**Nom assignatura**: Energia eòlica  
Energía eólica  
Wind Power

**Codi**: (A omplir pel centre)

**Crèdits ECTS**: 5

**Idioma d’impartació:** Anglès / Castellà

**Unitat responsable**: EUETIB – Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona

**Departament**: 709 Enginyeria Elèctrica

**Curs d’inici**: 2013/2014

**Titulacions**: Màster universitari en Enginyeria de l’Energia  
MSc EM Environomical Pathways for Sustainable Energy Systems - SELECT

**Responsable de l’assignatura**: Oriol Gomis-Bellmunt

|  |
| --- |
| **Requisits** |

Capacitats prèvies:

* Enginyeria bàsica elèctrica i mecànica.
* Anàlisis de circuits elèctrics.

Requisits:

* No té requisits específics.

|  |
| --- |
| **Professorat** |

Professor Responsable: Oriol Gomis-Bellmunt

Professorat: Agustí Egea-Álvarez, Adrià Junyent-Ferré, Andreas Sumper

Horari d’atenció: Es publicarà a la intranet docent.

|  |
| --- |
| **Metodologia** |

**Metodologies docents**

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:

* Classe magistral o conferència (EXP):: exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.
* Classes pràctiques (PRAC): resolució individual o col·lectiva d'exercicis amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula; presentacions: presentació a l'aula d'una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.
* Laboratori/Taller (L/T): realització de dissenys, mesuraments, verificacions, etc.; i presentació dels resultats en forma oral o escrita de manera individual o en grups reduïts.
* Treball teòric-pràctic dirigit (TD): realització a l'aula d'una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora.
* Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): aprenentatge basat en la realització, individual o en grup, d'un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.
* Projecte o treball d'abast ampli (PA): aprenentatge basat en el disseny, la planificació i realització en grup d'un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.
* Activitats d'Avaluació (EV).

**Activitats formatives:**

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents activitats formatives:

* Presencials
  + Classes magistrals i conferències (CM): conèixer, comprendre i sintetitzar els coneixements exposats pel professorat mitjançant classes magistrals o bé per conferenciants (presencial).
  + Classes pràctiques (CP): participar en la resolució col · lectiva d'exercicis, així com en debats i dinàmiques de grup, amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula (presencial).
  + Presentacions (PS): presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts (presencial).
  + Laboratori / Taller (L/T): comprendre el funcionament d'equips, especificacions i documentació, realitzar dissenys, mesuraments, verificacions, etc., I presentar els resultats en forma oral o escrita de manera individual o en grups reduïts.
  + Treball teòric pràctic dirigit (TD): realitzar a l'aula una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora (presencial).
* No Presencials
  + Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): dur a terme, individualment o en grup, un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats (no presencial).
  + Projecte o treball d'abast ampli (PA): dissenyar, planificar i dur a terme individualment o en grup un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions (no presencial).
  + Estudi autònom (EA): estudiar o ampliar els continguts de la matèria de forma individual o en grup, comprenent, assimilant, analitzant i sintetitzant coneixements (no presencial).

**Dedicació prevista de l’estudiant**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **hores** |
| Classes teòriques i conferències (CTC) | 14 |
| Classes pràctiques (CP) | 12 |
| Pràctiques de laboratori o taller (L/T) | 5 |
| Presentacions (PS) |  |
| Total (Grup Gran/Mitjà/Petit) | **31** |
| Tutories de treballs teòric pràctics (TD) | 14 |
| Total AD (Activitats Dirigides) | **15** |
| Projecte, activitat o treball d’abast reduït (PR) | 15 |
| Projecte o treball d’abast ampli (PA) | 10 |
| Estudi autònom (EA) | 55 |
| Total AA (Aprenentatge Autònom) | **80** |
| TOTAL | **125** |

**Sistema de qualificació**

|  |  |
| --- | --- |
|  | % |
| Prova final escrita de control de coneixements. | 50 |
| Activitat 1 | 10 |
| Activitat 2 | 10 |
| Activitat 3 | 10 |
| Activitat 4 | 10 |
| Presentació oral | 10 |

**Normes de realització de les activitats**

L'examen constarà de preguntes conceptuals o de prova i exercicis curts que inclouran els continguts teòrics i exercicis i activitats realitzades. Temps: 2 hores.

|  |
| --- |
| **Objectius d’aprenentatge de l’assignatura** |

**Objectius**

El curs es centrarà en proporcionar els coneixements i les eines necessàries per comprendre i analitzar els sistemes de generació d'energia eòlica. Es durà a terme l’anàlisi en estat estacionari i dinàmic de les turbines eòliques i plantes d'energia eòlica.

**Resultats de l’aprenentatge**

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:

* Entén el rol de l’energia eòlica en el context del sistema energètic mundial i regional, les seves connotacions econòmiques, socials i ambientals, així com l'impacte de les tecnologies en un context local i global.
* Coneix de les organitzacions rellevants, els principals projectes en l'àmbit internacional, les principals fonts d'informació i les normatives relacionades amb les tecnologies de l’energia eòlica.
* Disposa dels elements d'anàlisi i coneixements necessaris per dur a terme un projecte, a escala d'enginyeria bàsica, relacionat amb la generació d'energia elèctrica utilitzant les tecnologies de l’energia eòlica. Específicament:
  + Entén els principis de la generació elèctrica amb turbines eòliques.
  + Es capaç de determinar les condicions d'estat d'equilibri d'un sistema de generació de potència amb energia eòlica.
  + Sap analitzar el comportament dinàmic de les turbines eòliques.
  + Entén com les turbines eòliques poden ser agregades a les plantes d'energia eòlica.
  + Sap fer un pre-disseny de turbines i plantes eòliques.
* Coneix les principals línies de recerca en l'àmbit de les tecnologies de l’energia eòlica.

|  |
| --- |
| **Competències** |

**BÀSIQUES I GENERALS**

CG1 Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dins l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

CG3 Intervenir en processos de recerca, desenvolupament i innovació en l'àmbit de les tecnologies energètiques i de l'ús de l'energia en els sectors productius i de serveis, aportant nous coneixements, avenços tecnològics i solucions innovadores en equips de treball multidisciplinaris, nacionals o internacionals.

CG4 Analitzar de forma crítica les polítiques energètiques regionals, nacionals i supranacionals i saber aplicar la legislació en matèria energètica en qualsevol dels àmbits de l'enginyeria de l'energia i de la gestió energètica.

CG6 Dur a terme dictàmens i assessorament tècnic en l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

**ESPECÍFIQUES**

CE1 Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com, font d'energia fins al seu ús com servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental, i formular judicis valoratius.

CE4 Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic i aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques més noves en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CE6 Aplicar criteris tècnics i econòmics a la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques més noves en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.

CE7 Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica d'aquests.

|  |
| --- |
| **Continguts** |

Mòdul 1. Introducció a l'energia eòlica.

Mòdul 2. El recurs eòlic.

Mòdul 3. Principis i components de turbines de vent.

Mòdul 4. Aerogeneradors de velocitat fixa.

Mòdul 5. Aerogeneradors de velocitat variable.

Mòdul 6. Parcs eòlics.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1. Introducció a l'energia eòlica.** | **Dedicació**: | **7 h** |
| Classes teòriques i conferències | 2 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Activitats dirigides | 0 h |
| Aprenentatge autònom | 5 h |
| **Descripció:**  Es presentaran els sistemes de generació d'energia eòlica, el que inclou els següents temes:   * Els sistemes elèctrics de potència. * Perspectives i tendències de les energies renovables. * Eòlica terrestre i marina * La indústria eòlica. * Organitzacions rellevants.   Els temes seran introduïts en la classe i es proposaran als alumnes materials per a l'estudi addicional. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant entengui l’energia eòlica comparada amb altres fonts d’energia, renovables i no renovables, així com què es pot esperar en un futur proper. | | |
| **Activitats vinculades:**  cap | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **2. El recurs eòlic.** | **Dedicació**: | **18,5 h** |
| Classes teòriques i conferències | 2h |
| Classes pràctiques | 2 h |
| Laboratori | 0,5 h |
| Activitats dirigides | 1,5 h |
| Aprenentatge autònom | 12,5 h |
| **Descripció:**  Es presentarà l'anàlisi i caracterització del recurs eòlic tant terrestre com marí. Es duran a terme exercicis per exemplificar l'anàlisi de la variabilitat de la velocitat del vent en funció dels paràmetres clau. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant comprengui i sàpiga emprar els elements de càlcul i anàlisi en l’avaluació del recurs eòlic. | | |
| **Activitats vinculades:**  1. Corba de potència i l'extracció d'energia. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **3. Principis i components de turbines de vent.** | **Dedicació**: | **18,5 h** |
| Classes teòriques i conferències | 2h |
| Classes pràctiques | 2 h |
| Activitats dirigides | 0,5 h |
| Aprenentatge autònom | 1,5 h |
| **Descripció:**  Es descriu com treballen les turbines eòliques i els principis bàsics relacionats amb la dinàmica de fluids. Es presenta el coeficient de potència i els diferents components dels aerogeneradors. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant comprengui el funcionament de la turbina, així com les configuracions i els components dels aerogeneradors. | | |
| **Activitats vinculades:**  1. Corba de potència i l'extracció d'energia. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **4. Aerogeneradors de velocitat fixa.** | **Dedicació**: | **23 h** |
| Classes teòriques i conferències | 2 h |
| Classes pràctiques | 2 h |
| Laboratori | 1 h |
| Activitats dirigides | 3 h |
| Aprenentatge autònom | 15 h |
| **Descripció:**  S’introdueixen els diferents conceptes dels aerogeneradors. S’analitzen les turbines de velocitat fixa, el que inclou la descripció dels elements clau, l’anàlisi en estat estacionari i temes d’operació i control. S’introdueix el modelat i l’anàlisi de les turbines tant en estat estacionari com en transitori. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant comprengui el funcionament i principals característiques dels aerogeneradors de velocitat fixa i sàpiga fer el modelat i l’anàlisi tant en estat estacionari com en transitori. | | |
| **Activitats vinculades:**  2. Anàlisi en estat estacionari i dinàmic d'un aerogenerador de velocitat fixa. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **5. Aerogeneradors de velocitat variable.** | **Dedicació**: | **35 h** |
| Classes teòriques i conferències | 4 h |
| Classes pràctiques | 4 h |
| Laboratori | 2 h |
| Activitats dirigides | 5 h |
| Aprenentatge autònom | 20 h |
| **Descripció:**  S’analitzen els aerogeneradors de velocitat variable, el que inclou la descripció dels elements clau, l’anàlisi en estat estacionari i temes d’operació i control. Es consideren generadors d’inducció doblement alimentats i convertidors. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant comprengui el funcionament i principals característiques dels aerogeneradors de velocitat variable i sàpiga fer el modelat i l’anàlisi tant en estat estacionari com en transitori. | | |
| **Activitats vinculades:**  3. Anàlisi en estat estacionari i dinàmic d'un aerogenerador de velocitat variable. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **6. Parcs eòlics.** | **Dedicació**: | **23 h** |
| Classes teòriques i conferències | 2 h |
| Classes pràctiques | 2 h |
| Laboratori | 1 |
| Activitats dirigides | 3 h |
| Aprenentatge autònom | 10 h |
| **Descripció:**  Es presenten les qüestions clau relacionades amb les plantes d'energia eòlica, el que inclou l'anàlisi i dimensionament de la configuració elèctrica i l'efecte d’estela entre els aerogeneradors. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant comprengui el funcionament i principals característiques dels parcs eòlics. | | |
| **Activitats vinculades:**  4. Planificació dels parcs eòlics. | | |

|  |
| --- |
| **Planificació d’activitats** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1. Corba de potència i l'extracció d'energia.** | **Dedicació**: | **7 h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Laboratori | 1 h |
| Activitats dirigides | 1 h |
| Aprenentatge autònom | 5 h |
| **Descripció:**  Per a una localització donada i la informació coneguda del recurs eòlic, i considerant una turbina eòlica donada amb una corba de potència coneguda, l'activitat consisteix en desenvolupar una anàlisi d'extracció d'energia considerant la influència de diferents paràmetres. | | |
| **Material:**  Les dades de vent i les paràmetres d'aerogeneradors. | | |
| **Lliurament:**  Es presentarà un informe de resultats. Una part dels grups també defensarà el seu treball en una presentació oral. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant sàpiga emprar els elements de càlcul i anàlisi en l’avaluació del recurs eòlic i d’obtenció d’energia amb aerogeneradors. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **2. Anàlisi en estat estacionari i dinàmic d'un aerogenerador de velocitat fixa.** | **Dedicació**: | **7 h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Laboratori | 1 h |
| Activitats dirigides | 1 h |
| Aprenentatge autònom | 5 h |
| **Descripció:**  S’analitzarà un aerogenerador de velocitat fixa determinat, tant en estat estacionari com mitjançant simulacions dinàmiques. | | |
| **Material:**  Paràmetres de l’aerogenerador. | | |
| **Lliurament:**  Es presentarà un informe de resultats. Una part dels grups també defensarà el seu treball en una presentació oral. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant sàpiga dur a terme l’anàlisi un aerogenerador de velocitat fixa, tant en estat estacionari com mitjançant simulacions dinàmiques. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **3. Anàlisi en estat estacionari i dinàmic d'un aerogenerador de velocitat variable.** | **Dedicació**: | **14h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Laboratori | 2 h |
| Activitats dirigides | 2 h |
| Aprenentatge autònom | 10 h |
| **Descripció:**  S’analitzarà un aerogenerador de velocitat variable determinat, tant en estat estacionari com mitjançant simulacions dinàmiques. | | |
| **Material:**  Paràmetres de l’aerogenerador. | | |
| **Lliurament:**  Es presentarà un informe de resultats. Una part dels grups també defensarà el seu treball en una presentació oral. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant sàpiga dur a terme l’anàlisi un aerogenerador de velocitat variable, tant en estat estacionari com mitjançant simulacions dinàmiques. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **4. Planificació dels parcs eòlics.** | **Dedicació**: | **7 h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Laboratori | 1 h |
| Activitats dirigides | 1 h |
| Aprenentatge autònom | 5 h |
| **Descripció:**  Es durà a terme una planificació simplificada de un parc eòlic marí. | | |
| **Material:**  Paràmetres dels aerogeneradors i del parc eòlic. | | |
| **Lliurament:**  Es presentarà un informe de resultats. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant sàpiga fer una planificació simplificada de un parc eòlic marí. | | |

|  |
| --- |
| **Bibliografia** |

**Bàsica**:

* Materials del curs.

**Complementària**:

* Wind Turbine Operation in Electric Power Systems: Advanced Modeling, Zbigniew Lubosny, Springer Verlag, 2003
* Wind Power in Power Systems, Thomas Ackermann (Editor), Wiley, 2005
* Wind Turbine Control Systems: Principles, Modelling and Gain Scheduling Design, F. Bianchi et al., Springer 2007
* Wind Turbines, E. Hau, Springer 2006
* Wind energy generation: Modelling and Control, O. Anaya-Lara, N. Jenkins, J. Ekanayake, P. Cartwright, M. Hughes, John Wiley and Sons, 2009
* Embedded Generation, N. Jenkins, R. Allan, P. Crossley, D. Kirschen and G. Strbac., The Institution of Electrical Engineers, 2000
* Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems, R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodriguez, F. Blaabjerg, John Wiley and Sons, 2011
* Renewable energy in power systems, L. L. Freris, D.Infield, John Wiley and Sons, 2008
* Dynamic simulation of electric machinery, C.M. Ong Prentice Hall PTR, 1998

**Enllaços relacionats:**

* EolicCat http://www.eoliccat.net/
* Asociación Empresarial Eólica http://www.aeeolica.es/
* British Wind Energy Association http://www.bwea.com/
* Danish Wind Industry Association http://www.vindselskab.dk/en/core.htm
* German Wind Energy Association http://www.wind-energie.de/en/
* European Wind Energy Association http://www.ewea.org/
* American Wind Energy Association http://www.awea.org/
* Chinese Wind Energy Association http://www.cwea.org.cn/main.asp
* World Wind Energy Association http://www.wwindea.org/
* International Energy Agency  http://www.iea.org/
* International Renewable Energy Agency http://www.irena.org/