



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

53002043 - Gestión De Residuos Radiactivos

PLAN DE ESTUDIOS

05BK - Máster Universitario En Ingeniería De La Energía

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53002043 - Gestión de Residuos Radiactivos
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05BK - Máster Universitario en Ingeniería de la Energía
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Gonzalo Felipe Garcia Fernandez	Ing. Nuclear	gf.garcia@upm.es	M - 17:00 - 17:30 Previa cita
Eduardo Florentino Gallego Diaz (Coordinador/a)	Ing. Nuclear	eduardo.gallego@upm.es	M - 17:00 - 17:30 Previa cita.

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Francisco Javier Elorza Tenreiro	franciscojavier.elorza@upm.es	ETS de Ingenieros de Minas de la UPM

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Máster Universitario en Ingeniería de la Energía no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Tecnología Nuclear - Ciclo del combustible nuclear
- Protección Radiológica

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

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

CE14 - Ser capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios, en el tratamiento y almacenamiento de los residuos radiactivos generados en instalaciones nucleares y radiactivas, incluyendo reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CE17 - Comprender los procesos que integran el ciclo de vida de los procesos energéticos, desde la obtención del recurso primario, hasta su desmantelamiento, y su integración en la economía circular.

CE6 - Disponer de habilidades, criterios y conocimientos para analizar de forma objetiva el impacto ambiental de cualquier fuente de energía.

CG5 - Comprender el impacto de la Ingeniería Energética en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la

sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CT10 - Conoce. Conocimiento de los temas contemporáneos.

CT13 - Planifica. Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.

CT4 - Trabaja en equipo. Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.

CT6 - Es responsable. Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.

CT8 - Entiende los impactos. Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA84 - - Conocer con detalle la problemática de los residuos radiactivos y nucleares en general.

RA82 - - Saber evaluar las magnitudes y naturaleza (clasificación) de los residuos radiactivos generados en las Plantas Nucleares

RA83 - - Conocer la física de la separación y opciones de transmutación de residuos radiactivos y de las Tecnologías que se están desarrollando.

RA85 - - Conocer y razonar los criterios básicos de seguridad y protección radiológica.

RA86 - - Conocer las tecnologías para la gestión de residuos de baja, media y alta actividad específica, así como para el desmantelamiento de instalaciones.

RA87 - - Abordar las cuestiones éticas, sociales, legales e institucionales relacionadas con la gestión de residuos radiactivos.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La toxicidad de los residuos radiactivos obliga a que su gestión se realice en condiciones seguras, de tal modo que el riesgo para las personas y el medio ambiente resulte aceptable. La asignatura "Gestión de Residuos Radiactivos" tiene como objetivo principal permitir al alumno:

- Conocer con detalle la problemática de los residuos radiactivos y nucleares en general.
- Conocer y razonar los criterios básicos de seguridad y protección radiológica.
- Conocer las tecnologías para la gestión de residuos de baja, media y alta actividad específica, así como para el desmantelamiento de instalaciones.
- Abordar las cuestiones éticas, sociales, legales e institucionales relacionadas con la gestión de residuos radiactivos.

5.2. Temario de la asignatura

1. ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

- 1.1. Generación, tipos y clasificación de los residuos radiactivos
- 1.2. Los residuos de la primera parte del ciclo del combustible y su estabilización
- 1.3. Los residuos en las centrales nucleares
- 1.4. Los residuos en las instalaciones radiactivas
- 1.5. El Plan General de residuos radiactivos de España

2. CRITERIOS BÁSICOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- 2.1. Los principios fundamentales de seguridad del OIEA. Aplicación a la gestión de residuos radiactivos
- 2.2. Detección y dosimetría de la radiación
- 2.3. Efectos sobre la salud derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes

- 2.4. Criterios y objetivos de la protección radiológica
- 2.5. Criterios para la gestión de materiales con muy bajo contenido radiactivo
- 2.6. Normativa aplicable a la gestión de residuos radiactivos en España
- 2.7. Modelización de la biosfera en el análisis de seguridad
- 3. GESTIÓN DE RESIDUOS DE MEDIA, BAJA Y MUY BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA
 - 3.1. Inventario y caracterización de residuos
 - 3.2. Entrega y transporte de residuos radiactivos
 - 3.3. Criterios básicos de gestión y almacenamiento definitivo en instalaciones superficiales
 - 3.4. Evaluación de la seguridad de las instalaciones superficiales de almacenamiento definitivo
 - 3.5. Almacén centralizado de RBMA de "El Cabril".
 - 3.6. Instalaciones para almacenamiento de residuos de muy baja actividad
- 4. GESTIÓN DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD ESPECÍFICA
 - 4.1. Almacenamiento temporal del combustible irradiado: Soluciones técnicas y criterios de seguridad
 - 4.2. Almacenamiento temporal del combustible irradiado: Aplicaciones y situación en España
 - 4.3. El Almacén Temporal Centralizado (ATC) del combustible irradiado y residuos radiactivos de alta actividad
 - 4.4. La reelaboración del combustible gastado y la separación de los productos de vida larga
 - 4.5. Transmutación de residuos radiactivos de vida larga
 - 4.6. Almacenamiento definitivo de residuos de actividad elevada: Soluciones técnicas, criterios de seguridad y diseño conceptual
 - 4.7. Almacenamientos geológicos profundos: El campo próximo y la geosfera
 - 4.8. Almacenamientos geológicos profundos: Evaluación del comportamiento
 - 4.9. Caracterización de emplazamientos
 - 4.10. Análogos naturales del AGP: El fenómeno de Oklo y otras analogías naturales
 - 4.11. La I + D en la gestión de los residuos radiactivos
- 5. DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES
 - 5.1. Desmantelamiento de las instalaciones nucleares
 - 5.2. Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del CIEMAT (PIMIC). Proyecto de desmantelamiento
 - 5.3. Proyecto de desmantelamiento y clausura de la C.N. José Cabrera

6. ASPECTOS GENERALES E INSTITUCIONALES

6.1. Calidad en la gestión de residuos radiactivos

6.2. Panorama internacional

6.3. Información al público y comunicación

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
2	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
3	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
4	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
5	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
6	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
7				Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
8	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
9				Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45

10				Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
11	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Visita Técnica Almacén de residuos radiactivos de "El Cabril" Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas	Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
12	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
13	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
14	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
15	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Visita Técnica desmantelamiento de la Central Nuclear "José Cabrera" Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas	Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
16	Presentación en clase Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:45
17				Preparación y entrega de trabajos de evaluación TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 20:00 Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
2	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
3	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
4	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8

5	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
6	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
7	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
8	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
9	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
10	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6

							CT8
11	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
12	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
13	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
14	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
15	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6 CE6 CT8
16	Cuestionario de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:45	3.5%	5 / 10	CE14 CE17 CG5 CB8 CT10 CT13 CT6

							CE6 CT8
17	Preparación y entrega de trabajos de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	20:00	44%	5 / 10	CT13 CE14 CE17 CG5 CB8 CT4 CT6 CE6 CT8

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Preparación y entrega de trabajos de evaluación	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	20:00	44%	5 / 10	CT13 CE14 CE17 CG5 CB8 CT4 CT6 CE6 CT8
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	56%	4 / 10	CE17 CG5 CT6 CE6 CT10 CE14 CT8

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

La asignatura tiene una orientación clara hacia la tecnología y las cuestiones de actualidad en cuanto al campo de la gestión de residuos radiactivos. En ella se pone énfasis en las soluciones técnicas empleadas en España.

La evaluación de los alumnos se basa en tres criterios:

(1) Por un lado, la asistencia a clase se controla mediante firma y también se tiene en cuenta, de forma no precisa, la participación que el alumno haya hecho en las clases, sus intervenciones sobre los temas tratados y el interés general demostrado por la temática de la asignatura.

(2) En segundo lugar, el alumno debe cumplimentar un cuestionario sobre los temas del curso, que debe irse rellenando a medida que se van presentando los distintos temas durante el curso. Ese cuestionario se entrega al final del curso.

Las actividades (1) y (2) permiten aprobar la asignatura mediante una **evaluación progresiva**. La calificación dependerá de la calidad y grado de profundidad de las respuestas dadas al cuestionario. Con ello habrá demostrado adquirir las competencias de la asignatura.

Para optar a calificaciones más altas, de forma optativa, el alumno podrá desarrollar un trabajo sobre alguna de las cuestiones abordadas en el temario de la asignatura. En su valoración se tiene en cuenta, entre otros, los criterios de profundidad del trabajo, originalidad, aportación personal y validez de las conclusiones. Se trata de que el alumno demuestre que ha adquirido las competencias previstas en la asignatura y adquirido además la madurez y responsabilidad deseables.

EVALUACIÓN GLOBAL. Si el alumno no superara la asignatura mediante la evaluación progresiva, podrá optar a una evaluación mediante prueba global, consistente en:

1. Examen global. OBLIGATORIO. Deberá obtenerse una nota igual o superior a 4.
2. Trabajo individual. OBLIGATORIO. Peso en la nota final: 56%

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Biblioteca especializada	Bibliografía	Informes especializados de proyectos de investigación internacionales y nacionales, así como de estudios y evaluaciones de los organismos reguladores y centros de investigación.
Biblioteca de ENRESA	Bibliografía	La Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) ofrece acceso a su biblioteca a los alumnos de la asignatura.
Libro del curso	Bibliografía	Libro digital con los textos escritos de cada lección. Editado por CIEMAT.
Aula Virtual	Recursos web	Aula Virtual en Moodle con los contenidos y presentaciones de la asignatura.

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura está planteada como curso de postgrado y de Máster, con la participación como conferenciantes de expertos de la UPM, ENRESA, el CIEMAT, el Consejo de Seguridad Nuclear e Iberdrola. Para su impartición en el formato presente, cuenta con el patrocinio de ENRESA y la colaboración del CIEMAT en su organización. en 2023 se impartirá por trigésimo segunda ocasión. El Coordinador de la asignatura actúa como Director del Curso de postgrado.

La asignatura se relaciona con el ODS 7- Energía asequible y no contaminante.

- **COMUNICACIÓN CON EL EQUIPO DOCENTE:** Se lleva a cabo preferentemente a través del e-mail institucional y/o a través del chat de la plataforma Moodle del Curso.