

# ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA PISCINA PÚBLICA CLIMATIZADA MEDIANTE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y BIOMASA

Fernando López

Justo García

*Universidad de Extremadura*

Cosme Segador

Daniel Encinas

Leilén Cuadros

*Agencia Extremeña de la Energía*

## **Abstract**

The heated pools are large consumers of thermal energy and have an operation period almost continuous throughout the year. Concepts of energy efficiency and renewable energy have been used in the design of the building.

Strategies to maximize passive solar energy for heating the building and natural light have been used. In addition, walls and windows have been fitted with a thermal efficiency features above the minimum set by the current codes, within acceptable margins of profitability, to minimize heat losses.

The building has a solar thermal installation that covers 60-70% of the requirements for heating the pool and for hot water for showers. As support of the solar installation, two biomass boilers are used which also provide energy for heating and air-conditioned of the dressing rooms and the pool building. Thus, all thermal requirements are covered by renewable energies.

The costs of the measures implemented have a payback period of less than four years, which means an annual savings over conventional construction with fossil fuel use more than 70%.

**Keywords:** *Efficiency, Solar thermal energy, Biomass boilers*

## **Resumen**

Las piscinas climatizadas son grandes consumidores de energía térmica y tienen un periodo de operación casi continuo a lo largo de todo el año. En el diseño del edificio se han utilizado los conceptos de eficiencia energética y las energías renovables.

Se han implementado estrategias pasivas para maximizar la energía solar para calefacción del edificio y la utilización de la luz natural. Además, las paredes y ventanas se han dotado de unas características de eficiencia térmica muy superior al mínimo marcado por la normativa actual, dentro de márgenes aceptables de rentabilidad, para reducir al mínimo las pérdidas de calor.

El edificio cuenta con un sistema solar térmico que cubre entre el 60-70% de los requerimientos para la calefacción de la piscina y del agua caliente para las duchas. Se utiliza como apoyo de la instalación solar dos calderas de biomasa, que también proporcionan la calefacción para los vestuarios y el aire acondicionado del recinto de la piscina. Por tanto, todos los requerimientos térmicos están cubiertos con energías renovables.

Los costes de las medidas implementadas, disponen de un periodo de retorno de menos de cuatro años, lo que significa un ahorro anual con respecto a una construcción convencional con uso de combustibles fósiles de más del 70 %.

**Palabras clave:** *Eficiencia, Solar térmica, Calderas Biomasa*

## **1. Introducción y objeto de la aplicación**

El proyecto que se detalla está basado en la construcción de una piscina climatizada. Dicha piscina se ha construido en un pequeño municipio de unos 2.000 habitantes. (La Albuera, Badajoz), cuyo promotor es el propio ayuntamiento de la localidad.

Una piscina climatizada es un edificio que necesita unas importantes cantidades de energía térmica para calentar el vaso de la piscina, para climatizar el ambiente, para calentar los vestuarios y para calentar el agua necesaria para las duchas.

El objeto de esta actuación se propone por un lado, servir de ejemplo y sensibilización a la población en el uso racional de la energía y en la utilización de energías renovables (Fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, 2009) (Asociación solar de la Industria Térmica. <http://www.asit-solar.com/>), y por el otro, conseguir unos ahorros económicos importantes para el ayuntamiento en su gestión, ya que una instalación de este tipo tiene unos costos considerables de consumo de combustibles fósiles, los cuales, para un ayuntamiento de este tamaño, puede suponer un esfuerzo económico importante.

Además, en la propia construcción de la obra se ha pretendido hacer uso del concepto de “desarrollo local”, utilizando materiales y empresas de la zona, sirviendo esto para demostrar que el uso de conceptos de ahorro y de uso de energías renovables no son conceptos tecnológicamente complejos y pueden ser una vía de desarrollo y creación de empleo.

Para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de utilización de energías renovables CTE-HE4, (Código Técnico de la Edificación, 2006) hubiera sido suficiente con la instalación solar térmica para el calentamiento del vaso de la piscina, o como solución complementaria, utilizar sólo calderas de biomasa. Sin embargo se han usado ambas tecnologías, y además, la instalación solar térmica también aporta la energía necesaria para el agua caliente de las duchas de los vestuarios y el propio recinto de la piscina.

El uso de la piscina se dedica principalmente actividades recreativas, y además, se realizan cursos de natación para todas las edades, así como se fomenta el uso deportivo y

terapéutico principalmente para la tercera edad, por lo que existe una variabilidad importante de tipologías y edades de los propios usuarios.

Como suele ocurrir con las obras de la administración, el presupuesto con el que se trabajó fue cerrado, y en la concepción del mismo no se contempló la utilización de energías renovables.

Las instalaciones de energías renovables, así como los cerramientos y ventanas utilizados se han ejecutado sin un costo adicional para el ayuntamiento. El ayuntamiento ha percibido una ayuda del 30% de la inversión para las calderas de biomasa y el “sobre costo” ha sido asumido por los ahorros obtenidos, amortizándose en menos de 3 años.

El propio Ayuntamiento está planteando junto con la Agencia Extremeña de la Energía un proyecto de aprovechamiento de los residuos de la poda de jardines, así como residuos agrícolas de la zona, los cuales convenientemente tratados podrían utilizarse como combustible para las calderas de biomasa, lo que haría una instalación totalmente autosostenible desde el punto de vista de la energías renovables, ya que el único combustible que necesita de apoyo sería la biomasa, y la gestión de la misma sería controlada por el ayuntamiento.

También es importante destacar que la instalación de la piscina ha atraído a una empresa de Energías Renovables a la zona que actualmente está en conversaciones con el ayuntamiento para instaurar en el polígono del municipio una empresa de distribución de calderas de biomasa y un almacén de venta de pellet.

La instalación está situada en el municipio de La Albuera, a 22 km de Badajoz en la antigua N-432 km.23.

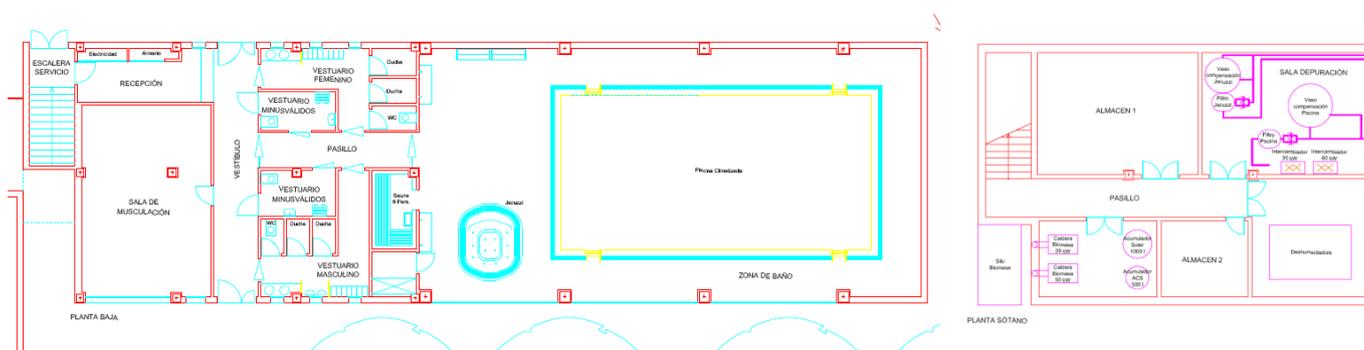
## **2. Descripción arquitectónica del edificio**

Se trata de una nueva construcción. Consta de una planta baja, en la que se sitúa la piscina, jacuzzi, sauna, vestuarios y sala de musculación y una planta sótano en la que se ubican las salas de máquinas y almacenes, como se observa en la figura 1.

Su estructura es a base de hormigón armado compuesta por diferentes pórticos, y la cubierta es plana y del tipo invertida con grava.

Se han dejado las zonas pertinentes para iluminación (lucernarios y ventanas) de tal forma que se minimice la necesidad de alumbrado eléctrico.

Figura 1: Vista general y planta del edificio



El edificio tiene dos zonas térmicas claramente diferenciadas, las cuales aparecen en la Tabla 1:

Tabla 1: Dimensiones zonas térmicas

Sistema/Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Uso
Zona 1: Vestuarios Sala musculación y recepción	53,3	3,0	159,9	Vestuario
Piscina: Piscina, Jacuzzi, sauna	192,3	3,0	576,9	Piscinas

Las dimensiones del vaso de la piscina son 12 m x 8 m x 1,5 m

## 2.1 Descripción de cerramientos

El cerramiento empleado está realizado a base de BLOQUE 20 cm +CAMARA 10 cm +XPS 6 cm+ Rasilla 7 cm (U= 0,43 W/m<sup>2</sup> K), como se aprecia en la figura 2.

**Figura 2: Cerramiento del edificio**

Grupo Grupo nuevo

Nombre

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	BH convencional espesor 200 mm	0,200	0,923	860	1000	
2	Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm					0,190
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [ 0.038	0,060	0,038	38	1000	
4	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000	
5						

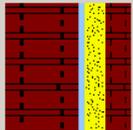
Grupo Material

Material   Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U  w/(m²K)

Aceptar



A efectos de cumplimiento de la normativa (Código Técnico de la edificación, 2006), con 4 cm de aislamiento hubiera sido suficiente para cumplir las exigencias marcadas. Además se han elegido los materiales del muro a efectos de encontrar la configuración que optimiza la relación precio-aislamiento.

## 2.2 Descripción de cubierta

La cubierta del edificio es del tipo plana con forjado, aislamiento, capa impermeable y grava. Con 6 cm de aislamiento hubiera sido suficiente para cumplir la normativa, sin embargo, se ha optado por utilizar un aislamiento de 8 cm de espesor, debido a su posición horizontal y a la gran superficie que representa dentro de la edificación.

Por tanto el tipo de cubierta está realizada a base de GRAVA 3 cm + LÁMINA 1 cm + XPS 8 cm + FORJADO 30 cm + MORTERO 1 cm ( $U = 0,39 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ) (figura 3).

**Figura 3: Cubierta del edificio**

Grupo

Nombre

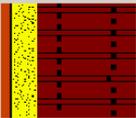
Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,030	2,000	1450	1050	
2	Betún fieltro o lámina	0,010	0,230	1100	1000	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [ 0.038	0,080	0,038	38	1000	
4	FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	0,300	1,422	1240	1000	
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,010	0,700	1350	1000	
6						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  w/(m²K)



## 2.3 Descripción de ventanas

Se utilizan dobles ventanas a efectos de minimizar las pérdidas por este elemento. Desde el punto de vista económico se realizó el estudio con simples ventanas utilizando carpintería con rotura de puente térmico y cristal de mayor espesor, pero los resultados obtenidos fueron de inferior aislamiento que el sistema de doble ventana y mayor costo.

Por tanto el sistema de ventana utilizado consiste en vidrios compuestos: 4/6/4 + CÁMARA 20 cm + 4/6/4 (U= 0,87 W/m<sup>2</sup> K) (figura 5)

**Figura 4: Ventanas del edificio**

Nombre

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	4-6-4					0,300
2	Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm					0,190
3	Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm					0,190
4	4-6-4					0,300
5						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  w/(m²K)



Nota: Se han utilizado dos cámaras de aire sin ventilar de 10 cm porque el programa CALENER VYP no admite cámaras de 20 cm.

Se ha reducido la superficie acristalada a la mínima posible y que facilite la entrada de luz necesaria, ya que es un elemento con elevadas pérdidas de calor (Si se compara, tiene un coeficiente de conductividad que duplica que el de las paredes).

## 2.4 Descripción de lucernarios

Para los lucernarios se ha utilizado doble lámina policarbonato con celdas y una cámara de 20 cm entre los paneles. Esta configuración permite tener un bajo coeficiente de transmitancia, inferior al de las ventanas, teniendo en cuenta que la posición horizontal sobre el techo y la gran superficie de los mismos, supone un punto importante de pérdidas caloríficas del edificio.

La composición de elementos del lucernario es la siguiente: Policarbonato-celdas 16 mm + CÁMARA 20 cm + Policarbonato-celdas 16 mm ( $U= 0,69 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ )

Figura 5: Lucernarios del edificio

Grupo  
Nombre: Lucernario

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

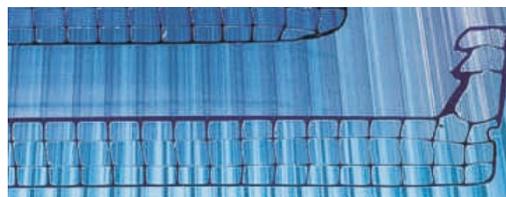
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Policarbonatos [PC]	0,030	0,200	1200	1200	
2	Cámara de aire sin ventilar horizontal 2 cm					0,160
3	Policarbonatos [PC]	0,030	0,200	1200	1200	
4	Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm					0,180
5	Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm					0,180
6	Policarbonatos [PC]	0,030	0,200	1200	1200	
7	Cámara de aire sin ventilar horizontal 2 cm					0,160
8	Policarbonatos [PC]	0,030	0,200	1200	1200	

Grupo Material: Plásticos  
Material: Policarbonatos [PC] Espesor (m): 0,020

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U: 0,69 W/(m²K)

Aceptar

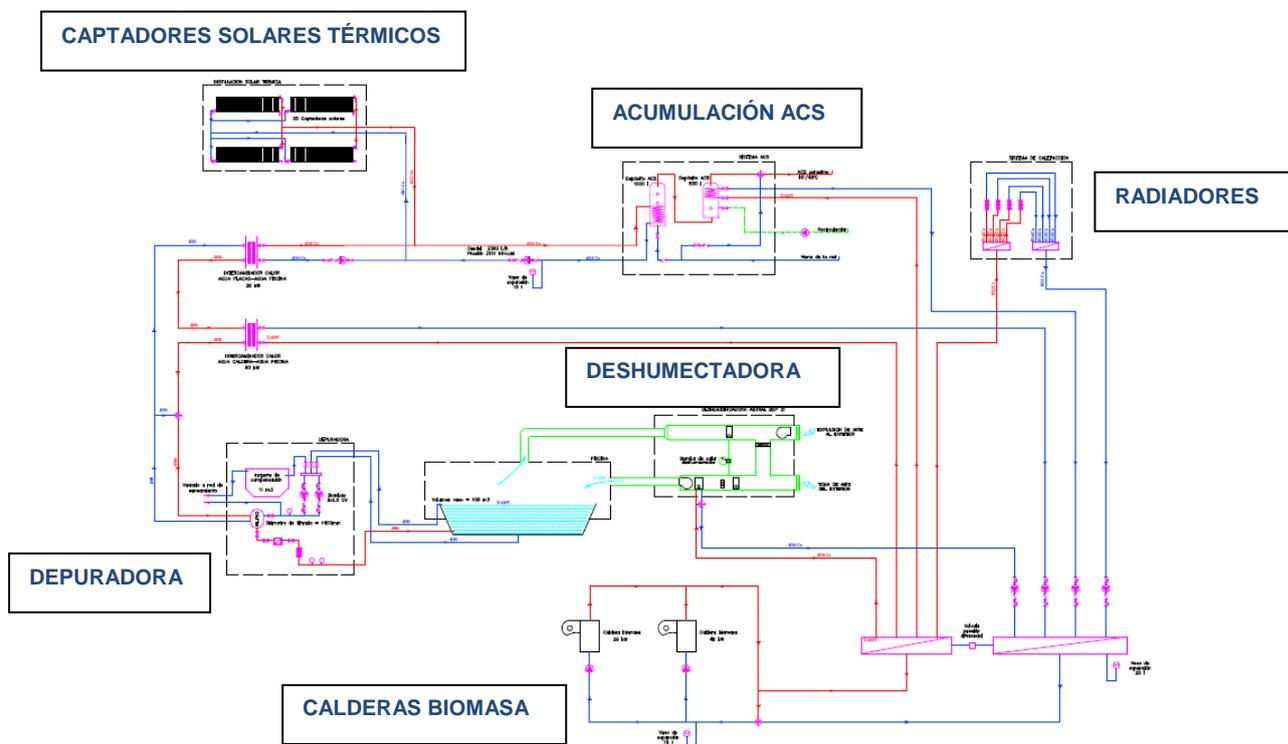


Nota: Se han utilizado dos cámaras de aire sin ventilar de 10 cm porque el programa CALENER VYP no admite cámaras de 20 cm.

## 3. Descripción de instalaciones del edificio

A parte de las instalaciones convencionales de distribución de energía eléctrica, fontanería, depuración..., una piscina climatizada tiene la peculiaridad de la necesidad de una gran cantidad de energía calorífica para calentamiento del vaso de la piscina, climatización del ambiente del vaso, calefacción de vestuarios y zonas comunes y calentamiento de agua para las duchas de vestuarios y piscina.

Figura 6: Esquema de la instalación de la piscina



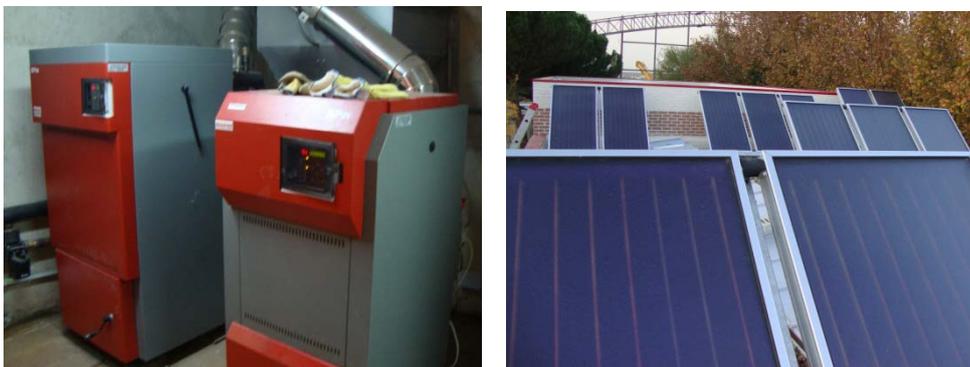
El 100% de las necesidades térmicas del edificio se han resuelto con energías renovables, en este caso con energía solar térmica y dos calderas de biomasa.

Se utilizan 20 captadores solares térmicos que aportan anualmente aproximadamente el 70 % de las necesidades de calentamiento del vaso de la piscina y el agua caliente de las duchas de los vestuarios y duchas de la piscina (1000 litros) (Agencia Extremeña de la Energía, 2009) (IDAE, 2002).

El resto de la energía de apoyo es suministrada a través de dos calderas de biomasa (una de 25 kW y otra de 50 kW) las cuales tienen 5 etapas de modulación, de tal forma que están conectadas en paralelo y siempre que haya demanda térmica, arrancará la más pequeña hasta que alcance su máxima potencia y posteriormente entrará en funcionamiento de la segunda (Agencia Extremeña de la Energía, 2011) (IDAE, 2009) De esta forma se optimiza el consumo de biomasa ya que sólo se gasta lo estrictamente necesario para atender la demanda térmica.

Las calderas de biomasa están también conectadas al circuito de radiadores del vestuario y a una batería de calor de la máquina deshumectadora, que es la encargada de la climatización del recinto de la piscina, y son las que aportan todo el calor necesario para climatizar el conjunto, con el sistema de energía solar térmica.

**Figura 7: Caldera de biomasa e Instalación Solar Térmica**



#### **4. Estudio económico de la instalación**

##### **4.1 Justificación económica de elección de cerramientos**

En la Tabla 2 se muestra la comparación de la solución técnica elegida para cerramientos con relación a la exigida por la normativa vigente y los ahorros producidos suponiendo los aportes energéticos con caldera de gasóleo, que era la opción inicial planteada en el proyecto. (considerando 10 kWh/l gasóleo y un precio de 0,7 €/l).

Para calcular las pérdidas, se utiliza el método de grados día considerando que el sistema de calefacción de este edificio necesita unas temperaturas superiores a un sistema convencional.

En la Tabla 2 se compara la solución técnica elegida con el mínimo exigido por la normativa. (según CTE para Badajoz zona climática C-4).

**Tabla 2: Tabla resumen comparativa de los cerramientos**

CERRAMIENTO	TRANSMITANCIA U (W/m <sup>2</sup> K)	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	GRADOS DÍA (°C)	PÉRDIDAS kWh	PRECIO €/año
PARED (utilizado)	0,43	281	63936	7725,39	540,77
PARED (mín normativa)	0,73	281	63936	13115,19	918,00
<b>AHORRO PARED</b>				<b>5389,80</b>	<b>377,28</b>
CUBIERTA (utilizado)	0,39	266,5	63936	6645,19	465,16
CUBIERTA (mín normativa)	0,53	266,5	63936	9030,64	632,14
<b>AHORRO CUBIERTA</b>				<b>2385,45</b>	<b>166,98</b>
VENTANA (utilizado)	0,87	15	63936	834,36	58,40
VENTANA (mín normativa)	4,4	15	63936	4219,78	295,38
<b>AHORRO VENTANA</b>				<b>3385,41</b>	<b>2369,79</b>
LUCERNARIO (utilizado)	0,87	37,2	63936	2069,22	144,84
LUCERNARIO (mín normativa)	4,4	37,2	63936	10465,04	732,55
<b>AHORRO LUCERNARIO</b>				<b>8395,82</b>	<b>587,70</b>
<b>TOTAL AHORROS PISCINA</b>				<b>19556,49</b>	<b>1368,95</b>

Los sobrecostos como consecuencia de utilizar materiales con mejor coeficiente de transmitancia térmica han sido de 10.000 € aproximadamente, por lo que con los ahorros obtenidos como consecuencia de tomar estas medidas, el período de retorno es de: 10.000 € / 1368,954 €/año = 3,65 años.

#### 4.2 Justificación económica del sistema de energías renovables.

Las necesidades energéticas anuales del calentamiento del vaso de la piscina, calentamiento de agua para duchas, climatización del recinto piscina y calefacción de la zona de vestuarios son las que se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3: Necesidades energéticas anuales del calentamiento del vaso de la piscina.**

Sistema	Demanda energética kWh/año	Precio con Gasóleo €/año
Vaso Piscina	84679,07	5927,53
ACS	14741,86	1031,93
Calefacción Vestuario	21024	1471,68
Climat. recinto Piscina	109500	7665,00
<b>COSTO TOTAL COMBUSTIBLE</b>		<b>16096,15</b>

Si esa demanda se cubriera con gasóleo, considerando 10 kWh/l gasóleo y un precio de 0,7 €/l, el costo anual sería de 16.096,15 €

Para el sistema instalado (solar + biomasa) con una estimación del 60 % de cobertura solar, teniendo en cuenta que el sistema solar sólo actúa sobre el vaso de la piscina y el ACS, y considerando un precio de 0,05 €/kWh de pellet, se obtendrá el coste de combustible de la tabla 4..

**Tabla 4: Cálculo del coste en combustible.**

<b>Sistema</b>	<b>Demanda energética kWh/año</b>	<b>Aporte solar</b>	<b>Aporte caldera Biomasa</b>	<b>Precio con biomasa €/año</b>
Vaso Piscina	84679,07	50807,44	<b>33871,63</b>	1693,58
ACS	14741,86	8845,12	<b>5896,74</b>	294,84
Calefacc Vestuario	21024	0,00	<b>21024,00</b>	1051,20
Clim recinto Piscina	109500	0,00	<b>109500,00</b>	5475,00
<b>COSTO TOTAL COMBUSTIBLE</b>				<b>8514,62</b>

De esta manera el ahorro en combustible anual es de 16.096,15 € - 8.514,62 € = 7581,53 €

El sobrecosto del sistema (solar+calderas) de biomasa es de unos 40.000 €, pero como el sistema solar es obligatorio según CTE, el sobrecosto a considerar será sólo el de las calderas de biomasa que es de unos 22.000 €

Por tanto la amortización de la inversión es  $22.000 \text{ €} / 7581,5 \text{ €/año} = 2,9$  años.

## 5. Conclusiones

El Código Técnico de la Edificación obliga a la instalación de captadores solares térmicos u otro tipo de energía renovable para cubrir parte del ACS de una instalación, pero esto no es compatible y de hecho es rentable, compaginarlo con otra energía renovable, por ejemplo biomasa.

Puede apreciarse como la instalación solar térmica tiene unos periodos de retorno bajos. En una piscina climatizada las necesidades de temperatura son bajas y con muchas horas de funcionamiento, con lo cual la instalación solar es capaz de cubrir un porcentaje muy alto del calentamiento de los vasos de la piscina.

Durante el diseño de la instalación se estimó que la cobertura solar era del 60%. En la práctica y con la utilización de equipos de medida, se ha determinado que la cobertura solar es superior, con lo que el periodo de retorno también sería menor. También hay que tener en cuenta que este periodo de retorno se calculó con un precio del gasóleo de 70 cent.€/L y

que actualmente éste se encuentra en 90 cent. €/L con lo que se vería afectado el periodo de retorno y la inversión será amortizada antes.

Es importante resaltar que cualquier estrategia de implantación de energías renovables debe ir acompañada de un buen diseño en cuanto a eficiencia energética del edificio. De hecho los parámetros de cumplimiento de la limitación de la demanda energética que marca el código técnico son valores mínimos a cumplir, debiendo estudiarse en cada caso posibles alternativas mejores de aislamiento. La complementariedad de ambas actuaciones, eficiencia energética e implementación de energías renovables, logra mejores valores de retorno de la inversión.

## 6. Referencias

Agencia Extremeña de la Energía. (2009). Biomasa para Projectistas. *Curso Técnico de Sistemas de Biomasa y Sistemas Híbridos*. AGENEX

Agencia Extremeña de la Energía. (2011) *Guía de Diseño, Montaje y Gestión de proyectos de Instalaciones Solares térmicas. Edición para Profesionales*. Junta de Extremadura.

Asociación solar de la Industria Térmica. <http://www.asit-solar.com/>.

Código Técnico de la edificación. (2006) *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE4*.

Fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. (2009). Directiva de 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2009). *Instalaciones de Biomasa térmica en edificios*.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2002). *Instalaciones de Energía Solar Térmica: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*.