25-26

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

TECNOLOGÍAS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIOACTIVOS

CÓDIGO 28806254

UNED

25-26

TECNOLOGÍAS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIOACTIVOS

CÓDIGO 28806254

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
PRÁCTICAS DE LABORATORIO
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	TECNOLOGÍAS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIOACTIVOS
Código	28806254
Curso académico	2025/2026
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	5
Horas	125
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura Tecnologías de la Gestión de Residuos Radioactivos es una asignatura que tiene el carácter de obligatoria (asignatura de itinerario específico) para todos los alumnos que quieran abordar la Especialidad de INGENIERÍA NUCLEAR del Máster en INGENIERÍA INDUSTRIAL.

En esta asignatura se introducen los conceptos y criterios asociados a las actividades involucradas en el diseño de las distintas estrategias posibles de gestión de residuos radiactivos. Se presentan las metodologías computacionales involucradas en la evaluación de la radiotoxicidad del residuo y en la selección de la estrategia de gestión a utilizar, y se presentan las normativas nacionales e internacionales relativas a las distintas opciones de gestión de residuos radiactivos. En la fase final el estudiante tendrá que ser capaz de hacer una propuesta de gestión para los residuos generados en la instalación que se le indique. Los datos de partida para este problema, tales como la cantidad e inventario isotópico del material activado producido a lo largo de la vida de la instalación, y que hay que gestionar como residuo, será distinto para cada estudiante.

Los objetivos de esta asignatura son primeramente: i) adquirir los conocimientos que permitan abordar actividades profesionales y de investigación en el campo de la gestión de residuos, y ii) conocer las metodologías de simulación y las normativas utilizadas en la evaluación de la radiotoxicidad de los residuos y en la evaluación/diseño y selección de distintas opciones de gestión (tales como almacenamiento, transmutación, reciclado, desclasificación, etc.). Finalmente, el estudiante ha de adquirir las capacidades necesarias para aplicar dichos conocimientos a la evaluación de distintas opciones de gestión, y así poder realizar propuestas fundamentadas de gestión frente a materiales radiactivos que se presenten como un problema de residuos a gestionar.

En la Guía completa se proporcionan también las indicaciones del Plan de Trabajo con un cronograma de actividades y tiempos de preparación para orientar el estudio de la asignatura, que se pondrá a disposición de los alumnos matriculados dentro del curso virtual.

La asignatura Tecnologías de la Gestión de Residuos Radioactivos es una asignatura ofertada desde el Departamento de Ingeniería Energética. La asignatura trata a un nivel especializado uno de los temas de preocupación e investigación más relevantes sobre la explotación de la fuente de energía nuclear de fisión y la futura de fusión: la gestión de los residuos nucleares.

En ella pretenderemos que el alumno se familiarice con el origen y características de los distintos tipos de residuos radiactivos, entienda las diferentes opciones que se pueden

concebir para su gestión, entienda para qué tipos de residuos hay soluciones aceptables y para cuáles se precisa investigación y desarrollo, sea para mejorar algunas ya demostradas, demostrar algunas ya planteadas o plantear algunas nuevas.

Además debe llegar a conocer las herramientas computacionales que se emplean para diseñar y evaluar distintas opciones de gestión, y el papel que juegan en la caracterización del inventario radiactivo y radiotoxicidad de los residuos que se generan durante el funcionamiento de la instalación por efecto del campo de radiación existente en lo materiales presentes.

Las principales competencias que se pretende que adquieran los estudiantes son las siguientes:

1. Conocer y entender la problemática asociada a la gestión de los residuos radiactivos.
2. Identificar y diferenciar las soluciones de gestión planteadas sobre residuos radiactivos.
3. Conocer las técnicas de simulación y experimentación empleadas en la investigación sobre residuos nucleares.
4. Identificar necesidades y demandas de desarrollo e innovación.
5. Analizar información científica y técnica.
6. Sintetizar información científica y técnica.
7. Conocer los métodos y técnicas de investigación científica y desarrollo tecnológico.
8. Conocer los requisitos exigibles a las herramientas de simulación computacional a emplear en el campo de la gestión de residuos.
9. Destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental.
10. Planificar actividades de investigación.
11. Capacidad de razonamiento crítico.
12. Elaborar y exponer informes científicos.
13. Aplicar conocimientos a la realización futura del trabajo de investigación del Máster y de la Tesis Doctoral.
14. Analizar la mayor o menor potencialidad de los distintos tipos de energía nuclear (fisión y fusión) como fuentes de energía medioambientalmente atractivas: generadoras de residuos radiactivos con opciones atractivas de gestión para la sociedad.

La relevancia de la investigación sobre la gestión de residuos radiactivos, y por tanto de los contenidos de esta asignatura, se pone de manifiesto en Horizonte 2020, que es el Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea que se ejecuta de 2014 a 2020. Una de las partes incluidas en el Programa es la de Retos Sociales, que incluye ocho retos, uno de los cuales es Energía segura, limpia y eficiente. Dentro de éste, uno de sus objetivos específicos es el de la Energía Nuclear Sostenible, en el que se encuadran todos los aspectos relacionados con el tema de residuos radiactivos de las instalaciones nucleares.

Por otra parte, el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación español, en estrecha alineación con los objetivos en materia de I+D+i establecidos en Horizonte 2020,

contempla en relación con los temas de residuos nucleares los mismos grados de alta prioridad que los contemplados en Horizonte 2020.
Los temas identificados como prioritarios en relación a la gestión de residuos en HORIZONTE 2020, a nivel europeo, y dentro el 7º Plan General de Residuos Radiactivos, a nivel nacional, son el objeto fundamental de los contenidos de la asignatura.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para iniciar el estudio del curso son necesarios conocimientos de ciencia y tecnología nuclear a nivel fundamental. Si dichos conocimientos previos son limitados, debe consultarse con el equipo docente para recibir orientaciones precisas que permitan enfocar el estudio de forma adecuada, y en su caso estudiar durante el curso algún tema de apoyo.
Es recomendable tener conocimientos suficientes para lectura en inglés técnico.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	PATRICK SAUVAN (Coordinador/a de asignatura)
Correo Electrónico	psauvan@ind.uned.es
Teléfono	91398-8731
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

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán fundamentalmente a través del curso virtual.
Por otra parte, el equipo docente de la asignatura tiene asignados unos días 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. El alumno también puede dirigirse en todo momento al equipo docente de la asignatura a través de los foros habilitados al efecto en el curso virtual.
D. Patrick Sauvan
Horario de guardia: Martes, de 9 a 13 horas
Teléfono: 91 398 87 31
Despacho 0.16
Correo electrónico: psauvan@ind.uned.es
Dª. Mercedes Alonso Ramos

Horario: Miércoles de 10:30 a 14:30 horas
Teléfono: 913986464
Despacho: 2.22
Correo electrónico: malonso@ind.uned.es

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Ver sección de Resultados de Aprendizaje.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

CONOCIMIENTOS O CONTENIDOS:
CG26 - Conocimiento y práctica de las reglas del trabajo académico.
CG28 - Conocimiento, respeto y fomento de los valores fundamentales de las sociedades democráticas.
CG29 - Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: 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.

HABILIDADES O DESTREZAS:
CE1 - Conocimiento y capacidad para el análisis y diseño de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica.
CE23 - Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.
CG14 - Comunicación y expresión oral.
CG16 - Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica.
CG1 - Iniciativa y motivación.
CG13 - Comunicación y expresión escrita.
CG15 - Comunicación y expresión en otras lenguas.
CG2 - Planificación y organización.
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.
CG36 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.
CG3 - Manejo adecuado del tiempo.
CG4 - Análisis y síntesis.
CG5 - Aplicación de los conocimientos a la práctica.

CG7 - Pensamiento creativo.
CG8 - Razonamiento crítico.
CG9 - Toma de decisiones.
CG37 - Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.
CG40 - Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo.
CG38 - Ser capaz 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.
CG39 - Saber comunicar las conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

COMPETENCIAS:
CE16 - Capacidad para la gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación tecnológica.
CE6 - Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía.
CG10 - Seguimiento, monitorización y evaluación del trabajo propio o de otros.
CG11 - Aplicación de medidas de mejora.
CG12 –Innovación.
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.
CG27 - Compromiso ético y ética profesional.
CG6 - Resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos.

CONTENIDOS

Bloque 1. Generación de residuos radiactivos, su clasificación y definición de principios y actividades para su gestión.

Tema 1. Origen de los residuos radiactivos y volúmenes generados.
Tema 2. Clasificación de los residuos radiactivos y definición de principios y etapas para su gestión.

Bloque 2. Seguridad y protección radiológica asociadas a la gestión de residuos radiactivos.

Tema 3. Radiotoxicidad de los residuos radiactivos y objetivos de seguridad y protección radiológica.
Tema 4. Normativa aplicable a la gestión de residuos radiactivos en España.
Tema 5. Evaluación de la seguridad de almacenamientos.

Bloque 3. Gestión de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad (RBMA).

Tema 6. Exenciones del control regulador. Materiales residuales con contenido radiactivo mínimo.
Tema 7. Sistemas de almacenamiento. Descripción y evaluación de las instalaciones de “El Cabril”.
Tema 8. Clausura de instalaciones: Residuos radiactivos y seguridad.

Bloque 4. Tecnología y opciones tecnológicas para la gestión del combustible gastado y residuos de alta actividad.

Tema 9. Características del combustible gastado: radionucleidos existentes y radiotoxicidad; y metodología computacional para predicción de inventario isotópico y funciones-respuesta asociadas.
Tema 10. Ciclos de combustible: opciones de gestión del combustible gastado.
Tema 11. Almacenamiento temporal: funciones, criterios de seguridad y soluciones técnicas.
Tema 12. El almacenamiento geológico profundo: principios generales, conceptos de almacenamiento, evaluación de la seguridad y desarrollo y verificación del conocimiento y tecnologías necesarias.
Tema 13. Separación y transmutación de actínidos minoritarios y algunos productos de fisión.

BLOQUE 5. Opciones tecnológicas para la gestión de los residuos radiactivos procedentes del desmantelamiento de las actuales centrales nucleoeléctricas de fisión nuclear y de las futuras centrales de fusión nuclear.

Tema 14. Desamantelamiento

METODOLOGÍA

Esta asignatura ha sido diseñada según la modalidad a distancia, por ello, el estudiante contará con el material necesario para afrontar el estudio de forma autónoma. No obstante es necesaria una planificación objetiva de las tareas programadas.
El estudio de la materia se hará a través de los textos básicos recomendados, apoyados con los recursos adicionales disponibles en el curso virtual, que incluye la Guía de Estudio completa con la parte restringida a los alumnos matriculados en la asignatura, con las orientaciones didácticas elaboradas para que el estudiante pueda estudiar a distancia de forma autónoma.
La pruebas de evaluación continua (estructuradas en ocho partes) se han diseñado de forma que incluyen: i) cuestiones y ejercicios que permitirán al alumno valorar el grado de asimilación de contenidos a nivel de temas, ii) temas de desarrollo y problemas que permitirán al alumno valorar el grado de asimilación de contenidos a nivel de Bloque temático, y iii) preguntas de desarrollo cuya contestación sólo se podrá efectuar tras haber estudiado los distintos temas y bloques temáticos del programa, y que permitirán al alumno valorar el grado de asimilación de la asignatura.
En definitiva, y dadas las características de la materia, se ha propuesto abordar su aprendizaje de forma escalonada, y tal como sucintamente se ha comentado.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

Ninguno

Criterios de evaluación

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 que se ha de obtener un mínimo de 4 puntos sobre 10 en cada una de las dos actividades de carácter obligatorio, esto es: pruebas de evaluación continua (PEC) y pruebas presenciales (PP)

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) = 0,3 ×PEC + 0,7 ×PP

% del examen sobre la nota final	70
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	

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad: Si

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?: Si,PEC no presencial

Descripción

PRUEBA DE EVALUACIÓN CONTINUA (de carácter obligatorio)

Actividad de seguimiento del proceso de asimilación/aprendizaje en cada uno de los bloques en que se estructura la asignatura.

Se plantean una serie de cuestiones estructuradas en ocho partes diferentes. Las siete primeras están ordenadas de acuerdo a su secuencia de aparición en el temario de la asignatura. En la octava se plantea una pregunta de carácter totalmente abierto, para cuyo desarrollo será fundamental la utilización de los conocimientos adquiridos y las reflexiones realizadas en el estudio de los temas que ha tenido que abordar para responder a las preguntas de las siete partes anteriores.

En cada una de las partes se indican las cuestiones a resolver y la referencia a los contenidos específicos de la bibliografía básica que le permitirán abordar las mismas.

Las pruebas se estructuran en las siguientes ocho partes:

PRIMERA PARTE: Cuestiones generales sobre tipos de residuos radiactivos y su gestión

SEGUNDA PARTE: Cuestiones relativas a los criterios básicos de seguridad y protección radiológica en la gestión de los residuos radiactivos.

TERCERA PARTE: Cuestiones relativas al problema de la desclasificación de material/residuos radiactivos.

CUARTA PARTE: Cuestiones relativas a la gestión de residuos de media, baja y muy baja actividad específica. Y cuestiones relativas a la comprensión de las características de la instalación de El Cabril.

QUINTA PARTE: Dentro de la gestión de residuos de alta actividad específica, se plantean cuestiones relativas a las tecnologías de almacenamiento temporal del combustible irradiado y al almacenamiento geológico profundo.

SEXTA PARTE: Reelaboración y Transmutación

SÉPTIMA PARTE: Desmantelamiento.

OCTAVA PARTE: Pregunta de síntesis.

Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final	30%
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?	No
Descripción	
Criterios de evaluación	
Ponderación en la nota final	
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La nota final se obtiene sumado las notas de las dos actividades obligatorias de la siguiente forma.

Nota final = 0,3 ×PEC + 0,7 ×Pruebas Presenciales

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. CURSO sobre GESTIÓN DE RESIDUOS RADIACTIVOS. Edición 2009. Edit. CIEMAT. Madrid 2011.

Los contenidos de los Bloques de la asignatura se pueden abordar con todas las garantías mediante la utilización de este texto.

En la sección del curso virtual denominada “bibliografía básica”, se le indica en el documento correspondiente, las lecciones del texto que debe consultar, así como las secciones cuyos contenidos debe estudiar y asimilar dentro de cada una de estas lecciones. Además, se relacionan dichas secciones con cada uno de los bloques y temas del temario de la asignatura.

2. Gestión de Residuos Radiactivos: Situación, Análisis y Perspectiva.Edit. Fundación para Estudios sobre la Energía. Volumen 1,. Madrid, 2007.

Este libro es de descarga gratuita en la web.

Los capítulos de interés para la asignatura son: Capítulos 1, 2, 4, 5 y 6

Magnífico texto, cuyas secciones específicas a estudiar y asimilar aparecen explicitados en el documento correspondiente, e**n la sección del curso virtual denominada “bibliografía básica”.**

Aunque se hace referencia explícita a pocas secciones del mismo en relación al aprendizaje de la asignatura y la elaboración y preparación de la prueba de evaluación continua, su uso es muy recomendado para su buen desarrollo. Es muy útil para consultar/buscar de forma rápida en el mismo (buscador electrónico del pdf) los conceptos a los que se hace referencia en dichas pruebas, tratándolos siempre de una manera precisa y claramente entendible (lo

que se logra con un apoyo impreso y gráfico de mucha calidad).

3. Bibliografía relacionada con la investigación realizada en el campo de la transmutación por nuestro equipo.

Con el objetivo de que el alumno asimile los objetivos de parte de la investigación que nuestro equipo ha realizado en el campo de la transmutación y la metodología que se ha seguido para su realización, se tendrá colgada la documentación apropiada en el curso virtual en la subsección denominada **"bibliografía_investigacion_UNED",** dentro de la sección **"bibliografía básica".**

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

En esta sección queremos destacar lo siguiente:

A) De cara a tener información actualizada sobre el estado de las actividades de gestión de residuos radiactivos en España se aconseja consultar la web de ENRESA https://www.enresa.es/

B) En la página web de ENRESA puede encontrar también material didáctico. A este respecto recomendamos el material, disponible para descarga gratuita en la sección de universidad del aula virtual.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Curso Virtual: La utilización por el estudiante del curso virtual resulta imprescindible para la preparación y desarrollo del aprendizaje de la asignatura.

Cualquier material complementario que se pueda publicar o aconsejar se encontrará alojado en el curso virtual.

El alumno deberá enviar sus consultas a la atención de cualquiera de los profesores de la asignatura a través del curso virtual, y fundamentalmente mediante el uso de los foros de debate, pero también podrá utilizar otros medios (correo electrónico, teléfono, correo postal) tal como se indica en la sección Horario de atención al estudiante.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

¿Hay prácticas en esta asignatura de cualquier tipo (en el Centro Asociado de la Uned, en la Sede Central, Remotas, Online,..)?

No

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.