



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

53002038 - Tecnologías De Fusión

PLAN DE ESTUDIOS

05BK - Master Universitario En Ingeniería De La Energia

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.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
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	53002038 - Tecnologías de Fusión
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05BK - Master Universitario en Ingeniería de la Energía
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 *
Manuel Cotelo Ferreiro (Coordinador/a)	ETSII - Nuclear	manuel.cotelo@upm.es	Sin horario. Es necesario solicitar la tutoría mediante correo electrónico.
Pedro Velarde Mayol	ETSII - Nuclear	pedro.velarde@upm.es	Sin horario. Es necesario solicitar la tutoría mediante correo electrónico.

Elisa Alejandra Vazquez Fernandez Tello	ETSII - Nuclear	ea.vazquez@upm.es	Sin horario. Es necesario solicitar la tutoría mediante 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 Ingeniería de la Energía no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Estructura de la materia
- Teoría del transporte de partículas y radiaciones
- Tecnología Nuclear
- Electromagnetismo

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CB7 - 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

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CE15 - Conocer los criterios básicos de seguridad y protección radiológica, el impacto de las radiaciones ionizantes y las tecnologías del blindaje contra las mismas.

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.

CE3 - Utilizar las herramientas necesarias para el diseño y análisis de sistemas de generación, transformación, almacenamiento y utilización de energías nucleares, mecánicas, eléctricas, térmicas e hidráulicas.

CE8 - Disponer de habilidades, criterios y conocimientos para investigar, desarrollar e innovar en el campo de la energía: tecnologías renovables y no renovables, almacenamiento, vectores energéticos, en un contexto de decarbonización del sistema.

CG1 - Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica profesional o investigadora de la Ingeniería Energética.

CT10 - Conoce. Conocimiento de los temas contemporáneos.

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

CT7 - Comunica. Habilidad para comunicar eficazmente.

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

RA71 - Entender de los Principios de la Tecnología de Generación de Energía por Fusión Nuclear por Confinamiento Magnético e Inercial.

RA72 - Conocer y analizar el estado actual de las instalaciones de Fusión Nuclear por confinamiento magnético e inercial.

RA73 - Identificar las funciones y sistemas necesarios para el funcionamiento de una instalación de Fusión Nuclear y sus restricciones.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura parte de la introducción a fusión nuclear vista en Tecnología Nuclear y de los conocimientos de la reacción de fusión impartidos en Física Nuclear. Por tanto, el alumno profundizará en los fundamentos de la Fusión Nuclear como fuente de energía así como en el análisis crítico de las tecnologías en desarrollo para su futura implantación comercial. La asignatura comienza con una introducción a modo de resumen de conocimientos vistos en otras asignaturas previas de la titulación. A partir de esto se estudiarán los plasmas aplicados a fusión nuclear y la asignatura finalizará con un amplio estudio de las tecnologías para reactores de fusión nuclear.

Debido a la situación excepcional provocada por el COVID19, el cronograma de la asignatura prevé dos modalidades de docencia, una presencial y otra de tele-enseñanza. El curso se impartirá únicamente en una de las dos modalidades indicadas y se comunicará a los alumnos antes de empezar el curso.

5.2. Temario de la asignatura

1. Fundamentos de Fusión Nuclear
 - 1.1. Reacciones de fusión nuclear y cinética de reacciones
 - 1.2. Física de plasmas aplicada a fusión nuclear
2. Plasmas de fusión nuclear
 - 2.1. Confinamiento inercial
 - 2.1.1. Tipos de blancos
 - 2.1.2. Interacción láser-blanco
 - 2.1.3. Compresión hidrodinámica
 - 2.1.4. Esquemas de ignición
 - 2.1.5. Ganancia de energía
 - 2.2. Confinamiento magnético
 - 2.2.1. Tokamak y stellarator
 - 2.2.2. Calentamiento del plasma
 - 2.2.3. Ignición y ganancia
 - 2.2.4. Efectos de borde
 - 2.2.5. Inestabilidades
3. Tecnologías de planta de potencia
 - 3.1. Interacción Radiación-Materia
 - 3.2. Confinamiento inercial
 - 3.2.1. Sistemas de planta
 - 3.2.2. Tipos de cámara
 - 3.2.3. De NIF y LMJ a plantas de potencia
 - 3.3. Confinamiento magnético
 - 3.3.1. Tecnologías de calentamiento
 - 3.3.2. Primera pared, divertor y manto reproductor
 - 3.3.3. De JET e ITER a plantas de potencia

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Fundamentos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Fundamentos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	Fundamentos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Fundamentos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3	Plasmas de fusión: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Plasmas de fusión: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	Plasmas de fusión: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Plasmas de fusión: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5	Plasmas de fusión: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Plasmas de fusión: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
6	Plasmas de fusión: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Plasmas de fusión: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	Plasmas de fusión: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Plasmas de fusión: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Entrega de trabajos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
8	Plasmas de fusión: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Plasmas de fusión: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
9	Tecnologías: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tecnologías: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
10	Tecnologías: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tecnologías: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
11	Tecnologías: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tecnologías: inercial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
12	Tecnologías: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tecnologías: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
13	Tecnologías: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tecnologías: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	

14	Tecnologías: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tecnologías: magnético Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Entrega de trabajos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
15				
16				
17				Examen Evaluación Continua EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua No 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
7	Entrega de trabajos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	15%	4 / 10	CG1 CB7 CE3 CE15 CE8 CE17
14	Entrega de trabajos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	15%	4 / 10	CG1 CB7 CE3 CE15 CE8 CE17
17	Examen Evaluación Continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	02:00	70%	4 / 10	CB9 CB10 CB7 CT10 CT7 CT8 CT12 CE17

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG1 CB7 CB9 CB10 CT10 CT7 CT8 CT12 CE3 CE15 CE8 CE17

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

- Evaluación continua: La evaluación continua se compone de dos partes. La primera parte estará formada por varias entregas de ejercicios que supondrán el 30% de la calificación final. La segunda parte será la presentación a toda la clase de un trabajo monográfico sobre una parte de la asignatura. Al final de la presentación de cada alumno los profesores formularán preguntas sobre el trabajo. Esta actividad puede extenderse a varias sesiones dependiendo del número de alumnos y se considerará la asistencia.
- Evaluación Final: La evaluación final se realizará mediante un examen escrito al final de curso que formará el 100% de la evaluación de la asignatura.
- Al comienzo de curso se considerará que todos los alumnos serán evaluados mediante Evaluación Continua. En caso de que un alumno dese cambiar el modo de evaluación, deberá notificarlo. Al comienzo del curso se informará de los alumnos de la fecha límite para poder realizar el cambio de modalidad y de cómo deben notificarlo.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Bibliografía	Bibliografía	Referencias bibliográficas relevantes comentadas.
Recursos web	Recursos web	Aplicaciones abiertas, simuladores y páginas de referencia, comentadas para profundizar en la asignatura.
Apuntes	Otros	Apuntes de asignatura con el contenido completo de la asignatura y aspectos adicionales para autoestudio.
Moodle	Recursos web	

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Los alumnos dispondrán de todos los recursos y actividades a través de la plataforma Moodle de la UPM. La comunicación entre alumno y profesores se realizará preferentemente a través de la plataforma Moodle.

La Fusión Nuclear es una nueva fuente de energía con un enorme potencial por explotar. Este potencial puede ayudarnos a alcanzar varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- ODS7 Energía asequible y no contaminante: El potencial de explotación de la Fusión Nuclear es virtualmente inagotable. Por tanto se puede hacer un uso sostenible de esta fuente de energía en el tiempo y además se basa en recursos muy abundantes, por lo que cualquier nación puede acceder a esta fuente de energía. Además es una fuente de energía con bajas emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de residuos radiactivos es mucho más limitada que en la tecnología de fisión nuclear.
- ODS9 Industrial, innovación e infraestructuras: El desarrollo de la Fusión Nuclear requiere todavía el desarrollo de nuevas técnicas y materiales para poder explotarla de manera controlada y segura. Estos desarrollos generarán un avance tecnológico del que pueden aprovecharse la industria y por tanto hacer crecer a las economías de los países.
- ODS13 Acción por el clima: Al ser la Fusión Nuclear una tecnología de producción de energía de bajas emisiones de gases de efecto invernadero, nos ayuda a mitigar el cambio climático al reducir las emisiones derivadas de la producción de energía.