



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y  
Energía

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**65004058 - Tecnología Nuclear**

### PLAN DE ESTUDIOS

06IE - Grado en Ingeniería de la Energía

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	65004058 - Tecnología Nuclear
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06IE - Grado en Ingeniería de la Energía
<b>Centro responsable de la titulación</b>	06 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Nuria Garcia Herranz	Nuclear Planta1	nuria.garcia.herranz@upm.es	Sin horario. La hora anterior a las clases impartidas
Alfredo Lorente Fillol	Laboratorio	alfredo.lorente@upm.es	Sin horario. La hora anterior a las clases impartidas

Manuel Cotelo Ferreiro	Nuclear Planta2	manuel.cotelo@upm.es	Sin horario. La hora anterior a las clases impartidas
Oscar Luis Cabellos De Francisco (Coordinador/a)	Nuclear Planta2	oscar.cabellos@upm.es	Sin horario. La hora anterior a las clases impartidas

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

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

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

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Mecánica cuántica y relativista
- Resolución de ecuaciones diferenciales

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE42 - Conocer y comprender la física y tecnología de la desintegración radiactiva, la fisión y la fusión nuclear.

CE43 - Aplicar los principios de la ingeniería nuclear y de la protección radiológica.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería de la Energía.

CG3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinares.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

CG7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Energética en sus actividades profesionales.

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA108 - Aplicar los principios de la ingeniería nuclear

RA360 - Capacidad de identificación y análisis de los problemas -científicos y técnicos subyacentes- que plantea la energía nuclear

RA124 - Analizar el comportamiento de la población neutrónica en un reactor nuclear.

RA125 - Diferenciar las diferentes tecnologías de generación térmica nuclear en función del combustible, el moderador y el refrigerante.

RA127 - Comprender las actividades relacionadas con la primera y segunda parte del ciclo del combustible nuclear.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura de Tecnología Nuclear tiene como objetivo que los alumnos adquieran los fundamentos generales de la Ingeniería Nuclear.

Se puede definir la Ingeniería Nuclear como la rama de la ingeniería que se ocupa de todas aquellas aplicaciones en las que juegan un papel fundamental los procesos nucleares y de radiación.

Estos procesos incluyen la liberación, el control y la utilización de la energía nuclear; así como la producción y uso de la radiación y de los materiales radiactivos en aplicaciones industriales, médicas, investigación, etc...

La Ingeniería Nuclear es una materia multidisciplinar que se apoya en otras ramas de la ingeniería y de la física como la transferencia de calor, la fluidodinámica, la química, el comportamiento de materiales que pueden verse afectados por los procesos de radiación.

La Ingeniería Nuclear utiliza los principios básicos de la física y las matemáticas para describir las interacciones nucleares y el transporte de partículas y/o radiación con el medio. Habitualmente se hace uso de herramientas de simulación computacional donde se acoplan diferentes disciplinas de la física para modelizar, diseñar y analizar el comportamiento de sistemas complejos.

En esta asignatura estudiaremos en primer lugar la radiactividad, las radiaciones ionizantes y su interacción con la materia, así como los principales métodos de detección y medidas, haciendo hincapié en las distintas aplicaciones médicas e industriales de las radiaciones ionizantes. En segundo lugar, se estudiarán las reacciones nucleares, enfocándose en aquellas que permiten la producción eficiente de energía eléctrica, las reacciones de fisión y fusión, estudiándose asimismo las tecnologías asociadas.

Se profundizará especialmente en la reacción de fisión nuclear por ser el proceso que se utiliza para generar la energía en los reactores/centrales nucleares. En estos reactores la energía de fisión será transformada en energía eléctrica. Esta parte de la asignatura se conoce como la Física del Reactor que será fundamental para abordar con éxito la asignatura de Centrales Nucleares del segundo semestre.

Durante el desarrollo de la asignatura se presenta a alumno la conquista científico-técnica que ha supuesto el control y dominio de la energía nuclear. Se introducen las aplicaciones tecnológicas y los beneficios que tienen para el desarrollo de la sociedad, sin obviar los riesgos asociados debidos a los efectos de la radioactividad

(residuos radiactivos) y los potenciales riesgos de seguridad (accidentes de criticidad) que se puedan producir por un uso indebido e inapropiado de esta tecnología.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Conceptos Básicos

- 1.1. Estructura básica del átomo y el núcleo
- 1.2. Desintegración radiactiva
- 1.3. Interacción de las partículas cargadas con la materia
- 1.4. Interacción de la radiación electromagnética con la materia
- 1.5. Detección y medida de las radiaciones
- 1.6. Reacciones nucleares
- 1.7. Secciones eficaces de las reacciones con neutrones

### 2. Física de Reactores de Fisión

- 2.1. Reacción nuclear de fisión
- 2.2. El ciclo neutrónico: criticidad
- 2.3. Reactores nucleares de fisión
- 2.4. Moderación de neutrones
- 2.5. Difusión de neutrones
- 2.6. Introducción a la cinética
- 2.7. Introducción a la dinámica

### 3. Fundamentos de Física del Plasma y Tecnología de Fusión Nuclear

- 3.1. Introducción a la Fusión Nuclear
- 3.2. Condiciones de la fusión termonuclear controlada
- 3.3. Conceptos básicos de Física de Plasmas
- 3.4. Fusión por Confinamiento Magnético
- 3.5. Fusión por Confinamiento Inercial
- 3.6. Tecnología de reactores de fusión

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Impartición Tema 1.1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 1.1</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Impartición Tema 1.1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 1.1</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
2	<b>Impartición Tema 1.2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 1.2</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Impartición Tema 1.2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 1.2</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
3	<b>Impartición Temas 1.3 y 1.4</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Impartición Temas 1.3 y 1.4</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	<b>Realización de ejercicios Temas 1.3, 1.4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Impartición Tema 1.5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Realización de ejercicios Temas 1.3, 1.4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Impartición Tema 1.5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5	<b>Impartición Tema 1.6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 1.6</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Impartición Tema 1.6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 1.6</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
6	<b>Impartición Tema 1.7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 1.7</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Primera práctica de laboratorio: estudio del detector Geiger</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Impartición Tema 1.7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 1.7</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Evaluación de práctica de laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00
7	<b>Impartición Temas 2.1 y 2.2</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Impartición Temas 2.1 y 2.2</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
8	<b>Realización de ejercicios Temas 2.1 y 2.2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Impartición Tema 2.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Realización de ejercicios Temas 2.1 y 2.2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Impartición Tema 2.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Primera entrega de ejercicios para trabajo personal</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00  <b>Primera prueba de evaluación continua</b>



				EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
9	<b>Impartición Tema 2.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Temas 2.3 y 2.4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Impartición Tema 2.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Temas 2.3 y 2.4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
10	<b>Impartición Tema 2.5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 2.5</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Impartición Tema 2.5</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 2.5</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
11	<b>Impartición Tema 2.6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 2.6</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Impartición Tema 2.6</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 2.6</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
12	<b>Impartición Tema 2.7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 2.7</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Impartición Tema 2.7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Realización de ejercicios Tema 2.7</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
13	<b>Impartición Temas 3.1, 3.2 y 3.3</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Impartición Temas 3.1, 3.2 y 3.3</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
14	<b>Impartición Temas 3.4, 3.5 y 3.6</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Impartición Temas 3.4, 3.5 y 3.6</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Segunda entrega de ejercicios para trabajo personal</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00  <b>Segunda prueba evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
15				
16				
17				<b>Examen final</b> 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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Evaluación de práctica de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG3 CG7
8	Primera entrega de ejercicios para trabajo personal	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	5 / 10	CG1 CG6
8	Primera prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CE42 CE43
14	Segunda entrega de ejercicios para trabajo personal	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	5%	5 / 10	CG1 CG6
14	Segunda prueba evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CE42 CE43

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Evaluación de práctica de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG3 CG7
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CG1 CG6 CE42 CE43

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Dos opciones de evaluación a elegir por el alumno: 1) Evaluación continua y 2) Evaluación final

### 1) Evaluación continua

80% de la nota por evaluación de dos exámenes parciales, debiéndose APROBAR AMBOS con una nota igual o mayor que 5 para superar la asignatura por evaluación continua. Si el alumno suspende alguno de los dos exámenes parciales, podrá presentarse al parcial suspenso el día del examen final de enero, y nuevamente deberá obtener una nota igual o superior a 5 para superar la asignatura por evaluación continua, no haciéndose media. No se guardará ningún examen parcial para la convocatoria de julio.

10% de la nota por evaluación de dos bloques de ejercicios propuestos para trabajo personal que deberán entregarse manuscritos. Sólo se tendrá en cuenta esta nota si AMBOS EXÁMENES PARCIALES están aprobados.

10% de la nota por evaluación de las prácticas de laboratorio. Son OBLIGATORIAS y deben aprobarse con una nota igual o mayor que 5. Se evaluarán mediante cuestionarios individuales, previo y posterior a la realización de la práctica, y la elaboración de una memoria en grupo.

### 2) Evaluación final

90% de la nota por evaluación de un examen final, que debe aprobarse con una nota igual o mayor que 5.

10% de la nota por evaluación de las prácticas de laboratorio. Son OBLIGATORIAS y deben aprobarse con una nota igual o mayor que 5. Se evaluarán mediante cuestionarios individuales, previo y posterior a la realización de la práctica, y la elaboración de una memoria en grupo.

En cualquier opción de evaluación, es necesario aprobar las prácticas de laboratorio para superar la asignatura. Los alumnos de ERASMUS deben contactar con el coordinador de la asignatura.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes elaborados por el equipo docente	Otros	Apuntes de la asignatura, mayoritariamente en forma de presentaciones en PowerPoint
Ortega X., Jorba J., Radiaciones Ionizantes, Vol. I, Ediciones UPC (1996)	Bibliografía	Bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 1
Glasstone S., Sesonske A., Ingeniería de Reactores Nucleares. Edit. Reverté, Barcelona (1989)	Bibliografía	Bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 2
Lamarsh J.R., Introduction to Nuclear Engineering, Ed. Addison-Wesley Publishing Co., Reading Massachusetts, 1982	Bibliografía	Otra bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 2
Almenas K., Lee R., Nuclear Engineering, An Introduction. Springer-Verlag (1992)	Bibliografía	Otra bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 2
Wark Justin, Plasma Physics	Bibliografía	Bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 3
Fitzpatrick Richard, The Physics of Plasmas	Bibliografía	Bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 3
Energy from inertial fusion, Ed. IAEA, Sci. Ed. W.J. Hogan	Bibliografía	Bibliografía recomendada para los Temas del Módulo 3

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

COMUNICACIÓN alumnos-docentes:

La solicitud de tutorías o consultas puede realizarse preferentemente via correo electrónico para acordar una fecha y lugar/medio de reunión, bien presencial o telemática.

PLATAFORMAS TELEMÁTICAS para realizar actividades:

Se usará de modo preferente Teams, y en ocasiones puntuales BBCollaborate o Skype Empresarial.

#### OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Según el OIEA, numerosos países recurren a la ciencia y la tecnología nucleares para contribuir a sus objetivos de desarrollo y poder cumplirlos en ámbitos como la energía, la salud humana, la producción de alimentos, la gestión del agua y la protección del medio ambiente.

El uso de estas técnicas nucleares contribuye de manera directa a 9 de los 17 ODS. (<https://www.iaea.org/es/el-oiea/objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods> ).

La asignatura permite trabajar algunos de estos ODS. Se citan a continuación distintos aspectos que son introducidos en la asignatura.

### ODS 3: Salud y bienestar

- La aplicación de la tecnología nuclear en la medicina, especialmente para la lucha contra el cáncer y el diagnóstico de enfermedades.

### ODS 7: Energía asequible y no contaminante

- La energía nucleoelectrica es una fuente fiable y baja en carbono que muchos países en la actualidad están incorporando o considerando incorporar a su mix-energético.

### ODS 9: Industria, innovación e infraestructura

- Los expertos desarrollan y emplean la tecnología nuclear para crear productos más seguros y de mejor calidad y estimular la productividad industrial:
  - uso de las radiaciones ionizantes para esterilizar productos, garantizar la inocuidad y calidad de los alimentos, conservar y restaurar bienes del patrimonio cultural y eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales industriales y el aire.
  - modificación de materiales para mejorar su calidad y su vida útil, por ejemplo hacer que los cables sean resistentes al fuego, y la creación de materiales nuevos, como embalajes biodegradables para alimentos e hidrogeles que se usan en el tratamiento médico de heridas.
  - uso de radiotrazadores para diagnosticar y mejorar los procesos industriales, por ejemplo, para rastrear y monitorizar el movimiento y la distribución de los sedimentos generados por la construcción, el dragado o el vertido en zonas costeras, o para localizar en el suelo recursos naturales valiosos.
  - ensayo no destructivo con rayos X, rayos gamma o neutrones, como la radiografía industrial, puede ayudar a los expertos a comprobar si existen fisuras y defectos y poder así garantizar la calidad e integridad de los materiales y las estructuras, como aviones, gasoductos y oleoductos.
  - fuentes futuras de energía: fusión nuclear

### ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

- El cambio climático se ha convertido en uno de los mayores retos ambientales a escala mundial. La tecnología nuclear se puede utilizar para vigilar y mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse a

ellos:

- Dado que las emisiones de gases de efecto invernadero aceleran el cambio climático, los países tratan de mitigarlas desarrollando planes de energía sostenible, muchos de los cuales incluyen la energía nucleoelectrica.
- Los investigadores utilizan técnicas nucleares para documentar y vigilar cómo influye el cambio climático en el medio ambiente, desde el océano y el agua dulce hasta las montañas y el suelo, así como para localizar las fuentes de contaminantes y emisiones de gases de efecto invernadero.

ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos

- El desarrollo sostenible no puede lograrse con la participación de una única organización o un único Gobierno. Las alianzas son un elemento fundamental para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
  - El OIEA, la NEA y otras instituciones internacionales desempeñan un papel importante en la agenda mundial para el desarrollo sostenible al ayudar a los países a utilizar la ciencia nuclear para cumplir sus objetivos de desarrollo y trabajar conjuntamente.
  - Esta ayuda consiste en intercambio conocimientos a través de proyectos de investigación, distribución de bases de datos y software, proyectos de cooperación técnica, así como establecimiento de guías y normativas internacionales, etc...