



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

**53001283 - Seguridad Nuclear**

### PLAN DE ESTUDIOS

05AZ - Master Universitario en Ingeniería Industrial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Primer 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.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	8
9. Otra información.....	9

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53001283 - Seguridad Nuclear
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05AZ - Master Universitario en Ingeniería Industrial
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Eduardo Florentino Gallego Díaz	Ing. Nuclear	eduardo.gallego@upm.es	M - 15:00 - 15:30 Previa cita.
Gonzalo Jimenez Varas (Coordinador/a)	Ing. Nuclear	gonzalo.jimenez@upm.es	M - 15:00 - 15:30 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
César Queral Salazar	cesar.querel@upm.es	ETS Minas y Energía

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Industrial no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Es recomendable no empezar la asignatura con materias pendientes de cursos previos.
- Tecnología Nuclear y Centrales nucleares

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

- (a) - APLICA. Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.
- (c) - DISEÑA. Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.
- (d) - TRABAJA EN EQUIPO. Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.
- (f) - ES RESPONSABLE. Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.
- (i) - SE ACTUALIZA. Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.

(j) - CONOCE. Conocimiento de los temas contemporáneos.

(l) - ES BILINGÜE. Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano).

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA172 - Introducir los criterios de seguridad y los aspectos tecnológicos necesarios para el emplazamiento, diseño, construcción y operación de centrales nucleares en condiciones seguras, así como las bases teóricas del análisis de accidentes y del análisis de seguridad.

RA173 - Preparación básica para desempeñar un trabajo en ingeniería o en organismo regulador sobre seguridad de las centrales nucleares

RA169 - El alumno conocerá y será capaz de trabajar con simuladores comerciales

RA174 - Iniciación al manejo de algunos programas de ordenador útiles en el análisis de seguridad nuclear

RA136 - Energía nuclear

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La seguridad nuclear abarca el conjunto de ciencias y tecnologías para diseñar componentes, sistemas y estructuras nucleares; así como establecer objetivos, principios, criterios y procedimientos para conseguir mantener bajo control, de forma permanente, los productos radiactivos que se acumulan en el combustible nuclear, mientras estén en el núcleo del reactor y fuera de éste.

En esta asignatura, de carácter introductorio, se tratan de introducir los conceptos básicos necesarios en seguridad nuclear, centrados en la dinámica de la acumulación y liberación de radiactividad en las centrales nucleares, los criterios de seguridad nuclear para centrales nucleares y el análisis de accidentes.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. MÓDULO I INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS

- 1.1. Los principios fundamentales de la seguridad nuclear y su aplicación.
- 1.2. El concepto de riesgo y la cuantificación de la seguridad
- 1.3. Los criterios de seguridad nuclear para CC.NN.

### 2. MÓDULO II ACUMULACIÓN Y LIBERACIÓN DE RADIATIVIDAD EN LAS CC.NN.

- 2.1. La acumulación de productos radiactivos en el reactor nuclear
- 2.2. El balance de radiactividad en el refrigerante de una central nuclear
- 2.3. La descarga de radiactividad al medio ambiente

### 3. MÓDULO III: ANÁLISIS DE TRANSITORIOS Y ACCIDENTES EN CC.NN.

- 3.1. Introducción a los accidentes en centrales nucleares. Clasificación. Metodologías de análisis determinista y probabilista. Ejemplo de transitorio: disparo de turbina
- 3.2. Accidentes en reactores tipo PWR:
  - 3.2.1. Accidentes con pérdida de refrigerante (Loss of Coolant Accident, LOCA). Grandes roturas (Large Break LOCA)
  - 3.2.2. Accidentes con pérdida de refrigerante. Pequeñas roturas. (Small Break LOCA)
  - 3.2.3. Accidentes de rotura de tubos en generadores de vapor (Steam Generator Tube Rupture, SGTR)
  - 3.2.4. Pérdida total de agua de alimentación (Total Loss of Feedwater, TLOFW)
  - 3.2.5. Transitorios de reactividad
  - 3.2.6. Sucesos de pérdida total de suministro eléctrico (Station Blackout, SBO)
- 3.3. Introducción a los accidentes severos en reactores de agua ligera
- 3.4. Accidentes históricos en centrales nucleares: TMI-2; Chernóbil; Fukushima

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<p><b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
3	<p><b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Clase teórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase de problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Clase teórica</b></p>			<p><b>Problemas para trabajo personal</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:00</p>

	Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Clase teórica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica en simulador de Central Nuclear</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Examen y memoria de práctica de laboratorio</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 01:00
8				<b>Examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00  <b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:30
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.



## 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
4	Problemas para trabajo personal	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	10%	5 / 10	(j) (a) (f)
7	Examen y memoria de práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	5 / 10	(f) (a)
8	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	80%	5 / 10	(j) (c) (d) (a) (l) (f) (i)

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Examen y memoria de práctica de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	5 / 10	(f) (a)
8	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	90%	5 / 10	(i) (j) (c) (d) (a) (l)

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Evaluación continua: Tipos de pruebas y peso en la nota final (recomendable superior al 35%):

- 80 % Controles escritos (prueba parcial).
- 10 % Ejercicios periódicos.
- 10 % Prácticas.

Examen final: Nota mínima exigible en el examen final: 5. Para aprobar la asignatura será necesario obtener más de un 4.0 en ambas partes de la misma (Módulos I+II y Módulo III).

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes del Profesor	Bibliografía	Editados por los profesores
Moodle de la asignatura	Recursos web	Contenidos variados: presentaciones, problemas resueltos, enlaces a webs de interés, etc.
Simulador de central nuclear PWR	Equipamiento	Simulador de la central nuclear "José Cabrera"
Bibliografía complementaria	Bibliografía	Textos para ampliación de temas, a disposición de los alumnos en el Departamento

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se imparte en el bimestre septiembre-octubre.

Material bibliográfico e informático a disposición de los alumnos:

- Lee J.C., McCormick N. J., Risk and Safety Analysis of Nuclear Systems. Wiley (2011).
- Petrangeli G., Nuclear Safety. Butterworth-Heinemann (2006).
- Abramson P.B. (Editor), "Guidebook to Light Water Reactor Safety Analysis". Hemisphere Publishing Co., Washington (1985).
- Alonso A., "Introducción a la Seguridad Nuclear"; Vol. I: Fundamentos; Vol. II: La seguridad en la ubicación, proyecto, construcción y explotación de las centrales nucleares; Editorial Instituto de Estudios Nucleares, Junta de Energía Nuclear, Madrid (1975).
- Alonso A., y col., "Curso monográfico sobre análisis de accidentes". Editorial Instituto de Estudios de la Energía. CIEMAT, Madrid (1988).
- Eurocourse on Analysis of Severe Accidents in Light Water Reactors. F212-ETSII-UPM. 1997.
- Goded, F., Serradell, V., Martínez-Val, J.M y Oltrá, F., Teoría de Reactores y elementos de Ingeniería Nuclear, J.E.N., Madrid (1975, tomo I) (1981, tomo II).
- Lewis E.E., "Nuclear Power Reactor Safety". John Wiley & Sons, N.York (1977).
- Thompson T.J., Beckerley J.G. (Editors), "The Technology of Nuclear Reactor Safety"; Vol 1: Reactor Physics and Control; Vol. 2: Reactor Materials and Engineering. The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts (1964 y 1973).
- Sehgal B.R., Nuclear Safety in Light Water Reactors: Severe Accident Phenomenology. Academic Press. (2012).
