



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

53001590 - Neutrónica

PLAN DE ESTUDIOS

05BF - Master Universitario En Ciencia Y Tecnologia Nuclear

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - 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.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	9
9. Otra información.....	10

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53001590 - Neutrónica
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05BF - Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2021-22

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Nuria Garcia Herranz (Coordinador/a)	Nuclear Planta1	nuria.garcia.herranz@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico
Alfredo Lorente Fillol	Laboratorio	alfredo.lorente@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico

Oscar Luis Cabellos De Francisco	Nuclear Planta2	oscar.cabellos@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico
Gonzalo Felipe Garcia Fernandez	Nuclear Planta1	gf.garcia@upm.es	Sin horario. Solicitar por correo electrónico

* 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 Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Centrales nucleares: reactores de fisión nuclear
- Tecnología nuclear: fundamentos de las desintegraciones, reacciones nucleares, ciclo neutrónico en reactores de fisión

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB06 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB07 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CE02 - Es capaz de realizar análisis matemático avanzado y simulación numérica de los diferentes procesos y sistemas de la física y de la ingeniería de los reactores de energía nuclear de fisión y/o fusión

CE03 - Utiliza los datos y sistemas informáticos más empleados tanto en la investigación como en la industria nuclear para los sistemas de fisión y/o fusión

CE07 - Es capaz de trabajar profesionalmente en las empresas del sector nuclear, diseñando, coordinando, dirigiendo e integrando los conocimientos necesarios para participar en la puesta en marcha y apoyo a operación de las instalaciones nucleares

CG01 - Tener conocimientos avanzados de los aspectos científicos y tecnológicos de la energía nuclear

CG03 - Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares

CT01 - Aplica. Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería

CT05 - Resuelve. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

CT12 - Es bilingüe. Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano)

4.2. Resultados del aprendizaje

RA12 - Aplicabilidad de los códigos de cálculo para física de reactores de fisión

RA13 - Conocimiento avanzado del diseño de los núcleos de reactores de fisión

RA14 - Conocimiento del esquema de cálculo empleado para diseño y análisis de reactores de fisión

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de la asignatura es que los alumnos adquieran un conocimiento avanzado en Neutrónica, disciplina que analiza el transporte de los neutrones a través de la materia, así como los cambios sufridos por ésta debido a las interacciones neutrónicas.

La Neutrónica resulta fundamental en áreas como: física de reactores, evaluación de riesgo de criticidad en instalaciones donde se manipula, transporta o almacena material fisible, estudios de blankets para futuros

reactores de fusión, estudios de protección radiológica, activación de estructuras por irradiación neutrónica, transmutación de residuos radiactivos o uso de neutrones en análisis de activación e imagen para aplicaciones industriales y médicas. Por tanto, es básico que un ingeniero nuclear tenga una sólida formación en Neutrónica.

De todas las aplicaciones, en la asignatura se hará especial énfasis en la física de reactores, es decir, en la física de los sistemas donde se producen reacciones de fisión en cadena mantenidas y controladas, si bien los conceptos son aplicables a cualquier otra área.

Teniendo en cuenta que las dos magnitudes principales involucradas en la Neutrónica son la distribución de neutrones (espacial, energética y temporal) y la evolución isotópica del medio material, el estudio de la Neutrónica se aborda en cuatro fases:

1. Caracterizando cómo interaccionan los neutrones con la materia. Para ello se estudian con detalle los datos nucleares (producción y almacenamiento en librerías evaluadas, que se visualizan con el programa JANIS de la OCDE/NEA Data Bank).
2. Analizando cómo distribuyen los neutrones en un medio. Para ello se estudia la teoría del transporte neutrónico (ecuación de transporte de Boltzmann) y su aproximación de difusión, así como los métodos de resolución.
3. Analizando cómo evoluciona el medio material. Para ello se estudian las ecuaciones de evolución isotópica (ecuaciones de Bateman), los métodos de resolución y se plantea en qué condiciones es necesario resolver el problema acoplado transporte-inventario.
4. Analizando el problema neutrónico 3D en reactores, donde la deposición de energía modifica las temperaturas y densidades de los materiales (requiriéndose un análisis fluidodinámico y de transmisión de calor para su determinación) que a su vez modificarán los coeficientes de la ecuación de transporte. Resulta por tanto una importante realimentación neutrónico-termohidráulica-termomecánica, siendo necesario resolver el problema acoplado multifísica para caracterizar adecuadamente un reactor, tanto en condiciones estacionarias como transitorias.

5.2. Temario de la asignatura

1. Datos nucleares

- 1.1. Bases de datos nucleares. Visualización con JANIS
- 1.2. Secciones eficaces con neutrones. Visualización y manipulación con JANIS

2. Transporte neutrónico

- 2.1. Ecuación del transporte neutrónico
- 2.2. Métodos de resolución de la ecuación de transporte
- 2.3. Aproximación de difusión

3. Evolución isotópica

- 3.1. Cálculos de inventario "stand-alone"
- 3.2. Cálculos acoplados de transporte - inventario

4. Física de reactores

- 4.1. Análisis estacionario 3D de reactores: Neutrónica acoplada con otras disciplinas, aproximación estándar
- 4.2. Análisis cinético y dinámico

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Impartición Tema 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Ejercicios computacionales del Tema 1.1 Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
3	Impartición Tema 1.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Ejercicios computacionales Tema 1.2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	Impartición Tema 2.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega 1 de ejercicios TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
6	Ejercicios Tema 2.1 Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
7	Impartición Tema 2.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	Ejercicios computacionales Tema 2.2 Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
9	Impartición Tema 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	Ejercicios computacionales Tema 2.3 Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	Práctica de laboratorio: medida del flujo neutrónico Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Evaluación de la práctica de laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00
11	Impartición Tema 3.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega 2 de ejercicios TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00

12	Impartición Tema 3.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	Impartición Tema 4.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	Impartición Tema 4.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15				
16				
17				Examen de evaluación continua EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00 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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Entrega 1 de ejercicios	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	15%	5 / 10	CE03 CT12 CB06
10	Evaluación de la práctica de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG03 CT01 CG01
11	Entrega 2 de ejercicios	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	15%	5 / 10	CB07 CE03 CT12 CE07
17	Examen de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	60%	4 / 10	CT05 CG01 CE02 CE07

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
10	Evaluación de la práctica de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG03 CT01 CG01
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CB06 CB07 CT05 CE03 CT12 CE02 CE07

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 (la asistencia a clase y la entrega de TODOS los ejercicios es OBLIGATORIA)

- **60%** de la nota por evaluación de un examen a celebrar el día del examen final. Deberá obtenerse una nota igual o superior a 4 para hacer media con el resto de actividades
- **30%** de la nota por entrega de ejercicios de trabajo personal correspondientes a los distintos módulos del temario
- **10%** de la nota por evaluación de las prácticas de laboratorio (OBLIGATORIAS). Deberán aprobarse las prácticas con una nota igual a superior a 5

2) EVALUACIÓN FINAL

- **90%** de la nota por evaluación de un examen final. Deberá obtenerse una nota igual o superior a 5
- **10%** de la nota por evaluación de las prácticas de laboratorio (OBLIGATORIAS). Deberán aprobarse las prácticas con una nota igual a superior a 5

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes elaborados por el equipo docente	Bibliografía	El material necesario para el estudio de la asignatura estará disponible en MOODLE
Neutronics, A Nuclear Energy Division Monograph. CEA, 2015	Bibliografía	Muy recomendable. Se puede descargar en http://www.materials.cea.fr/en/PDF/MonographsDEN/Neutronics_CEA-en.pdf

Reuss P., Neutron Physics, EDP Sciences, 2008	Bibliografía	Otra bibliografía para profundizar
Stacey W.M., Nuclear Reactor Physics, Ed. John Wiley & Sons, 2001	Bibliografía	Otra bibliografía para profundizar
Código MARIA	Otros	Código de simulación computacional con el que se resolverán parte de los ejercicios propuestos
Código JANIS	Otros	Código de simulación computacional con el que se resolverán parte de los ejercicios propuestos
Código COBAYA	Otros	Código de simulación computacional con el que se resolverán parte de los ejercicios propuestos

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

TIPO DE DOCENCIA

La docencia de la asignatura será presencial. Sin embargo, si las condiciones sanitarias así lo exigieran, pasaría a ser telemática, en cuyo caso:

- **COMUNICACIÓN CON EL EQUIPO DOCENTE:** Se llevaría a cabo preferentemente a través del e-mail institucional y/o a través del chat de la plataforma de tele-enseñanza utilizada.
- **PLATAFORMAS DE TELE-ENSEÑANZA:** Las actividades de tele-enseñanza se llevarían a cabo utilizando la plataforma Moodle o Microsoft Teams. La asistencia a las clases telemáticas, al igual que ocurre con las presenciales, sería obligatoria.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La asignatura permite trabajar algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como:

ODS 7 "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna"

- 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 "Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación"

- En la asignatura se analiza cómo a través de la simulación computacional se puede contribuir a la mejora de la eficiencia energética, a la investigación científica y a la innovación en el área de los reactores nucleares críticos y subcríticos, ya sean para producción de radioisótopos, generación de energía eléctrica o eliminación de residuos radiactivos.

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, etc., así como establecimiento de guías y normativas internacionales,
- En la asignatura se trabajan esos aspectos utilizando bases de datos nucleares y códigos computacionales disponibles en la NEA.