



## Guia docent 820742 - BBC - Biogàs i Biocombustibles

Última modificació: 02/05/2022

**Unitat responsable:** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
**Unitat que imparteix:** 751 - DECA - Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AMBIENTAL (Pla 2014). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INDUSTRIAL (Pla 2014). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2022). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2022      **Crèdits ECTS:** 5.0      **Idiomes:** Anglès

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Ferrer Martí, Ivet

**Altres:** Flotats Ripoll, Xavier  
García Galán, Maria Jesús

### 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'exploració i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

## 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.

Addenda. Durant el quadrimestre de primavera del curs 2019-2020, i com a conseqüència de la crisi sanitària per causa de la Covid19, el mètode docent serà:

Sessions síncrones per videoconferència Meet, vídeos docents, treballs de curs i activitats formatives disponibles a ATENEA per garantir l'aprenentatge de l'estudiantat.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE 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.

## HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores activitats dirigides	10,0	8.00
Hores aprenentatge autònom	85,0	68.00
Hores grup mitjà	30,0	24.00

**Dedicació total:** 125 h

## CONTINGUTS

### 1. Context i bases dels processos biològics

#### Descripció:

##### 1.1. Introducció

Classificació dels biocombustibles, líquids i gasosos

Processos de producció

Matèries primeres i subproductes. El concepte de biorefineria

Produccions actuals i tendències de futur

Aspectes ambientals, econòmics i normatius

##### 1.2. Introducció als processos biològics de transformació

Conceptes de bioreactors

Cinètica del creixement microbià

Cinètica enzimàtica

Bioenergètica de les reaccions biològiques. Transformació del substrat en biomassa

Aplicació a reactors discontinus, continus de mescla completa i de flux pistó

Conceptes de cinètica de biofilms i reactors de biomassa fixada

#### Objectius específics:

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.

#### Activitats vinculades:

1. Casses 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)

#### Dedicació: 34h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Activitats dirigides: 4h

Aprenentatge autònom: 22h

### 2. Biocombustibles gasosos: biogàs i biohidrogen

#### Descripció:

##### 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

**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.

**Activitats vinculades:**

1. Casses 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)

**Dedicació:** 65h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

Activitats dirigides: 7h

Aprenentatge autònom: 42h

### 3. Biocombustibles líquids

#### Descripció:

#### 3.1. Producció de bioetanol

Matèries primeres i processos de pretractament

Hidròlisi enzimàtica d'hemicel·lulosa i cel·lulosa

Fermentació de monosacàrids

Etapes biològiques segons l'estratègia del procés

Recuperació de bioetanol

Usos del bioetanol. Producció d'ETBE

Normativa associada a l'ús com a biocarburant

#### 3.2. Producció d'altres bioalcohols

Producció de butanol. Fermentació ABE (acetona-butanol-etanol)

Estequiometria del procés

Condicions ambientals i operacionals

#### 3.3. Producció de biodiesel

La reacció de transesterificació

Matèries primeres i processos de pretractament

Condicions ambientals i operacionals del procés

Separació i purificació de fases

Qualitats del biodiesel i normativa associada

#### 3.4. Altres processos per la producció de biocombustibles líquids

Olis refinats com carburants

Hidrogenació de lípids insaturats i producció de bioquerosè

El procés Fischer-Tropsch per la producció d'hidrocarburs a partir de gas de síntesi

#### Objectius específics:

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.

#### Activitats vinculades:

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)

#### Dedicació: 26h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

Activitats dirigides: 4h

Aprenentatge autònom: 16h



## ACTIVITATS

### 1. Classes teòriques i conferències (CTC)

**Descripció:**

Exposició dels continguts teòrics de l'assignatura de forma sintètica, progressant des dels conceptes bàsics fins a la descripció de les tecnologies aplicables.

**Objectius específics:**

Sintetitzar el coneixement i ordenar l'estudi, per tal que l'estudiant pugui prioritzar el nivell d'aprofundiment en cada tema.

**Material:**

Presentacions MS-Powerpoint i documentació específica per a cada tema que es lliurarà a l'estudiant.

**Lliurament:**

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.

**Dedicació:** 45h

Grup gran/Teoria: 15h

Aprenentatge autònom: 30h

### 2. Classes pràctiques (CP) i projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR)

**Descripció:**

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.

**Objectius específics:**

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.

**Material:**

Exercicis i problemes resolts. Col·lecció d'enunciats d'exercicis i problemes a resoldre per part de l'estudiant.

**Lliurament:**

Lliurament de la col·lecció d'exercicis i problemes resolts, que serà avaluada.

**Dedicació:** 45h

Grup petit/Laboratori: 15h

Aprenentatge autònom: 30h



### 3. Tutories de treballs teòric-pràctics (TD) i projecte d'abast ampli (PA)

**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 distribuïran 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.

**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.

**Material:**

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

**Lliurament:**

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

**Dedicació:** 30h

Activitats dirigides: 15h

Aprenentatge autònom: 15h

### 4. Visita Tècnica

**Descripció:**

Visita a una planta de biometanització de residus orgànics

**Objectius específics:**

Descriure i observar el funcionament d'una planta de biometanització

**Dedicació:** 5h

Grup petit/Laboratori: 5h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Prova escrita de control de coneixements (PE): 40%

Treballs realitzats de forma individual o en grup al llarg del curs (TR): 60%

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

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.

## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- 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 Anaeròbica. II.4. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2016. ISBN 9788484766292.
- 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.
- 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 [en línia]. Virginia, USA: American Society of Civil Engineers, 2010 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=3115296>. ISBN 9780784410899.
- Mousdale, D.M.. Biofuels : Biotechnology, Chemistry, and Sustainable Development [en línia]. Boca Raton, USA: CRC Press, 2008 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <https://www.taylorfrancis.com/books/9780429137563>. ISBN 9781420051247.

### Complementària:

- 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 [en línia]. London, UK: IWA Publishing, 2002 [Consulta: 27/05/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=3120725>. ISBN 9781900222785.
- Mata-Alvarez, J. (ed.). Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes [en línia]. London, UK: IWA Publishing, 2003 [Consulta: 16/11/2022]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=3120718>. ISBN 1900222140.

## RECURSOS

---

### Material audiovisual:

- Ordinador, projectador i pantalla. Presentacions MS-PowerPoint

### Material informàtic:

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