

17-18

MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS  
INDUSTRIALES

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## ENERGÍA EÓLICA

CÓDIGO 2880134-



Ámbito: GUJ - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



DDF3CD28D52ABA351D05163CC0CFD9123

17-18

ENERGÍA EÓLICA  
CÓDIGO 2880134-

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA



|                           |   |
|---------------------------|---|
| Nombre de la asignatura   | ENERGÍA EÓLICA  |
| Código                    | 2880134-  |
| Curso académico           | 2017/2018   |
| Títulos en que se imparte | MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES |
| Tipo                      | TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  |
| Nº ETCS                   | 15  |
| Horas                     | 375.0   |
| Periodo                   | ANUAL   |
| Idiomas en que se imparte | CASTELLANO  |

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

A partir de la crisis de la energía de 1973 se iniciaron programas de investigación para el desarrollo de tecnologías que permitieran el aprovechamiento de energías renovables. Inicialmente pocos esperaban que los sistemas para aprovechar la energía del viento se fueran a convertir en una de las alternativas más prometedoras. Actualmente ya es claro que la energía producida por los aerogeneradores puede representar una contribución sustancial y económicamente competitiva a las presentes y futuras necesidades de consumo de energía eléctrica en muchos países. Se prevé que en unos años en numerosos países con diferente grado de desarrollo, los sistemas de conversión de energía eólica generen entre el 10 y el 20% de la energía eléctrica consumida. La tecnología de los sistemas de conversión de energía eólica se ha ido desarrollando en las últimas décadas con el impulso de numerosos programas de investigación y desarrollo, con la creación de empresas que han construido y comercializado aerogeneradores, y con la experiencia conseguida a lo largo de tiempos de operación ya muy elevados. En España el esfuerzo realizado en los últimos años ha sido muy importante. El desarrollo de tecnología propia, con la existencia de varias empresas nacionales fabricantes de aerogeneradores, y unido a la existencia de áreas geográficas con gran potencial eólico, hace que nuestro país haya llegado a consolidarse como la quinta potencia mundial. El sector eólico español, por capacidad productiva, ritmo inversor y potencial energético disponible ha llegado a cubrir en 2016 el 19,3% de la demanda eléctrica del país, siendo la energía eólica la segunda tecnología en el sistema eléctrico español, solo superada por la energía nuclear. España tiene actualmente una potencia instalada superior a los 23.000 MW y un potencial eólico suficiente para superar los 30.000 MW instalados, a lo que habría que añadir el potencial asociado a parques marinos y la repotenciación de parques obsoletos.

La línea de investigación *Eólica* en la que se encuadra el Trabajo fin de Máster está centrada en el estudio de la parte fluidodinámica del aprovechamiento de la energía eólica, concretamente en dos aspectos: el estudio del movimiento del aire en un determinado emplazamiento y el estudio de la aerodinámica de aerogeneradores y de parque eólicos. Esta línea de investigación es una de las que lleva a cabo el grupo de investigación de Mecánica de Fluidos Computacional del Departamento de Mecánica. A título de ejemplo, a continuación se presentan algunos de los proyectos de investigación y publicaciones en las que ha participado el grupo de investigación en esta línea:

Proyectos:



- Título:** Emplazamiento de parques eólicos en terrenos complejos.  
*Entidad financiadora:* Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial; GAMESA.  
*Duración:* 2000-2001.
  - Título:** Cost optimization of large scale offshore wind farms.  
*Entidad financiadora:* Comunidad Económica Europea (programa JOULE III, contrato JOR3-CT-95-0089).  
*Duración:* 1995-1999.
- Contratos I+D con empresas:*
- Título:** *Coeficientes hidrodinámicos de estructuras eólicas offshore (Azimut: Energía Eólica Offshore 2020).*  
*Entidad financiadora:* INGECIBER, S.A.  
*Duración:* Septiembre 2013 - enero 2014.
- Publicaciones:
- R. Gómez-Elvira, A. Crespo, E. Migoya, F. Manuel, J. Hernández, "Anisotropy of turbulence in wind turbine wakes", *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, **93**, pp 797-814, 2005.
  - Crespo, J. Hernández, S. Frandsen, "Survey of Modelling Methods for Wind-Turbine Wakes and Wind Farms", *Wind Energy*, **2**, 1-24, 1999.
  - Crespo, J. Hernández, "Turbulence characteristics in wind-turbine wakes", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **61**, 71-85, 1996.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para poder realizar el Trabajo fin de Máster en la línea de investigación sobre *Energía Eólica*, el estudiante ha de seleccionar las asignaturas a cursar de acuerdo a las siguientes directrices:

1. MÓDULO I (4 asignaturas).  
OBLIGATORIAS: Las 4 asignaturas del Módulo.
2. MÓDULO II del Itinerario en Ingeniería Mecánica (3 asignaturas).  
OBLIGATORIAS: Las 3 asignaturas del Módulo.
3. MÓDULO III del Itinerario en Ingeniería Mecánica (10 asignaturas)  
OBLIGATORIAS: Biodinámica y biomateriales.  
Sistemas de aprovechamiento de la energía eólica.  
OPTATIVAS: Una de las 8 asignaturas restantes.

Para la inicialización del Trabajo no es condición necesaria que haya tenido que aprobar previamente ninguna de las asignaturas del Máster, pero sí que es necesario en la práctica que domine muchos de los conceptos impartidos en algunas de las asignaturas asignadas a la línea de investigación, y fundamentalmente de la asignatura del MÓDULO II del Itinerario



en Ingeniería Mecánica denominada *Sistemas de Aprovechamiento de Energía Eólica*. Además es necesario tener conocimientos suficientes para lectura en inglés técnico.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

CLAUDIO ZANZI .  
czanzi@ind.uned.es  
91398-8913  
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
MECÁNICA

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

JULIO HERNANDEZ RODRIGUEZ  
jhernandez@ind.uned.es  
6424/5007  
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
MECÁNICA

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

PABLO JOAQUIN GOMEZ DEL PINO  
pgomez@ind.uned.es  
91398-7987  
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
MECÁNICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual. También se pueden realizar consultas presenciales a los profesores del Equipo Docente en el siguiente horario:

### **D. Julio Hernández Rodríguez**

Lunes, de 16,00 a 20,00 h.

Depto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 1.45

Tel.: 91 398 64 24

Correo electrónico: jhernandez@ind.uned.es

### **D. Pablo Gómez del Pino**

Miércoles, de 16 a 20 h.

Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales. Despacho 1.39

Tel.: 91 398 79 87

Correo electrónico: pgomez@ind.uned.es

### **D. Claudio Zanzi**

Lunes, de 16 a 20 h.

Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales. Despacho 1.42

Tel.: 91 398 89 13

Correo electrónico: czanzi@ind.uned.es



## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE

La realización del trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

- Consolidar los conocimientos adquiridos y profundizar en el estudio de los sistemas de aprovechamiento de la energía eólica.
- Conocer y aplicar las metodologías de investigación tecnológica en este campo de la ingeniería.
- Familiarizarse con las técnicas de simulación y experimentación empleadas en la investigación dentro del campo de la energía eólica.
- Conocer y aplicar las técnicas de interpretación y validación de los resultados de la actividad investigadora.

### CONTENIDOS

### METODOLOGÍA

Para fijar los distintos aspectos que han de abordarse en el trabajo se programarán una serie de seminarios presenciales.

El marco en el que se desarrollará el curso será el curso virtual. La plataforma utilizada actualmente en la UNED es aLF. El curso virtual será la herramienta principal de comunicación entre los alumnos y el equipo docente y de los alumnos entre sí. A través de esta plataforma virtual el alumno tendrá acceso a los siguientes elementos de apoyo:

1. El módulo de contenidos, donde se pondrá a disposición de los alumnos los apuntes de la asignatura en los que se recogen los contenidos teóricos, las guías de estudio que recogen recomendaciones en la elaboración del trabajo y toda la información necesaria actualizada.
2. Un calendario que servirá de referencia en el estudio de los distintos temas, indicando las fechas de los posibles seminarios.
3. Los foros de debate, en los que el estudiante podrá ir planteando las dudas que le vayan surgiendo en el desarrollo del trabajo, y en los que recibirá las correspondientes aclaraciones por parte del equipo docente.
4. Enlaces de interés relacionados con el campo de trabajo.
5. Aplicaciones que permitan realizar implementaciones numéricas de casos sencillos.



## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Cualquiera de estos tres libros:

- Rodríguez Amenedo, J.L., Burgos Díaz, J. C., Arnalte Gómez, S., Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica, Rueda S. L., 2003.
- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E., Wind Energy Handbook, John Wiley & Sons, 2001.
- Manwell, J.F., McGowan, J.G., Rogers, A.L., Wind Energy Explained. Theory, Design and Application, John Wiley & Sons, 2002.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Harrison, R., Hau, E., Snel, H., Large Wind Turbines. Design and Economics, John Wiley & Sons, 2000.
- Hau. E., Windturbines: Fundamentals, Technologies, Application and Economics, Springer, 2006.
- Spera, D.A. (Editor), Wind Turbine Technology: Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering, American Society of Mechanical Engineers, 1994.
- Troen, I., Petersen, E.L., European Wind Atlas, Risoe National Laboratory, Risoe, Dinamarca, 1991.
- Hansen, M.O.L., Aerodynamics of Wind Turbines, Rotors, Loads and Structure, James & James Ltd., Londres, 2000.
- Abott, I.H., von Doenhoff, A.E., Theory of Wing Sections, Dover Publications, Inc., Nueva York, 1959.
- Katz, J., Plotkin, A., Low-Speed Aerodynamics, Segunda Edición, Cambridge University Press, Nueva York, 2001.
- Bertin, J.J., Aerodynamics for Engineers, Cuarta Edición, Prentice Hall, 2002.
- Wind Energy Department of Risoe National Laboratory and Det Norske Veritas, Guidelines for Design of Wind Turbines, Copenhagen, 2001.

A continuación se presenta un listado de revistas científicas, dentro de las que se puede acceder desde la UNED, que el estudiante puede consultar:

- Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Wind Energy.
- Journal of wind engineering and industrial aerodynamics.
- Renewable Energy.
- Annual review of fluid mechanics.



- Journal of fluid Mechanics.
- International journal for numerical methods in fluids.
- Journal of fluids and structures.
- Journal of fluids engineering.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

En el caso de optar por la realización de una simulación numérica, la realización del Trabajo requiere el uso de un software de simulación adecuado. El Departamento dispone del código de propósito general FLUENT y ordenadores de cálculo.

---

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no hayan sido sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

