

Especificaciones técnicas de los equipos de combustión de biomasa empleados en el sector doméstico

El uso de la biomasa cobra cada vez más importancia en el sector doméstico

La combustión de biomasa se ha empleado como fuente de calor durante miles de años, pudiendo observarse a lo largo del tiempo un importante progreso tecnológico en los equipos empleados para ello. Este avance ha sido impulsado principalmente por la búsqueda de una mayor comodidad y versatilidad a la hora de utilizar estos equipos y la necesidad de un aumento en su eficiencia térmica y de una reducción en sus emisiones. Con

respecto al empleo de la biomasa en el sector doméstico, el usuario puede valerse fundamentalmente de dos opciones: puede adquirir equipos individuales de combustión, objeto de este artículo o bien, puede emplear la calefacción y agua caliente sanitaria proporcionadas por una red de distribución térmica, asunto que se abordará en el próximo número de Vida Rural junto con la utilización de biomasa para climatización.

Irene Mediavilla Ruiz.

Doctora Ingeniera Química.
CEDER-CIEMAT (Soria). Unidad de biomasa.

Si se consideran los datos publicados en 2010 por el Observatorio Nacional de Calderas de Biomasa, puede apreciarse que en el último año ha

aumentado la potencia total instalada de energía térmica a partir de biomasa en España. Así, cabe destacar el aumento notable de las instalaciones de equipos de pequeña potencia (9-25 kW), para uso doméstico, que se ha producido en Andalucía y, por otro lado, la existencia en el país de 24 redes de distribución térmica repartidas entre Andalucía, Asturias, Cataluña, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Madrid, Navarra y País Vasco, con una

potencia instalada total de 28 MW.

Aparte de la utilización de la biomasa para producir calor o agua caliente sanitaria en el sector doméstico, su uso para climatización, empleando sistemas de absorción y adsorción en lugar de los tradicionales sistemas de compresión mecánica, está adquiriendo un papel importante en los últimos años.

Los equipos que habitualmente se emplean en el sector doméstico para combustión de



Foto 1. Briquetas (izquierda) y pélets (derecha) fabricados a partir de distintas biomásas.

biomasa pueden clasificarse de distintos modos. Uno de ellos, implica el tipo de biomasa con que se alimenta, pudiendo diferenciarse entre los equipos para leña o briquetas, en los que la carga del combustible es manual, y los equipos para biomasa cuya granulometría es apropiada para una alimentación automatizada, como son los pélets, las astillas y otros productos como el hueso de aceituna, la cáscara de almendra o piñón, etc. En la **foto 1** se muestran briquetas y pélets fabricados a partir de distintas biomásas y que podrían utilizarse en los equipos que pasan a describirse a continuación.

Equipos de combustión para leña y briquetas

Estos equipos tienen una alimentación discontinua y, aunque de forma tradicional se vienen utilizando las cocinas y chimeneas abiertas, cuya eficiencia energética es muy baja, actualmente, y gracias al hincapié que se está haciendo en el desarrollo tecnológico de este tipo de equipos, se está llegando a rendimientos térmicos superiores al 70%. De forma general, puede diferenciarse entre las estufas y las calderas.

Estufas de leña y briquetas

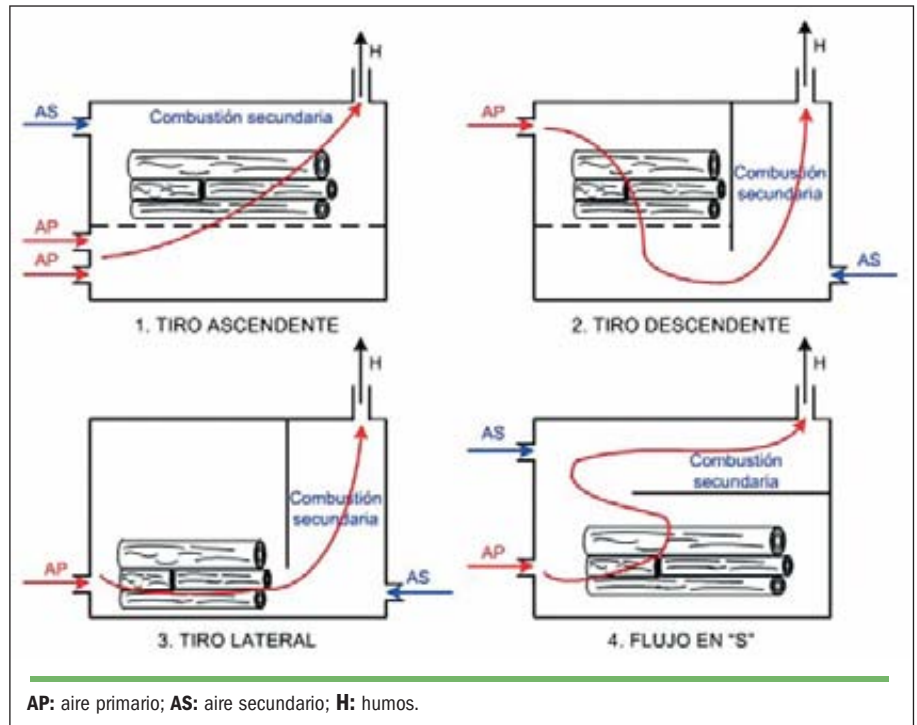
Liberan calor por radiación y convección calentando el espacio en el cual están situadas, existiendo también la posibilidad de conducir el aire caliente producido por estos equipos hasta otras localizaciones, alcanzándose así un espacio más amplio de calefacción.

La combustión de la biomasa ocurre en tres etapas: secado del combustible (vaporización del agua), pirólisis/gasificación (degradación térmica en ausencia o presencia de oxígeno, respectivamente) y oxidación completa del producto sólido y los gases. Debido a esto, existe un parámetro fundamental para el control del proceso, que es la relación entre la cantidad de aire añadido y la cantidad de aire necesario para la combustión completa del combustible. Así, y con objeto de conseguir una combustión lo más completa posible y, por lo tanto, lograr una reducción en la producción de sólidos inquemados y en la emisión de algunos compuestos, como el monóxido de carbono, los hidrocarburos y las partículas, entre otros, las estufas pueden tener dos zonas de combustión separadas, una primaria y una secundaria.

Las estufas de leña y briquetas pueden clasificarse de acuerdo con el camino que sigue el

FIGURA 1

Clasificación de estufas de leña y briquetas según el flujo de aire primario.



Gracias al hincapié que se está haciendo en el desarrollo tecnológico

de este tipo de equipos, se está llegando a rendimientos térmicos superiores al 70%

flujo de aire primario introducido dentro de la cámara de combustión.

Así, y aunque existen combinaciones y variaciones, pueden diferenciarse principalmente cuatro tipos de estufas (Van Loo y Koppejan, 2008), cuyos esquemas se recogen en la **figura 1**:

- Estufas con tiro ascendente: el flujo de aire primario pasa en sentido ascendente a través del combustible que se está quemando.
- Estufas con tiro descendente: el aire primario pasa a través del combustible en sentido descendente y arrastra los gases generados durante la pirólisis hacia la zona de combustión secundaria.
- Estufas con tiro lateral: el flujo de aire primario se introduce por un lateral de la carga de combustible, abandonándola por la base. Con esto, los productos derivados de la pirólisis no se liberan directamente dentro de la corrien-

te de aire primario, sino dentro del combustible.

- Estufas con flujo en "S": el aire primario se introduce por la base del combustible y arrastra los gases generados en la pirólisis hasta llegar a la zona de combustión secundaria, produciéndose, debido al recorrido, una muy lenta velocidad de combustión.

Con objeto de reducir las emisiones de compuestos inquemados, existen en el mercado (especialmente en Estados Unidos) los combustores catalíticos. Éstos se sitúan entre la cámara de combustión y la chimenea y reducen la temperatura de ignición de los humos derivados de la combustión. Los combustores catalíticos están contruidos con material cerámico recubierto con una fina capa de un catalizador metálico. Los fabricantes aseguran una larga vida útil para estos combustores siempre que se lleve a cabo el mantenimiento adecuado (Van Loo y Koppejan, 2008).



Foto 2. Quemador de alimentación inferior (izquierda) (Fuente: KWB) y quemador de alimentación horizontal (derecha) (Fuente: Biocalora).

Calderas de leña y briquetas

Utilizan el calor liberado por los humos de combustión para calentar agua en un intercambiador de calor, siendo este fluido el que posteriormente se utiliza como portador de calor. Estos equipos suelen tener una trampilla para introducir el combustible y otra para la extracción de las cenizas producidas durante la combustión.

Existen calderas en las que la combustión tiene lugar en toda la carga de combustible, estando equipadas con una entrada de aire primario por debajo de la parrilla y una entrada de aire secundario sobre la carga de combustible, dentro de la zona de combustión. Estas calderas suelen emplear tiro natural y pueden dar lugar a elevadas emisiones de productos inquemados.

Otra tecnología de combustión utilizada en calderas de leña y briquetas es aquella en la que la gasificación y la combustión parcial tienen lugar en la parte inferior de la carga de combustible, mientras que la combustión final se produce en una cámara separada, lográndose una combustión más estable

y emisiones más bajas. En este tipo de tecnología existen modelos de tiro natural y de tiro forzado.

Por último, las calderas que poseen una mayor eficiencia en cuanto a la emisión de compuestos inquemados son las de tiro descendente. En estas calderas se fuerza a los humos de combustión, utilizando un ventilador (que, a su vez, determina la entrada de aire primario y secundario), a pasar a través de los orificios de la parrilla en sentido descendente. En la parrilla, o bien en la cámara de combustión secundaria, se introduce aire secundario, realizándose la combustión final a elevadas temperaturas.

Equipos de combustión para pélets

Debido a que los pélets poseen propiedades uniformes que facilitan su movimiento, una elevada densidad energética y un bajo contenido en agua, éstos se han convertido en el combustible vegetal más indicado para sistemas de calefacción automáticos de to-

dos los tamaños, existiendo dos tipos de equipos para su combustión:

- Estufas: en las que el calor se transfiere al exterior mediante convección y radiación. Las potencias máximas para estos equipos suelen estar en torno a los 10 kW y pueden regularse de forma manual o automática a través de la temperatura ambiente, disponiendo, en general, de una tecnología más sencilla.

- Calderas: en las que el calor es transferido por el humo de combustión al agua del sistema de distribución de calor mediante un intercambiador. Algunos de estos equipos tienen modulación automática de la potencia desde el 30 al 100% dependiendo de la demanda de calor.

Como ya se ha indicado anteriormente, existen otros combustibles de granulometría, densidad y humedad apropiadas (como las astillas, el hueso de aceituna, la cáscara de almendra o piñón, etc.) que pueden utilizarse también en calderas de alimentación automatizada, aunque ha de tenerse en cuenta que no todas las calderas pueden operar con este tipo de combustibles.

Las calderas de pélets llevan asociada una tolva de alimentación con el fin de garantizar una autonomía de combustible determinada. Desde esta tolva, un tornillo sinfín transporta los pélets hasta el quemador situado en la cámara de combustión. Además, para asegurar un nivel de combustible apropiado en la tolva de alimentación, ésta puede unirse, mediante sistemas mecánicos o neumáticos, a un depósito de mayores dimensiones en el que se almacena el combustible.

Debido a que los pélets poseen propiedades uniformes que facilitan su movimiento, una elevada densidad energética y un bajo contenido en agua, éstos se han convertido en el combustible vegetal más indicado para sistemas de calefacción automáticos de todos los tamaños

Estos depósitos pueden estar en la superficie (depósitos de obra, textiles o metálicos) o bien estar enterrados.

Los humos derivados de la combustión son conducidos a través del intercambiador de calor contenido en la caldera, en el cual se transfiere calor al agua que está circulando gracias a la acción de una bomba, que conduce el agua caliente hasta el sistema de distribución de calor. Además, para mejorar la transferencia de calor y proporcionar suficiente aire de combustión, se instalan ventiladores, aunque también existen calderas en las que el tiro es natural.

Tipos de quemadores en calderas de baja potencia

Generalmente, en calderas con potencias de hasta 40 kW, suelen emplearse tres tipos de quemadores distintos, dependiendo de cómo se alimentan los pélets: quemadores con alimentación inferior, quemadores con alimentación horizontal y quemadores con alimentación superior; cuyos esquemas pueden observarse en la **figura 2**.

Alimentación inferior

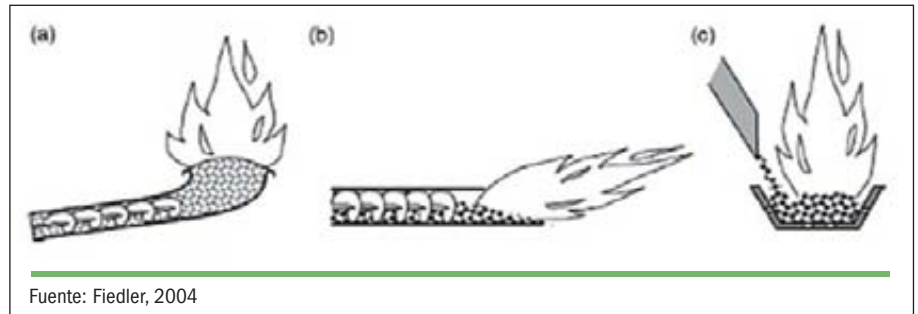
Los quemadores con alimentación inferior fueron diseñados en origen para la combustión de astillas, pero actualmente también se utilizan para la combustión de pélets. Como se observa en la **figura 2**, un tornillo sinfín transporta los pélets a través de un conducto que llega al quemador por su zona inferior y los empuja sobre el disco de combustión. En este disco, se produce la combustión primaria, en la que se aporta el aire junto al suministro de pélets, o bien, por orificios en el quemador. Por otro lado, el aporte de aire secundario para la combustión de los gases liberados, se lleva a cabo a través de los orificios en el disco del quemador o mediante toberas situadas por encima de este disco. En este tipo de equipos, la ceniza es empujada por los pélets alimentados, cayendo al depósito de cenizas o al sistema de transporte de las mismas. Los quemadores con alimentación inferior tienen la ventaja de que la combustión se produce de forma muy uniforme, pero por el contrario, requieren la presencia de sistemas de seguridad contra el retroceso de la llama.

Alimentación horizontal

Los quemadores con alimentación horizontal son muy similares a los quemadores con alimentación inferior, siendo la única diferen-

FIGURA 2

Esquemas de quemadores para calderas de pélets: (a) alimentación inferior, (b) alimentación horizontal y (c) alimentación superior.



Fuente: Fiedler, 2004

Existen otros combustibles de granulometría, densidad y humedad apropiadas

(como las astillas, el hueso de aceituna, la cáscara de almendra o piñón, etc.) que pueden utilizarse también en calderas de alimentación automatizada, aunque ha de tenerse en cuenta que no todas las calderas pueden operar con este tipo de combustibles

cia la forma del lecho de combustión (**foto 2**). Además, puede destacarse que estos quemadores se pueden construir de modo que la llama se dirija horizontalmente o hacia arriba.

Alimentación superior

Por último, en los quemadores con alimentación superior, los pélets caen sobre el lecho de combustión a través de un conducto, como puede apreciarse en la **figura 2**. Estos quemadores tienen la ventaja de que no hay continuidad entre la zona de almacenamiento del combustible y la zona de combustión, con lo que el riesgo de retroceso de la llama es muy bajo. Sin embargo, la caída del combustible tiene un efecto negativo sobre el lecho de combustión, puesto que incrementa la liberación de polvo y de partículas inquemadas, dando lugar a una combustión inestable. Estos quemadores presentan orificios en su parte inferior para la entrada del aire de combustión.

Quemadores de parrillas fijas escalonadas

Con respecto a las calderas que suelen utilizarse en el sector doméstico y que presentan potencias mayores que las calderas

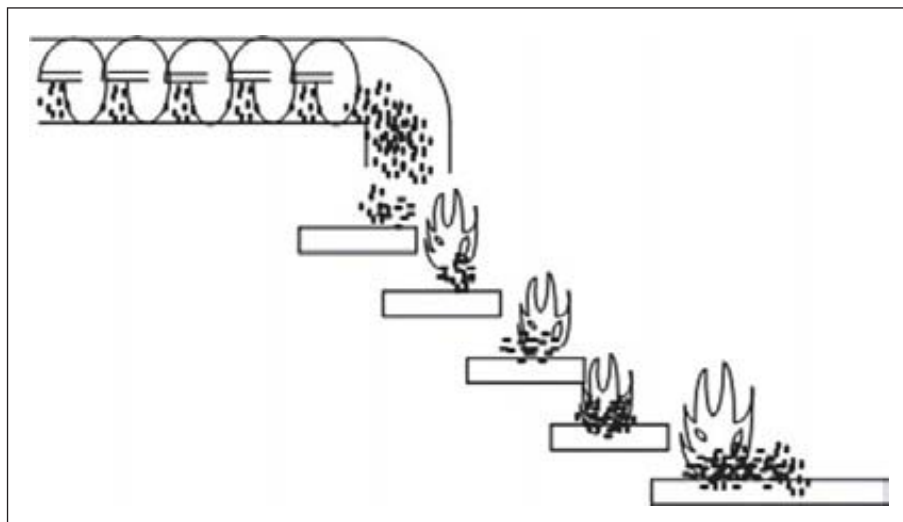
anteriormente descritas, es habitual el empleo de quemadores de parrillas fijas escalonadas. En estos quemadores, un sistema de alimentación automático introduce los pélets sobre la parrilla y el descenso del combustible se produce por gravedad (**figura 3**). En este tipo de sistemas, el transporte del combustible no puede ser controlado de forma precisa como ocurre con los sistemas en los que las parrillas se mueven y que son utilizados en calderas de potencias superiores, por lo que la optimización del rendimiento de la combustión y de las emisiones resulta compleja. Sin embargo, este tipo de quemadores no conlleva elementos móviles, por lo que presenta un menor deterioro y su mantenimiento es más sencillo.

Calderas de condensación

Con respecto al rendimiento térmico de las calderas, en los últimos años, se han lanzado al mercado las calderas de condensación para pélets. Éstas consiguen rendimientos superiores al 100% puesto que aprovechan el calor desprendido durante la condensación de los humos de salida. Estas calderas presentan precios más elevados,

FIGURA 3

Esquema de un quemador de parrillas fijas escalonadas.



debido a que precisan de la instalación de intercambiadores de calor adicionales y de un mayor mantenimiento.

Automatismos y elementos de control y seguridad

Las calderas de pélets poseen automatismos y elementos de control y seguridad que facilitan de forma considerable su operación y garantizan una combustión eficiente y segura. En primer lugar, el encendido inicial de la caldera se realiza de forma automática mediante una corriente de aire caliente, la cual provoca la ignición del combustible que ha sido cargado previamente. Sin embargo, cuando el encendido se realiza tras una pausa de funcionamiento, existen calderas que utilizan el mismo método que para el encendido inicial, pero también existen otras calderas que poseen función de mantenimiento de brasa. Esta función consiste en mantener una pequeña cantidad de brasas encendidas durante las pausas, con objeto de que el encendido posterior sea inmediato.

En cuanto a la regulación de los flujos de combustible y aire pueden destacarse tres formas de regulación diferentes:

- Regulación todo o nada. En estos quemadores la potencia es fija, puesto que la carga de combustible es siempre la misma (determinada por un tiempo de marcha-paro para el sinfín de alimentación) y el aire se regula de forma manual con una válvula de tajadera. Estos sistemas son muy económicos pero poco flexibles y con bajo rendimiento.

- Regulación modulante manual. En estos quemadores existen varias potencias fijas reguladas por distintos tiempos de marcha-paro del sinfín o por un variador mecánico. Por otro lado, la regulación del aire está prefijada y es realizada por un variador desde el sistema de control. Estos sistemas también son económicos y ofrecen mayor flexibilidad y rendimiento.

- Regulación modulante automática. En estos quemadores se varían automáticamente los tiempos de marcha-paro del sinfín o su velocidad mediante un variador, según la demanda energética y de forma continua. Por otro lado, la regulación del aire se lleva a cabo mediante un variador desde el sistema de control y suele incluirse, además, una sonda lambda, con lo que el aire de combustión se regula en función de la demanda y del nivel de oxígeno en humos. Este tipo de regulación permite que los quemadores puedan adaptarse a distintos biocombustibles dentro de cierto margen, aunque presentan precios elevados.

Con objeto de evitar condensaciones en los tubos de intercambio, las calderas pueden incluir válvulas para el control de la temperatura de retorno, que mezclan una parte del agua de impulsión con el agua de retorno, si la temperatura de ésta es muy baja.

Otro factor de estas calderas, cuyo control facilita considerablemente la operación en las mismas, es la limpieza de tubos y quemadores, que se realiza de forma automática cada cierto tiempo, con la finalidad de evitar

depósitos en los tubos y acumulación de ceniza y escorias en el quemador.

Con respecto a la seguridad, es preciso considerar que se está tratando un combustible sólido que mantiene la llama y la brasa cuando la caldera está apagada, por lo que la temperatura del agua podría aumentar de forma considerable, llegando a formarse vapor. Debido a este hecho, han de tenerse en cuenta dos situaciones críticas, que son: la interrupción del suministro eléctrico y una avería en la bomba de circulación de la caldera. Además, ha de considerarse que, en este tipo de calderas, existe la posibilidad de que la llama retroceda por el tornillo de alimentación de los pélets, por lo que si esto ocurriera, podría incendiarse la tolva de dosificación e incluso el depósito de almacenamiento.

Con esto, los elementos de seguridad que suelen incluirse en las calderas de biomasa son:

- Termostatos, presostatos y válvulas de seguridad, cuya finalidad es actuar en caso de que la temperatura y/o la presión del agua alcancen valores superiores a los de consigna.
- Intercambiador de calor de emergencia (serpentín sumergido en el agua de la caldera) o recipiente de expansión abierto junto con una válvula de seguridad térmica, para evacuar el calor residual en el caso de que se produzca una interrupción en el funcionamiento de la caldera o de la bomba de circulación de la misma.
- Mantenimiento del hogar en depresión, válvulas anti-retorno de la llama (válvulas volumétricas y rotativas) y dispositivos de inundación, con objeto de evitar incendios.●

Bibliografía ▼

FIEDLER, F. The state of the art of small-scale pellet-based heating systems and relevant regulations in Sweden, Austria and Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, (2004), p. 201-221.

MARAVÉ, D., ROYO, J. Sistemas de generación de energía final. En: *Energía de la biomasa (volumen II)*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010. p. 7-41.

VAN LOO, S., KOPPEJAN, J. Domestic wood-burning appliances. En: *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing*. London: Earthscan, 2008. p. 112-133.