



## Guía docente 820742 - BBC - Biogás y Biocombustibles

Última modificación: 12/06/2023

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona  
**Unidad que imparte:** 751 - DECA - Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2013). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AMBIENTAL (Plan 2014). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL (Plan 2014). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2022). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2023      **Créditos ECTS:** 5.0      **Idiomas:** Inglés

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** Ferrer Martí, Ivet

**Otros:** Flotats Ripoll, Xavier  
Passos, Fabiana

### CAPACIDADES PREVIAS

---

- Estequiometría de las reacciones químicas
- Balances de masa. La ecuación de continuidad
- Fundamentos de termodinámica de las reacciones químicas

### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

#### Específicas:

CEMT-1. Entender, describir y analizar, de forma clara y amplia toda la cadena de conversión energética, desde su estado como fuente de energía hasta su uso como servicio energético. Identificar, describir y analizar la situación y características de los distintos recursos energéticos y de los usos finales de la energía, en sus dimensiones económica, social y ambiental; y formular juicios valorativos.

CEMT-4. Realizar de forma eficiente la obtención de datos de recursos renovables de energía y su tratamiento estadístico, así como aplicar conocimientos y criterios de valoración en el diseño y evaluación de soluciones tecnológicas para el aprovechamiento de recursos renovables de energía, tanto para sistemas aislados como conectados a red. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito del aprovechamiento de los recursos renovables de energía.

CEMT-6. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo eléctrico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones eléctricas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía eléctrica.

CEMT-7. Analizar el comportamiento de equipos e instalaciones en operación a fin de elaborar un diagnóstico valorativo sobre su régimen de explotación y de establecer medidas dirigidas a mejorar la eficiencia energética de los mismos.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes metodologías docentes:

- Clase magistral o conferencia: exposición de conocimientos por parte del profesorado mediante clases magistrales o bien por personas externas mediante conferencias invitadas.
- Clases prácticas: resolución individual o colectiva de ejercicios, realización de debates y dinámicas de grupo con el profesor/a y otros estudiantes en el aula; presentación en el aula de una actividad realizada de manera individual o en grupos reducidos.
- Laboratorio / Taller: Visita técnica.
- Trabajo teórico-práctico dirigido: realización en el aula de una actividad o ejercicio de carácter teórico o práctico, individualmente o en grupos reducidos, con el asesoramiento del profesor/a.
- Proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido: aprendizaje basado en la realización, individual o en grupo, de un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados.
- Proyecto o trabajo de amplio alcance: aprendizaje basado en el diseño, la planificación y realización en grupo de un proyecto o trabajo de amplia complejidad o extensión, aplicando y ampliando conocimientos y redactando una memoria donde se describa el planteamiento seguido, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.
- Actividades de evaluación.

Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes actividades formativas:

Presenciales

- Clases magistrales y conferencias: conocer, comprender y sintetizar los conocimientos expuestos por el profesor mediante clases magistrales o bien por conferenciantes.
- Clases participativas: participar en la resolución colectiva de ejercicios, así como en debates y dinámicas de grupo, con el profesor/a y otros estudiantes en el aula.
- Presentaciones: presentar en el aula una actividad realizada de manera individual o en grupos reducidos.
- Laboratorio / Taller: visita técnica.
- Trabajo teórico-práctico dirigido: realizar en el aula una actividad o ejercicio de carácter teórico o práctico, individualmente o en grupos reducidos, con el asesoramiento del profesor/a.

No Presenciales

- Proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido: llevar a cabo, individualmente o en grupo, un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados.
- Proyecto o trabajo de amplio alcance: diseñar, planificar y llevar a cabo individualmente o en grupo un proyecto o trabajo de amplia complejidad o extensión, aplicando y ampliando conocimientos y redactando una memoria donde se vierte el planteamiento de éste y los resultados y conclusiones.
- Estudio autónomo: estudiar o ampliar los contenidos de la materia de forma individual o en grupo, comprendiendo, asimilando, analizando y sintetizando conocimientos.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Objetivo: Construir una base sólida de conocimientos y habilidades para afrontar el dimensionado y diseño de instalaciones de producción de biocombustibles líquidos y gaseosos.

Al finalizar la asignatura, el / la estudiante:

- Entiende el rol de la bioenergía en el contexto del sistema energético mundial y regional, las connotaciones económicas, sociales y ambientales, así como el impacto de las tecnologías asociadas en un contexto local y global.
- Conoce las organizaciones relevantes, los principales proyectos en el ámbito regional e internacional, las principales fuentes de información y las normativas relacionadas con las plantas de de biogás, así como con la producción y calidad de otros biocarburantes.
- Dispone de los elementos de análisis y conocimientos para llevar a cabo un proyecto, a nivel de ingeniería básica, relacionado con la producción de biocombustibles gaseosos y líquidos, así como sobre la gestión de las instalaciones.
- Es capaz de transferir conocimientos relativos a la aplicación de las tecnologías de la producción de biocombustibles mediante la elaboración de ideas novedosas.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo mediano	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	85,0	68.00
Horas actividades dirigidas	10,0	8.00



Dedicación total: 125 h

## CONTENIDOS

### 1. Contexto y bases de los procesos biológicos

#### Descripción:

##### 1.1. Introducción

Clasificación de los biocombustibles, líquidos y gaseosos

Procesos de producción

Materias primas y subproductos. El concepto de biorefinería

Producciones actuales y tendencias de futuro

Aspectos ambientales, económicos y normativos

##### 1.2. Introducción a los procesos biológicos de transformación

Conceptos de biorreactores

Cinética del crecimiento microbiano

Cinética enzimática

Bioenergética de las reacciones biológicas. Transformación del sustrato en biomasa

Aplicación a reactores discontinuos, continuos de mezcla completa y de flujo pistón

Conceptos de cinética de biofilms y reactores de biomasa fijada

#### Objetivos específicos:

Establecer las bases de información sobre el contexto de la producción de biocombustibles líquidos y gaseosos, y de conocimiento de los procesos biológicos de transformación de sustratos orgánicos en biocombustibles.

#### Actividades vinculadas:

1. Clases teóricas y conferencias (CTC)

2. Clases prácticas (CP) y proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR)

3. Tutorías de trabajos teórico-prácticos (TD) y proyecto de alcance amplio (PA)

#### Dedicación: 34h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Actividades dirigidas: 4h

Aprendizaje autónomo: 22h

### 2. Combustibles gaseosos: biogás y biohidrógeno

#### Descripción:

##### 2.1. Digestión anaerobia. Bases microbiológicas y cinéticas

Fases de la digestión anaerobia

Desintegración e hidrólisis; Acidogénesis; Acetogénesis; Metanogénesis

Relación sintrófica entre especies

Equilibrios químicos relevantes durante el proceso

El modelo IWA-ADM1 (Anaerobic Digestion Model Nº 1)

##### 2.2. Digestión anaerobia. Condiciones ambientales y operacionales

Temperatura

pH y alcalinidad

Requerimiento de nutrientes

Tóxicos e inhibidores

Tiempo de retención hidráulica y celular

Velocidad de carga orgánica

Granulación de biomasa anaerobia

##### 2.3. Biorreactores para la producción de biogás y campo de aplicación

Reactores discontinuos

Reactores continuos de mezcla completa (CSTR)

Reactores CSTR con recirculación de biomasa (contacto anaerobio)

- Reactores con biomasa fijada: filtros anaerobios y de lecho fijo
- Reactores con retención de biomasa granular: UASB y EGSB
- Reactores híbridos y de dos etapas
- 2.4. Aplicación a la producción de biogás de residuos y sustratos sólidos
  - Deyecciones ganaderas
  - Residuos orgánicos municipales
  - Lodos de depuración
  - Residuos orgánicos industriales
  - Cultivos energéticos
  - Codigestión
  - Aspectos ambientales, energéticos, económicos y normativos
- 2.5. Aplicación a la producción de biogás de aguas residuales
  - Aguas residuales de alta carga orgánica
  - Aplicación de reactores de contacto anaerobio, de biomasa fijada, UASB y EGSB
  - Aspectos ambientales, energéticos, económicos y normativos
- 2.6. Pretratamientos y postratamientos a la digestión anaerobia
  - Pretratamiento para la mejora de la desintegración e hidrólisis
  - Postratamiento para mejorar la gestión de materiales digeridos
- 2.7. Tratamiento y usos del biogás
  - Composición del biogás
  - Eliminación de H<sub>2</sub>S, agua y partículas
  - Eliminación de CO<sub>2</sub> y producción de biometano
  - Usos térmicos, eléctricos, automoción e inyección a red de gas natural
  - Normativa asociada a la calidad y usos del biogás
- 2.8. Producción de biohidrógeno
  - Producción por fermentación oscura
  - Producción por foto-fermentación
  - Análisis de la estequiometría de las reacciones
  - Bioreactores utilizados

**Objetivos específicos:**

Construir la base de los conocimientos científicos y tecnológicos de los procesos de digestión y fermentación para la producción y uso de biogás, biometano y biohidrógeno a partir de sustratos orgánicos de diferente origen.

**Actividades vinculadas:**

1. Clases teóricas y conferencias (CTC)
2. Clases prácticas (CP) y proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR)
3. Tutorías de trabajos teórico-prácticos (TD) y proyecto de alcance amplio (PA)

**Dedicación:** 65h

Grupo grande/Teoría: 8h

Grupo pequeño/Laboratorio: 8h

Actividades dirigidas: 7h

Aprendizaje autónomo: 42h

### 3. Biocombustibles líquidos

#### Descripción:

- 3.1. Producción de bioetanol
  - Materias primas y procesos de pretratamiento
  - Hidrólisis enzimática de hemicelulosa y celulosa
  - Fermentación de monosacáridos
  - Etapas biológicas según la estrategia del proceso
  - Recuperación de bioetanol
  - Usos del bioetanol. Producción de ETBE
  - Normativa asociada al uso como biocarburante
- 3.2. Producción de otros bioalcoholes
  - Producción de butanol. Fermentación ABE (acetona-butanol-etanol)
  - Estequiometría del proceso
  - Condiciones ambientales y operacionales
- 3.3. Producción de biodiesel
  - La reacción de transesterificación
  - Materias primas y procesos de pretratamiento
  - Condiciones ambientales y operacionales del proceso
  - Separación y purificación de fases
  - Cualidades del biodiesel y normativa asociada
- 3.4. Otros procesos para la producción de biocombustibles líquidos
  - Aceites refinados como carburantes
  - Hidrogenación de lípidos insaturados y producción de bioqueroseno
  - El proceso Fischer-Tropsch para la producción de hidrocarburos a partir de gas de síntesis

#### Objetivos específicos:

Construir la base de conocimientos científicos y tecnológicos de los procesos biológicos y químicos para la producción de bioalcoholes, biodiesel y otros biocombustibles líquidos a partir de biomasa lignocelulósica, aceites y grasas.

#### Actividades vinculadas:

- 1. Clases teóricas y conferencias (CTC)
- 2. Clases prácticas (CP) y proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR)
- 3. Tutorías de trabajos teórico-prácticos (TD) y proyecto de alcance amplio (PA)

#### Dedicación: 26h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Actividades dirigidas: 4h

Aprendizaje autónomo: 16h



## ACTIVIDADES

### 1. Clases teóricas y conferencias (CTC)

**Descripción:**

Exposición de los contenidos teóricos de la asignatura de forma sintética, progresando desde los conceptos básicos hasta la descripción de las tecnologías aplicables.

**Objetivos específicos:**

Sintetizar el conocimiento y ordenar el estudio, para que el estudiante pueda priorizar el nivel de profundización en cada tema.

**Material:**

Presentaciones MS-Powerpoint y documentación específica para cada tema que se entregará al estudiante.

**Entregable:**

Para esta actividad, el entregable consistirá en el examen de la asignatura, que incluirá preguntas conceptuales y de relación entre los temas objeto de estudio.

**Dedicación:** 45h

Grupo grande/Teoría: 15h

Aprendizaje autónomo: 30h

### 2. Clases prácticas (CP) y proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR)

**Descripción:**

Resolución de ejercicios y problemas tipo en clase (CP).

**Objetivos específicos:**

Alcanzar un grado de destreza suficiente para resolver problemas sobre la estequiometría de las reacciones biológicas y sobre el dimensionado de instalaciones correspondientes a cada proceso y tecnología, con un alcance reducido.

**Material:**

Ejercicios y problemas resueltos. Colección de enunciados de ejercicios y problemas a resolver por parte del estudiante.

**Entregable:**

Entrega de la colección de ejercicios y problemas resueltos, que será evaluada.

**Dedicación:** 45h

Grupo pequeño/Laboratorio: 15h

Aprendizaje autónomo: 30h



### 3. Tutorías de trabajos teórico-prácticos (TD) y proyecto de alcance amplio (PA)

**Descripción:**

Realización de un proyecto de dimensionado de una instalación compleja, en la que se combinen diferentes materias primas y/o procesos para lograr producir biocombustibles gaseosos y/o líquidos. Los estudiantes se distribuirán en diferentes subgrupos, cada uno de los cuales hará la parte del proyecto correspondiente a un proceso, o trabajará con una determinada mezcla de materias primas. Un subgrupo podrá realizar la coordinación, el dimensionado, y el balance de masa y energía global.

**Objetivos específicos:**

Facilitar el abordaje de un proyecto práctico que integre los conocimientos de la asignatura relacionando diferentes temas y niveles de complejidad, promoviendo un ambiente de creación de una solución nueva y de trabajo de grupo.

**Material:**

Enunciado del proyecto a realizar, cuya amplitud dependerá del número total de estudiantes matriculados.

**Entregable:**

- Presentaciones periódicas de cada subgrupo sobre el avance de los trabajos.
- Entrega de un informe final que integre el trabajo de todos los subgrupos.

**Dedicación:** 30h

Actividades dirigidas: 15h

Aprendizaje autónomo: 15h

### 4. Visita técnica

**Descripción:**

Visita a una planta de biometanización de residuos orgánicos

**Objetivos específicos:**

Describir y observar el funcionamiento de una planta de biometanización

**Dedicación:** 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Prueba escrita de control de conocimientos (PE): 40%

Trabajos realizados de forma individual o en grupo a lo largo del curso (TR): 60%

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

PE: El examen se realizará de forma individual y constará de dos partes: teoría y problemas. Para el examen, no se permitirá el acceso a internet ni el uso de teléfonos móviles.

TR: La evaluación se realizará en base a actividades del tipo: presentación oral de un trabajo; e informe sobre el proyecto de dimensionado de una instalación compleja, tipo biorefinería. Las actividades se podrán realizar en grupos de no más de tres personas.

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- 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 línea]. 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 línea]. Boca Raton, USA: CRC Press, 2008 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <https://www.taylorfrancis.com/books/9780429137563>. ISBN 9781420051247.

### Complementaria:

- 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 línea]. 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 línea]. 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, projector i pantalla. Presentaciones MS-PowerPoint

### Material informàtic:

- Programa MATLAB. MATLAB como programa para la realización de simulaciones numéricas del proceso de digestión anaerobia y codigestión