



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del  
Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**143003016 - Sistemas Eólicos Terrestres Y Oceánicos**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IB - Master Universitario En Ingeniería Aeronautica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - 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.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	143003016 - Sistemas Eólicos Terrestres y Oceánicos
<b>No de créditos</b>	4.5 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>	14IB - Master Universitario en Ingeniería Aeronautica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Cristobal Jose Gallego Castillo	B215	cristobaljose.gallego@upm.es	L - 10:00 - 14:00 X - 14:00 - 16:00
Alvaro Cuerva Tejero	B215	alvaro.cuerva@upm.es	L - 09:00 - 13:00 X - 14:00 - 16:00
Oscar Lopez Garcia (Coordinador/a)	B215	oscar.lopez.garcia@upm.es	L - 11:00 - 14:00 V - 10:00 - 13:00

\* 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

- Cálculo Avanzado De Estructuras
- Aerodinámica Avanzada
- Aeroelasticidad Avanzada
- Mecánica De Fluidos Avanzada

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

- MATLAB

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE-VA-2 - Conocimiento adecuado de Mecánica de Fluidos Avanzada, con especial incidencia en la Mecánica de Fluidos Computacional y en los fenómenos de Turbulencia.

CE-VA-3 - Comprensión y dominio de las leyes de la Aerodinámica Externa en los distintos regímenes de vuelo, y aplicación de las mismas a la Aerodinámica Numérica y Experimental.

CE-VA-4 - Aplicación de los conocimientos adquiridos en distintas disciplinas a la resolución de problemas complejos de Aeroelasticidad.

CG10 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Aeronáutico.

CG11 - 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.

CG12 - 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.

CG14 - 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.

CG15 - Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG16 - Capacidad de integrar el respeto al medio ambiente como actitud general en la gestión y el desempeño de sus actividades.

CT2 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA20 - Conocimiento y aplicación de la simulación computacional del problema de diseño del aerogenerador.

RA17 - RA1-Conocimiento, comprensión y aplicación de la aerodinámica de los rotores, las actuaciones y la controlabilidad de aerogeneradores.

RA19 - Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis del diseño preliminar de aerogeneradores y sus costes operacionales

RA18 - Conocimiento y aplicación de los aspectos más destacados del comportamiento estructural de los aerogeneradores.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura sistemas eólicos terrestres y oceánicos es una asignatura que trata sobre la simulación del comportamiento aeroelástico de sistemas eólicos situados tanto en el entorno terrestre como en el entorno oceánico. Bajo este contexto, durante el curso se definen, realizan y evalúan diferentes proyectos que permiten al alumno adquirir los conocimientos referentes a la caracterización del recurso eólico para la determinación de cargas sobre la estructura del aerogenerador, aerodinámica del rotor, respuesta aeroelástica de las palas del aerogenerador sometido a la turbulencia atmosférica y la predicción de la potencia obtenida. La metodología docente se basa en el aprendizaje basado en proyectos por lo que tiene un enfoque principalmente práctico y orientado a la resolución de problemas prácticos y relevantes en la industria eólica. El trabajo en grupo de los alumnos en clase bajo la supervisión del profesor es una actividad docente fundamental para la correcta implementación del aprendizaje basado en proyectos. La realización de los diferentes proyectos propuestos se basa en la simulación de la respuesta aeroelástica del sistema eólico para lo cual se emplea la herramienta de simulación de MATLAB, WTTToolBox, que ha sido desarrollada por los profesores de la asignatura y alumnos de cursos y titulaciones previas.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Principios tecnológicos de funcionamiento
2. Recurso eólico
  - 2.1. Física de la atmósfera
  - 2.2. Procesos estocásticos
  - 2.3. Representación espectral de procesos estocásticos estacionarios
  - 2.4. Aplicación a la generación numérica de viento turbulento atmosférico
3. Aerodinámica del rotor
  - 3.1. Leyes de control estacionarias y actuaciones del rotor
  - 3.2. Aerodinámica no estacionaria aplicada a los sistemas eólicos
4. Dinámica estructural y aeroelasticidad
5. Sistema eléctrico y de control
6. Subsistemas del aerogenerador y parque eólico

- 6.1. Subsistemas del aerogenerador
- 6.2. Parque eólico
- 6.3. Predicción de potencia y su integración en la red eléctrica

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Presentación/encuesta</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Introducción a los sistemas eólicos</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Modelización del viento turbulento atmosférico</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Modelización del viento turbulento atmosférico</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3		<p><b>Simulación del viento turbulento atmosférico</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Simulación del viento turbulento atmosférico</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
4	<p><b>Modelización del viento turbulento atmosférico</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Simulación del viento turbulento atmosférico</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
5		<p><b>Simulación del viento turbulento atmosférico</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Simulación del viento turbulento atmosférico</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Entrega de informe sobre simulación del viento turbulento atmosférico</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:10</p>

6	<b>Modelización de la aerodinámica del rotor</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Simulación de la aerodinámica del rotor</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	<b>Modelización de la aerodinámica no estacionaria del rotor</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Simulación de la aerodinámica del rotor</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
8	<b>Modelización de la aerodinámica no estacionaria del rotor</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Simulación de la aerodinámica no estacionaria del rotor</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
9		<b>Simulación de la aerodinámica no estacionaria del rotor</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  <b>Simulación de la aerodinámica no estacionaria del rotor</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega de informe sobre la aerodinámica estacionaria y no estacionaria del rotor</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:10
10	<b>Modelización de la respuesta estructural estocástica de palas</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Modelización de la respuesta estructural estocástica de palas</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11		<b>Modelización de la respuesta estructural estocástica de palas</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  <b>Modelización de la respuesta estructural estocástica de palas</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12	<b>Modelización de la predicción de potencia</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Modelización de la respuesta estructural estocástica de palas</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega de informe sobre la respuesta estructural estocástica de palas</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:10
13		<b>Simulación de la predicción de potencia</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  <b>Simulación de la predicción de potencia</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega de informe sobre predicción de potencia de sistemas eólicos</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:10

14	<p><b>Subsistemas. Integración, diseño y certificación</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Sistemas eólicos oceánicos</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
15	<p><b>Sistema eléctrico y de control</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Parques eólicos terrestres y oceánicos</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
16				<p><b>Prueba objetiva final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p> <p><b>Prueba final única</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:00</p>
17				

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.

## 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
5	Entrega de informe sobre simulación del viento turbulento atmosférico	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:10	20%	/ 10	CG11 CE-VA-3 CG14 CT2 CT5 CE-VA-2 CG10 CG12 CG15 CT4 CE-VA-4 CG16
9	Entrega de informe sobre la aerodinámica estacionaria y no estacionaria del rotor	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:10	20%	/ 10	CG11 CE-VA-3 CG14 CT2 CT5 CE-VA-2 CG10 CG12 CG15 CG16 CT4 CE-VA-4
12	Entrega de informe sobre la respuesta estructural estocástica de palas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:10	20%	/ 10	CG14 CT2 CT5 CE-VA-2 CG10 CG12 CG15 CG16 CT4 CE-VA-4 CG11 CE-VA-3

13	Entrega de informe sobre predicción de potencia de sistemas eólicos	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:10	10%	/ 10	CE-VA-3 CG14 CT2 CT5 CE-VA-2 CG10 CG12 CG16 CT4 CE-VA-4 CG11 CG15
16	Prueba objetiva final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	30%	3.5 / 10	CE-VA-3 CG14 CT2 CT5 CE-VA-2 CG10 CG12 CG15 CG16 CT4 CE-VA-4

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Prueba final única	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	5 / 10	CG11 CE-VA-3 CG14 CT2 CT5 CG10 CG12 CG15 CG16 CT4 CE-VA-4 CE-VA-2

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen de conocimientos de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG11 CE-VA-3 CG14 CT2 CT5 CE-VA-2 CG10 CG12 CG15 CG16 CT4 CE-VA-4

## 7.2. Criterios de evaluación

De acuerdo a la Normativa de evaluación del aprendizaje en las titulaciones oficiales de grado y máster universitario de la Universidad Politécnica de Madrid aprobada por Consejo de Gobierno en su sesión del 26 de Mayo de 2022 se han elaborado las actividades de evaluación anteriormente descritas, así como los criterios de evaluación incluidos a continuación.

### Evaluación progresiva (continua)

Los estudiantes han de formar grupos de trabajo para realizar los correspondientes trabajos de simulación de viento turbulento atmosférico, aerodinámica estacionaria y no estacionaria del rotor, respuesta estructural estocástica de la palas y predicción de potencia de sistemas eólicos y asistir al menos al 85% de las clases. En caso de cumplir con los requisitos que mas abajo se detallan deben realizar la Prueba Objetiva Final.

Las actividades de evaluación que se consideran en la evaluación progresiva (continua) son

- Entrega en tiempo y forma de los correspondiente informes anteriormente definidos

La nota de los informes (sobre 10 puntos), NABP, se define como

$$\text{NABP} = 10/7 * (0.2 * \text{NISV} + 0.2 * \text{NIAR} + 0.2 * \text{NIDE} + 0.1 * \text{NIPP})$$

siendo

NISV la nota (sobre 10 puntos) del informe de viento turbulento atmosférico

NIAR la nota (sobre 10 puntos) del informe sobre la aerodinámica estacionaria y no estacionaria del rotor

NIDE la nota (sobre 10 puntos) del informe de respuesta estructural estocástica de la palas

NIPP la nota (sobre 10 puntos) del informe de simulación y predicción de potencia de sistemas eólicos, respectivamente.

Los estudiantes que hayan obtenido una nota de los informes NABP mayor o igual que 5.0 y hayan asistido al menos al 85% de las clases han de realizar el día del examen ordinario una Prueba Objetiva Final. La nota (sobre 10 puntos) de la Prueba Objetiva Final es NPOF y tiene una nota mínima asociada de 3.5 puntos. La nota final, NF, de estos estudiantes se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión condicionada al valor de NPOF:

$$\text{NF} = 0.7 * \text{NABP} + 0.3 * \text{NPOF}; \text{ si NPOF mayor o igual que 3.5 puntos}$$

$$\text{NF} = \text{NPOF}; \text{ si NPOF menor que 3.5 puntos}$$

Los estudiantes que hayan obtenido una nota de los informes NABP menor que 5.0 deberán realizar la Prueba Final Única (PFU). La PFU consiste en un examen escrito.

Los estudiantes que hayan obtenido una nota de los informes NABP mayor o igual que 5.0, hayan asistido al menos al 85% de las clases y hayan obtenido una NPOF menor que 3.5 deberán realizar en la convocatoria extraordinaria una Prueba Objetiva Final.

### Evaluación solo prueba final

Consiste en una Prueba Final Única (PFU) realizada el día del examen ordinario. La PFU consiste en un examen escrito. La nota (sobre 10 puntos) es NPFU. La nota final, NF, en este caso es

$NF = NPFU$

### Evaluación convocatoria extraordinaria

Consiste en una Prueba Final Única (PFU) realizada el día del examen extraordinario. La PFU consiste en un examen escrito. En este caso la nota final (sobre 10 puntos), NF, será

$NF = NPFU$

siendo NPFU la calificación de la Prueba Final Única (sobre 10 puntos)

### Criterio para superar la asignatura

En todos los casos ha de ser NF mayor o igual que 5 para aprobar la asignatura

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes de clase	Recursos web	Documentación generada por el profesorado para el correcto seguimiento de la asignatura
"Wind Energy Handbook" Burton et. al. 2011. John Wiley and Sons	Bibliografía	

"Aerodynamics of wind turbines" M. Hansen 2000. James & James	Bibliografía	
"Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica" J. Rodriguez et. al. 2003 Rueda	Bibliografía	
Espacio Moodle de la asignatura	Recursos web	
Recursos informáticos ETSIAE	Equipamiento	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se relaciona con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

ODS7 Energía asequible y no contaminante

ODS9 Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación

Las actividades de evaluación se han modificado teniendo en cuenta las competencias que actualmente aparecen en la memoria del Máster Universitario de Ingeniería Aeroespacial modificada con fecha 19/02/2021 y que son: CE-VA-2, CE-VA-3, CE-VA-4, CG10, CG11, CG12, CG14, CG15, CG16, CT2, CT4 y CT5.