



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Energía de la Biomasa, de los Combustibles y de los Residuos

Asignatura	Energía de la Biomasa, de los Combustibles y de los Residuos			
Código	V04M020V01201			
Titulación	Máster Universitario en Energía y Sostenibilidad			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	4.5	OB	1	2c
Lengua Impartición				
Departamento				
Coordinador/a	Granada Alvarez, Enrique			
Profesorado	Alvarez da Costa, Estrella Arauzo Pérez, Jesús Collazo Rodríguez, Joaquín Baltasar Granada Alvarez, Enrique Melgar Bachiller, Andrés Ortiz Torres, Luis Patiño Vilas, David Rodríguez Gregores, Antonio Soto González, Benedicto			
Correo-e	egranada@uvigo.es			
Web				

**Descripción general** Esta asignatura está estructurada haciendo hincapié en la descripción de los combustibles sólidos no convencionales más comunes como la biomasa, sus combustibles derivados y los residuos sólidos urbanos (RSU). Se trata de determinar las vías de valorización energética más habituales de dichos combustibles y las que aquellas que se investigan como más prometedoras pero ya con viabilidad demostrada al menos en planta piloto. La mayoría de las técnicas de valorización de la biomasa son comunes con los RSU como es la combustión, la gasificación etc. por lo que las explicaciones sobre los principio de funcionamiento son comunes quedando el comportamiento particular determinado por las propiedades de los diferentes combustibles para sesiones específicas. La asignatura comienza con un detalle de las particularidades de los RSU y de uno de las líneas más prometedoras de generación de biocombustibles que son los derivados de los cultivos energéticos.

El aumento de población y el desarrollo de las sociedades industrializadas han activado la degradación del medio ambiente, debido, entre otros factores, a la gran cantidad de residuos generados, que han alterado el equilibrio de la naturaleza creando un verdadero problema, tanto desde el punto de vista higiénico y ecológico, como desde el económico. Por lo que respecta a los cultivos energéticos su interés radica en su bajo coste unitario de producción y la ocupación de tierras de baja productividad que permite obtener un combustible ya en origen con ventajas económicas y sociales además de con altas prestaciones energéticas.

Dentro de lo que es la valorización energética de los combustibles se explicarán aquellos procesos que tengan una probada eficacia. En estos momentos los más utilizados y rentables son las transformaciones termoquímicas como la combustión gasificación y pirólisis.

En un proceso de combustión de la biomasa lignocelulósica con el aire se pueden distinguir diferentes etapas caracterizadas por los procesos que tienen lugar en cada uno de ellos Durante las primeras etapas los procesos son endotérmicos por lo que es necesaria una aportación de energía desde el exterior o de otra parte de la biomasa que se encuentra en las etapas exotérmicas. Los fenómenos de transporte de energía desde unas zonas a otras se produce fundamentalmente por radiación y convección y son las responsable de que el proceso de combustión progrese. La primera etapa es el proceso de secado de la biomasa en el cual el agua que está absorbida por la biomasa se evapora debido al calentamiento de la biomasa. La siguiente etapa es la de pirólisis, en la cual se produce la descomposición térmica de la celulosa y la lignina en carbón vegetal y volátiles produciéndose a continuación la combustión propiamente dicha.

La pirólisis puede diseñarse como proceso separado para la degradación térmica de la biomasa para la obtención de otros combustibles sólidos, líquidos y/o gaseosos.

La gasificación de un combustible sólido consiste en someterlo a un proceso térmico a fin de transformarlo en un nuevo combustible gaseoso, este proceso se realiza a alta temperatura obteniéndose la energía necesaria de la combustión con defecto de oxígeno.

Con cualquiera de estas técnicas de aprovechamiento termoquímico puede finalmente obtenerse tanto calor como trabajo mecánico susceptible de cualquier otro aprovechamiento posterior como para la producción de electricidad, etc. Se analizan cuales de los aprovechamientos son los más rentables actualmente.

Por otra parte también se estudia todos los métodos de preparación de la biomasa previos a su posible uso como combustible a través de técnicas como recolección, astillado, molienda, etc que lo conviertan en un combustible válido para los aprovechamientos energéticos antes explicados o para la consecución a través de densificación de un combustible sólido de mayor valor añadido y de mayores prestaciones como el pellet o las briquetas.

---

### Competencias de titulación

Código

---

### Competencias de materia

Resultados previstos en la materia	Tipología	Resultados de Formación y Aprendizaje
------------------------------------	-----------	---------------------------------------

---

### Contenidos

Tema

Presentación Materia Energía	Presentación
Biomasa, Biocombustibles e Residuos	

RSU	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Residuos: Definición, clasificación y características</li> <li>2. Residuos Sólidos Urbanos: Definición, composición y características</li> <li>3. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos: Recogida, transporte, etc.</li> <li>4. Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rutilización y reciclado de materiales</li> <li>2. Compostaje</li> <li>3. Aprovechamiento energético</li> <li>5 Eliminación de Residuos Sólidos Urbanos: Vertederos</li> <li>6. Legislación</li> </ol>
Cultivos Enerxéticos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción</li> <li>2. Contexto Socio-político y económico</li> <li>3. Caracterización de las diferentes plantaciones empleadas como cultivos energéticos</li> <li>4. Cultivos energéticos alternativos</li> <li>5. Estructura agraria y potencialidad productiva</li> <li>6. Problemas asociados a los cultivos energéticos</li> <li>7. Nuevas líneas de trabajo en la producción de cultivos energeticos</li> </ol>
Aproveitamento Enerxético da Biomasa: Procesos Térmicos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Combustibles. Características. <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Densidad</li> <li>1.2. Humedad, materias volátiles, carbono fijo y cenizas</li> <li>1.3. Poder calorífico</li> <li>1.4. Análisis elemental</li> </ol> </li> <li>2. Combustibles. Balances de masa y energía. <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Aire seco. aire húmedo. Temperatura de rocío</li> <li>2.2. Relación aire-combustible</li> <li>2.4. Equilibrio y cinética química.</li> <li>2.5. Conservación de la energía. Entalpía de formación</li> <li>2.6. Balances de energía. Entalpía de combustión y poder calorífico</li> <li>2.7. Determinación analítica del poder calorífico</li> </ol> </li> </ol>
Gasificación y pirólisis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pirólisis. <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Proceso de pirólisis</li> <li>1.2. Concepto y productos</li> <li>1.3. Reactores. Tipos de instalaciones. Ejemplos. Productos</li> <li>1.4. Bio-oil. Procesos de producción.</li> <li>1.5. Carbón vegetal. Producción. Factores que influyen</li> <li>1.6. Carbón activo</li> </ol> </li> <li>2. Gasificación <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Proceso de gasificación</li> <li>2.2. Proceso de gasificación .- ¿Qué es la gasificación?</li> <li>2.3. Materias primas .- ¿Qué se puede gasificar?</li> <li>2.4. Gasificadores .- ¿Dónde se lleva a cabo la gasificación?</li> <li>2.5. Productos de la gasificación.- ¿Qué se obtiene al gasificar biomasa?</li> <li>2.6. Desarrollo de plantas de gasificación <ol style="list-style-type: none"> <li>2.6.1. Diseño de plantas. Ejemplos</li> <li>2.6.2. Operación en planta. Videos</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>3. Consideraciones Finales</li> </ol>
Biocombustibles gaseosos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtención. <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Gas pobre.</li> <li>1.2 Biogas.</li> </ol> </li> <li>2. Utilización. <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Calculo de propiedades.</li> <li>2.2 Utilización en M.C.I.A.</li> </ol> </li> <li>3. Aplicaciones prácticas.</li> </ol>
Prácticas de combustión de biomasa- Prácticas de modelado de combustión de biomasa	<p>Prácticas de combustión de biomasa</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Breve introducción a la problemática de los combustibles sólidos.</li> <li>2. Sistemas de aprovechamiento de biomasa (combustión en calderas).</li> <li>3. Medición de emisiones en caldera.</li> <li>4. Resolución de un ejercicio basándonos en los datos obtenidos experimentalmente.</li> </ol> <p>Prácticas de modelado de combustión de biomasa</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción a la simulación de sistemas de combustión de biomasa.</li> <li>2. Modelado de los principales procesos que intervienen en la combustión de biomasa.</li> <li>3. Ejercicio de ejemplo en el que se aplicarán los conceptos expuestos en el apartado anterior.</li> </ol>

Clase Teorico-Práctica E.U.I.T. Forestal Campus de Pontevedra (Procesos de transformación física de la biomasa)	1.-Recolección de la fitomasa residual 2.-Secado natural 3.- Secado forzado 4.- Reducción granulométrica 5.-Densificación
Procesos de transformación física de la biomasa	1.-Recolección de la fitomasa residual 2.-Secado natural 3.- Secado forzado 4.- Reducción granulométrica 5.-Densificación
I+D de calderas de biomasa a nivel industrial	1. Especificaciones previas al diseño de calderas. 2. Dimensionado inicial. Construcción y ensayos prototipo. 3. Diseño, construcción y ensayos caldera pre-comercial.

### Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Resolución de problemas y/o ejercicios	11	0	11
Sesión magistral	33	0	33
Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma	0	17.5	17.5
Trabajos tutelados	0	40	40
Pruebas de tipo test	1	0	1
Pruebas de autoevaluación	0	10	10

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

### Metodologías

	Descripción
Resolución de problemas y/o ejercicios informática, pero siempre en grupos de 25 alumnos	(*)Dependiendo del tema en particular se impartirá bien en el aula habitual, bien en aula
Sesión magistral	(*)En grupo de 50 alumnos
Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma	
Trabajos tutelados	(*)El alumno/a tendrá que realizar un proyecto de una instalación de biomasa, dirigido por un profesor/a de la materia

### Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Trabajos tutelados	
Resolución de problemas y/o ejercicios	
Sesión magistral	
Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma	
Pruebas	Descripción
Pruebas de tipo test	
Pruebas de autoevaluación	

### Evaluación

	Descripción	Calificación
Trabajos tutelados		70
Pruebas de tipo test		30

### Otros comentarios sobre la Evaluación

Por lo que respecta al método de evaluación y valoración, aquellos alumnos que hayan demostrado un manejo suficiente de las técnicas desarrolladas en las diferentes clases prácticas de la asignatura (estando dicho manejo avalado por observaciones del profesorado que las imparte) podrán liberar las cuestiones de la prueba tipo test relativas a las clases prácticas que hayan superado. Las cuestiones relativas a las clases prácticas nunca constituirán más del 50% del conjunto de la prueba tipo test.

### Fuentes de información

Fernando Sebastián Nogués, Daniel García-Galindo y Adeline Rezeau, **Energía de la biomasa (vol. I)**, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010.,  
CPL Press Online Bookshop, **Pyrolysis and Gasification of Biomass and Waste**, Edited by A.V. Bridgwater, Moran, M.J. y Shapiro, H.N., **Fundamentos de Termodinámica Técnica.**, Editorial Reverté S.A., Taylor & Francis, 1980, **Numerical Heat Transfer and Fluid Flow.**, Patankar, S.V. Levittown.,  
Peters, B. WIT Press, 2003., **Thermal Conversion of Solid Fuels**,  
Smoot, L.D.; Smith, P.J., **Coal combustion and gasification.**, New York: Plenum Press, 1985.,  
Smith, J.M., **Chemical Engineering Kinetics.**, McGraw-Hill, 1981.,  
**Technologies for usage in small, decentralised co-generation units.**, Altener Final Report, Hanau, Julio 2001,  
G. Antolín Giraldo, R. Hirsuta Mata, **Caracterización de combustibles lignocelulósicos: aplicación a la paja de cereal**, Universidad de Valladolid, 1989,  
Donald L. Wise., **Fuel gas production from Biomass.**, CRC press, Inc. Florida 1981,  
Ortiz, L., **APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA FORESTAL.**, Gamesal. ISBN: 84-921993-1-8,  
Ortiz, L., **PROCESOS DE DENSIFICACIÓN DE LA BIOMASA FORESTAL.**, Gamesal. ISBN: 84-95046-25-3,  
Ortiz, L., **LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE.**, Gamesal. ISBN: 84-95046-15-6,  
Soetaert, W.; Vandamme. E.J. John Wiley & Sons, 2009., **Biofuels.**,  
Mittelbach, M.; Remschmidt, C., **Biodiesel, el manual completo.**,  
**Guía Técnica de Instalaciones de biomasa térmica en edificios.**, IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético). Madrid, Mayo 2009.,  
Míguez Tabarés JL y Vázquez Alfaya, **Producción Industrial de calor.**, Gamesal.,  
Frank P Incropera y David P Dewitt, **Fundamentos de Transferencia de Calor.**, Prentice Hall Hispanoamerica SA, 1999,  
**Progress in biomass and bioenergy research.**, Nova Science Publishers Inc. ISBN 9781600213281,  
Míguez J.L., Ortiz L., Granada E., Vázquez M.E., **Energía de la biomasa: realidades y perspectivas.**, ISBN 84-7801-463-2.,

---

## Recomendaciones

---

### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Tecnología Eléctrica y Térmica/V04M020V01103

### Otros comentarios

Se recomienda un conocimiento profundo de los balances de masa y energía en general y de especies en particular, así como el manejo de reacciones químicas y su ajuste. Se deben conocer en profundidad la teoría de los gases ideales y las propiedades térmicas y energéticas de las sustancias puras en particular el agua. Es deseable también un conocimiento básico de los procesos de transferencia de calor y de mecánica de fluidos así como un manejo de ordenadores a nivel usuario avanzado.

Lección Magistral: 1 Grupo de 50 alumnos

Resolución de Problemas: Dependiendo del tema en particular se impartirá bien en el aula habitual, bien en aula informática, pero siempre en grupos de 25 alumnos

Tutorías: Dado el carácter semipresencial del master y que el 50% del profesorado es ajeno a la Universidad de Vigo, la forma habitual de contacto con el profesorado y coordinadores es el correo electrónico.

En cualquier caso y siempre que sea posible, el alumno/a puede solicitar una tutoría presencial, en horario a concertar entre el profesor y el alumno/a.

En la plataforma de Teledocencia TEMA se facilitan las direcciones de correo electrónico de los profesores.

Organización del Máster: La Coordinación del Master se encarga, de cara al alumnado, de articular los medios físicos y humanos precisos para la impartición del master, realizar la coordinación de contenidos entre las materias y supervisar el trabajo de los Coordinadores de Materia, de Cuestionarios y de Evaluación, así como resolver aquellas reclamaciones del alumnado respecto al funcionamiento del master que no hayan sido solventadas por los coordinadores correspondientes. Para ponerse en contacto con la Coordinación dirigirse a la dirección de correo electrónico de la Secretaría del Master: pop\_enerxia\_sustentabilidade@uvigo.es o en el teléfono 986812212

Cada materia tiene un Coordinador de Materia, encargado del profesorado y documentación. Los alumnos/as deben dirigirse a ellos para cualquier problema relativo a la documentación, visitas, trabajos dirigidos, etc...

En aquellas materias con trabajo dirigido, el Coordinador de Materia publicará en la plataforma Tema la lista de trabajos

disponibles, ofertados por los profesores, al comenzar las clases. En el aula se realizará la asignación de trabajos mediante sorteo .

Una vez el trabajo asignado, el alumno/a debe ponerse en contacto lo antes posible con el profesor Director del Trabajo con la finalidad de obtener las directrices del trabajo y objetivos a cumplir. El alumno/a enviará el trabajo por correo electrónico al profesor Director del Trabajo, con copia a la secretaría del master, antes de la fecha límite de entrega .

Una vez corregido el trabajo, el profesor Director del Trabajo enviará la nota obtenida al Coordinador de Materia, quien publicará en la plataforma TEMA la lista de notas de trabajo y la entregará a los Coordinadores de Evaluación (Jorge Morán y José M<sup>a</sup> Correa).

La realización y corrección de los exámenes presenciales la llevan a cabo los Coordinadores de Evaluación, quienes entregan a la Coordinadora del Máster los exámenes corregidos (nota + respuestas alumno + respuestas correctas) en formato electrónico. El examen corregido será enviado por la Secretaría del Máster al alumno/a por correo electrónico .

Para revisar tanto el examen como el trabajo, es necesario que el alumno/a envíe un correo electrónico a la Coordinación del Máster, quien responderá en un plazo no superior a 4 días lectivos con una propuesta de fecha y hora de acuerdo, bien con los profesores responsables de la redacción/corrección del examen bien con el director del trabajo.

Una vez las notas de trabajos y exámenes presenciales en poder de la Coordinación del Máster, se publicarán las notas finales para cada Convocatoria en la Plataforma de Teledocencia Tema.

En la plataforma de Teledocencia TEMA <http://fatic.uvigo.es/> el Coordinador de Materia pondrá a disposición de los alumnos/as la documentación de la materia facilitada por el profesorado. En esta plataforma el alumno/a debe rellenar y mantener actualizada su ficha de datos personales:

- Foto
- Nombre y Apellidos
- DNI
- Dirección Postal
- Dirección de correo electrónico
- Teléfono de contacto.

Estos serán los datos que se utilizarán para enviar avisos e información al alumnado a lo largo del curso.

También en la plataforma de teledocencia TEMA, el Coordinador de la Plataforma TEMA (Fernando Cerdeira nano@uvigo.es) pondrá a disposición de los alumnos/as antes de finalizar cada materia los cuestionarios tipo test:

Obligatorios: examen no presencial. Estos cuestionarios tienen fecha límite de entrega y una oportunidad de realización . Al finalizar cada cuestionario el sistema facilita automáticamente la nota obtenida.

No Obligatorios. No tienen fecha límite de entrega y su nota no se utiliza para la evaluación de la materia, sirven al alumno/a como autoevaluación.

Las consultas relativas a los cuestionarios deben dirigirse al Coordinador de Cuestionarios.