

Guia docent

230389 - WES - Energia Eòlica: Fonaments, Aplicacions Offshore i Sistemes de Detecció

Última modificació: 19/06/2025

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona

Unitat que imparteix: 739 - TSC - Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2013). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES AVANÇADES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2019). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 3.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: FRANCISCO ROCADENBOSCH BURILLO

Altres: Primer quadrimestre:
FRANCISCO ROCADENBOSCH BURILLO - 11
ANDREU SALCEDO BOSCH - 11

CAPACITATS PRÈVIES

Grau en Enginyeria, Física o Ciència de Dades.

REQUISITS

No hi ha cap requisit específic per als estudiants entrants sempre que tinguin la tipologia de titulacions indicada anteriorment.

METODOLOGIES DOCENTS

Les classes del track teòric inclouen: (i) sessions expositives recolzades en presentacions (mitjançant transparències o tablet), (ii) discussió d'exemples bàsics amb suport de simulacions, (iii) anàlisi d'aplicacions en contextos reals (per exemple, l'estudi del "business case" d'una spin-off del sector eòlic) i, eventualment, (iv) una conferència impartida per un/a expert/a convidat/da (si diponible).

Les activitats d'aplicació/laboratori estan orientades a l'aplicació pràctica dels conceptes clau abordats al track teòric, mitjançant l'ús de simulacions a Matlab i plataformes interactives.

El seminari es completa amb l'exposició i la discussió d'un treball final de revisió i extensió partint de les activitats d'aplicació/laboratori. El projecte és elaborat pels estudiants en parelles.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- Comprendre els principis fonamentals de la física i l'enginyeria de l'energia eòlica, incloent-hi el recurs eòlic, l'aerodinàmica de les turbines i la conversió d'energia.
- Analitzar les dades del vent mitjançant conceptes de turbulència i models estadístics per estimar el potencial dels recursos eòlics i el rendiment de les turbines.
- Descriure els principals sistemes mecànics, elèctrics i de control dels aerogeneradors, incloent-hi els components i materials principals.
- Avaluat i comparar les tecnologies de mesurament del vent in situ i remotes, incloent-hi els principis de funcionament, les capacitats i les limitacions dels sistemes de teledetecció LIDAR i SODAR.
- Comprendre els reptes i les tecnologies de l'energia eòlica marina, incloent-hi les estructures flotants i la instrumentació: avaluar críticament solucions del món real com la boia LIDAR flotant EOLOS™.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	9,0	12.00
Hores grup gran	15,0	20.00
Hores aprenentatge autònom	51,0	68.00

Dedicació total: 75 h

CONTINGUTS

1. Introducció a l'energia eòlica i avaluació dels recursos eòlics

Descripció:

Aquesta lliçó introdueix els fonaments de l'energia eòlica, incloent-hi els tipus de sistemes, les mètriques de costos i una visió general completa del recurs eòlic. Els estudiants exploraran la dinàmica de la capa límit atmosfèrica, la turbulència i els efectes del terreny. Es posa èmfasi en els mètodes per quantificar i analitzar el recurs eòlic mitjançant models estadístics i físics. Els temes tractats inclouen sistemes d'energia eòlica i LCOE; característiques del recurs eòlic (variabilitat espacial/temporal, patrons de circulació); propietats de la capa límit atmosfèrica; efectes del terreny i de la superfície; i mètodes d'anàlisi estadística.

Objectius específics:

- Introduir els sistemes d'energia eòlica i els tipus de turbines.
- Explicar les característiques del recurs eòlic i les tècniques de modelització.
- Aplicar eines estadístiques bàsiques per estimar el potencial de l'energia eòlica.

Activitats vinculades:

Component interactiu / de simulació:

- Anàlisi pràctica de dades eòliques i estimació de recursos utilitzant conjunts de dades de mostra i eines estadístiques bàsiques.

Dedicació: 7h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 3h

2. Aerogeneradors I: Aerodinàmica i conversió d'energia

Descripció:

Aquesta lliçó explora els principis aerodinàmics dels aerogeneradors. S'introdueixen models bàsics com la teoria del moment i el límit de Betz, juntament amb la teoria de l'element de la pala i els conceptes de perfil aerodinàmic. L'objectiu és desenvolupar una comprensió de com l'energia eòlica es converteix en energia mecànica. Els temes inclouen la teoria del moment (1D) i el límit de Betz; la teoria del rotor ideal i el disseny de la forma de la pala; els perfils aerodinàmics i les forces aerodinàmiques; i una introducció a la teoria del moment de l'element de la pala (BEM).

Objectius específics:

- Comprendre els principis i models aerodinàmics rellevants per als aerogeneradors.
- Conèixer els conceptes bàsics de la teoria del moment i el límit de Betz per avaluar l'eficiència de la turbina.
- Descriure els conceptes de disseny de les pales i les característiques del perfil aerodinàmic.

Activitats vinculades:

Component interactiu / de simulació :

- Càlcul i visualització basats en MATLAB de l'eficiència dels aerogeneradors i els paràmetres de disseny de les pales.

Dedicació: 18h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 12h

3. Aerogeneradors II: Components, Control i Dinàmica

Descripció:

Centrant-se en els sistemes d'aerogeneradors, aquesta lliçó cobreix els subsistemes mecànics, elèctrics i de control. Els participants aprendran com cada component contribueix a la conversió d'energia i al rendiment del sistema. Els temes inclouen sistemes mecànics i transmissió; sistemes elèctrics i tipus de generadors; i estratègies de control.

Objectius específics:

- Descriure els subsistemes mecànics i elèctrics d'un aerogenerador.
- Explicar les estratègies de control utilitzades per optimitzar el rendiment.
- Identificar els principals components utilitzats en la construcció d'una turbina.

Activitats vinculades:

Component interactiu / de simulació:

- Sessió interactiva que analitza esquemes bàsics de turbines i un model Simulink per al comportament bàsic del sistema de control.

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 6h

4. Tecnologies de mesura del vent: in situ i teledetecció

Descripció:

Aquesta lliçó introdueix la instrumentació utilitzada en l'avaluació de l'energia eòlica, centrant-se tant en dispositius in situ (per exemple, anemòmetres de copa i sònics) com en sistemes de teledetecció. S'examinen els sistemes LIDAR, incloent-hi els principis de funcionament, el processament de senyals i les tècniques de reconstrucció del vent. Els temes inclouen màstils meteorològics; principis i aplicacions SODAR; tecnologies LIDAR; i llur arquitectura i processament.

Objectius específics:

- Comparar tecnologies de mesura per a l'avaluació del vent.
- Explicar el funcionament dels sistemes LIDAR i SODAR.
- Comprendre el flux de treball de processament de senyals per a un LIDAR Doppler.

Activitats vinculades:

Component interactiu / de simulació:

- Comparació dels resultats de mesurament dels conjunts de dades procedents de màstil i de LIDAR; simulació bàsica de la reconstrucció del vector del vent.

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 4h

5. Energia eòlica marina i aplicacions al món real

Descripció:

Aquesta lliçó se centra en l'energia eòlica marina. Es presta especial atenció a les plataformes flotants i les estratègies d'instrumentació, amb un estudi de cas real de la boia LIDAR flotant EOLOSTM. Els temes inclouen les característiques del recurs eòlic marí; estructures de suport de fons fix vs. flotants; reptes del medi marí; i el cas EOLOSTM.

Objectius específics:

- Identificar les característiques clau del recurs eòlic marí.
- Avaluar estratègies d'instrumentació del món real mitjançant l'estudi d'un cas.

Activitats vinculades:

Component interactiu / de simulació:

- Tutoria del projecte del seminari / Discussió en grup i avaluació del cas EOLOSTM.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 2h

6. Resum del seminari i presentacions de projectes

Descripció:

Aquesta lliçó final es divideix en dues parts: La primera part resumeix les activitats actuals de la UPC CommSensLab en energia eòlica. Quan sigui possible, aquesta primera part inclourà una xerrada convidada a càrrec d'un expert en energia eòlica/teledetecció, que oferirà una visió avançada dels reptes actuals de recerca, innovació o desplegament en aquest camp. La segona part està dedicada a presentacions orals dels estudiants. Els participants resumiran els seus projectes grupals o individuals desenvolupats durant el seminari i presentaran els resultats clau.

Objectius específics:

- Obtenir informació sobre la recerca o els reptes industrials del món real en energia eòlica a través de la perspectiva d'un expert.
- Comunicar els objectius, els mètodes i els resultats del projecte de manera clara i eficaç.

Activitats vinculades:

Interactive / Simulation Component:

- Expert invited talk (when possible) followed by student project presentations and discussion.

Dedicació: 28h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 24h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- 1.- Asistencia y dedicación en clase: 20%
- 2.- Proyecto final de intensificación: Tema seleccionado, breve documentación y exposición oral: 30%
- 3.- Proyecto final de intensificación: Programas de software desarrollado (Matlab): 50%

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Manwell, J. F; McGowan, J. G; Rogers, A. L. Wind energy explained : theory, design and application. 2nd ed. [Chichester]: John Wiley & Sons, 2009. ISBN 9780470015001.
- Wind Turbine [en línia]. Online: MATLAB Help Center, R2024b [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://www.mathworks.com/help/releases/R2024b/sdl/ref/windturbine.html>.



Complementària:

- Peña, A. [et a]l.. Remote Sensing for Wind Energy (DTU Wind Energy-E-Report-0084 (EN)) [en línia]. Technical University of Denmark: DTU Wind Energy, 2015 [Consulta: 17/06/2025]. Disponible a: <https://orbit.dtu.dk/en/publications/remote-sensing-for-wind-energy-4>. ISBN 9788793278349.
- Leishman, J. Gordon. Introduction to Aerospace Flight Vehicles [en línia]. 2025. Online: Embry-Riddle Aeronautical University, 2025 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://eaglepubs.erau.edu/introductiontoaerospaceflightvehicles/>. ISBN 979-8-9852614-0-0.
- NASA Glenn Research Center. "Guide to Aerodynamics." Beginner's Guide to Aerodynamics [en línia]. NASA Glenn Research Center, [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: <https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/learn-about-aerodynamics/>.