8731 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización se realizará fundamentalmente en línea, mediante la participación en los Foros de Debate de la plataforma virtual, si bien también pueden enviarse desde esta misma plataforma correos personales a los distintos profesores del equipo docente.
Además el equipo docente de la asignatura tiene asignados unos días y horarios de guardia donde el alumno podrá contactar personalmente o por teléfono con los profesores y consultarles lo que considere oportuno para resolver las dudas que se le planteen en el estudio de la asignatura. Al final se da la información para contactar con los profesores, indicando en cada bloque temático el profesor responsable. También podrán hacerse consultas en otros días y horarios cuando sea posible mediante acuerdo previo del estudiante con el profesor.
Esta asignatura cuenta con apoyo tutorial en Centro Asociado, la información está disponible en el apartado correspondiente.
En caso de comunicación por correo postal, la dirección de envío es la siguiente (precedida del nombre del profesor correspondiente):
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
E.T.S.I. Industriales
Departamento de Ingeniería Energética
C/ Juan del Rosal 12
28040 Madrid

**Bloque 1**

| | |
|---|---|
| Profesor: | D. Javier Sanz Gozalo |
| Horario de guardia: | Jueves de 16 a 20 horas |
| Teléfono: | 913986463 |
| Despacho: | 2.18 |
| Correo electrónico: | jsanz@ind.uned.es |

**Bloque 2**

| | |
|---|---|
| Profesor: | Dña. Mireia Piera Carreté |
| Horario de guardia: | Lunes de 16 a 20 horas |
| Teléfono: | 913986471 |
| Despacho: | 2.21 |
| Correo electrónico: | mpiera@ind.uned.es |

**Bloque 3**

| | |
|---|---|
| Profesor: | D. Francisco Ogando Serrano |
| Horario de guardia: | Jueves de 10 a 14 horas |
| Teléfono: | 913988223 |

| | |
|---|---|
| Despacho: | 0.15 |
| Correo electrónico: | fogando@ind.uned.es |

**Bloque 4**

| | |
|---|---|
| Profesor: | Dª. Mercedes Alonso Ramos |
| Horario de guardia: | Miércoles de 10 a 14 horas |
| Teléfono: | 913986464 |
| Despacho: | 0.18 |
| Correo electrónico: | malonso@ind.uned.es |

**Bloque 5**

| | | |
|---|---|---|
| Profesor: | D. | Patrick Sauvan |
| Horario de guardia: | | Jueves de 16 a 20 horas |
| Teléfono: | | 913988731 |
| Despacho: | | 0.16 |
| Correo electrónico: | | psauvan@ind.uned.es |

## 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 6890308-

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

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

Esta asignatura no tiene asignadas competencias específicas.
(OBSERVACIONES: Memoria de los Grados en proceso de revisión)

### OTRAS COMPETENCIAS DE LA ASIGNATURA

Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de los métodos numéricos y del cálculo matemático avanzado en el ámbito de las tecnologías industriales.
Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos de Ingeniería Nuclear.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

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

•Conocer y fundamentar el uso de los procesos nucleares para aplicaciones energéticas y no energéticas
•Conocer los conceptos básicos de la ciencia nuclear y entender las limitaciones de la física clásica para analizar el átomo y el núcleo.
•Identificar a la fisión como la reacción básica para el aprovechamiento de la energía nuclear en la actualidad.
•Identificar a la fusión como reacción de enorme potencial para el aprovechamiento de la energía nuclear en un futuro a medio plazo
•Conocer de forma cualitativa el funcionamiento del reactor de fisión: el cómo y el porqué de su configuración
•Conocer las características generales de tecnologías nucleares comercializadas para producción de electricidad. Centrales de agua ligera.
•Conocer las actividades que constituyen el ciclo de combustible nuclear
•Conocer los principales tipos de aceleradores de partículas
•Conocer distintos sistemas para la producción de radionucleidos y radiaciones ionizantes.
•Conocer diversas aplicaciones de los radionucleidos y las radiaciones en la industria y en la medicina.
•Conocer cómo se detecta y mide la radiación.
•Conocer los distintos tipos de riesgos asociados al uso de las instalaciones nucleares y radiactivas en general, y de las centrales nucleares en particular.
•Conocer los medios disponibles y en desarrollo para hacer frente a los riesgos relativos a la salud, el impacto medio ambiental y la proliferación.
•Conocer las características de los reactores de fisión avanzados y de otros sistemas nucleares futuros: sistemas transmutadores y reactores de fusión.
•Plantear y discutir las cuestiones que sirvan para evaluar el interés de la energía nuclear como opción para producir electricidad: posibilidades de la Energía Nuclear Sostenible.

## CONTENIDOS

PRESENTACIÓN

La asignatura consta de una parte teórica que se encuentra dividida en cinco bloques y de dos tipos de actividades complementarias:

1. Prácticas presenciales.

2. Pruebas de evaluación continua (PEC), pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de asimilación de la asignatura, así como elemento de seguimiento y evaluación del proceso de aprendizaje.

Seguidamente se presentan los contenidos de la parte teórica.

## BLOQUE 1. Introducción a la Ingeniería Nuclear y fundamentos teóricos en los que se basa

En este bloque al ser de ciencia, se hablará de fenómenos sin hacer mención alguna a si tendrán o no utilización práctica. Será un bloque temático de ciencia muy básica, el tratamiento de los fenómenos será fundamentalmente descriptivo, se introducirán los conceptos básicos de la ciencia/física nuclear, y aprovecharemos para recalcar como estos quedan fuera del campo de la física clásica.

Los dos fenómenos tratados en este bloque han sido seleccionados por haber dado lugar al desarrollo de aplicaciones tecnológicas: radiactividad y radiación por una parte, y de reacciones nucleares por otra, destacándose las reacciones nucleares de fisión y fusión.

Tema 1. Estructura de la materia y formas de energía.

Tema 2. La naturaleza atómica y nuclear de la materia.

Tema 3. Radiactividad y reacciones nucleares.

Tema 4. Interacción de la radiación con la materia.

Tema 5. Fisión nuclear.

Tema 6. Fusión nuclear.

## BLOQUE 2. Aplicación de la fisión nuclear a la producción de energía eléctrica

Bloque dedicado al estudio de la producción de energía eléctrica a partir de la reacción de fisión nuclear, empezando por definir los diversos parámetros nucleares en los que se basa la ingeniería nuclear para la producción de energía eléctrica, para estudiar a continuación la tipología de las centrales nucleares y sus magnitudes básicas y terminar este bloque con el estudio del ciclo del combustible nuclear.

Tema 7. Concepto de reactor nuclear de fisión. Fisión en cadena autosostenida con neutrones.

Tema 8. Central nuclear: conversión de la energía nuclear en energía eléctrica.

Tema 9. El ciclo de combustible nuclear. Fases pre y post-reactor.

## BLOQUE 3. Aplicaciones de radionucleidos y radiaciones en campos diferentes del energético: sistemas para su producción, uso y detección

Se inicia en este bloque un repaso por las principales aplicaciones no energéticas de las radiaciones ionizantes en medicina e industria. Las aplicaciones energéticas, con mucho las

más importantes hoy en día, han sido ya tratadas extensamente en el bloque 2 de este mismo texto. El enfoque que se ha pretendido dar a esta sección tiene el objetivo de que el estudiante consiga una cultura general sobre la diversidad de posibilidades prácticas que plantean las radiaciones ionizantes. Esta cultura sobre el tema puede aportar dos beneficios fundamentales:

- Se tendrá una información más precisa de cara a formarse un juicio crítico sobre el papel de las radiaciones ionizantes en el mundo actual.
- Se logrará una noción básica de multitud de aplicaciones que, de cara al futuro laboral, puede representar una ventaja si se trabaja en todo el sector laboral entorno a las mismas. Toda la maquinaria de la que se va a tratar tiene utilización diaria en nuestra sociedad actual. Esto genera todo un sector laboral en su entorno, desde las fases de diseño, comercialización, mantenimiento y uso. Si bien el uso médico puede caer fuera de esta titulación de ingeniería, sí que nos afecta directamente el resto de los sectores.

Tema 10. Aplicaciones médicas de los radionucleidos y radiaciones ionizantes.

Tema 11. Producción de radionucleidos y aplicaciones de los mismos y de las radiaciones ionizantes en la industria.

Tema 12. Sistemas de detección y medida de la radiación.

## BLOQUE 4. Riesgos derivados de la utilización civil de los procesos nucleares: salud, impacto medio ambiental, proliferación. Medios para hacerlos frente

Este bloque habla de los temas relacionados con los riesgos debidos al uso civil de los procesos nucleares. Primero se trata de introducir la Protección Radiológica, disciplina que se ocupa de la medida de las dosis de radiación y del establecimiento de los límites correspondientes. Posteriormente la Seguridad Nuclear, centrada concretamente en las Centrales Nucleares, se presenta como la materia que estudia las condiciones que han de cumplir este tipo de instalaciones para considerarse seguras. La gestión de residuos radiactivos también forma parte de las consecuencias medioambientales del uso pacífico de la energía nuclear. El concepto de proliferación de armas nucleares y las medidas en relación con su prevención de se introducen también en este bloque. Finalmente tenemos un capítulo sobre la normativa para este tipo de instalaciones.

Tema 13. Protección Radiológica.

Tema 14. Seguridad de instalaciones nucleares y radiactivas.

Tema 15. Gestión de residuos radiactivos.

Tema 16. Diferenciación entre los usos civiles y militares de los procesos nucleares. La no proliferación y las salvaguardias.

Tema 17. Normativa sobre instalaciones nucleares y radiactivas.

## BLOQUE 5. Perspectivas futuras de la ingeniería nuclear

El quinto y último bloque se centra en el estudio de las posibilidades futuras de la energía nuclear para la el abastecimiento energético, pero primeramente se introducen unas nociones más generales sobre los aspectos económicos, estratégicos y medioambientales de la opción nuclear en el marco de la planificación energética. La atención se centra en hablar de reactores avanzados de fisión, de tercera y cuarta generación, sistemas transmutadores y reactores de fusión.
Tema 18. La energía nuclear en la planificación energética: aspectos económicos, medioambientales y estratégicos.
Tema 19. Reactores avanzados de fisión nuclear: objetivos de la tercera y cuarta generación de centrales nucleares
Tema 20. Sistemas transmutadores de residuos nucleares.
Tema 21. Aprovechamiento de la reacción de fusión nuclear para la producción de energía eléctrica. Conceptos de reactores de fusión

## Prácticas presenciales

Las prácticas presenciales tienen carácter obligatorio, por lo que es imprescindible que el alumno las realice para aprobar la asignatura. Estas prácticas consisten en una visita a una Instalación Nuclear que se realizará 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.
Con antelación a la realización de las prácticas, los alumnos recibirán vía correo electrónico toda la información necesaria sobre las mismas: horarios, actividades, material necesario. Esa misma información aparecerá en la Plataforma Alf de la asignatura.

## Pruebas de evaluación continúa

Actividades de seguimiento y evaluación continua del proceso de asimilación/aprendizaje en cada uno de los bloques en que se estructura la asignatura. Estas se pondrán a disposición de los estudiantes en el curso virtual de la asignatura. Tienen carácter obligatorio.

## 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 este curso 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 forma de seminario, el objetivo será garantizar que el alumno disponga de las bases y actitud crítica que le permitan evaluar la viabilidad de la energía nuclear (en sus distintas opciones) para producir electricidad de forma sostenible.
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 | 8 |
| Duración del examen | 120 (minutos) |

Material permitido en el examen

NIngún tipo de material

Criterios de evaluación

El estudiante debe considerar que si bien todos los temas que forman parte del temario son igualmente importantes hay que tener en cuenta que unos requieren un estudio más profundo que otros.
**El examen consiste en cinco partes una por cada uno de los bloques en que está dividida la asignatura. Las preguntas del Bloque 1 computarán un 30% en la nota del examen, y las del resto de los Bloques (2-5) el 70% restante, de forma igualitaria.**

| | |
|---|---|
| % 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 el resto de actividades con una evaluación mínima de 4.

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

**PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

¿Hay PEC? Si

Descripción

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.

**El estudiante debe realizar cinco PEC, correspondientes a cada uno de los bloques, que desarrollará a medida que vaya estudiando los contenidos de la asignatura.**

Criterios de evaluación

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

**Las PEC del Bloque 1 computarán un 30% en la nota total de las PEC, y las del resto de los Bloques (2-5) el 70% restante, de forma igualitaria.**

Ponderación de la PEC en la nota final 10%

Fecha aproximada de entrega 15/05/2019

Comentarios y observaciones

Al inicio del curso virtual se pondrá en el plan de trabajo la información sobre las fechas de puesta a dispoción de los alumnos de las PEC de cada bloque, así como las fechas recomendadas para la entrega de cada una y la fecha límite para todas ellas.

**OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

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

Descripción

**Prácticas presenciales**

**Estas prácticas consisten en una visita a una Instalación Nuclear que se realizará en el mes de junio, o bien en un seminario presencial en los locales del Departamento de ingeniería Nuclear de la ETS Ingenieros Industriales sobre un tema de especial relevancia y actualidad.**

**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 forma de seminario, el objetivo será garantizar que el alumno disponga de las bases y actitud crítica que le permitan evaluar la viabilidad de la energía nuclear (en sus distintas opciones) para producir electricidad de forma sostenible.**

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 | 31/06/2019 |

Comentarios y observaciones

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 la plataforma 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 asistido a la práctica presencial, y haber obtenido un**

**mínimo de 4 puntos sobre 10 en el resto 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:**

**Nota (final) = 0,1 ×PraP + 0,1 ×PEC + 0,8 ×PruP**

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

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

*MATERIAL PARA LA PARTE TEÓRICA*

Para la preparación de la asignatura se utilizará como texto base:

Título: FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA NUCLEAR

Autor/es: SANZ, J.; PIERA, M. ; OGANDO, F.; SAUVAN, P. y ALONSO, M.

Este texto estará disponible para el curso presente en formato electrónico en la plataforma virtual.

Este libro, escrito y revisado por el equipo docente, está estructurado con los mismos temas que constituyen los contenidos de la asignatura. Es un texto pensado para estudiantes que por vez primera se enfrentan a cuestiones relacionadas con la ingeniería nuclear, cubriendo por tanto todos los conceptos básicos en el campo de la ciencia nuclear que se necesitan para abordar la asignatura. Se trata de un material muy extenso, por lo que en la parte restringida de la sección de contenidos de esta guía se darán las orientaciones al estudio pertinentes, limitando y priorizando sus contenidos de cara a la preparación de las pruebas presenciales.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9788436251937
Título:EL PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL: PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE FUTURO (2005)
Autor/es:Alonso Ramos, Mercedes ;
Editorial:U.N.E.D.

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

La bibliografía complementaria que se cita a continuación no es necesaria para el aprendizaje de la asignatura, pero sí es recomendable para ampliar la cultura nuclear sobre los temas que se tratan en la asignatura.

Título: ***222 Cuestiones sobre la energía***, Edit. Foro de la Industria Nuclear Española, 2001, Madrid.

Autor/es: BARRACHINA, M y otros

Editorial: El FORO NUCLEAR

Este libro está disponible en formato electrónico a través de la Plataforma aLF. Puede enviarse a los alumnos interesados en formato físico por correo ordinario, habiéndose puesto a nuestra disposición por cortesía de El FORO NUCLEAR.

En este texto se presentan los interrogantes que más comúnmente se plantean sobre el tema energético y sobre el papel que la energía nuclear y sus aplicaciones desempeñan en nuestra sociedad. Las cuestiones que se discuten son las fundamentales a la hora de evaluar el problema de la necesidad de utilizar fuentes energéticas respetuosas con el medio ambiente y compatibles con un crecimiento sostenible.
Por tanto, se ajusta fielmente a los objetivos que se pretenden conseguir en el curso.
Presenta una estructura bastante similar a la del texto base. Muchas de las preguntas que sobre el tema nuclear se plantean, se tratan con más amplitud en el texto base. Otras relacionadas con otras fuentes energéticas distintas a la nuclear, y que apenas se desarrollan en el texto base, son sin embargo fundamentales a la hora de que el alumno encuadre a la energía nuclear en el marco general de las todas las demás fuentes energéticas, comprendiendo sus similitudes y diferencias, ventajas y desventajas.
Título: ***REACTORES NUCLEARES***
ISBN (13): 9788474841190
Autor/es: Piera, Mireia; Martínez-Val Peñalosa, José Mª
Editorial: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. Madrid. Ed. Sección de Publicaciones de la ETSII de la UPM. (Tel.: 91 336 30 68)
Este libro es de contenido más avanzado, y se utiliza como uno de los textos base de las asignaturas optativas Ingeniería Nuclear y Diseño de Reactores Nucleares.
También se recomienda el Cd-Rom multimedia:
Título: ***EL PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL: PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE FUTURO*** (2005)
ISBN (13): 9788436251937
Autor/es: ALONSO, M., LECHÓN, Y., MANSO, R., EMBID, M., ALPAÑÉS, D. y GONZÁLEZ, A;
Editorial: UNED
Premio al mejor material didáctico audiovisual del Consejo Social de la UNED, convocatoria 2008. Este Cd quiere promover el debate energético en nuestra aldea global: los costes externos de la energía, la gestión de los residuos radioactivos y la mejora de la misma mediante la transmutación, el cambio climático y el papel de la energía nuclear en relación con el desarrollo sostenible. Aunque algunas partes de este material ya no son de actualidad, los conceptos básicos que se dan sobre temas nucleares son muy pertinentes para comprender mejor la asignatura. Si hay disponibilidad de existencias, este CD se enviará gratuitamente a los alumnos interesados, por cortesía de la autora Mercedes Alonso.
MOOC: NOOC I 2nd edition. What is safety culture?. Disponible en la plataforma de MOOCs UNED Abierta. Producido por UNED y Tecnatom. Directores: Mercedes Alonso Ramos (UNED) y Fernándo González González (Tecnatom). Edición permanente iniciada en 2020

MOOC: NOOC II 2nd edition. Understanding Nuclear Safety Culture. Disponible en la plataforma de MOOCs UNED Abierta. Producido por UNED y Tecnatom. Directores: Mercedes Alonso Ramos (UNED) y Fernándo González González (Tecnatom). Edición permanente iniciada en 2020..
MOOC: NOOC III 2nd edition. Developing leadership for safety. Disponible en la plataforma de MOOCs UNED Abierta. Producido por UNED y Tecnatom. Directores: Mercedes Alonso Ramos (UNED) y Fernándo González González (Tecnatom). Edición permanente iniciada en 2020.
Se trata de 3 cursos gratuitos, abiertos y masivos en inglés producidos en el marco del proyecto europeo Euratom H2020 ANNETTE, que pertenecen al grupo: MOOCs " Introduding Safety Culture and its application to the nuclear field"

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

**Texto básico:**
El texto base que ha de utilizarse para asimilar esta asignatura tiene como objetivo hacer una revisión de las principales tecnologías ligadas a la explotación de los fenómenos nucleares, e introducir la ciencia básica necesaria para la descripción de dichos fenómenos. Sabíamos que el resultado iba a ser un texto amplio, más allá del alcance especifico de la signatura. Sin embargo, creemos que esta es la mejor opción, pues el texto así concebido creemos que será muy útil para que el estudiante encuadre convenientemente aquellas cuestiones y materia que específicamente constituye el contenido de la asignatura.
En la sección del libro de texto base dedicada a su Presentación se indica de forma general como ha de utilizarse para abordar esta signatura, y en el Anexo II del libro, concebido como Guía Didáctica para esta signatura, se indica ya de forma específica los temas que van a constituir la materia de estudio y los de lectura aconsejada pero no como materia de estudio propiamente dicha de la asignatura

**Curso virtual:**
**Es fundamental para el desarrollo de la asignatura que el alumno utilice la Plataforma aLF.**
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. A continuación damos algunos de ellos:
- Programa de radio: Fukushima un año después. Eduardo Gallego Díaz y Mercedes Alonso.

Emitido en RNE3 el 20/3/2012. Disponible en CanalUNED. Este programa habla de las causas del accidente, la secuencia accidental, y todos los problemas derivados hasta hablar de la situación un año después.
- Programa de radio: De la catástrofe de la naturaleza a la alerta nuclear: Japón. Entrevista a Mercedes Alonso para el programa "Sin Distancias". Emitido en RNE3 el 26/3/2011. Disponible en CanalUNED. Se habla sobre el accidente de la central nuclear de Fukushima y las dudas más frecuentes en torno a él durante las primeras semanas después del suceso.
- Programa de radio: La planificación de emergencias nucleares. Eduardo Gallego Díaz y Mercedes Alonso. Emitido en RNE3 el 22/3/2011. Disponible en CanalUNED. Se explica cómo se planifican y se gestionan las emergencias nucleares. Se grabó justo antes de que ocurriera el accidente de Fukushima y da las pautas más importantes a seguir en caso de accidente
- Programa de radio: El accidente de Chernóbil. Eduardo Gallego Díaz y Mercedes Alonso. Emitido en RNE3 el 23/2/2010. Disponible en CanalUNED. Se habla de las causas del accidente; de la concatenación de fallos que dio lugar a que ocurriera y se explica la secuencia accidental y comparación con un posible accidente en una central nuclear española.
Vídeos de entrevistas a expertos en relación con la Gestión del Conocimiento Nuclear:
- Entrevista a Eugenio Gil (CSN)
- Entrevista a Didier Louvat (ENSTTI, Francia)
•¿Qué talentos hacen falta para hacer una buena formación?
•¿Qué especificidad tiene la formación nuclear?
•Técnicas, instrumentos e iniciativas de éxito en este marco formativo
•¿Qué pasa después del curso? ¿Cómo se ve el rendimiento de todo este esfuerzo?
•La importancia de lo emocional: transmitir y aprender con placer
- Entrevista a Mikko Merikari (STUK, Finlandia, en inglés)
- Entrevista a María Josefa Moracho Ramírez (OIEA, Austria)
- Entrevista a José María Zamarrón sobre Aptitudes para la Gestión del Conocimiento Nuclear (CCNN Trillo y Almaraz) Competencias que son necesarias para gestionar el conocimiento.
- STEM and nuclear education in South Africa. The experience of Univesities of Fort Hare and Stellenbosch (en inglés). An interview to key members of two relevant universities in South Africa: Fort Hare and Stellenbosch. They share with us what they think about STEM education and nuclear education in their country, their main features, difficulties and ideas to improve, the importance of collaboration, and the role that a university as UNED may play as a reference for innovation in education.

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Es obligatorio realizar prácticas de laboratorio de esta asignatura.
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.