21-22

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
CUARTO CURSO

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



TECNOLOGÍA NUCLEAR PARA PRODUCCIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA

CÓDIGO 68014120

UNED

21-22

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

Nombre de la asignatura	TECNOLOGÍA NUCLEAR PARA PRODUCCIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA
Código	68014120
Curso académico	2021/2022
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA
Título en que se imparte	GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
CURSO - PERIODO	- CUARTO CURSO - SEMESTRE 2
Título en que se imparte	GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
CURSO - PERIODO	- CUARTO CURSO - SEMESTRE 2
Tipo	OPTATIVAS
Nº ETCS	5
Horas	125.0
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Esta asignatura está enfocada al estudio del funcionamiento de una Central nuclear y todos los mecanismos que conducen a la producción de energía eléctrica.
Se comenzará por el marco histórico del desarrollo de la energía nuclear desde sus inicios. Luego se estudiarán los materiales nucleares y sus propiedades, las reacciones inducidas por neutrones, y en particular la de fisión que es, hoy por hoy, la reacción que sirve de base para la explotación comercial de la energía nuclear. Seguidamente se estudiará el funcionamiento de los distintos tipos de reactores nucleares, su refrigeración, cinética, dinámica, control y protección. También se habla de cada una de las etapas del llamado “Ciclo del Combustible”, que comprende desde que el uranio sale de la mina hasta su almacenamiento definitivo una vez extraído del reactor.
En definitiva, esta asignatura pretende que el alumno conozca los fundamentos de la energía nuclear y la tecnología para la producción de energía eléctrica.

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.

EQUIPO DOCENTE

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	FRANCISCO M. OGANDO SERRANO
Correo Electrónico	fogando@ind.uned.es
Teléfono	91398-8223

Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Profesora: Dª Mireia Piera
Horario de guardia: Lunes de 16 a 20 h
Teléfono.: 91 398 64 70
Despacho: 2.21
Correo electrónico: mpiera@ind.uned.es

Profesora:	Dª. Mercedes Alonso Ramos
Horario de guardia:	Miércoles de 10 a 14 horas
Teléfono:	913986464
Despacho:	0.18
Correo electrónico:	malonso@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 68014120

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

COMPETENCIAS DEL GRADO (ORDEN CIN 351-2009)
COMPETENCIAS GENERALES:

- CG3. -Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- CG4. -Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
- CG5. -Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

•CG6. -Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
•CG 7. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
•CG10. -Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:

•Esta asignatura, por ser optativa, no tiene asignadas competencias específicas.

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. Introducción histórica y técnica a la energía nuclear.

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.

Capítulo 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.
2.3. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

Capítulo 3. Protección radiológica.

3.1 Introducción.
3.2 Radiactividad y emisión de radiación ionizante
3.2.1 Interacción de la radiación con la materia.
3.2.2 Atenuación de la radiación. Blindaje.
3.3. Dosis de radiación.
3.4. Fuentes naturales y artificiales de radiación ionizante
3.5. Efectos biológicos causados por la radiación ionizante
3.5.1. Absorción de radiación y daño celular.
3.5.2. Efectos somáticos agudos o deterministas.
3.5.3. Canceres y daños hereditarios.
3.6. Conclusiones

Capítulo 4. Reacciones nucleares inducidas por neutrones.

4.1. Reacciones nucleares. Principios y notación.
4.2. Clasificación de reacciones nucleares.
4.3. Reacciones inducidas por neutrones.
4.4. Fisión.
4.4.1. Naturaleza de la fisión y nucleidos fisionables.
4.4.2. Energía producida en la fisión.
4.4.3. Radiactividad de los productos de fisión.
4.4.4. Multiplicación neutrónica.

Capítulo 5. Centrales nucleares.

5.1. Termohidráulica de reactores nucleares. Introducción y planteamiento
5.2. Centrales nucleares. Introducción.
5.3. Tipología de reactores.
5.3.1. Reactores de agua a presión.
5.3.2. Reactores de agua en ebullición.
5.3.3. Reactores de grafito-gas.
5.3.4. Reactores de agua pesada.
5.3.5. Reactores rápidos.
5.3.6. Reactores híbridos.
5.4. Sistemas de seguridad.
5.4.1. Sistemas relativos a la radiactividad.
5.4.2. Sistemas de protección del reactor contra la reactividad.

Capítulo 6. Fundamentos de reactores nucleares (de fisión), magnitudes y neutrónica básica.

6.1. Magnitudes básicas de los reactores nucleares.
6.1.1. Criticidad y quemado.
6.1.2. Autoestabilidad del reactor.
6.1.3. Conversión y reproducción en el combustible nuclear.
6.2. Neutrónica básica del reactor térmico. Concepto de ciclo neutrónico.
6.3. Concepto de criticidad.
6.4. Factor de multiplicación de un medio infinito
6.5. Reactor finito: k-efectiva.
6.6. Evolución temporal de la población neutrónica.

Capítulo 7. El ciclo del combustible nuclear. Fases pre-reactor.

7.1. Introducción.
7.2. Descripción básica del ciclo combustible.
a) Materias primas y concentrados
b) Conversión.
c) Enriquecimiento.
d) Reconversión.
e) Fabricación.
f) Quemado en el reactor.

g) Almacenamiento de combustible irradiado.
h) Reelaboración.
i) Refabricación.
j) Gestión de residuos.
7.3. Alternativas en el ciclo del combustible.
a) Materias primas.
b) Reactores.
c) Otras alternativas.
7.4. Diseño del reactor y diseño de ciclos.
a) Especificaciones nominales del reactor.
b) Distribuciones de potencia y factores asociados.
c) Cociente mínimo de flujo calorífico crítico.
d) No fusión del combustible.
e) Coeficientes de reactividad.
f) Quemado.
g) Otros criterios.

Capítulo 8. Caracterización de las reacciones inducidas por neutrones, secciones eficaces.

8.1 Magnitudes neutrónicas.
8.2. Sección eficaz microscópica.
8.3. Sección eficaz macroscópica.
8.4. Recorrido libre medio.
8.5. Tipología de secciones eficaces.
8.5.1. Rango térmico.
8.5.2. Rango rápido.
8.5.3. Rango intermedio. Resonancias.
8.6. Secciones eficaces fundamentales.
8.6.1. Dispersiones elásticas e inelásticas.
8.6.2. Captura.
8.6.3. Fisión.
8.6.4. Reacciones de alta energía.

Capítulo 9. Teoría del reactor térmico homogéneo.

9.1. Introducción.
9.2 Criticidad del reactor térmico homogéneo.
9.2.1. Tamaño crítico y masa crítica

9.2.2. Influencia de la composición en la criticidad del reactor.

9.2.3. Reactores submoderados.

Capítulo 10. El reactor térmico heterogéneo.

10.1. Potencia del reactor.

10.1.1. Potencia neutrónica

10.1.2. Quemado consumo de combustible

10.1.3. Potencia residual

10.2 Introducción al reactor térmico heterogéneo.

10.3 Calculo neutrónico del reactor heterogéneo.

Capítulo 11. Termohidráulica de reactores nucleares.

11.1. Introducción y planteamiento.

11.2. Análisis térmico de la barrita de combustible.

11.3. Análisis térmico del canal de refrigeración.

11.4. Régimen hidráulico del refrigerante.

11.4.1. Circulación forzada. Potencia de bombeo.

11.4.2. Refrigeración por metales fundidos.

11.4.3. Convección natural.

11.5. Balance térmico del reactor. Perfiles de temperatura.

11.6. Aspectos técnicos de la termohidráulica de reactores.

Capítulo 12. Cinética de reactores nucleares.

12.1. Objetivo del análisis cinético.

12.2. Neutrones inmediatos y diferidos.

12.3. Cinética del reactor con una sola familia de diferidos.

12.3.1. Ejemplos de inserciones de reactividad.

12.3.2. Valoración de la importancia de los diferidos.

Capítulo 13. Dinámica del reactor nuclear.

13.1. Introducción y planteamiento.

13.2. Variables de estado de un reactor.

13.3. Efecto Doppler.

13.4. Coeficientes de reactividad.

13.5. Efecto de reactividad de los moderadores líquidos.

13.6. Otros efectos de reactividad.

13.7. Resumen sobre la realimentación de reactividad.
13.8. Análisis dinámico del reactor nuclear.
13.9. Efecto Doppler. Contribución a la estabilidad.
13.10. Efecto del moderador. Caso del agua ligera.
13.11. Efecto de la temperatura del grafito.
13.12. Efecto del boro disuelto en el agua de los PWR.
13.13. Estabilidad de los reactores de agua en ebullición, BWR.
13.14. Realimentaciones positivas de reactividad.
13.15. Reactores RBMK (tipo Chernobyl).

Capítulo 14. Control de reactores.

14.1. Objetivo y función del control.
14.2. Elementos de control en un reactor.
14.3. Sistemas de protección del reactor.
14.3.1. Control general de la planta.

Capítulo 15. Las fases finales del ciclo del combustible y los residuos radiactivos.

15.1. Introducción.
15.2. Almacenamiento de combustibles irradiados y de otros residuos nucleares.
15.3. Transporte de combustible irradiado.
15.4. Reelaboración del combustible irradiado.
15.5. El reciclado del combustible nuclear.
15.6. La gestión de los residuos radiactivos.
15.7. Disposición definitiva de residuos radiactivos.
15.8. La clausura definitiva de las instalaciones nucleares.

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	3
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

Ningún tipo de material

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 desarollo 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:
Nota (final) = 0,1 ×PraP + 0,1 ×PEC + 0,8 ×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

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

Además del libro, se facilitará documentación adicional en forma de apuntes a los alumnos en el curso virtual.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

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 estará disponible en formato PDF en el Curso Virtual.
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.

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.