

VENTA DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN UN HOSPITAL DE MURCIA

SOLAR THERMAL ENERGY SELLING IN A HOSPITAL FROM MURCIA

Damián Bornás Cayuela

Ingeniero Industrial
Agencia de Gestión de
Energía de la Región de Murcia
(ARGEM)

José Pablo Delgado Marín

Ingeniero Industrial
Agencia de Gestión de
Energía de la Región de Murcia
(ARGEM)

Recibido: 09/10/07

Aceptado: 14/01/08

RESUMEN

La cada vez mayor concienciación social, el compromiso por parte de las administraciones, el continuo incremento del precio del petróleo y los esfuerzos investigadores relacionados con la energía solar térmica están generando oportunidades de ahorro y negocio para todos los implicados en la fabricación, instalación y uso de este tipo de aprovechamiento de recursos renovables.

En el presente artículo, se describirá una instalación de energía solar térmica con 200 m² de superficie de captación localizada sobre la cubierta del **Hospital Universitario Morales Meseguer** de la ciudad de **Murcia**. La explotación de esta instalación se realiza bajo la modalidad ST-ESCOs, consistente en la venta de la energía producida en el Hospital siendo la propiedad de la instalación de un promotor independiente.

Palabras clave: Energía solar térmica, servicios energéticos, calefacción de distrito, ACS, Proyectos europeos.

ABSTRACT

The growing social awareness, commitment from public administration, an increasing oil's barrel price and investigation progresses related to solar thermal energy are providing saving and business opportunities for all the actors involved in manufacturing, installation and use of this kind of renewable energy.

*In this paper, a 200 m² solar thermal installation located in the **Morales Meseguer Hospital** from **Murcia** will be described. This installation is being used by a contracting model named ST-ESCOs in which energy is sold to the hospital but the property is not the same the user.*

Key words: Solar thermal energy, energy services, district heating, heat water, European projects.

INTRODUCCIÓN

La energía solar térmica está experimentando crecimientos superiores al 60% anual. En el año 2006, se instalaron más de 175.000 m² de co-

lectores solares siendo el total instalado en España al final de ese año, de 702.000 m² equivalentes a una potencia instalada de más de 490 megavatios térmicos. Este importante crecimiento del mercado de la energía solar térmica, que viene consolidándose desde el año 2005, debe mantenerse durante más años ya que, llevando a cabo la comparación sobre la superficie de colector instalada per capita con respecto al resto de países de la Unión Europea, España aún se encuentra muy por debajo de la media de la Unión de los 27 y Suiza (Ver figura 1).

Las grandes instalaciones de energía solar, además de contribuir favorablemente al aumento de la su-

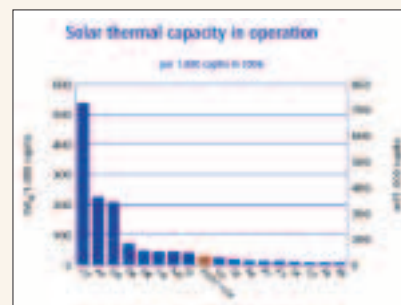


Figura 1. Superficie de colectores per capita en la UE. Fuente ESTIF



Figura 2. Ubicación de la instalación solar térmica y foto aérea del hospital

perficie instalada de forma significativa, tienen la ventaja añadida de que es posible obtener una economía de escala que permita rentabilizarla en un periodo de tiempo asumible por parte del usuario.

El objetivo del proyecto europeo ST-ESCOs enmarcado dentro del programa *Intelligent Energy Europe*, iniciado en 2005 por **ARGEM** es promocionar la creación de empresas de venta de energía térmica procedente de colectores solares térmicos y consecuentemente acelerar el crecimiento del mercado de energía solar térmica en **Europa**. Esta acción se alinea perfectamente con los objetivos perseguidos por la Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos. Uno de los objetivos más importantes de este proyecto es la preparación y puesta en marcha de casos reales. La venta de energía térmica (no la planta solar) bajo la modalidad ST-ESCOs a un precio competitivo inferior al precio de mercado de otras fuentes de energía convencionales elimina importantes barreras para la instalación de energía solar térmica tales como la alta inversión inicial o las dudas so-

bre la rentabilidad y durabilidad de la instalación por parte del cliente. En su lugar, el diseño, mantenimiento y operación de la planta son llevados a cabo por empresas del sector de la energía solar.

Las principales ventajas de un proyecto ST-ESCO son entre otras:

- El usuario final no debe invertir o hacerlo en muy baja medida. Por lo tanto, se minimizan los riesgos financieros para él. Como garantía de implicación del usuario final en el proyecto, es conveniente que participe mínimamente en la inversión inicial en un porcentaje que suele establecerse en la banda 10-15%.
- Se garantiza que el precio de la energía solar será siempre más ventajoso que el de las energías convencionales. Esta garantía se ofrece en el contrato. Con los precios actuales de los combustibles convencionales que no internalizan la totalidad de los costes, es sencillo cumplir con un precio inferior de la energía obtenida mediante una fuente renovables y a la vez obtener una rentabilidad suficiente a medio plazo.
- La ST-ESCO puede ofrecer un paquete de servicios relacionados con el suministro energético. Por ello, el cliente no necesita dedicar re-

cursos técnicos propios a estas tareas. Dada la necesidad de considerar el suministro energético como un todo independiente de las fuentes por las cuales se obtiene la energía final, es conveniente, al menos en el caso de grandes consumidores, ofrecer la gestión energética a una empresa de servicios energéticos especializada que es la que gestiona la instalación solar térmica.

- La planta de producción de energía solar funcionará siempre al máximo rendimiento. Dado que un correcto funcionamiento de la planta solar supone ingresos para la ST-ESCO, esta tiene interés en que el funcionamiento sea lo más prologado y eficiente posible.

- La operación y mantenimiento de la instalación corren a cargo de la ST-ESCO.

- Las condiciones actuales de concienciación medioambiental permiten establecer un marco favorable para cerrar acuerdos que tengan como fin el desarrollo de proyectos respetuosos con el medio ambiente.

- Ventaja competitiva del cliente frente a sus competidores por su interés en energías renovables que le ofrecen una imagen comprometida con el medio ambiente.

DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

La instalación objeto del presente artículo se encuentra ubicada en el **Hospital Universitario Morales Meseguer de Murcia**. Se trata de un Hospital equipado con 445 camas. El agua caliente sanitaria es utilizada para la higiene personal de los enfermos y personal del Hospital además de otros servicios necesarios para el correcto funcionamiento del centro como es la cocina. Esta instalación se encuentra en funcionamiento desde

La ST-ESCO puede ofrecer un paquete de servicios relacionados con el suministro energético.

el pasado mes de septiembre y la facturación de la energía cedida al cliente desde el pasado mes de octubre.

La instalación estará ubicada sobre una cubierta con una superficie total de más de 700 m² cuya orientación esta desviada 15° Este con respecto al sur. Se ha preferido alinear el eje de la instalación con las líneas edificatorias con el fin de optimizar la integración de la misma sobre la cubierta.

Previamente al diseño de la instalación, se solicitaron datos sobre el consumo de agua caliente sanitaria a lo largo de un año. El equivalente energético a estos consumos, estimando la temperatura del agua de red para cada uno de los meses del año es:

estos consumos de energía. La sala de calderas está localizada en la parte trasera del edificio de urgencias.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Los colectores solares utilizados en esta instalación son del tipo planos con una superficie unitaria de captación de 10,1 m² cada uno de ellos. Se han instalado 20 colectores en paralelo que suman una superficie de captación total de 202 m². Esta desviación con respecto al Sur provoca unas pérdidas inferiores al 3%. Debido a la ubicación de los colectores, se han detectado pérdidas por sombras en la primera fila de colectores con una superficie de 20,2 m². Estas pérdidas en la primera fila de

ción de los mismos, se ha optado por un ángulo de 40° correspondiente aproximadamente a la latitud del lugar de la instalación. La fracción solar anual se ha estimado aproximadamente en 46% de la demanda total de energía térmica para consumo del hospital. Este dato procede del cálculo realizado con el programa de simulación de instalaciones solares térmicas TRANSOL®. Este software utiliza como motor de cálculo el programa TRNSYS® que emplea modelos simplificados de balance de masa y energía durante unos intervalos determinados a lo largo de todo el año.

Los colectores solares utilizados en la instalación son de la marca **Wagner Solar** y modelo LBM100. El rendimiento óptico de este colector

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Energía kWh	58246,23	51219,51	58721,25	34471,54	36125,44	30285,71	21289,2	16867,6	29115,49	42954,03	48796,45	54391,43	482483,9

Estos datos de consumo incluyen las pérdidas de calor en la red de distribución que recorre todo el Hospital, pero no incluyen el efecto del rendimiento de la caldera que mejorará

colectores ascienden a 4% anual. Por lo tanto, el total de pérdidas por orientación y sombras en el total de la instalación se ha estimado en un 3,4% anual. En cuanto a la inclina-

es de un 81% siendo el coeficiente de pérdidas de 3,8 W/°C m². Con el fin de equilibrar el circuito hidráulico, el circuito primario ha sido diseñado en retorno invertido. Tanto la bomba co-

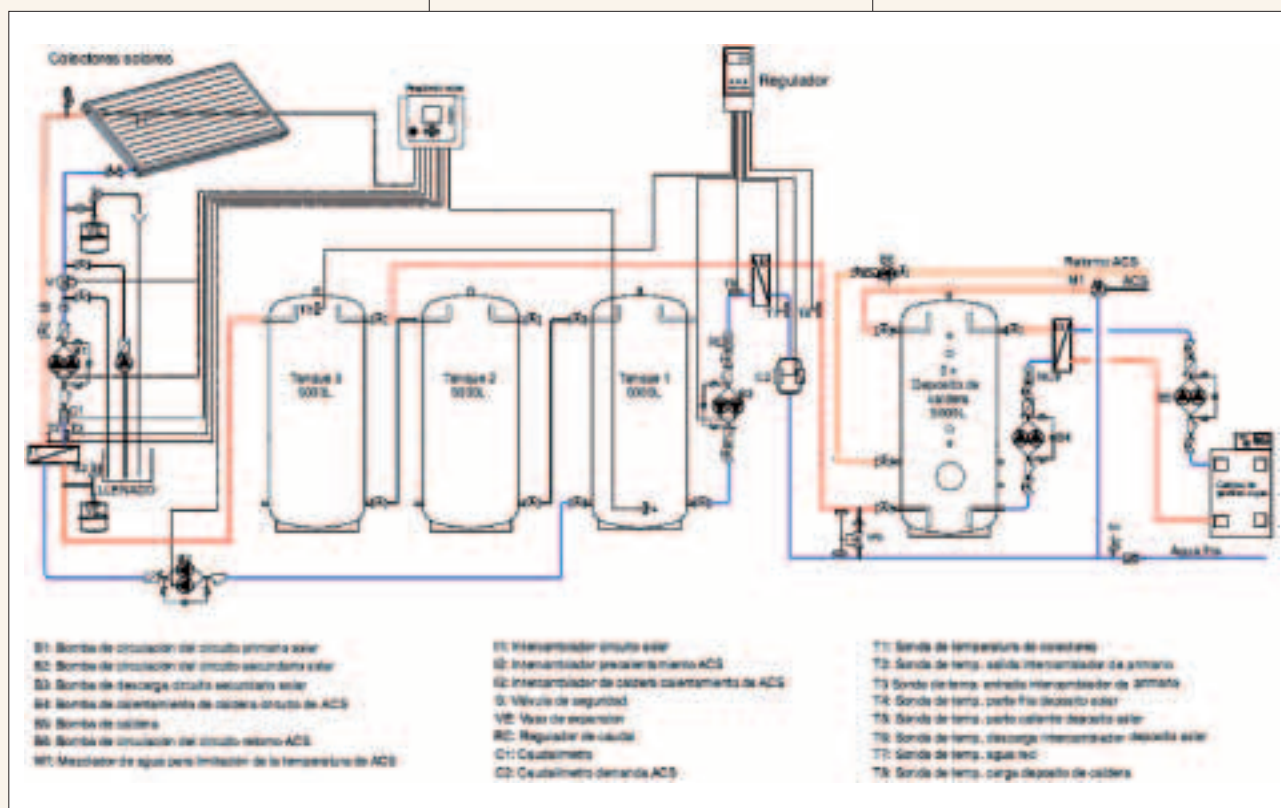


Figura 3. Esquema de la instalación

mo el intercambiador de calor y el sistema de control están integrados en un solo equipo compacto que permite ahorrar espacio y mano de obra.

El vaso de expansión instalado tiene un volumen de 500 litros. Dada la ubicación de la instalación (Región de Murcia), es necesario prever la aparición de sobrecalentamientos en los colectores que pueden alcanzar temperatura de hasta 170°C en su interior. Al producirse el sobrecalentamiento, actúa una válvula de seguridad que vierte parte del fluido caloportador fuera del circuito primario. El cálculo del vaso de expansión ha sido realizado teniendo en cuenta esta posibilidad. Por lo tanto, éste es utilizado además como elemento de protección frente a sobrecalentamientos con el fin de evitar pérdidas de fluido caloportador y consecuentemente un deficiente funcionamiento de la instalación solar.

El esquema de instalación elegido es el indicado en la figura 3.

Este tipo de instalación consta de 3 circuitos bien diferenciados. El primero de ellos, circuito primario, es aquel en el cual se capta la energía procedente de la radiación solar. Esta



- El circuito solar está separado físicamente del circuito del cliente y por lo tanto en caso de avería, no hay incidencia alguna. El cliente puede continuar utilizando la instalación de calderas.

- La separación física entre el agua de consumo y el circuito solar ofrece un mayor grado de seguridad contra la Legionella.

críticas al diseñar un circuito de este tipo es el correcto dimensionado del intercambiador comprendido entre el circuito secundario y el circuito de consumo de ACS. En el caso hipotético de subdimensionado de este intercambiador, la temperatura de salida de agua para consumo puede estar alejada de la temperatura de entrada del secundario y por lo tanto el nivel

Por un lado, la temperatura media de los depósitos es más alta y por lo tanto el rendimiento de los captadores se reduce

energía es transmitida gracias a un intercambiador al circuito secundario al que se han conectado 3 depósitos de inercia con un volumen de 5.000 litros cada uno de ellos. A su vez, el calor acumulado en estos 15.000 litros es utilizado para el calentamiento del agua de red antes de su entrada a los depósitos de preparación de ACS. Este intercambio se lleva a cabo mediante un intercambiador de calor entre estos dos circuitos.

Las ventajas de un esquema como éste son varias:

- Reducción del tiempo de parada por mantenimiento del circuito primario y secundario.

- Abaratamiento de los depósitos de acumulación por no contener el agua para consumo.

Entre los inconvenientes, se pueden citar los siguientes:

- Aumento de pérdidas al instalar un intercambiador adicional.

- Instalación de un vaso de expansión adicional de gran volumen al estar el circuito secundario cerrado.

En todo caso, una de las partes

térmico del agua de consumo obliga al arranque durante más tiempo de la caldera de apoyo. Se producen además otros efectos también perjudiciales para el rendimiento de la instalación. Por un lado, la temperatura media de los depósitos es más alta y por lo tanto el rendimiento de los captadores se reduce. Por otro lado, las pérdidas de calor en los depósitos son más altas debido fundamentalmente a las mayores temperaturas. Además de maximizar el intercambio de calor entre el circuito secundario y

Dado que existe un contrato de compra-venta de energía entre el propietario de la instalación y el Hospital, es necesario medir la energía generada en la instalación solar que ha sido cedida al cliente

el de consumo, es conveniente limitar la temperatura del circuito de consumo para evitar heridas a los usuarios. Para ello, es posible regular el intercambio de calor entre el secundario y el circuito de consumo regulando el caudal de agua caliente procedente de los depósitos de inercia. Para ello, el sistema de control, en función de las distintas temperaturas que influyen sobre este fenómeno, regula a través de un variador de frecuencia la velocidad de giro de la bomba.

CONTROL Y MEDICIÓN

Esta instalación aprovecha el conocimiento adquirido en otras instalaciones en lo que se refiere a control y está equipada con diversos equipos que permiten conocer los principales datos sobre el funcionamiento de la planta.

En primer lugar, el circuito primario está equipado de un piranómetro que permite medir la radiación solar directa y difusa que incide sobre los colectores solares. Este medidor permite lo siguiente:

- Disponer de un historial de radiación solar en la ciudad de **Murcia**
- Calcular el rendimiento medio de los captadores
- Evitar los arranques por picos de temperatura a la salida de los colectores
- Regulación del caudal en función de la radiación para maximizar el intercambio de calor

La bomba del circuito primario está equipada de un variador de frecuencia que permite regular el flujo de fluido caloportador por los colectores solares térmicos. Las ventajas de

disponer un variador de frecuencia en este punto son varias:

- Maximizar el rendimiento de la instalación mediante la optimización del intercambio de calor tanto en los colectores como en el intercambiador de calor del primario
- Posibilidad de regulación de la temperatura de salida del fluido de los colectores

Tanto la temperatura de entrada y salida del intercambiador de calor del primario como las temperaturas de los depósitos son conocidas. Por lo tanto, es posible estudiar las pérdidas de calor conjuntas en intercambiador y la conexión entre los depósitos del circuito primario.

La bomba B2 (impulsión desde los depósitos de inercia al circuito solar) del circuito secundario también está equipada de un variador de frecuencia que optimiza el intercambio de calor con el circuito solar y por otro lado mantiene la estratificación

del depósito de inercia en el caso que fuese necesario funcionar uno sólo por motivos de temperatura.

Dado que existe un contrato de compra-venta de energía entre el propietario de la instalación y el Hospital, es necesario medir la energía generada en la instalación solar que ha sido cedida al cliente. Para ello, se ha dispuesto un contador de energía a la salida del intercambiador entre secundario y circuito de consumo. Este contador mide por un lado el caudal de agua de red entrante, y por otro lado, el diferencial de temperatura entre el agua de red y la temperatura de salida de esta del intercambiador. El cálculo es realizado automáticamente. Mensualmente, se emite una factura al Hospital con los datos enviados por el contador de energía al propietario de la instalación.

La instalación está totalmente monitorizada a distancia con un SCADA mediante un sistema de comuni-



En función de la contabilización de las cantidades a facturar al cliente, es posible diseñar distintos tipos de contratos

cación que permite conocer en todo momento las variables de funcionamiento de la instalación.

ASPECTOS CONTRACTUALES

Las condiciones contractuales pactadas con el cliente en este caso para la venta de energía térmica han sido:

- Fijación del precio de la energía y actualización del mismo. Existen varios métodos para la fijación del precio de la energía. Es posible, por ejemplo partir de una rentabilidad mínima y obtener el precio de la energía que ofrece esa rentabilidad. En este caso, es necesario comprobar que el precio abonado por el cliente es inferior al de la energía convencional habitualmente utilizada en sus instalaciones. También es posible fijar el precio de la energía solar restando un porcentaje determinado al de la energía convencional. El precio de la energía suministrada a partir de un combustible convencional se determinará llevando a cabo una auditoria energética de las instalaciones.

- Duración del contrato de compra-venta que en este caso se ha fijado en 15 años.

- Propiedad de la instalación una vez expirado el contrato que implica el pago de un valor residual de la instalación por parte del cliente a la ST-ESCO.

- En el contrato firmado por el cliente y la ST-ESCO, el cliente cede el uso del terreno en el cuál está ubicada la instalación durante toda la vida útil de la misma.

- Garantías por parte de la ST-ESCO a suministrar una cantidad mínima de energía al cliente y garantía por parte del cliente a consumir una cantidad mínima de energía. Las compensaciones por incumplimiento

de alguno de estos puntos, también quedan fijadas en el apartado correspondiente.

- Contabilización de la energía suministrada.

- Elaboración del plan de mantenimiento anual que, en el caso de esta instalación, se llevará a cabo según lo indicado en el Código Técnico de la Edificación. Por lo tanto existe un plan de vigilancia y un plan de mantenimiento preventivo que han sido incluidos en el contrato con la empresa instaladora durante un periodo de al menos 5 años.

- Seguros y seguridad. En este apartado, la ST-ESCO se compromete al aseguramiento de la instalación con las garantías que se acuerden entre las partes. Además, la ST-ESCO se compromete a vigilar adecuadamente la instalación con el fin de evitar accidentes dentro de las instalaciones del cliente.

ASPECTOS ECONÓMICOS

La venta de energía al Hospital a un precio de 0,06 €/kWh supone unos ingresos anuales estimados de más de 11.600€. La facturación es la estimada en los cálculos durante los 11 primeros meses del año con el fin de permitir al cliente una estimación precisa de los gastos durante estos meses y facilitar la facturación. El duodécimo mes del año corresponde al de regularización de la facturación.

Para la evaluación de la rentabilidad de la inversión, se utilizan los indicadores VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Rentabilidad).

$$VAN = -I + \sum_{i=0}^{m-1} \frac{Bi}{(1+t)^i}$$

$$0 = -I + \sum_{i=0}^{m-1} \frac{Bi}{(1+TIR)^i}$$

Siendo Bi el flujo de caja del año i , t la tasa de descuento y I la inversión realizada el año 0 del proyecto.

El contrato tiene una duración de 15 años durante los cuales se actualiza el precio de venta de la energía según el IPC+1%.

Para la evaluación de la rentabilidad de la inversión de la ST-ESCO, es necesario calcular los flujos de caja anuales procedentes de la diferencia entre ingresos y gastos. En el caso de los ingresos, las partidas a tener en cuenta serán:

- Venta de energía
- Ingresos procedentes de la solicitud de subvención
- Deducción fiscal según lo indicado en el Texto Refundido de la Ley del Impuesto de Sociedades para inversión en energías renovables
- Valor residual de la instalación al cumplimiento del contrato

- Por el contrario, en el caso de los gastos a contemplar para el cálculo de los indicadores, se deben tener en cuenta las siguientes partidas:

- Inversión inicial
- Gastos de mantenimiento y seguros
- Consumo de energía eléctrica
- Gastos financieros procedentes de la financiación del proyecto

El TIR de la inversión en estas condiciones se ha estimado aproximadamente en un 8,5%.

Para el cálculo de los ahorros del cliente, estos se llevan a cabo comparando el importe pagado por cada kWh "Solar" y el abonado por cada kWh convencional. La resta de ambos términos multiplicado por la

energía suministrada por la instalación solar proporcionará los ahorros generados al cliente.

En función de la contabilización de las cantidades a facturar al cliente, es posible diseñar distintos tipos de contratos. Por ejemplo, es posible contabilizar únicamente el caudal de agua caliente suministrada y facturar en función de esta variable. Por el contrario, tal como se ha decidido en este caso, en lugar de contabilizar el volumen suministrado, también se mide el incremento de temperatura entre la entrada y salida del agua con el fin de determinar la energía total suministrada.

APLICACIONES

Las plantas de producción de energía térmica con colectores solares, es susceptible de utilización en un amplio rango de aplicaciones en el sector industrial y residencial. Entre las aplicaciones con mayor aplicabilidad, se encuentran las siguientes:

- Climatización de piscinas. Dada la baja temperatura necesaria, se trata de una aplicación en la cuál es posible mantener un alto rendimiento del campo de colectores. Por el contrario, en función de la cobertura solar es preferible disponer de un consumo adicional para los momentos en los cuales haya un exceso de energía.

- Refrigeración por absorción. Dadas las temperaturas necesarias (90°C) para el aprovechamiento de energía térmica en una máquina de ciclo de absorción de simple efecto, esta es una de las aplicaciones que en la actualidad tienen mayores expectativas de desarrollo.

- Calor para procesos. Se han identificado en el sector industrial multitud de procesos en los cuales la temperatura del agua no supera los 90°C. Este es uno de los sectores en los cuales se espera una mayor implantación en el futuro. Entre otros sectores con potencial se han identificado los siguientes procesos: fabricación de cerveza y malta, vino, cárnica, conservas, lácteos, textil, papel.

- Calefacción-Refrigeración de

distrito. Consiste en producir calor a gran escala que posteriormente es cedido a las viviendas de un barrio o urbanización con el fin de calefactor la vivienda. La producción centralizada de agua fría para climatización es otra solución considerada posible para esta aplicación. En todo caso, la calefacción o refrigeración de viviendas debe llevarse a cabo con suelos o techos radiantes dado los niveles de temperatura considerados.

CONCLUSIONES

La próxima transposición de la directiva 2006/32/CE sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos abrirá un marco favorable para la implantación de los servicios energéticos. La implantación de instalaciones de energía solar térmica mediante la modalidad ST-ESCOs junto con servicios globales de supervisión y ahorro de consumos de energía son una excelente herramienta para mejorar la eficiencia energética de nuestros edificios y continuar con la implantación de energías renovables obteniendo rentabilidad a medio plazo.

En la actualidad se han detectado aún algunos problemas para la total implantación de ST-ESCOs en España tales como el acceso a servicios financieros que permitan desarrollar estos proyectos –dada la novedad de esta modalidad de explotación de plantas solares, las entidades financieras deben estudiar nuevos productos que se adapten a las necesidades de los clientes con riesgos suficientemente bajos-. Para resolver el problema de la financiación de proyectos, se han propuesto diversos esquemas que proporcionen al promotor soluciones para crecer. Al comparar los distintos aspectos de un proyecto de este tipo con los realizados en otros países de la unión europea con tradición en la instalación de energía solar térmica y proyectos ST-ESCOs, uno de los parámetros que más llaman la atención del analista, es el precio por metro cuadrado de instalación que puede llegar a duplicar el de otros países como Austria, Grecia o Italia. La

financiación junto con las barreras concretas de cada país para la implantación de la energía solar térmica forman parte de una propuesta de financiación a la Unión Europea que en la actualidad se encuentra en tramitación.

BIBLIOGRAFÍA

- España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. *Boletín Oficial del Estado*, 28 de marzo de 2006, núm. 74, p. 11816.

- España. Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de agosto de 1998, núm. 186, p. 26585.

- Unión Europea. Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos y por la que se deroga la Directiva 93/76/CEE del Consejo, Diario Oficial de las Unión Europea, 27 de abril de 2006, n° 114, p. 0064 – 0085.

- AENOR. *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares*. UNE-EN 12975-1, UNE-EN 12975-2. Madrid: AENOR, 2001.

- RODRIGO CARDA, José *et al.* "ACS y climatización de vivienda y piscina con energía solar". DYNA Abril 2007. Vol. 82. p. 50-52.

- DELGADO MARIN, Jose Pable. "Climatización de un Centro con Energía Solar". DYNA Diciembre 2006. Vol. 81. p. 6-10. ■