

G U Í A
PARA EL USO DE LOS
BIOCOMBUSTIBLES
S Ó L I D O S
MEDITERRÁNEOS
MÁS RELEVANTES
EN PEQUEÑAS
INSTALACIONES
DE COMBUSTIÓN
DEL SECTOR
DOMÉSTICO





Autores

Irene Mediavilla (1)

Elena Borjabad (1)

Raquel Ramos (1)

Thomas Brunner (2)

Emmanouil Karampinis (3)

Ioanna Kanaveli (3)

Juan Carrasco (1)

(1) CIEMAT. Avda. Complutense 40. 28040 Madrid (Spain). juan.carrasco@ciemat.es. Tel. 0034 91 3466682

(2) BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH. Hedwig-Katschinka-Strasse 4. A-8020 Graz (Austria). brunner@bios-bioenergy.at. Tel. 0043 316 48130013

(3) CERTH. Egialias 52. 15125 Marousi (Greece). karampinis@certh.gr. Tel. 0030 211 1069518

El contenido de la presente publicación es responsabilidad exclusiva de los editores y no representa necesariamente los puntos de vista expresados por la Comisión Europea o sus servicios.

Si bien la información contenida en los documentos se considera precisa, los autores o cualquier otro participante en el consorcio BIOMASUD PLUS no ofrecen ningún tipo de garantía con respecto a este material, incluidas, entre otras, las garantías implícitas de comercialización y aptitud para un propósito particular.

Ni el Consorcio BIOMASUD PLUS ni ninguno de sus miembros, sus directivos, empleados o agentes serán responsables en caso de negligencia o de otra falta por cualquier inexactitud u omisión en este documento.

Sin perjuicio de la generalidad de lo anterior, ni el Consorcio BIOMASUD PLUS ni ninguno de sus miembros, sus directivos, empleados o agentes serán responsables por cualquier pérdida o daño directo o indirecto o consecuente causado por o derivado de cualquier información, inexactitud u omisión en este documento.





TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	7
2. Antecedentes	11
2.1. Biocombustibles sólidos mediterráneos	12
2.2. Legislación y normas europeas	13
2.2.1. Normas para biocombustibles sólidos	13
2.2.2. Legislación y normas europeas sobre sistemas de calefacción de biomasa para el ámbito doméstico y su relación con los biocombustibles mediterráneos	14
2.2.2.1. La norma UNE EN 303-5:2013 para calderas de biomasa	14
2.2.2.2. Normas EN para estufas de biomasa	15
2.2.2.3. La Directiva de Ecodiseño	16
2.3. Estufas y calderas comerciales de biomasa	19
2.3.1. Croacia	19
2.3.2. Grecia	20
2.3.3. Italia	20
2.3.4. Portugal	21
2.3.5. Eslovenia	21
2.3.6. España	22
2.3.7. Turquía	23
2.4. Selección de biocombustibles y tecnologías	23
2.4.1. Selección y caracterización de los biocombustibles	23
2.4.2. Tecnologías de combustión utilizadas en los ensayos	25
3. Resultados del proyecto biomasud plus: ensayos de combustión	27
4. Recomendaciones para fabricantes e instaladores	37
4.1. Estufas	38
4.1.1. Hueso de aceituna	38
4.1.2. Pélets de poda de olivar y de viña	39
4.2. Calderas	40
4.2.1. Hueso de aceituna	40
4.2.2. Pélets de poda de olivar y de viña	41
5. Recomendaciones para usuarios finales	43
5.1. Hueso de aceituna	44
5.2. Pélets de poda de olivar y de viña	44
6. Bibliografía	45



1. INTRO DUCCIÓN



En la mayoría de los países mediterráneos existe un mercado importante de biocombustibles sólidos para aplicaciones de calefacción en el sector residencial. En estos países, además de los pélets y las astillas de madera, se utiliza un gran número de biocombustibles sólidos derivados de la biomasa típica mediterránea, siendo el hueso de aceituna el más importante. Sin embargo, para el uso de estos biocombustibles, en general no se tiene en cuenta ninguna norma de calidad y, a menudo, se utilizan equipos que no han sido diseñados para su combustión. Además, algunos biocombustibles mediterráneos típicos e importantes, como el mencionado hueso de aceituna y las cáscaras de frutos secos, no están clasificados en la norma UNE-EN ISO 17225:2014, lo que no contribuye a mejorar su mercado. Por otro lado, se han identificado algunas biomásas que, siendo producidas de manera generalizada en los países mediterráneos, tienen gran potencial como materias primas para la producción de combustibles destinados al sector residencial de esos países.

En los últimos años, en España se han elaborado normas concretas de clasificación de la calidad del hueso de aceituna y algunos tipos de cáscaras de frutos secos. Al mismo tiempo, diferentes fabricantes han desarrollado aparatos que se han sometido a ensayo o que pueden ser adecuados para los biocombustibles mediterráneos. Todo ello está promoviendo el uso de estos combustibles, sobre todo en aquellos países donde el mercado está más desarrollado. Aun así, existen nuevos elementos, como la Directiva de Ecodiseño que entrará en vigor en los próximos años para todos los países de la UE, que han puesto sobre la mesa nuevos desafíos que deberán abordarse para las pequeñas instalaciones de combustión.

En el presente contexto, esta guía tiene un doble objetivo. Por un lado, determinar la idoneidad de las tecnologías de combustión de biomasa a pequeña escala que existen actualmente en el mercado y que utilizan biocombustibles mediterráneos típicos, con respecto a las condiciones de operación y la eficiencia de los equipos y los requisitos de emisiones de la Directiva de Ecodiseño. Y, por el otro, identificar posibles mejoras para que los equipos de combustión cumplan esa Directiva. En segundo término, también es objeti-



vo de la guía la evaluación de la idoneidad de algunos biocombustibles mediterráneos de alto potencial para ser utilizados en equipos de combustión domésticos.

Es importante destacar que todas las recomendaciones indicadas en esta guía se basan en resultados de ensayos de combustión llevados a cabo en un reducido número de estufas y calderas domésticas existentes en el mercado actual, y con algunos biocombustibles mediterráneos seleccionados.

Esta guía se ha desarrollado en el marco del proyecto H2020 Biomassud Plus (<http://biomasudplus.eu/>) (“Desarrollo del mercado sostenible de los biocombustibles sólidos mediterráneos para uso doméstico”), cuyo objetivo general es el de desarrollar soluciones integradas para promover el mercado sostenible de los biocombustibles sólidos de la región mediterránea para su uso en calefacción residencial.



2 . A N T E C E D E N T E S



2.1. Biocombustibles sólidos mediterráneos

Una de las características distintivas de los países del sur de Europa es la diversidad de su flora, tanto en las zonas naturales de bosque como en las zonas agrícolas. La diversidad de especies genera una gran variedad de biomasa que se utiliza o podría utilizarse para producir diferentes biocombustibles. De este modo, pueden destacarse los pélets de madera, las astillas de madera, el hueso de aceituna, las pepitas de fruta y una gran diversidad de cáscaras de frutos secos (almendra, nuez, avellana, pistacho y piñón).

Dentro del proyecto Biomass Plus, siete países del sur de Europa (Croacia, Grecia, Italia, Portugal, Eslovenia, España y Turquía) han proporcionado información sobre los biocombustibles sólidos vendidos en cada uno de los países [Bados et ál.]. Esta información muestra que los biocombustibles sólidos más comercializados son la leña (25,3 millones de toneladas al año) y las astillas de madera (8,7 millones de toneladas al año), seguidas por los pélets de madera con 4,5 millones de toneladas al año. Por otro lado, algunos biocombustibles mediterráneos típicos, como el hueso de aceituna, tienen un amplio uso comercial en el sector doméstico en algunos países (alrededor de 0,2 millones de toneladas al año), y la poda agrícola de olivar y viña puede considerarse una biomasa con elevado potencial para la producción de biocombustibles sólidos en ese sector. La tabla 1 muestra la producción de estos materiales en distintos países mediterráneos.

Tabla 1. Biomasa procedente de la poda con un interés potencial en los países del proyecto Biomass Plus (fuente: Eurostat 2014)

PAÍS	Poda de viña (t DM/y)	Poda de olivar (t DM/y)
Croacia	41.262	4.420
Grecia	520.156	1.178.489
Italia	2.079.240	981.835
Portugal	245.664	227.685
Eslovenia	28.284	405
España	1.866.498	2.288.895
Turquía	1.252.500	884.000
Total	6.033604	5.565.729

t M.S./a: toneladas de materia seca por año



2.2. Legislación y normas europeas

2.2.1. Normas para biocombustibles sólidos

A continuación se describen las normas de clasificación de la calidad de los biocombustibles sólidos, con comentarios pertinentes relacionados con los biocombustibles mediterráneos.

La norma **UNE-EN ISO 17225:2014** “Especificaciones y clases de combustibles” define las especificaciones que deben cumplir los combustibles de biomasa para ser clasificados. En este sentido, esta norma se divide en 7 partes:

- UNE-EN ISO 17225-1:2014: Requisitos generales.
- UNE-EN ISO 17225-2:2014: Clases de pélets de madera. En esta parte, los pélets de madera se clasifican en A1, A2 o B.
- UNE-EN ISO 17225-3:2014: Clases de briquetas de madera. Las clases que se consideran para las briquetas de madera son: A1, A2 y B.
- UNE-EN ISO 17225-4:2014: Clases de astillas de madera. Se exponen cuatro clases de astillas: A1, A2, B1 y B2.
- UNE-EN ISO 17225-5:2014: Clases de leña de madera. La leña de madera se clasifica en A1, A2 o B.
- UNE-EN ISO 17225-6:2014: Clases de pélets de origen no leñoso. En esta parte, los pélets de origen no leñoso se clasifican en A o B.
- UNE-EN ISO 17225-7:2014: Clases de briquetas de origen no leñoso. Se consideran dos clases diferentes para las briquetas de origen no leñoso: A y B.

Esta norma no clasifica la calidad de algunos biocombustibles mediterráneos importantes como el hueso de aceituna y las cáscaras de frutos secos. Los biocombustibles derivados de la poda de viña y la poda de olivar que, como ya se ha indicado (tabla 1), presentan un importante potencial, no se encuentran dentro de algunos de los límites establecidos para las correspondientes clases de calidad que aparecen en esta norma.



En España, existen normas concretas para el hueso de aceituna y algunos tipos de cáscaras de frutos secos, que son: la norma **UNE 164003:2014** “Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de biocombustibles. Huesos de aceituna” y la norma **UNE 164004:2014** “Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de biocombustibles. Cáscaras de frutos”. En ambas normas se establecen las las clases A1, A2 y B.

2.2.2. Legislación y normas europeas sobre sistemas de calefacción de biomasa para el ámbito doméstico y su relación con los biocombustibles mediterráneos

2.2.2.1. La norma UNE EN 303-5:2013 para calderas de biomasa

La norma UNE EN 303-5:2013 especifica los requisitos y los métodos de ensayo para la seguridad, la calidad de la combustión, las características de funcionamiento, el marcado y el mantenimiento de calderas de calefacción con combustibles sólidos (incluyendo biocombustibles sólidos) con una potencia térmica nominal máxima de hasta 500 kW. Las instalaciones de calefacción local como las chimeneas o las estufas y las calderas de condensación no están incluidas en el ámbito de aplicación de esta norma.

Los combustibles sólidos definidos en esta norma para su utilización en las calderas son: combustibles fósiles, combustibles biogénicos y otros combustibles como la turba, siguiéndose las especificaciones del fabricante de las calderas. Las categorías que establece la norma para los combustibles biogénicos son las siguientes: troncos de madera (A), virutas de madera (B1 y B2), pélets (C1), briquetas (C2), serrín (D) y biomasa no leñosa como la paja, el miscanthus, la caña, las pepitas y los granos (E). Teniendo en cuenta esta clasificación y las especificaciones expuestas en la norma UNE-EN ISO 17225, los biocombustibles mediterráneos podrían incluirse como combustibles de las clases A, B1, B2, C1, C2 o E.



Por otro lado, la norma UNE EN 303-5 define el combustible de ensayo como “un combustible de calidad comercial empleado para los ensayos de calderas de calefacción y representativo del tipo de combustible especificado por el fabricante de la caldera”. Este combustible ha de cumplir una serie de especificaciones de calidad prefijadas en la norma. Sin embargo, en el caso de calderas que utilizan combustibles de la clase E, la norma indica que deberían ser los distintos países los que establezcan los criterios de calidad de los combustibles, según su disponibilidad en el país en cuestión.

2.2.2.2. Normas EN para estufas de biomasa

La norma **UNE EN 13240:2002/A2:2005** “Estufas que utilizan combustibles sólidos. Requisitos y métodos de ensayo” (incorporando las correcciones de 2003, 2006 y 2007) especifica los requisitos relativos al diseño, fabricación, montaje, seguridad, prestaciones (rendimiento y emisiones), instrucciones y marcado, junto con los métodos y combustibles de ensayo asociados para los ensayos de tipo de estufas domésticas que funcionan con combustibles sólidos. Esta norma puede aplicarse a aparatos no alimentados mecánicamente que proporcionan calor en el espacio en el que están instalados. Además, cuando se equipan con una caldera, también proporcionan agua caliente sanitaria y/o calefacción central. Esta norma no puede aplicarse a aparatos donde el aire de combustión se introduce con un ventilador.

Con respecto a los combustibles, los aparatos considerados pueden quemar combustibles minerales sólidos, briquetas de turba, leños de madera natural o prefabricados o utilizar distintos combustibles de acuerdo con las instrucciones del fabricante del aparato. El combustible de ensayo debe elegirse de entre los combustibles de calidad comercial especificados por el fabricante y que aparecen en una tabla que figura en la norma. En esa tabla, los leños de madera (haya, abedul o abeto) son los únicos que aparecen como combustibles biogénicos, de modo que los biocombustibles mediterráneos típicos no pueden considerarse como combustibles de ensayo.



La norma **UNE EN 13229:2002** “Aparatos insertables, incluidos los hogares abiertos, que utilizan combustibles sólidos. Requisitos y métodos de ensayo”, en la que los combustibles de ensayo son los mismos que en la UNE EN 13240:2002, abarca otros tipos de aparatos insertables.

La norma **UNE EN 14785:2007** “Aparatos de calefacción doméstica alimentados con pélets de madera. Requisitos y métodos de ensayo” especifica los requisitos relativos al diseño, fabricación, montaje, seguridad, prestaciones (rendimiento y emisiones), instrucciones y marcado, junto con los métodos y combustibles de ensayo asociados para los ensayos de tipo de aparatos de calefacción doméstica que funcionan con pélets de madera y que están alimentados mecánicamente con una potencia calorífica nominal de hasta 50 kW. Estos aparatos pueden ser independientes o insertables y proporcionan calor al espacio en el que están instalados, y pueden funcionar con tiro natural o estar equipados con un ventilador para la alimentación del aire de combustión. Además, cuando cuentan con una caldera, también proporcionan agua caliente sanitaria y/o calefacción central.

Estos equipos utilizan pélets de madera exclusivamente, de acuerdo con las instrucciones del fabricante del aparato, y solo funcionan con las puertas del hogar cerradas. El combustible de ensayo debe elegirse de entre los combustibles de calidad comercial especificados por el fabricante y deben ser pélets sin aditivos, hechos de partículas de madera o corteza, en los que pueden utilizarse aglomerantes naturales como melazas, parafinas vegetales y glucosa. Teniendo en cuenta las especificaciones del combustible de ensayo expuestas en la norma, puede observarse que algunos biocombustibles mediterráneos, previamente peletizados, podrían utilizarse como combustibles de ensayo siempre que el contenido de ceniza estuviera controlado.

2.2.2.3. La Directiva de Ecodiseño

La Directiva de Ecodiseño de la Unión Europea (Directiva 2009/125/CE) insta un marco para el establecimiento de requisitos ecológicos



obligatorios para productos que usan energía y que están relacionados con la energía, y que se venden en los 28 Estados miembros. La Directiva de Ecodiseño abarca todos los productos relacionados con la energía que se venden en los sectores industrial, comercial y doméstico, a excepción de los medios de transporte.

Esta Directiva instauro solamente el marco; las medidas específicas de aplicación para un grupo de productos en particular (“lote”) se elaborarán en un proceso posterior. La Comisión adoptó el reglamento específico de los requisitos de diseño ecológico para el lote 15 (calderas de biomasa) y el lote 20 (aparatos de calefacción local de combustible sólido) en abril de 2015.

Reglamento (UE) 2015/1189 de la Comisión de 28 de abril de 2015 por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en relación con los requisitos de diseño ecológico aplicables a las calderas de combustible sólido.

Sin perjuicio de lo dispuesto en la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, el presente Reglamento establece los requisitos de diseño ecológico para comercializar y poner en funcionamiento calderas que utilizan combustible sólido con una potencia calorífica nominal igual o inferior a 500 kW, incluidas las integradas en equipos combinados compuestos por una caldera de combustible sólido, calefactores complementarios, controles de temperatura y dispositivos solares definidos en el artículo 2 del Reglamento Delegado (UE) 2015/1187. Este Reglamento no se aplicará a calderas de biomasa no leñosa y será obligatorio el 1 de enero de 2020. Este aspecto excluye algunos biocombustibles, entre ellos algunos biocombustibles mediterráneos típicos, que este Reglamento considera biomasa no leñosa. Esto incluye, entre otros, la paja, el miscanthus, la caña, las pepitas, los granos, el hueso de aceituna, el orujo y las cáscaras de frutos secos; sin embargo, este Reglamento se revisará el 1 de enero de 2022 a más tardar y esta revisión incluirá, entre otros, calderas de biomasa no leñosa.



En este reglamento se utilizan dos conceptos relacionados con los combustibles:

- “Combustible preferido: el combustible sólido que debe utilizarse preferentemente para la caldera, según las instrucciones del fabricante”.
- “Otro combustible apropiado: un combustible sólido, distinto del preferido, que puede utilizar la caldera de combustible sólido, según las instrucciones del fabricante; incluye todos los combustibles mencionados en el manual de instrucciones para instaladores y usuarios finales, en sitios web de acceso gratuito de los fabricantes, en materiales técnicos promocionales y en anuncios publicitarios”.

Todos los requisitos (en lo que respecta a la eficiencia y a las emisiones) deberán satisfacerse para el combustible preferido y para cualquier otro combustible apropiado. Estos combustibles pueden ser: madera en tronco con un contenido de humedad de hasta el 25 %, astillas de madera con un contenido de humedad entre el 15 y el 35 %, astillas de madera con un contenido de humedad mayor que el 35 %, madera comprimida en forma de pélets o briquetas, serrín con un contenido de humedad de hasta el 50 %, otra biomasa leñosa, hulla bituminosa, lignito (incluidas las briquetas), coque, antracita, briquetas de combustible fósil mixto, otro combustible fósil, briquetas mixtas de biomasa (30-70 %) y combustible fósil, otras mezclas de biomasa y combustible fósil.

Reglamento (UE) 2015/1185 de la Comisión de 24 de abril de 2015 por el que se aplica la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de calefacción local de combustible sólido.

El presente Reglamento establece los requisitos de diseño ecológico para la comercialización y puesta en funcionamiento de aparatos de calefacción local de combustible sólido con una potencia calorífica nominal



igual o inferior a 50 kW. El presente Reglamento no se aplicará a los aparatos de calefacción local de combustible sólido destinados únicamente a la combustión de biomasa no leñosa y será obligatorio el 1 de enero de 2022. Este aspecto excluye algunos biocombustibles mediterráneos considerados biomasa no leñosa, tal y como sucede con el reglamento relativo a las calderas de combustible sólido.

Todos los requisitos (en lo que respecta a la eficiencia y a las emisiones) deberán satisfacerse para el combustible preferido y para cualquier otro combustible apropiado, conceptos definidos de manera similar en el reglamento relativo a las calderas de combustible sólido.

2.3. Estufas y calderas comerciales de biomasa

La información que figura en esta sección refleja los resultados principales de un estudio de mercado de sistemas de calefacción doméstica llevado a cabo dentro del proyecto Biomasad Plus sobre pequeños aparatos de combustión para el sector residencial [Violidakis et ál.]. El estudio muestra información proporcionada por socios del proyecto Biomasad Plus sobre aparatos producidos por fabricantes nacionales que pueden ser apropiados para biocombustibles mediterráneos.

2.3.1. Croacia

Según el estudio publicado por la Oficina de Estadística de Croacia [Croatian Bureau of Statistics], la madera es la fuente de energía más utilizada para la calefacción en hogares y servicios. Mientras los pélets, las briquetas y las astillas se utilizan únicamente en un 1,1 % del total de aparatos de combustión de biomasa para calefacción, el 98,9 % restante corresponde a leña.



En el mercado croata, existen pocos fabricantes nacionales de sistemas de calefacción de biomasa, los cuales solo producen estufas y calderas para biomasa de madera, ya que en este país no existe demanda de sistemas de calefacción centrados en biocombustibles mediterráneos.

2.3.2. Grecia

Las calderas son el sistema de calefacción más común de Grecia (71,12 %), seguidas de las estufas (11,61 %), calefactores eléctricos portátiles (5,20 %), unidades split de aire acondicionado (5,17 %), chimeneas (4,31 %) y otros (sistemas de almacenamiento térmico eléctrico, bombas de redes de calefacción) [Autoridad de Estadística de Grecia (Hellenic Statistical Authority), 2013].

Las entrevistas con los fabricantes de calderas sugieren que el mercado principal de calderas de biomasa de Grecia es el de las viviendas unifamiliares, con capacidades de hasta 30 kW. Este mercado supone aproximadamente el 90 % de las ventas totales.

Entre los fabricantes de sistemas de calefacción de biomasa de Grecia, se contactó con los siguientes cuatro fabricantes principales para obtener información: N. Samaras, Kombi-Thermodynamiki, Thermostahl y Nitadoros. Todos ellos producen calderas con una gama de potencias nominales de 18 a 814 kW que pueden utilizar, entre otros, combustibles mediterráneos (como hueso de aceituna o cáscara de almendra).

2.3.3. Italia

En 2014, la energía térmica obtenida a partir de biomasa sólida en Italia fue de 273.000 TJ (equivalentes a 6,52 mtep) [GSE, 2015] y el 97 % de la biomasa sólida utilizada con finalidades de energía térmica se dedicó al uso residencial, donde hay instaladas más de 11.000.000 de estufas y 500.000



calderas. Pese a que las estufas de pélets están aumentando su cuota, el 80 % de las estufas domésticas se alimenta de leña.

El número de fabricantes de calderas y estufas de biomasa es grande, pero solo hay tres empresas que incluyen sistemas de alto rendimiento diseñados para quemar combustibles mediterráneos: CS Thermos, D'Alessandro Termomeccanica y Pasqualicchio. Fabrican estufas y calderas con una gama de potencias nominales de 9 a 92 kW que pueden utilizar diferentes combustibles como pélets de madera, astillas de madera, cáscaras (almendra, avellana, otros), hueso de aceituna y orujo.

2.3.4. Portugal

De acuerdo con la encuesta del consumo de energía en los hogares de 2010 de INE, I.P. y DGEG, referida al período comprendido entre octubre de 2009 y septiembre de 2010, la electricidad fue la fuente principal de energía consumida en los hogares, representando el 42,6 % del consumo total de energía; la leña fue la segunda, con un 24,2 %. Sobre las principales fuentes de energía utilizadas para calefacción, la primera fue la biomasa, seguida del gasóleo para calefacción, la electricidad y el GLP.

La investigación de mercado sobre los sistemas de combustión de biomasa mostró tres fabricantes nacionales cuyas calderas pueden utilizar combustibles mediterráneos: Solzaima, Torbel y Ventil. Todos ellos fabrican calderas con una gama de potencias nominales de 18 kW a 6 MW que pueden utilizar diferentes combustibles, como pélets de madera, astillas de madera, hueso de aceituna o cáscara de almendra, entre otros.

2.3.5. Eslovenia

En Eslovenia, la biomasa es una importante fuente de energía y los hogares son los mayores consumidores de combustibles de madera con un total de



1,24 millones de toneladas en 2015 (Energy balance of the Republic of Slovenia, 2015). De acuerdo con la estructura del consumo energético final para calefacción realizada por la Oficina Estadística de la República de Eslovenia (Statistical Office of the Republic of Slovenia, SORS) en 2016, los combustibles de madera representaban el 50,2 % del consumo energético final para calefacción, agua caliente sanitaria y cocina en los hogares.

El mercado de las plantas de combustión de biomasa de Eslovenia es muy dinámico y se han identificado siete fabricantes que cumplen las condiciones de Eco Fund. Sin embargo, ninguno de ellos mostró tener en consideración los combustibles mediterráneos como combustibles alternativos para sus equipos.

2.3.6. España

De conformidad con la base de datos del Observatorio Nacional de Calderas de Biomasa (ONCB), en la que AVEBIOM (Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa) ha recogido desde 2009 información sobre la biomasa para sistemas de calefacción en España, el número de aparatos de biomasa estimados instalados era de 160.000 hasta finales de 2015, lo que equivale a una capacidad instalada de 7.275 MW.

Se ha identificado aproximadamente un centenar de fabricantes españoles de aparatos de combustión de biomasa de pequeña a mediana escala. A algunos de estos fabricantes (hasta 500 kW) se les pidió información detallada sobre sus productos: Biocurve, Bronpi, Carsan, Domusa, Industrias Hergom, Intecbio, LASIAN Tecnología del Calor, Natural Fire y Tubocás. Estos fabricantes producen calderas con una gama de potencias nominales de 10 a 250 kW que pueden utilizar diferentes combustibles como pélets de alta y baja calidad, huesos de fruta (aceituna, albaricoque, melocotón), cáscaras de frutos secos (almendra, avellana, nuez) o leña. Uno de ellos (LASIAN Tecnología del Calor) fabrica estufas (10,4-12 kW) que pueden quemar pélets de alta y baja calidad, cáscaras trituradas y hueso de aceituna.



2.3.7. Turquía

Desde 1985 hasta el presente, el uso de gas natural en el sector residencial ha aumentado notablemente en detrimento de los productos líquidos derivados del petróleo y el carbón. Por otro lado, según el Instituto de Estadística de Turquía (Turkish Statistical Institute), la cuota de energías renovables en el sector residencial ha ido aumentando de casi el 0 % al 5 % desde 2005. La introducción de las ayudas del gobierno para la adquisición de sistemas de calefacción de biomasa podría promover el uso de biocombustible sólido en Turquía.

Hay ocho fabricantes de sistemas de combustión de biomasa en Turquía, pero solo tres de ellos fabrican calderas que pueden quemar combustibles mediterráneos: Kozlusan Heating Systems, Ozerteknik (Ifyil) y Yakar Soba (Karmasan). Estas calderas presentan una potencia nominal de 23 a 1161 kW y pueden utilizar distintos combustibles, como el carbón, pélets de madera, orujo, pélets de orujo, huesos de aceituna, hollejo de aceituna, cáscaras de avellana y huesos de albaricque y melocotón.

2.4. Selección de biocombustibles y tecnologías

2.4.1. Selección y caracterización de los biocombustibles

Se han seleccionado tres biocombustibles para llevar a cabo los ensayos de combustión: hueso de aceituna, pélets de poda de olivar y pélets de poda de viña. Para esta selección, se ha utilizado como criterio la existencia de una producción generalizada en la región mediterránea y los mercados real y potencial para el sector doméstico, según la información recibida de socios del proyecto Biomass Plus [Bados et al.].

Para la selección del hueso de aceituna, se tuvo en cuenta que este biocombustible se utiliza ampliamente en el ámbito doméstico en países como



Figura 1. Biocombustibles mediterráneos. De izquierda a derecha y de arriba abajo: hueso de aceituna, poda de olivar, pélets de poda de olivar, poda de viña, pélets de poda de viña

España, Portugal e Italia. Por otro lado, se consideró que los pélets y las astillas procedentes de la poda de viña y de olivar podrían tener un gran potencial en ese mercado. Esta fue la razón por la que fueron seleccionados para los ensayos, pese a que la mayoría de las veces no cumplen con los límites de la norma de calidad ISO para algunos parámetros importantes.

La tabla 2 muestra los resultados de la caracterización de los biocombustibles utilizados durante los ensayos de combustión llevados a cabo. Estos son los códigos utilizados: HA: huesos de aceituna; PPO: pélets de poda de olivar; PV: pélets de poda de viña.

El hueso de aceituna cumple los límites establecidos para la clase A2 de la norma UNE 164003:2014. Los dos tipos de pélets de poda, en general, se encontraban dentro de los valores medios típicos para estos biocombustibles. Sin embargo, la poda de olivar y la poda de viña muestran unos contenidos de ceniza significativamente elevados con respecto a los límites establecidos en la norma UNE-EN ISO 17225-2:2014 (0,7 % para la clase A1, 1,2 % para A2 y 2,0 % para B). Además, también muestran contenidos de nitrógeno y, en la mayoría de los casos, de azufre y cobre más elevados cuando se comparan con los valores límite establecidos en la norma UNE-EN ISO



17225-2:2014. Para el caso de la poda de olivar en general, los estudios analíticos llevados a cabo en el proyecto Biomasad Plus han revelado la posibilidad de obtener productos con contenidos reducidos de ceniza, nitrógeno, azufre y cobre descartando la fracción de hojas durante la recogida y la preparación de la biomasa previas a la peletización [Barro et al.]. Tales pélets, a excepción de una ligera desviación del límite inferior del poder calorífico, podrían clasificarse como pélets de clase B en la UNE-EN ISO 17255-2:2014.

Tabla 2. Caracterización de los biocombustibles mediterráneos utilizados durante los ensayos de combustión

	OS	OPT	VP
Humedad (% m., b. h.)*	9.8	8.4	10.4
Ceniza (% m., b. s.)	0.8	4.6	4.3
Densidad aparente (kg/m ³)*	800	590	630
Durabilidad mecánica (% m.)*	n.a.	97.6	98.5
Finos < 1 (% m.)*	0.15	0.8	1.1
Finos < 2 (% m.)*	14.9	n.a.	n.a.
PCI (MJ/kg) (b. s.)	19.0	18.3	17.8
Nitrógeno, N (% m., b. s.)	0.21	0.69	0.62
Azufre, S (% m., b. s.)	0.02	0.07	0.05
Cloro, Cl (% m., b. s.)	0.02	0.02	0.01
Contenido de aceite (% m., b. s.)	0.24	n.a.	n.a.
Contenido de pellejo (% m., b. s.)	2.0	n.a.	n.a.
Arsénico, As (mg/kg, b. s.)	< 0.4	< 0.4	< 0.4
Cadmio, Cd (mg/kg, b. s.)	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Cromo, Cr (mg/kg, b. s.)	< 1.0	1.0	1.4
Cobre, Cu (mg/kg, b. s.)	2.3	45	7.8
Plomo, Pb (mg/kg, b. s.)	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Mercury, Hg (mg/kg, d.b.)	0.001	0.012	0.001
Níquel, Ni (mg/kg, b. s.)	1.0	< 1.0	1.0
Zinc, Zn (mg/kg, b. s.)	< 5.0	11.7	17

*: tal y como se reciben. Finos < 1: contenido de finos con tamaño inferior a 1 mm; Finos < 2: contenido de finos con tamaño inferior a 2 mm; PCI: poder calorífico inferior; % m.: % en masa; b. h.: base húmeda; b. s.: base seca; n. a.: no aplicable.

2.4.2. Tecnologías de combustión utilizadas en los ensayos

Considerando el estudio de mercado mencionado anteriormente sobre aparatos de calefacción domésticos adecuados para biocombustibles mediterráneos, se seleccionaron tres estufas y tres calderas que, según la información del fabricante, podrían ser adecuadas para la combustión de hueso de aceituna, pélets de poda de olivar y pélets de poda de viña. Los aparatos se fabricaron en Austria, Grecia, Italia y España.

Las características principales de los aparatos de combustión seleccionados se muestran en las tablas 3 y 4.



Tabla 3. Características de las estufas utilizadas en los ensayos de combustión en el marco del proyecto Biomasad Plus

	Stove I	Stove II	Stove III
Potencia nominal (kW)	10.4	21.2 18,4 circuito de agua y 2,8 ambiente (radiación)	10
Eficiencia declarada por el fabricante(1)	89%	88%	90%
Circuito de agua	No	Sí	No
Alimentación de combustible al quemador	Desde arriba	Desde arriba	Desde arriba
Tecnología de parrilla	Parrilla móvil	Parrilla fija	Parrilla móvil
Eliminación de la ceniza del quemador	Automática	Manual	Automática
Limpieza de la superficie del intercambiador de calor	Manual	Manual	Manual
Flujos de aire de combustión	Aire primario Aire de limpieza de la ventana	Aire primario Aire de limpieza de la ventana	Aire primario Aire secundario Aire de limpieza de la ventana
Control system	Control automático de la combustión	Control automático de la combustión	Control automático de la combustión

(1) Con pélets de madera UNE EN ISO 17225-2 clase A1

Tabla 4. Características de las calderas utilizadas en ensayos de combustión en el marco del proyecto Biomasad Plus

	Caldera I	Caldera II	Caldera III
Potencia nominal (kW)	25	28	40
Clase conforme a la norma UNE EN 303-5	Clase 5	Clase 3	Clase 5
Eficiencia declarada por el fabricante(1)	95%	80%	95%
Alimentación de combustible al quemador	Alimentación inferior	Alimentación superior	Alimentación horizontal
Tecnología de parrilla	Parrilla móvil	Parrilla fija	Parrilla móvil
Eliminación de la ceniza del quemador	Automática	Manual	Automática
Limpieza de la superficie del intercambiador de calor	Manual	Manual	Manual
Flujos de aire de combustión	Aire primario Aire secundario	Aire primario Aire secundario	Aire primario Aire secundario
Sistema de control	Control automático de la combustión y la potencia	Manual	Control automático de la combustión y la potencia

(1) Con pélets de madera UNE EN ISO 17225-2 clase A1

3. RESULTADOS DEL PROYECTO BIOMASUD PLUS: ENSAYOS DE COMBUSTIÓN



Con el fin de investigar el rendimiento de las estufas y las calderas especificadas en las tablas 3 y 4 con los biocombustibles seleccionados, se llevaron a cabo ensayos en tres laboratorios, todos ellos socios del proyecto Biomasad Plus: BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH (BIOS) de Austria, CERTH (Centre for Research and Technology - Hellas) de Grecia y CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) de España. Cada laboratorio sometió a ensayo una estufa y una caldera (ver tablas 3 y 4) en condiciones controladas y utilizando procedimientos comunes. Se utilizaron dos potencias térmicas durante los ensayos: nominal y parcial (30 % de la potencia nominal).

Con objeto de alcanzar las emisiones más bajas posibles utilizando los distintos combustibles, únicamente se modificaron los parámetros de control de los equipos.

Durante la combustión de los pélets de poda de viña y los de poda de olivar, y dependiendo del equipo empleado, se observó una rápida acumulación de ceniza en las parrillas, aunque no se apreció escorificación en la ceniza acumulada. Por otro lado, el uso de estos combustibles implicó una emisión más elevada de partículas y la formación de depósitos en la superficie de los intercambiadores de calor, especialmente cuando estos no tenían instalado ningún sistema de limpieza automático. Además, las elevadas emisiones de partículas causaron depósitos en la ventana de dos de las estufas, hecho que dificultaba la visión de la llama. En la figura 2 se muestran algunas imágenes de estos problemas.

En el caso del hueso de aceituna, el principal problema observado fue la presencia de una proporción muy elevada de materia inquemada en el cenicero. Esto podría deberse a un ajuste inadecuado de los sistemas de limpieza automáticos que provocaría el paso de los huesos de aceituna al cenicero antes de que se hubieran quemado por completo. En la figura 3 puede apreciarse la ceniza contenida en el cenicero después de un ensayo de combustión con hueso de aceituna en una caldera. Las partículas negras son huesos de aceituna sin quemar.

De la figura 4 a la figura 9 se muestran las emisiones registradas durante los ensayos de combustión con los biocombustibles seleccionados en estufas y



Figura 2. Problemas relacionados con la ceniza observados durante los ensayos de combustión de pélets de poda. De izquierda a derecha y de arriba abajo: acumulación de ceniza en la parrilla de la estufa sin sistema automático de eliminación de ceniza; depósito de ceniza en la superficie del intercambiador de calor de una estufa; depósito de ceniza en la ventana de una estufa; acumulación de ceniza en la parrilla de la caldera sin sistema automático de eliminación de ceniza.

calderas. Estas emisiones se han expresado teniendo en cuenta las instrucciones proporcionadas en la Directiva de Ecodiseño. En consecuencia, en el caso de los ensayos llevados a cabo en calderas, las emisiones estacionales de calefacción (E_s) se han calculado de la siguiente manera:

$$E_s = 0,85 \times E_{s,p} + 0,15 \times E_{s,n}$$

siendo:

$E_{s,p}$ las emisiones de partículas, compuestos orgánicos gaseosos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, respectivamente, medidas al 30 % de la potencia calorífica nominal.

Figura 3. Cenicero después de un ensayo de combustión con hueso de aceituna en la caldera I.





En las emisiones de partículas, compuestos orgánicos gaseosos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, respectivamente, medidas a la potencia calorífica nominal.

Tal y como indica la Directiva de Ecodiseño, las emisiones de CO, NO_x (óxidos de nitrógeno expresados como NO₂), COG (compuestos orgánicos gaseosos) y PST (partículas sólidas totales) se expresan en mg/m³ de gas de combustión seco calculado a 273 K y 1013 mbar, y expresado con O₂ al 13 % (estufas) u O₂ al 10 % (calderas).

Considerando los límites de emisión aplicables para el equipo combustión utilizado y establecidos en la Directiva de Ecodiseño, puede observarse lo siguiente:

- Al utilizar hueso de aceituna como combustible, las estufas objeto de ensayo estuvieron cerca de cumplir los límites de emisión para la categoría de “combustible distinto de la madera comprimida en forma de pé-

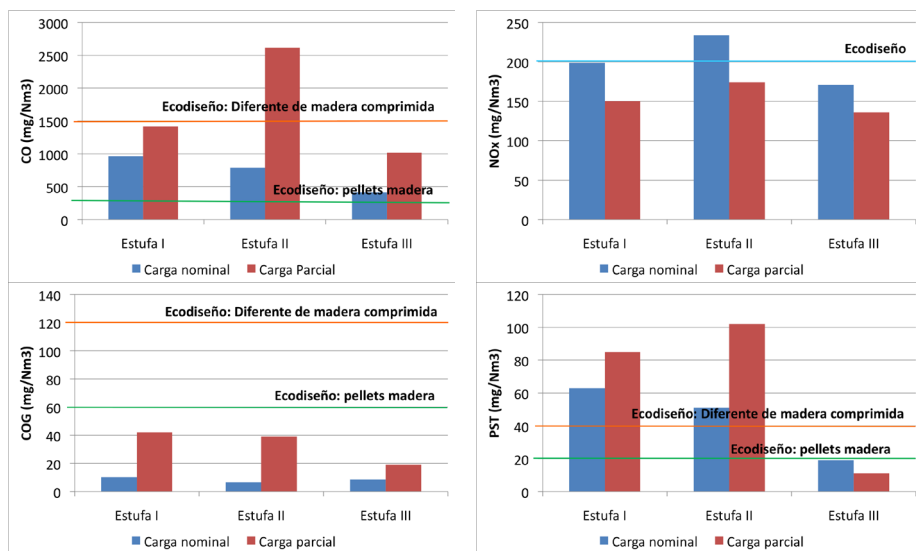


Figura 4. Emisiones registradas durante los ensayos de combustión con hueso de aceituna en estufas, expresadas en base seca y con O₂ al 13 %

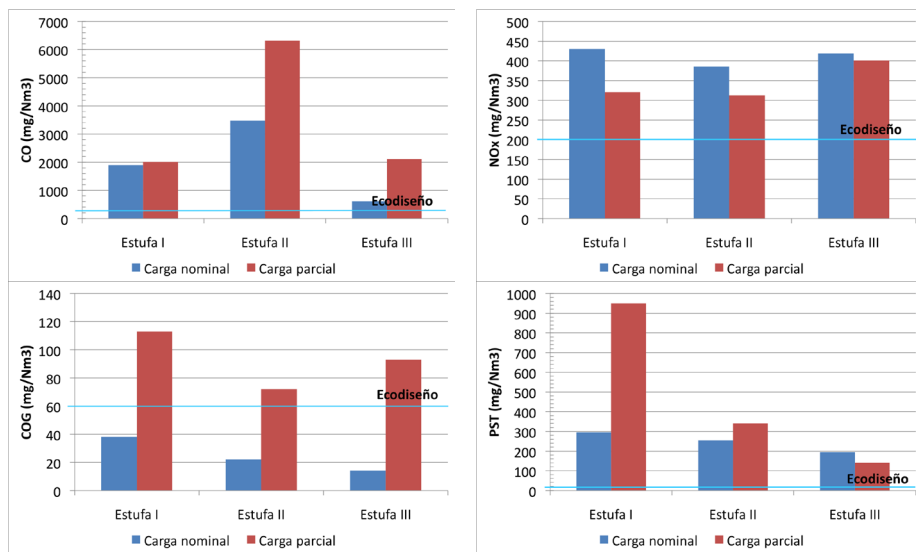


Figura 5. Emisiones registradas durante los ensayos de combustión con pélets de poda de olivera en estufas, expresadas en base seca y con O₂ al 13 %

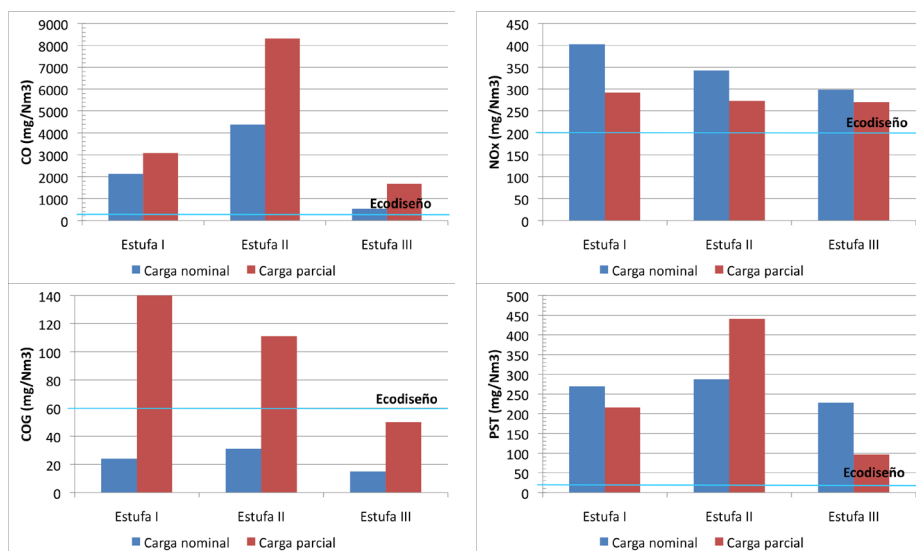


Figura 6. Emisiones registradas durante los ensayos de combustión con pélets de poda de viña en estufas, expresadas en base seca y con O₂ al 13 %

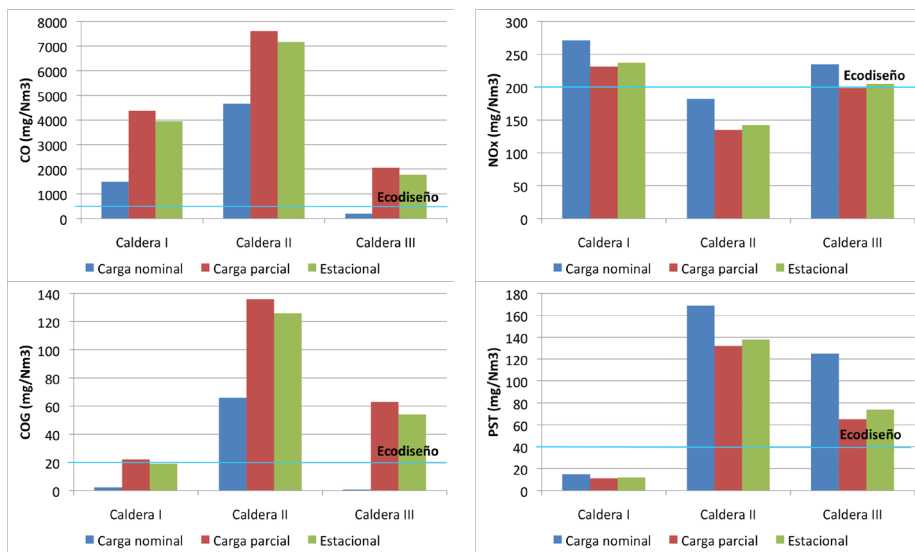


Figura 7. Emisiones registradas durante los ensayos de combustión con hueso de aceituna en calderas, expresadas en base seca y con O₂ al 10 %

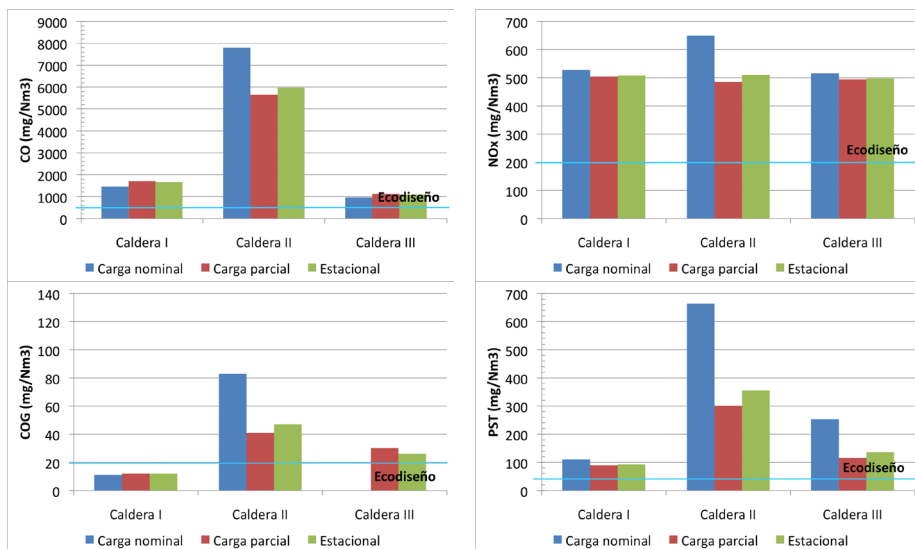


Figura 8. Emisiones registradas durante los ensayos de combustión con pélets de poda de olivar en calderas, expresadas en base seca y con O₂ al 10 %

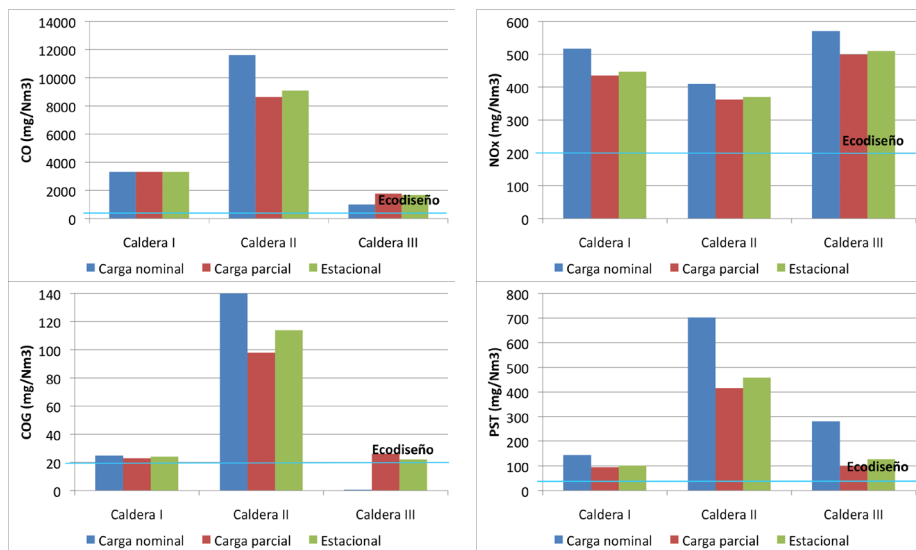


Figura 9. Emisiones registradas durante los ensayos de combustión con pélets de poda de viña en calderas, expresadas en base seca y con O₂ al 10 %

lets” de conformidad con la Directiva de Ecodiseño. Teniendo en cuenta los pélets de poda utilizados, las emisiones de CO, NO_x y PST fueron notablemente más elevadas que los límites considerados para los pélets de madera.

- En relación con las calderas objeto de ensayo, hay que destacar que las elevadas emisiones de la caldera II se debieron principalmente a la simplicidad de su tecnología, que no era lo suficientemente flexible para adaptarse a nuevos combustibles. Por consiguiente, la caldera II es también un buen ejemplo de que, para utilizar estos combustibles, se necesitan tecnologías con un sistema automático de eliminación de la ceniza continuo o frecuente, además de sistemas flexibles de control de procesos automatizados.
- En cuanto a la caldera I, puede apreciarse que la combustión del hueso de aceituna estaría cerca de cumplir los límites de las emisiones estacionales que establece la Directiva de Ecodiseño si se realizaran algunas mejoras de las condiciones de operación para reducir las emisiones de CO y



NOx. En el caso de la combustión de ambos pélets de poda, podrían llegar a cumplirse los límites de emisiones de CO, COG y PST con algunos pequeños cambios en la operación de la planta. Sin embargo, el uso de medidas primarias no bastaría para reducir las elevadas emisiones de NOx por debajo del correspondiente límite.

- En lo referente a la caldera III, la combustión de todos los combustibles seleccionados proporcionó unas emisiones estacionales de CO, COG y PST ligeramente superiores a los límites que establece la Directiva. Si se implementaran algunas mejoras relacionadas con el control de procesos, cabría esperar una reducción de las emisiones por debajo de los límites correspondientes. No obstante, durante la combustión de pélets de poda, se obtuvieron emisiones de NOx demasiado elevadas y la adopción de medidas primarias no bastaría para reducir esas emisiones por debajo del límite.

Las eficiencias térmicas de los equipos se calcularon teniendo en cuenta la siguiente expresión:

- Para calderas:

$$\text{Eficiencia térmica} = \text{potencia de la caldera} / \text{potencia aportada por el combustible en relación con el PCI} \times 100$$

siendo la potencia de la caldera, el flujo térmico transferido al circuito del agua y la potencia aportada por el combustible en relación con el PCI el flujo térmico introducido con el combustible considerando su poder calorífico inferior.

- Para estufas:

$$\text{Eficiencia térmica} = (\text{potencia aportada por el combustible en relación con el PCI} - \text{pérdidas térmicas del gas de combustión}) / \text{potencia aportada por el combustible en relación con el PCI} \times 100$$



siendo la potencia aportada por el combustible en relación con el PCI el flujo térmico introducido con el combustible considerando su poder calorífico inferior, y las pérdidas térmicas del gas de combustión, el calor sensible del flujo de gas de combustión debido a la diferencia entre su temperatura y la temperatura ambiente.

En las tablas 5 y 6 se muestran las eficiencias térmicas calculadas para las estufas y las calderas seleccionadas, respectivamente.

Tabla 5. Eficiencia térmica de las estufas objeto de ensayo

	Estufa I	Estufa II	Estufa III	Estufa I	Estufa II	Estufa III
	Eficiencia térmica en ensayo a potencia nominal (%)			Eficiencia térmica en ensayo a potencia parcial (%)		
Pélets de madera	89.0(*)	88.0(**)	90.0(**)	85.0(*)	76.9(**)	94.0(**)
Hueso de aceituna	78.1	84.4	87.3	81.3	74.4	91.9
Pélets de poda de olivar	68.7	83.5	85.8	70.4	73.0	90.8
Pélets de poda de viña	69.7	84.2	88.3	78.5	76.2	93.1

(*) Dato declarado por el fabricante con pélets de madera UNE-EN ISO 17225-2 clase A1.

(**) Dato obtenido utilizando pélets de madera A1

Tabla 6. Eficiencia térmica de las calderas objeto de ensayo

	Caldera I	Caldera II	Caldera III	Caldera I	Caldera	Caldera III
	Eficiencia térmica en ensayo a potencia nominal (%)			Eficiencia térmica en ensayo a potencia parcial (%)		
Pélets de madera(1)	95.0(*)	83.5(**)	92.6(**)	90.9(*)	65.0(**)	90.3(**)
Hueso de aceituna	93.6	76.6	93.1	87.5	70.3	90.2
Pélets de poda de olivar	94.3	64.6	92.8	87.1	64.7	89.9
Pélets de poda de viña	94.2	69.6	93.1	85.6	62.0	88.7

(*) Dato declarado por el fabricante con pélets de madera UNE-EN ISO 17225-2 clase A1

(**) Dato obtenido utilizando pélets de madera A1



Tal y como puede apreciarse, las eficiencias térmicas de las estufas II y III fueron ligeramente más bajas con los biocombustibles mediterráneos ensayados que los valores obtenidos durante los ensayos con pélets de madera A1. Sin embargo, las eficiencias térmicas alcanzadas durante los ensayos con la estufa I fueron bastante más bajas que las que declaradas por el fabricante. Este hecho puede relacionarse con el elevado contenido de oxígeno en el gas de combustión medido durante los ensayos con esa estufa (13,5 % O₂ con hueso de aceituna, 16,5 % O₂ con pélets de poda de olivar y 16,3 % O₂ con pélets de poda de viña). Aplicando las mismas proporciones de exceso de oxígeno que durante la combustión de pélets de madera se habrían obtenido eficiencias más elevadas, ya que todos los demás parámetros que influyen en la eficiencia (temperatura del gas de combustión, contenido de humedad del combustible) serían comparables a los de la combustión de pélets de madera.

En cuanto a los ensayos realizados con las calderas I y III, se observaron eficiencias térmicas ligeramente más bajas, comparables respectivamente o incluso más altas que los valores obtenidos con pélets A1. En relación con la caldera II, las diferencias fueron más altas (potencia nominal) debido principalmente a los elevados contenidos de oxígeno en el gas de combustión (12,4 % O₂ para hueso de aceituna, 15,7 % O₂ para pélets de poda de olivar y 15,0 % O₂ para pélets de poda de viña). De nuevo, la tecnología tan simple de esta caldera no fue capaz de adaptar su funcionamiento a las propiedades de esos combustibles.

Teniendo en cuenta el comportamiento de los pélets de poda de viña y de olivar durante los ensayos de combustión, puede llegarse a la conclusión de que no son combustibles adecuados para estufas y calderas pequeñas del ámbito doméstico. Aun así, se podría hacer una excepción para los pélets de poda de olivar con un contenido bajo de ceniza y de nitrógeno (ver sección 2.4.1), con lo que, con mucha probabilidad, también podrían cumplirse los límites de emisiones de NO_x.

4. RECOMENDACIONES PARA FABRICANTES E INSTALADORES



4.1. Estufas

4.1.1. Hueso de aceituna

Suministro y alimentación de combustible

El uso de hueso de aceituna no conlleva problemas relacionados con la manipulación y la alimentación del combustible. Sin embargo, considerando el tamaño tan pequeño de partícula en comparación con el de otros combustibles, como por ejemplo los pélets, se necesita una parrilla de un diseño específico para impedir que el combustible se deslice por las aberturas de la parrilla y caiga directamente al cenicero.

Combustión y su control incluidos los problemas relacionados con emisiones

Los aparatos objeto de ensayo no están lo suficientemente preparados para cumplir los límites de emisiones que establece la Directiva de Ecodiseño (de obligado cumplimiento a partir del 1 de enero de 2022 para las estufas) para pélets de madera. No obstante, se consigue cumplir con los límites de emisiones para “combustibles distintos de la madera comprimida en forma de pélets” (ver la estufa III de la figura 4). Por lo tanto, en general, si los fabricantes quisieran definir el hueso de aceituna como “otro combustible apropiado” (tal y como se expone en la Directiva de Ecodiseño), se necesitarían algunas adaptaciones de las condiciones de combustión tales como los flujos de aire, la configuración de la distribución del aire y el movimiento de la parrilla, para reducir las emisiones de CO y/o de partículas.

Eliminación de la ceniza

El tiempo de residencia del combustible en la parrilla (en el caso de parrillas móviles con un sistema continuo de eliminación de la ceniza) o los



intervalos de limpieza de la parrilla (en el caso de una limpieza discontinua de la parrilla) se deben ajustar al tiempo necesario para la combustión completa del hueso de aceituna, con objeto de lograr una elevada conversión del carbono y un bajo contenido de inquemados en la ceniza del cenicero.

4.1.2. Pélets de poda de olivar y de viña

Suministro y alimentación de combustible

El uso de pélets de poda no conlleva problemas relacionados con la manipulación y la alimentación de combustible.

Combustión y su control incluidos los problemas relacionados con emisiones

La combustión de pélets de poda no cumple con los límites de las emisiones que establece la Directiva de Ecodiseño (de obligado cumplimiento a partir del 1 de enero 2022 para estufas) para pélets de madera, especialmente en lo relativo a NO_x, lo que los convierte en no adecuados para los pequeños equipos de combustión.

Podrían llevarse a cabo varias mejoras tecnológicas en las estufas domésticas para resolver los problemas observados:

- Configuración adecuada del control del proceso para garantizar emisiones bajas de CO y COG.
- Uso de quemadores de baja producción de NO_x para reducir las emisiones de NO_x utilizando una configuración adecuada de la distribución del aire de combustión.
- Utilización de un sistema de eliminación de PST adecuado, como los precipitadores electrostáticos.
- Ajuste apropiado de la configuración del control del flujo de aire de combustión para asegurar una elevada eficiencia térmica.



Asimismo, el uso de pélets de poda de olivar con contenidos bajos de ceniza y nitrógeno (ver sección 2.4.1) podría permitir que se cumplieran los límites de la Directiva, pese a que no se han realizado ensayos de combustión específicos con este combustible.

Eliminación de la ceniza

El uso de pélets de poda, a pesar de su elevado contenido de ceniza, no plantea problemas significativos en relación con la sinterización. Sin embargo, se necesita una limpieza automatizada de la parrilla y de la superficie de los intercambiadores de calor.

Aspectos de limpieza y mantenimiento

Se necesita un diseño adecuado del aire de limpieza de la ventana para impedir el depósito de aerosoles sobre la misma.

4.2. Calderas

4.2.1. Hueso de aceituna

Suministro y alimentación de combustible

El uso de hueso de aceituna no conlleva problemas relacionados con la manipulación y la alimentación del combustible. Sin embargo, considerando el tamaño tan pequeño de partícula en comparación con el de otros combustibles, como por ejemplo los pélets, se necesita una parrilla de un diseño específico para impedir que el combustible se deslice por las aberturas de la parrilla y caiga directamente al cenicero.



Combustión y su control incluidos los problemas relacionados con emisiones

Los aparatos objeto de ensayo no están lo suficientemente preparados para cumplir los límites de emisiones estacionales que establece la Directiva de Ecodiseño (de obligado cumplimiento a partir del 1 de enero de 2020 para las calderas). Si los fabricantes quisieran definir el hueso de aceituna como “otro combustible apropiado” (tal y como se expone en la Directiva de Ecodiseño), se necesitarían algunas adaptaciones de las condiciones de combustión tales como los flujos de aire, la configuración de la distribución del aire de combustión y el movimiento de la parrilla, para reducir las emisiones de CO, de partículas o de ambos tipos.

Eliminación de la ceniza

El tiempo de residencia del combustible en la parrilla (en el caso de parrillas móviles con un sistema continuo de eliminación de la ceniza) o los intervalos de limpieza de la parrilla (en el caso de una limpieza discontinua de la parrilla) se deben ajustar al tiempo necesario para la combustión completa del hueso de aceituna, con objeto de lograr una elevada conversión del carbono y un bajo contenido de inquemados en la ceniza del cenicero.

4.2.2. Pélets de poda de olivar y de viña

Suministro y alimentación de combustible

El uso de pélets de poda no conlleva problemas relacionados con la manipulación y la alimentación de combustible.

Combustión y su control incluidos los problemas relacionados con emisiones

La combustión de pélets de poda no cumple con los límites de las emisiones estacionales que establece la Directiva de Ecodiseño (de obligado



cumplimiento a partir del 1 de enero 2020 para calderas), especialmente en lo relativo al NO_x, lo que los convierte en no adecuados para los pequeños equipos de combustión actuales.

Podrían llevarse a cabo varias mejoras tecnológicas en las calderas domésticas para resolver los problemas observados:

- Configuración adecuada del control del proceso para garantizar emisiones bajas de CO y COG
- Uso de quemadores de baja producción de NO_x para reducir las emisiones de NO_x utilizando una configuración adecuada de la distribución del aire de combustión.
- Utilización de un sistema de eliminación de PST adecuado, como los precipitadores electrostáticos.
- Ajuste apropiado de la configuración del control del flujo de aire de combustión para asegurar una elevada eficiencia térmica.

Asimismo, el uso de pélets de poda de olivar con contenidos bajos de ceniza y nitrógeno (ver sección 2.4.1) podría permitir que se cumplieran los límites de la Directiva, pese a que no se han realizado ensayos de combustión específicos con este combustible.

Eliminación de la ceniza

El uso de pélets de poda no plantea problemas significativos en relación con la sinterización de la ceniza a pesar de su elevado contenido de ceniza. Sin embargo, se necesita una limpieza automatizada de la parrilla y de la superficie de los intercambiadores de calor.

5. RECOMENDACIONES PARA USUARIOS FINALES



Para evitar problemas relacionados con el comportamiento del combustible, es importante adquirir biocombustibles con certificado de calidad, de conformidad con las normas pertinentes o los requisitos de calidad de la etiqueta Biomassud.

5.1. Hueso de aceituna

Los usuarios finales deberían obtener la garantía (del fabricante, del instalador o de ambos) de que los aparatos que adquieren pueden utilizar hueso de aceituna como combustible alternativo.

Los usuarios finales deben ser cuidadosos al eliminar la ceniza del cenicero porque la temperatura podría ser elevada debido a la materia inquemada presente en el mismo.

5.2. Pélets de poda de viña y de olivar

Teniendo en cuenta el alto contenido de ceniza de estos pélets en comparación con los pélets de madera de alta calidad, el cenicero deberá vaciarse con más frecuencia durante la operación con los pélets de poda.

Dado que el depósito de partículas en la ventana de la estufa será mayor que si se usan pélets de madera de alta calidad, se necesitará un mayor trabajo de limpieza por parte del usuario final.

6. BIBLIO GRAFÍA



Bados R., Esteban L.S., Carrasco J. (CIEMAT). “Deliverable 3.1. Selection of new solid biofuels”. Proyecto BIOMASUD PLUS (acuerdo de subvención n.º 691763). Disponible online en: <http://biomasudplus.eu>.

Barro R., Fernández M., Cortés R., Bados R. (CIEMAT), Brunner T., Kan-zian W., Hajos N., Obernberger I. (BIOS), Karampinis E., Grammelis P., Nikolopoulos N. (CERTH), Almeida T., Mendes C., Cancela E., Alves N. (CBE), Carrasco J. (CIEMAT). “Deliverable 3.3: Quality classification of the solid biofuels to be considered in the biofuels extended BIOMASUD label”. Proyecto BIOMASUD PLUS (acuerdo de subvención n.º 691763). Disponible online en: <http://biomasudplus.eu>.

Oficina Estadística de Croacia (Croatian Bureau of Statistics). Yearbook 2015.

GSE. www.gse.it

Autoridad de Estadística de Grecia (Hellenic Statistical Authority), “Development of detailed statistics on Energy consumption in households 2011/2012”, acuerdo de subvención Eurostat n.º 30304.2010.002-2010.373, El Pireo, abril de 2013. Disponible online en:

[http://www.statistics.gr/documents/20181/985214/Quality+Report+on+the+development+of+detailed+statistics+on+Energy+consumption+in+Households+\(+2012+\)/](http://www.statistics.gr/documents/20181/985214/Quality+Report+on+the+development+of+detailed+statistics+on+Energy+consumption+in+Households+(+2012+)/)

INE, I.P. (Instituto Nacional de Estatística, I.P.) y DGEG (Direção-Geral de Energia e Geologia). Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico 2010. Lisboa, 2011.

Violidakis I., Karampinis E., Nikolopoulos N., Margaritis N., Malgarinos I. (CERTH), Borjabad E., Ramos R. (CIEMAT), Rodero P., Mira A. (AVE-BIOM), Baù L., Francescato V. (AIEL), Simsek E., Ates M. (TUBITAK),



Almeida T., Figo S. (CBE), Kocjan D., Rogelja T., Klun J., Triplat M., Krajnc N. (SFI), Rukavina H. (ZEZ), Supancic K., Brunner T. (BIOS). “Deliverable 5.2: Report of the state of the art of combustion devices for the selected bio-fuels”. Proyecto BIOMASUD PLUS (acuerdo de subvención n.º 691763). Disponible online en: <http://biomasudplus.eu>.



*This project has received funding from
the European Union's Horizon 2020
research and innovation program
under grant agreement No. 691763*

