

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

Unitat responsable: 240 - ETSEIB - Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
Unitat que imparteix: 751 - DECA - Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental  
Curs: 2019  
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Unitat docent Optativa)  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AMBIENTAL (Pla 2014). (Unitat docent Optativa)  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AMBIENTAL (Pla 2009). (Unitat docent Optativa)  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Unitat docent Optativa)  
Crèdits ECTS: 5 Idiomes docència: Anglès

### Professorat

Responsable: Ferrer Martí, Ivet  
Altres: Flotats Ripoll, Xavier  
García Galán, Maria Jesús

### Horari d'atenció

Horari: Es publicarà a la intranet docent

### Capacitats prèvies

- Estequiometria de les reaccions químiques
- Balanços de massa. Equació de continuïtat
- Fonaments de termodinàmica de les reaccions químiques

### Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

#### Específiques:

- CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a 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.
- CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com 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 innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.
- CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en 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 innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
- CEMT-7. 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 dels mateixos.

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

### Metodologies docents

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

- Classe magistral o conferència: exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.
- Classes pràctiques: resolució individual o col·lectiva d'exercicis, realització de debats i dinàmiques de grup amb el professor/a i altres estudiants a l'aula; presentació a l'aula d'una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.
- Laboratori / Taller: visita tècnica.
- Treball teòric-pràctic dirigit: realització a l'aula d'una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor/a.
- Projecte, activitat o treball d'abast reduït: 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: aprenentatge basat en el disseny, la planificació i realització en grup d'un projecte o treball d'amplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on es descriu el plantejament seguit, els resultats obtinguts i les conclusions assolides.
- Activitats d'avaluació.

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

Presencials

- Classes magistrals i conferències: conèixer, comprendre i sintetitzar els coneixements exposats pel professorat mitjançant classes magistrals o bé per conferenciants.
- Classes participatives: participar en la resolució col·lectiva d'exercicis, així com en debats i dinàmiques de grup, amb el professor/a i altres estudiants a l'aula.
- Presentacions: presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.
- Laboratori / Taller: visita tècnica.
- Treball teòric-pràctic dirigit: realitzar a l'aula una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor/a.

No Presencials

- Projecte, activitat o treball d'abast reduït: dur a terme, individualment o en grup, un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.
- Projecte o treball d'abast ampli: dissenyar, planificar i dur a terme individualment o en grup un projecte o treball d'amplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.
- Estudi autònom: estudiar o ampliar els continguts de la matèria de forma individual o en grup, comprenent, assimilant, analitzant i sintetitzant coneixements.

### Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

Objectiu: Construir una base sòlida de coneixements i habilitats per tal d'afrontar el dimensionat i disseny d'instal·lacions de producció de biocombustibles líquids i gasosos.

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:

- Entén el rol de la bioenergia en el context del sistema energètic mundial i regional, les connotacions econòmiques, socials i ambientals, així com l'impacte de les tecnologies associades en un context local i global.
- Coneix les organitzacions rellevants, els principals projectes en l'àmbit regional i internacional, les principals fonts d'informació i les normatives relacionades amb les plantes de biogàs, així com amb la producció i qualitat d'altres biocarburants.
- Disposa dels elements d'anàlisi i coneixements per portar a terme un projecte, a escala d'enginyeria bàsica, relacionat amb la producció de biocombustibles gasosos i líquids, així com sobre la gestió de les instal·lacions.
- És capaç de transferir coneixements relatius a l'aplicació de les tecnologies de la producció de biocombustibles mitjançant l'elaboració d'idees novadores.

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

### Hores totals de dedicació de l'estudiantat

|                       |                             |     |        |
|-----------------------|-----------------------------|-----|--------|
| Dedicació total: 125h | Hores grup mitjà:           | 30h | 24.00% |
|                       | Hores grup petit:           | 0h  | 0.00%  |
|                       | Hores activitats dirigides: | 10h | 8.00%  |
|                       | Hores aprenentatge autònom: | 85h | 68.00% |

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

### Continguts

|   |  |
|---|--|
| <p>1. Context i bases dels processos biològics</p>  | <p>Dedicació: 34h</p> <p>Grup gran/Teoria: 4h<br/>Grup petit/Laboratori: 4h<br/>Activitats dirigides: 4h<br/>Aprentatge autònom: 22h</p> |
| <p>Descripció:</p> <p>1.1. Introducció</p> <p>Classificació dels biocombustibles, líquids i gasosos</p> <p>Processos de producció</p> <p>Matèries primeres i subproductes. El concepte de biorefineria</p> <p>Produccions actuals i tendències de futur</p> <p>Aspectes ambientals, econòmics i normatius</p> <p>1.2. Introducció als processos biològics de transformació</p> <p>Conceptes de bioreactors</p> <p>Cinètica del creixement microbiana</p> <p>Cinètica enzimàtica</p> <p>Bioenergètica de les reaccions biològiques. Transformació del substrat en biomassa</p> <p>Aplicació a reactors discontinus, continus de mescla completa i de flux pistó</p> <p>Conceptes de cinètica de biofilms i reactors de biomassa fixada</p> <p>Activitats vinculades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cassetes teòriques i conferències (CTC)</li> <li>2. Classes pràctiques (CP) i projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR)</li> <li>3. Tutories de treballs teòric-pràctics (TD) i Projecte d'abast ampli (PA)</li> </ol> <p>Objectius específics:</p> <p>Establir les bases d'informació sobre el context de producció de biocombustibles líquids i gasosos, i de coneixement dels processos biològics de transformació de substrats orgànics en biocombustibles.</p> |  |

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

|  |  |
|--|--|
| 2. Biocombustibles gasosos: biogàs i biohidrogen | Dedicació: 65h<br>Grup gran/Teoria: 8h<br>Grup petit/Laboratori: 8h<br>Activitats dirigides: 7h<br>Aprentatge autònom: 42h |
| Descripció:                                      |  |

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

- 2.1. Digestió anaeròbia. Bases microbiològiques i cinètiques
  - Fases de la digestió anaeròbia
  - Desintegració i hidròlisi; Acidogènesi; Acetogènesi; Metanogènesi
  - Relació sintròfica entre espècies
  - Equilibris químics rellevants durant el procés
  - El model IWA-ADM1 (Anaerobic Digestion Model N° 1)
- 2.2. Digestió anaeròbia. Condicions ambientals i operacionals
  - Temperatura
  - pH i alcalinitat
  - Requeriment de nutrients
  - Tòxics i inhibidors
  - Temps de retenció hidràulica i cel·lular
  - Velocitat de càrrega orgànica
  - Granulació de biomassa anaeròbia
- 2.3. Bioreactors per la producció de biogàs i camp d'aplicació
  - Reactors discontinus
  - Reactors continus de mescla completa (CSTR)
  - Reactors CSTR amb recirculació de biomassa (contacte anaerobi)
  - Reactors amb biomassa fixada: filtres anaerobis i de llit fix
  - Reactors amb retenció de biomassa granular: UASB i EGSB
  - Reactors híbrids i de dues etapes
- 2.4. Aplicació a la producció de biogàs de residus i substrats sòlids
  - Dejeccions ramaderes
  - Residus orgànics municipals
  - Fangs de depuració
  - Residus orgànics industrials
  - Cultius energètics
  - Codigestió
  - Aspectes ambientals, energètics, econòmics i normatius
- 2.5. Aplicació a la producció de biogàs d'aigües residuals
  - Aigües residuals d'alta càrrega orgànica
  - Aplicació de reactors de contacte anaerobi, de biomassa fixada, UASB i EGSB
  - Aspectes ambientals, energètics, econòmics i normatius
- 2.6. Pretractaments i postractaments a la digestió anaeròbia
  - Pretractament per la millora de la desintegració i hidròlisi
  - Postractament per millorar la gestió de materials digerits
- 2.7. Tractament i usos del biogàs
  - Composició del biogàs
  - Eliminació de H<sub>2</sub>S, aigua i partícules
  - Eliminació de CO<sub>2</sub> i producció de biometà
  - Usos tèrmics, elèctrics, automoció i injecció a xarxa de gas natural
  - Normativa associada a la qualitat i usos del biogàs
- 2.8. Producció de biohidrogen
  - Producció per fermentació fosca
  - Producció per foto-fermentació
  - Anàlisi de l'estequiometria de les reaccions
  - Bioreactors utilitzats

Activitats vinculades:

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

1. Cassetes teòriques i conferències (CTC)
2. Classes pràctiques (CP) i projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR)
3. Tutories de treballs teòric pràctics (TD) i projecte d'abast ampli (PA)

### Objectius específics:

Bastir els coneixements científics i tecnològics dels processos de digestió i fermentació per a la producció i ús de biogàs, biometà i biohidrogen a partir de substrats orgànics de diferent origen.

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

|  |  |
|--|--|
| <h3>3. Biocombustibles Líquids</h3>  | <p>Dedicació: 26h</p> <p>Grup gran/Teoria: 3h<br/>Grup petit/Laboratori: 3h<br/>Activitats dirigides: 4h<br/>Aprentatge autònom: 16h</p> |
| <p>Descripció:</p> <p>3.1. Producció de bioetanol<br/>         Matèries primeres i processos de pretractament<br/>         Hidròlisi enzimàtica d'hemicel·lulosa i cel·lulosa<br/>         Fermentació de monosacàrids<br/>         Etapes biològiques segons l'estratègia del procés<br/>         Recuperació de bioetanol<br/>         Usos del bioetanol. Producció d'ETBE<br/>         Normativa associada a l'ús com a biocarburant</p> <p>3.2. Producció d'altres bioalcohols<br/>         Producció de butanol. Fermentació ABE (acetona-butanol-etanol)<br/>         Estequiometria del procés<br/>         Condicions ambientals i operacionals</p> <p>3.3. Producció de biodiesel<br/>         La reacció de transesterificació<br/>         Matèries primeres i processos de pretractament<br/>         Condicions ambientals i operacionals del procés<br/>         Separació i purificació de fases<br/>         Qualitats del biodiesel i normativa associada</p> <p>3.4. Altres processos per la producció de biocombustibles líquids<br/>         Olis refinats com carburants<br/>         Hidrogenació de lípids insaturats i producció de bioquerosè<br/>         El procés Fischer-Tropsch per la producció d'hidrocarburs a partir de gas de síntesi</p> <p>Activitats vinculades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cassetes teòriques i conferències (CTC)</li> <li>2. Classes pràctiques (CP) i projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR)</li> <li>3. Tutories de treballs teòric-pràctics (TD) i projecte d'abast ampli (PA)</li> </ol> <p>Objectius específics:</p> <p>Bastir els coneixements científics i tecnològics dels processos biològics i químics per la producció de bioalcohols, biodiesel i altres biocarburants líquids a partir de biomassa lignocel·lulòsica, olis i greixos.</p> |  |



## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

### Planificació d'activitats

|  |  |
|--|--|
| <p>1. Classes teòriques i conferències (CTC)</p>   | <p>Dedicació: 45h<br/>Grup gran/Teoria: 15h<br/>Aprentatge autònom: 30h</p>      |
| <p><b>Descripció:</b><br/>Exposició dels continguts teòrics de l'assignatura de forma sintètica, progressant des dels conceptes bàsics fins a la descripció de les tecnologies aplicables.</p> <p><b>Material de suport:</b><br/>Presentacions MS-Powerpoint i documentació específica per a cada tema que es lliurarà a l'estudiant.</p> <p><b>Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:</b><br/>Per a aquesta activitat, el lliurable consistirà en l'examen de l'assignatura, que inclourà preguntes conceptuals i de relació entre els temes objecte d'estudi.</p> <p><b>Objectius específics:</b><br/>Sintetitzar el coneixement i ordenar l'estudi, per tal que l'estudiant pugui prioritzar el nivell d'aprofundiment en cada tema.</p>  |  |
| <p>2. Classes pràctiques (CP) i projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR)</p>  | <p>Dedicació: 45h<br/>Grup petit/Laboratori: 15h<br/>Aprentatge autònom: 30h</p> |
| <p><b>Descripció:</b><br/>Resolució d'exercicis i problemes tipus a classe (CP). Resolució per part de l'estudiant d'una col·lecció d'exercicis i problemes de cada tema (PR) que haurà de lliurar en els terminis establerts a classe.</p> <p><b>Material de suport:</b><br/>Exercicis i problemes resolts. Col·lecció d'enunciats d'exercicis i problemes a resoldre per part de l'estudiant.</p> <p><b>Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:</b><br/>Lliurament de la col·lecció d'exercicis i problemes resolts, que serà avaluada.</p> <p><b>Objectius específics:</b><br/>Assolir un grau de destresa suficient per resoldre problemes sobre l'estequiometria de les reaccions biològiques i sobre el dimensionat d'instal·lacions corresponents a cada procés i tecnologia, amb un abast reduït.</p> |  |
| <p>3. Tutories de treballs teòric-pràctics (TD) i projecte d'abast ampli (PA)</p>  | <p>Dedicació: 30h<br/>Activitats dirigides: 15h<br/>Aprentatge autònom: 15h</p>  |

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

### Descripció:

Realització d'un projecte de dimensionament d'una instal·lació complexa, en la que es combinin diferents matèries primeres i/o processos per tal d'aconseguir produir biocombustibles gasosos i/o líquids. Els estudiants es distribuïràn en diferents subgrups, cada un dels quals farà la part del projecte corresponent a un procés, o treballarà amb una determinada mescla de matèries primeres. Un subgrup podrà realitzar la coordinació, el dimensionat, i el balanç de massa i energia global.

### Material de suport:

Enunciat del projecte a realitzar, l'amplitud del qual dependrà del nombre total d'estudiants matriculats.

### Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:

- Presentacions periòdiques de cada subgrup sobre l'avenç dels treballs.
- Lliurament d'un informe final que integri el treball de tots els subgrups.

### Objectius específics:

Facilitar l'abordatge d'un projecte pràctic que integri els coneixements de l'assignatura relacionant diferents temes i nivells de complexitat, tot promovent un ambient de creació d'una solució nova i de treball de grup.

### 4. Visita Tècnica

Dedicació: 5h  
Grup petit/Laboratori: 5h

### Descripció:

Visita a una planta de biometanització de residus orgànics

### Objectius específics:

Descriure i observar el funcionament d'una planta de biometanització

## Sistema de qualificació

Prova escrita de control de coneixements (PE): 55%

Treballs realitzats de forma individual o en grup al llarg del curs (TR): 45%

## Normes de realització de les activitats

PE: L'examen es realitzarà de forma individual i constarà de dues parts: teoria i problemes. Per a l'examen, no es permetrà l'accés a internet ni l'ús de telèfons mòbils.

TR: L'avaluació es realitzarà en base a activitats del tipus: col·lecció de problemes resolts lliurats abans de la data de l'examen final; informe sobre el projecte de dimensionat d'una instal·lació complexa, tipus biorefineria. Les activitats es podran realitzar en grups de no més de tres persones.

## 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

### Bibliografia

#### Bàsica:

Khanal, S.K.; Surampalli, R.Y.; Zhang, T.C.; Lamsal, B.P.; Tyagi, R.D.; Kao, C.M.. Bioenergy and Biofuels from Biowastes and Biomass. Virginia, USA: American Society of Civil Engineers, 2010. ISBN 9780784410899.

Mousdale, D.M.. Biofuels : Biotechnology, Chemistry, and Sustainable Development. Boca Raton, USA: CRC Press, 2008. ISBN 9781420051247.

Solera, R.; Álvarez, C.J.; Aymerich, E.; Bedmar, E.J.; Carballa, M.; Castrillón, L.; Flotats, X.; Font, X.; López, M.J.; Marañón, E.; Prenafeta, F.; Tortosa, G.; Vicent, T.. Aspectos Biológicos de la Digestión Anaerobia II.2. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2014. ISBN 9788484767008.

Flotats, X.; Bonmatí, A.; Fernández, B.; Sales, D.; Aymerich, E.; Irizar, I.; Palatsi, J.; Romero, L.I.; Pérez, M.; Vicent, T.; Font, X.. Ingeniería y Aspectos Técnicos de la Digestión Anaeróbica. II.4. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2016. ISBN 9788484766292.

#### Complementària:

Mata-Alvarez, J.. Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. London, UK: IWA Publishing, 2002. ISBN 9781900222143.

Rittmann, B.E.; McCarty, P.L.. Environmental Biotechnology : Principles and Applications. New York, USA: McGraw-Hill, 2001. ISBN 9780071181846.

Batstone, D.J.; Keller, J.; Angelidaki, I.; Kalyuzhnyi, S.V.; Pavlostathis, S.G.; Rozzi, A.; Sanders, W.T.M.; Siegrist, H.; Vavilin, V.A.. Anaerobic Digestion Model No.1. London, UK: IWA Publishing, 2002. ISBN 9781900222785.

#### Altres recursos:

##### Material audiovisual

Ordinador, projector i panatalla

Presentacions MS-PowerPoint

##### Material informàtic

Programa MATLAB

MATLAB com programari per la realització de simulacions numèriques del procés de digestió anaeròbia i codigestió