

# ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO TÉRMICO DE BIOMASA FRENTE A SISTEMAS CONVENCIONALES INSTALADOS EN EDIFICIOS TERCIARIOS.

Víctor Cloquell

Miguel Ángel Artacho

Vicente Cloquell

*Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia*

Javier Alcocer

*Solger Energy, S.L.*

## **Abstract**

In recent years, is witnessing a steady increase in fuel prices. This global situation is caused by factors including climate change, geopolitical instability in producer countries and the depletion of fossil resources ordinary. Therefore end-users energy consumers begin to seek new options. There is a boom in renewable energy, including bioenergy in general and biomass in particular. Biomass fuel is that vegetable which aims at harnessing energy. The purpose of this communication is the description and justification of the use of a system of heat utilization of biomass for use in buildings, specifically in a hotel and a sports facility and its comparison with conventional systems installed in order to establish the benefits and drawbacks of the use and application of such energy.

**Keywords:** *Energy efficiency, biomass, bioenergy, renewable energy.*

## **Resumen:**

En los últimos años se está asistiendo a un aumento constante de los precios de los combustibles. Esta situación mundial está producida entre otros factores por el cambio climático, la inestabilidad geopolítica de los países productores y el agotamiento de los recursos fósiles ordinarios. Por todo ello los usuarios finales consumidores de energía comienzan a buscar nuevas opciones. Existe un auge de las energías renovables, entre ellas la bioenergía en general y la biomasa en particular. Por biomasa se entiende aquel combustible de origen vegetal cuya finalidad es el aprovechamiento energético. El objeto de esta comunicación es la descripción y justificación del uso de un sistema de aprovechamiento térmico de la biomasa para su uso en edificios. Se aplicará en un hotel y en una instalación polideportiva comparándose con los sistemas convencionales instalados, a fin de establecer los beneficios e inconvenientes del uso y aplicación de este tipo de energía.

**Palabras Clave:** *Eficiencia energética, biomasa, bioenergía, energías renovables.*

## 1. Introducción

En los últimos tiempos estamos asistiendo a un aumento constante de los precios de los combustibles. Existen varios factores que explican la actual situación mundial, principalmente el cambio climático pero especialmente la inestabilidad geopolítica en los países productores así como el agotamiento de los recursos fósiles ordinarios. Es este conjunto de circunstancias el que provoca un aumento constante de las materias primas y por consiguiente de los productos finales, lo que obliga a los usuarios a buscar nuevas opciones.

Existe un auge evidente de las energías renovables en el mundo, entre ellas de la llamada bioenergía, que pueden dar lugar a confusiones por lo extenso del término. Cuando hablamos de biomasa nos referimos a aquel combustible de origen vegetal cuya finalidad es el aprovechamiento energético, a diferencia de, por ejemplo, los biocombustibles como puede ser el biodiésel, de uso principalmente en automoción. Esta denominada biomasa es, en nuestro caso, mayoritariamente serrín compactado (más conocido por “pellet”) ó virutas de madera aunque también pueden ser otro tipo de residuos agrícolas procedentes de podas, materia biodegradable forestal, etc.

La presente memoria tiene como objeto la descripción y justificación de un sistema de aprovechamiento térmico de la biomasa para su uso en edificios. El objetivo principal del presente documento consiste en la determinación de la potencia térmica necesaria para abastecer las necesidades de calor requeridas en el proyecto, así como la ventaja obtenida por la utilización de biomasa.

El beneficio obtenido por este sistema es doble. Por un lado, el consumo biomasa como combustible da lugar a un ahorro de tipo económico, debido a que su coste es muy inferior al de las fuentes convencionales de energía. Por otro lado, contribuye a evitar el aumento de las emisiones de dióxido de carbono, ya que el CO<sub>2</sub> que se desprende por la combustión de estos residuos no es otro que el usado por el mismo ser vivo para formarse y crecer. Las plantas, al realizar la fotosíntesis, necesaria para su crecimiento, absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera y fijan en su organismo el carbono contenido en dicho dióxido. Cuando se produce la combustión de la biomasa, es ese mismo carbono el que se vuelve a combinar con el oxígeno, produciendo de nuevo CO<sub>2</sub>. De esta forma, al cerrarse un ciclo completo, el balance de CO<sub>2</sub> es neutro.

## 2. Descripción instalaciones

La primera instalación en estudio es un complejo deportivo sito en la ciudad de Valencia siendo sus datos de ocupación los siguientes (ver figura 1):

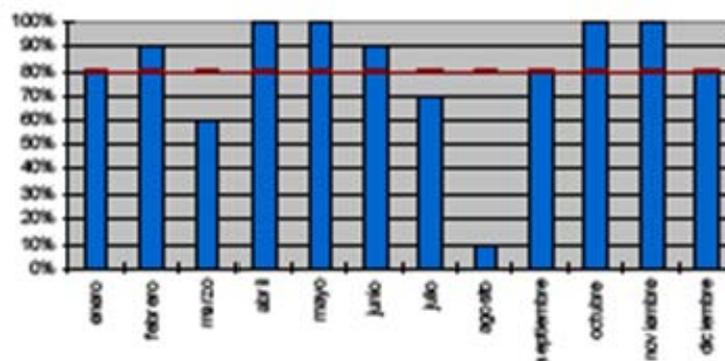


Figura 1: Datos de ocupación del centro polideportivo

A la vista de los datos se puede apreciar que la afluencia media supera el 80% en los meses previos a las vacaciones de verano y se retoma dicha ocupación a la vuelta de dichas vacaciones. En los meses de marzo y julio experimenta un descenso siendo coincidente con las festividades locales y el primer mes del período vacacional de verano respectivamente, estando cerrado el mes de agosto. Destacar que el horario de funcionamiento es de 8:00 a 22:00 entre semana y los fines de semana de 8:00 a 14:00.

Las características principales del complejo en cuanto a su capacidad e instalaciones energéticas actuales son las siguientes (ver tabla 1), incluyéndose imagen satélite de la localización y situación urbana del complejo (ver figura 2):

DATOS CENTRO DEPORTIVO	
Número de clientes al día	1500
Piscinas	360 m2
Otros consumos	Gimnasio, sala de actividades, squash
Calderas existentes	1 ROCA de 465,1 kW 1 ROCA de 186 kW
Volumen de acumulación	6 m3

Tabla 1. Datos Centro Deportivo



Figura 2: Vista del emplazamiento del Complejo Deportivo desde Satélite  
(Fuente Google Earth)

La segunda instalación en estudio es un hotel ubicado en Tenerife siendo sus datos de ocupación los siguientes (ver figura 3):

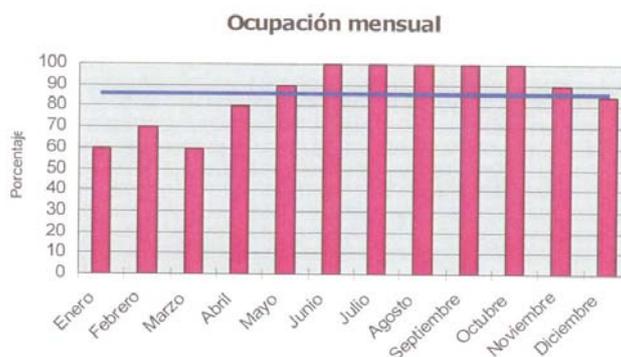


Figura 3: Datos de ocupación del centro polideportivo

A la vista de los datos se aprecia que las temporadas de mayor ocupación coinciden con las de primavera, verano y otoño, así como el período vacacional navideño, siendo la ocupación media anual estimada de un 80% a un 90%.

Las características principales del hotel en cuanto a su capacidad e instalaciones energéticas actuales son las siguientes (ver tabla 2), incluyéndose imagen satélite de la localización del hotel (ver figura 4):

DATOS HOTEL	
Número de clientes al día	355 Habitaciones: 274 Hab. Dobles – 74 Hab. Familiares – 6 Hab. Minusválidos – 28 Suites
Piscinas	5 en total. 2 con climatización mediante propano (350 m2)
Otros consumos	Spa mediante Gas
Calderas existentes	2 x SIME 640 kW
Volumen de acumulación	30 m3

Tabla 2. Datos Hotel



Figura 4: Vista del emplazamiento del Hotel desde Satélite  
(Fuente Google Earth)

### 3. Cálculo general de las Instalaciones

#### 3.1. Cálculo para el complejo deportivo

Para calcular la potencia necesaria se ha tenido en cuenta las cargas energéticas del complejo deportivo reflejadas en su consumo de gas natural con el fin de asegurar que la potencia instalada sea suficiente para dar el servicio requerido en todos los casos. Para ello se ha partido de los datos proporcionados por los responsables de la instalación:

Consumo de gas natural del centro polideportivo:

$$\text{Consumo} = 35.500 \text{ €/año}$$

Para calcular las cargas energéticas se usó el precio medio del gas natural consumido durante el año 2007, es decir 0,044 €/kWh; y así:

Cargas energéticas:

$$Q = 35.500 / 0,044 = 806,82 \text{ MWh/año}$$

El rendimiento medio de todas las calderas de gas natural usadas es de un 93%. Este dato nos permite definir las cargas reales del centro polideportivo y así la potencia necesaria de la caldera de biomasa:

Cargas energéticas reales:

$$Q = 806,82 \times 0,93 = 750,34 \text{ MWh/año}$$

Para calcular la potencia útil de la caldera de biomasa, se han considerado 2.200 horas de funcionamiento anual, con lo que obtenemos la potencia necesaria de la caldera.

Potencia útil de la caldera:

$$P = 750.342,6 / 2200 = 341,06 \text{ kW}$$

El modelo de caldera elegido es la HPKI-K 360 kW de la casa GILLES porque es la que constructivamente se adecua más a las condiciones calculadas.

### 3.2. Cálculo para el hotel

Para calcular la potencia necesaria se ha tenido en cuenta las cargas energéticas del hotel reflejadas en su consumo anual de propano con el fin de asegurar que la potencia instalada sea suficiente para dar el servicio requerido en todos los casos. Para ello se ha partido de los datos proporcionados por los responsables de la instalación:

Consumo de gas propano del hotel:

$$\text{Consumo} = 105.000 \text{ Kg/año}$$

El poder calorífico del propano suministrado al hotel, es de 11.900Kcal/kg, por lo que obtendremos:

Cargas energéticas:

$$Q = 105.000 \times 11.900 \times 4,18 = 5.222,91 \text{ GJ/año} = 1.450,81 \text{ MWh/año}$$

Para calcular la potencia útil de la caldera de biomasa, se han considerado 1.700 horas de funcionamiento anual, con lo que obtenemos la potencia necesaria de la caldera.

Potencia útil de la caldera:

$$P = 5.222,91 / (1700 \times 3.6) = 853,42 \text{ kW}$$

El modelo de caldera elegido es la HPKI-K 900 kW de la casa GILLES porque es la que constructivamente se adecua más a las condiciones calculadas.

## 4. Producción de energía

### 4.1 Cálculo para el complejo deportivo

Para el cálculo de la producción de energía con la caldera de biomasa se va a considerar un funcionamiento de 2.200 horas anuales.

Para el cálculo del número de horas de funcionamiento, el sistema de control de la caldera identifica diferentes niveles de potencia de trabajo. Con cada nivel de potencia, el contador de horas añade el tiempo equivalente de funcionamiento a la carga de trabajo, es decir, que si la caldera está funcionando durante un tiempo determinado a una potencia inferior a la nominal, el contador añadirá solamente las horas correspondientes, multiplicadas por el porcentaje de carga. Así, una hora de funcionamiento al 50% de la potencia nominal equivaldrá a media hora de funcionamiento a plena carga.

A continuación se realiza el cálculo, tanto de la producción de energía, como del consumo de biomasa. Considerando las 2.200 horas anuales de funcionamiento mencionadas y una potencia neta de 360 kW, la producción de calor en el circuito hidráulico de la caldera a lo largo de un año será de 792.000 kWh.

Producción de energía útil:

$$\text{Energía producida} = 360 \text{ kW} \times 2.200 \text{ h/año} = 792 \text{ MWh/año}$$

Consumo de energía primaria:

$$\text{Energía consumida} = 393,44 \text{ kW} \times 2.200 \text{ h/año} = 865,57 \text{ MWh/año}$$

Consumo de biomasa:

$$\text{Biomasa consumida} = 865.568 / (4,9 \times 1.000) = 176,65 \text{ Tm/año}$$

Por otro lado, con un rendimiento del 91,5%, asegurado por el fabricante a cualquier carga entre el 30% y el 100% de la potencia nominal, se obtiene una potencia de consumo de energía primaria de 393,44 kW; y a lo largo de un año será de 865.568 kWh. El consumo máximo estimado es de 177 toneladas anuales de biomasa.

El ahorro anual estimado al precio actual del gas natural será:

$$\text{Biomasa} = 177 \text{ toneladas} \times 170 \text{ €/tonelada} = 30.090 \text{ €/año.}$$

$$\text{Gasoil} = 806.818 \times 0,05 \text{ €/kWh} = 40.340,90 \text{ €/año.}$$

$$\text{Ahorro anual} = 10.250,90 \text{ €/año.}$$

### 4.2. Cálculo para el hotel

Para el cálculo de la producción de energía con la caldera de biomasa se va a considerar un funcionamiento de 1.700 horas anuales.

Para el cálculo del número de horas de funcionamiento, el sistema de control de la caldera identifica diferentes niveles de potencia de trabajo. Con cada nivel de potencia, el contador de horas añade el tiempo equivalente de funcionamiento a la carga de trabajo, es decir, que

si la caldera está funcionando durante un tiempo determinado a una potencia inferior a la nominal, el contador añadirá solamente las horas correspondientes, multiplicadas por el porcentaje de carga. Así, una hora de funcionamiento al 50% de la potencia nominal equivaldrá a media hora de funcionamiento a plena carga.

A continuación se realiza el cálculo, tanto de la producción de energía, como del consumo de biomasa. Considerando las 1.700 horas anuales de funcionamiento mencionadas y una potencia neta de 900 kW, la producción de calor en el circuito hidráulico de la caldera a lo largo de un año será de 1.530.000 kWh.

Producción de energía útil:

$$\text{Energía producida} = 900 \text{ kW} \times 1.700 \text{ h/año} = 1.530 \text{ MWh/año}$$

Consumo de energía primaria:

$$\text{Energía consumida} = 983,61 \text{ kW} \times 1.700 \text{ h/año} = 1.672,14 \text{ MWh/año}$$

Consumo de biomasa:

$$\text{Biomasa consumida} = 1.672.137 / ((4.500/860,42) \times 1.000) = 319,72 \text{ Tm/año}$$

Por otro lado, con un rendimiento del 91,5%, asegurado por el fabricante a cualquier carga entre el 30% y el 100% de la potencia nominal, se obtiene una potencia de consumo de energía primaria de 983,61 kW; y a lo largo de un año será de 1.672.137 kWh. El consumo máximo estimado es de 320 toneladas anuales de biomasa.

El ahorro anual estimado al precio actual del gas natural será:

$$\text{Biomasa} = 319,72 \text{ toneladas} \times 270 \text{ €/tonelada} = 86.324,40 \text{ €/año.}$$

$$\text{Gasoil} = 105.000 \times 1,24 \text{ €/kWh} = 130.200 \text{ €/año.}$$

$$\text{Ahorro anual} = 43.875,60 \text{ €/año.}$$

## 5. Estimación a largo plazo y conclusiones

En este apartado se hace una sencilla estimación de los ahorros contemplados durante 25 años. Para realizar la simulación económica se tiene en cuenta el coste del material reflejado en el presupuesto y se estima en un 40% de este coste el correspondiente a obra civil e instalación.

Este estudio se ha realizado suponiendo unos incrementos anuales de los precios del gas natural y propano en un 7% y de la biomasa en un 4%. El IPC se considera a un 3%. El resto de simulaciones llevadas a cabo contempla todavía mejores escenarios.

Para estos precios de combustible se obtienen los siguientes resultados:



Figura 5: Comparativa Biomasa vs Gas natural: 4% y 7% de incremento



Figura 6: Comparativa Biomasa vs Gas propano: 4% y 7% de incremento

Como ejemplo demostrativo se muestra la gráfica correspondiente a un escenario más extremo, contemplando unos incrementos de precios de gas natural y propano de un 15% y biomasa un 8%:



Figura 7: Comparativa Biomasa vs Gas natural: 8% y 15% de incremento

Se concluye a partir de la gráfica anterior que la amortización de la instalación es inferior a nueve años, partiendo de los anteriores supuestos. A partir de ese momento el ahorro es del orden de los 720 mil euros en 25 años, expresado en valor actual del euro (2008).



Figura 7: Comparativa Biomasa vs Gas propano: 8% y 15% de incremento

Se concluye a partir de la gráfica anterior que la amortización de la instalación es inferior a cuatro años, partiendo de los anteriores supuestos. A partir de ese momento el ahorro es del orden de los 2,94 millones de euros en 25 años, expresado en valor actual del euro (2008).

Destacar que el principal inconveniente para la implantación de este tipo de energías como alternativa en el uso de calefacción es el aseguramiento de suministro de la materia prima para la caldera (pellet). Por ello, el establecimiento de fórmulas que garanticen al usuario el suministro continuado, el asumir penalizaciones por parte de los distribuidores, la no anulación de instalaciones existentes para prevenir casos de corte de suministro de pellet (a fin de que el confort nunca se vea en riesgo en este tipo de edificaciones) así como el apoyo gubernamental a la financiación de este tipo de instalación, son algunas de las posibles medidas o propuestas que potenciarían y aumentarían la seguridad a los consumidores potenciales de este tipo de tecnologías.

## Referencias

Carpintero, Oscar (2006). [«Biocombustibles y uso energético de la biomasa: un análisis crítico»](#). *El ecologista* (49). ISSN 1575-2712.

Estevan, Antonio (2008). [«Biocombustibles: la agricultura al servicio del automóvil»](#). *El ecologista* (56). ISSN 1575-2712.

Margalef, Ramón (1980). *La biosfera, entre la termodinámica y el juego*. Barcelona: Ediciones Omega. [ISBN 84-282-0585-X](#).

Naredo, Jose Manuel; Antonio Valero (1999). *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Madrid, Fundación Argentaria y Visor Distrib.

Odum, Eugene P. (1969). [«The Strategy of Ecosystem Development.»](#). *Science* **164**. pp. 262-270.

Odum, Eugene P. (2004). [«La estrategia de desarrollo de los ecosistemas»](#). *Boletín CF+S*. ISSN 1578-097X.

## Agradecimientos

Expresar nuestro agradecimiento a Javier Alcocer, Juan Méndez e Iván Torres de la empresa Solger Energy, S.L. por su colaboración para el desarrollo de esta comunicación.

## Correspondencia (Para más información contacte con):

Nombre: Víctor Andrés

Apellidos: Cloquell Ballester

Teléfono contacto: 96 387 70 00 Ext.: 85670

e-mail: [vacloque@dpi.upv.es](mailto:vacloque@dpi.upv.es)

Empresa/Institución: Departamento de Proyectos de Ingeniería/ Universidad Politécnica de Valencia