

Energía Solar Térmica

M. Pérez-Martínez
M^a. J. Cuesta-Santianes
J. A. Cabrera Jiménez

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Catálogo general de publicaciones oficiales
<http://www.060.es>

Depósito Legal: M -14226-1995

ISSN: 1135 - 9420

NIPO: 471-08-043-3

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

S14

SOLAR ENERGY; SOLAR THERMAL CONVERSION; SOLAR COLLECTORS; FOSSIL FUELS; ENERGY SUPPLY; TEMPERATURE MEASUREMENT; RENEWABLE ENERGY SOURCES

Energía Solar Térmica

Pérez-Martínez, M.; Cuesta-Santianes, M^a. J.; Cabrera Jiménez, J. A.

26 pp. 16 fig. 4 Tablas 15 ref.

Resumen:

Aproximadamente, el 50 % del consumo final de energía primaria a nivel mundial se realiza en forma de calor en aplicaciones cuya temperatura es inferior a 250°C (calor de baja-media temperatura), evidenciándose el enorme potencial de la energía solar térmica para sustituir a los combustibles fósiles tradicionales, cada vez más caros y responsables del calentamiento global.

La energía solar térmica de baja-media temperatura se destina mayoritariamente a la obtención de agua caliente doméstica y calefacción. Su forma activa se relaciona con el uso de captadores solares.

En el presente estudio se abordarán las aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura, centrándose esencialmente en su forma activa. A nivel mundial, este tipo de energía está experimentando un crecimiento muy significativo en los últimos años, siendo la potencia mundial instalada a finales de 2006 de 127.8 GWth. La tecnología se puede considerar puesta a punto y los esfuerzos deben dirigirse a favorecer aún más su penetración en el mercado: difusión, apoyo financiero, establecimiento de normativas, etc. Los países líderes son China y EE.UU., con un claro predominio de la tecnología de tubos de vacío y captadores no vitrificados, respectivamente. En el resto de los países el mercado está dominado por los captadores de placa plana.

Solar Thermal Energy

Pérez-Martínez, M.; Cuesta-Santianes, M^a. J.; Cabrera Jiménez, J. A.

26 pp. 16 fig. 4 Tablas 15 ref.

Abstract:

Approximately, 50 % of worldwide primary energy consumption is done in the form of heat in applications with a temperature lower than 250°C (low-medium temperature heat). These data clearly demonstrate the great potential of solar thermal energy to substitute conventional fossil fuels, which are becoming more expensive and are responsible for global warming.

Low-medium temperature solar thermal energy is mainly used to obtain domestic hot water and provide space heating. Active solar thermal systems are those related to the use of solar thermal collectors.

This study is dealing with low temperature solar thermal applications, mainly focusing on active solar thermal systems. This kind of systems has been extensively growing worldwide during the last years. At the end of 2006, the collector capacity in operation worldwide equalled 127.8 GWth. The technology is considered to be already developed and actions should be aimed at favouring a greater market penetration: diffusion, financial support, regulations establishment, etc. China and USA are the leading countries with a technology based on evacuated tube collectors and unglazed collectors, respectively. The rest of the world markets are dominated by the flat glazed collectors technology.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Dra. M^a Rosario Heras Celemín, jefa de la Unidad de Investigación sobre Eficiencia Energética en Edificación del CIEMAT, la revisión de este estudio y sus comentarios sobre el mismo, lo que, sin duda ha contribuido notablemente a su mejora.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN: TIPOS DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	1
2. TECNOLOGÍA DE SISTEMAS TERMOSOLARES.....	1
2.1. CAPTADORES SOLARES SIN CONCENTRACIÓN	2
<i>Captadores de agua</i>	2
<i>Captadores de aire</i>	2
2.2. TECNOLOGÍA HÍBRIDA FOTOVOLTAICA Y TÉRMICA	4
3. DEMANDA ENERGÉTICA Y MERCADO DE SISTEMAS DE BAJA TEMPERATURA.....	4
3.1. ENERGÍA SOLAR ACTIVA	5
3.1.1. Situación mundial	5
3.1.2. Situación europea	8
3.1.3. Previsión del mercado europeo	13
3.1.4. Visión solar térmica europea a 2030	14
3.1.5. Escenario solar térmico mundial a 2040	16
3.2. ENERGÍA SOLAR PASIVA	18
4. BARRERAS PARA LA DIFUSIÓN TECNOLÓGICA Y MEDIDAS A ADOPTAR.....	18
BARRERAS PARA LA DIFUSIÓN TECNOLÓGICA	18
MEDIDAS A ADOPTAR	19
5. CONCLUSIONES.....	21
6. BIBLIOGRAFÍA	22
7. ANEXO: GRÁFICOS/TABLAS COMPLEMENTARIOS/AS	24

1. INTRODUCCIÓN: TIPOS DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

En función del rango de aprovechamiento térmico, se distinguen tres tipos de energía solar térmica: de baja, media y alta temperatura. La energía solar térmica de baja temperatura se aplica cuando las temperaturas no son superiores a 80°C, tal es el caso de la obtención de agua caliente sanitaria y la de agua o aire caliente para calefacción de viviendas. La de media temperatura, con temperaturas entre 80°C y 250°C, es la empleada en la producción de vapor para procesos industriales, producción de energía eléctrica a pequeña escala, detoxificación solar¹ (descontaminación de gases y aguas residuales), desalación de agua de mar y refrigeración por absorción (compresores térmicos). Finalmente, la de alta temperatura es la que se utiliza cuando se requieren temperaturas superiores a 250°C, aplicándose, fundamentalmente, para la producción de electricidad a gran escala. No obstante, en este rango se contemplan otros usos como la síntesis y/o tratamiento superficial de materiales en hornos solares, producción de hidrógeno y otros combustibles solares (bioetanol, biodiesel, etc.) e, incluso, experimentos astrofísicos.

La energía solar térmica de baja-media temperatura supone la mayor aportación solar a las necesidades de energía y se destina mayoritariamente a la obtención de agua caliente doméstica y calefacción. Este tipo de energía se puede aprovechar de forma activa y pasiva. La energía solar pasiva está relacionada con el diseño de construcciones que recogen y transforman la energía solar para un calentamiento pasivo, así como para proporcionar luz y ventilación natural sin la mediación de elementos mecánicos. La energía solar activa se relaciona con el uso de captadores solares cuyo propósito es calentar agua y aire, refrigeración solar activa, bombas de calor, desalación y calentamiento industrial de alta temperatura.

En el presente estudio se abordarán las aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura, centrándonos esencialmente en su forma activa. Cabe señalar que, en este caso, la tecnología se puede considerar puesta a punto y los esfuerzos deben dirigirse a favorecer aún más su penetración en el mercado: difusión, apoyo financiero, normativas, etc. En el caso de la solar térmica pasiva, la tecnología es más un arte que una ciencia, sin existir un mercado único asociado, como se expondrá a continuación.

2. TECNOLOGÍA DE SISTEMAS TERMOSOLARES

Los captadores solares térmicos son los dispositivos empleados para captar la radiación solar y transmitírsela a un fluido caloportador para su posterior aprovechamiento. Se dividen en dos grandes grupos:

- Captadores solares sin concentración: No superan los 80° C, aproximadamente², por lo que se utilizan en las aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura. Se caracterizan por no poseer sistemas de concentración, por lo que la relación entre la superficie del captador y la superficie de absorción es prácticamente la unidad.

- Captadores solares de concentración: Haciendo uso de los métodos de concentración con elementos ópticos (lentes y espejos), estos dispositivos, de diseño más complejo, son capaces de captar y concentrar la radiación solar, consiguiendo elevar la temperatura del fluido caloportador por encima de 80° C. Se aplican en el campo de la energía solar térmica de media y alta temperatura. La principal complicación que presentan es la necesidad de un sistema de seguimiento para conseguir que el captador esté permanentemente orientado en dirección al sol.

A continuación se exponen las variantes tecnológicas de los sistemas sin concentración, por ser los utilizados en las aplicaciones de baja temperatura.

¹ Las temperaturas de trabajo en los procesos de detoxificación solar están comprendidas en el rango de 70-200°C.

² En algunos casos, con los recubrimientos selectivos y aislamientos adecuados se pueden alcanzar los 90°C o, incluso, temperaturas superiores con rendimientos óptimos.

2.1. Captadores solares sin concentración

Las partes principales de este tipo de captadores son, sin entrar en detalles constructivos, la placa absorbente y el aislamiento. La primera consiste en una placa metálica recubierta con pigmentos oscuros para aumentar la absorción y unida a una conducción hidráulica por la que circula el fluido responsable de transportar el calor captado por la placa. Éste puede ser agua -o una solución anticongelante-, o aire. El aislamiento es el encargado de impedir que el calor captado sea absorbido por el aire que rodea al captador en lugar de por el fluido de transporte.

Captadores de agua

Este tipo de captadores se dividen en dos clases, principalmente:

- Captadores de placa plana (CPP): constan de una caja metálica en la que, una de sus caras, se sustituye por una cubierta de vidrio o plástico que se caracteriza por ser transparente a la radiación de onda corta del sol y opaco a la radiación de onda larga que emiten los cuerpos cuando se calientan (efecto invernadero). Bajo la misma se encuentra la placa absorbente, donde la energía radiante que atraviesa la cubierta se convierte en calor. Este calor se transfiere por conducción al fluido caloportador, quien lo transporta a un tanque de almacenamiento térmico. Rodeando la placa y para minimizar las pérdidas de calor por radiación y convección, se encuentra el aislamiento de lana de roca, fibra de vidrio, etc.

- Tubos de vacío: se trata de captadores térmicos que se rigen por las mismas leyes físicas que un CPP, pero en los que el material aislante se sustituye por vacío. Constan de una cápsula de cristal en cuyo interior se ha hecho el vacío y en la que se aloja la placa absorbente. Su forma tubular se debe, simplemente, a que es la única estructura capaz de soportar la presión exterior producida por el vacío interior. El vacío que rodea a la placa impide las pérdidas por radiación y conducción en mucha mayor medida que un aislante convencional.

Junto a los dos tipos principales de captadores solares señalados cabe también mencionar los denominados captadores no vitrificados (*unglazed collectors*), tratándose de dispositivos sencillos y baratos constituidos, básicamente, por tubos de metal o plástico, recubiertos de pigmentos ennegrecidos por los que circula el agua. No incluyen ningún aislamiento adicional, de manera que la ganancia de temperatura queda limitada a unos 20°C por encima de la temperatura del aire ambiente. Resultan muy apropiados cuando se requieren temperaturas poco elevadas, como es el caso del calentamiento de piscinas.

Captadores de aire

El agua presenta ciertas ventajas frente al aire en cuanto a su capacidad para transportar calor. Así, puede transportar hasta cinco veces más calor por unidad de masa que el aire (su calor específico es de 1 cal/g frente a 0.24 cal/g del aire). Por otro lado, la densidad del agua es menor que la del aire, siendo de 1000 kg/m³ frente a 1225 kg/m³⁽³⁾. De acuerdo con estos datos, se necesita, aproximadamente, 3400 veces más volumen de aire que de agua para transportar la misma cantidad de calor. Sin embargo el aire presenta determinadas ventajas respecto al agua para ser utilizado en los sistemas de calefacción por energía solar, resultando instalaciones más sencillas. Por un lado, es inmune al congelamiento y la ebullición, por lo que se evita la instalación de determinados dispositivos, además, al trabajar en circuito abierto con la atmósfera, no existen problemas de fugas. Por otro lado, en las instalaciones de agua se plantean importantes problemas al llegar el verano, ya que la energía que se capta es mucho mayor que en invierno, y la demanda nula, con lo que si el excedente de calor no se trata de forma adecuada, se puede arruinar la instalación. Esto no ocurre con los captadores de aire, que son inmunes al exceso de calor.

Exteriormente no es posible distinguir un captador de aire de uno de agua, ya que ambos están montados sobre una caja metálica y cuentan con una cubierta transparente para provocar el efecto invernadero. Es en la placa absorbente donde se encuentran las mayores diferencias. En los captadores

³ Valor para aire seco a nivel del mar a temperatura de 15°C a presión atmosférica estándar

solares de aire ésta presenta una forma rugosa y carece de la clásica parrilla de conductos de los captadores de agua. El aire circula libremente por la superficie de la placa absorbente recogiendo el calor que ésta transforma. Por otro lado, partiendo de que los conductos de aire son más grandes que las tuberías de agua debido a la distinta naturaleza en la fluidez de ambos elementos, la entrada y la salida del captador son también más grandes en los captadores de aire que en los de agua.

Al ser una aplicación poco difundida hasta ahora, no existe un modelo estandarizado de captador solar de aire, realizando cada fabricante su propio modelo. Por la misma razón, no existen pruebas oficiales que midan el rendimiento de estos captadores, existiendo diversas concepciones en cuanto a su rendimiento. Mientras algunos le otorgan valores de hasta el 90 %, otros afirman que su rendimiento es en un 10 % inferior a los captadores de agua para cualquier temperatura e intensidad de la radiación. Gran parte del resultado en el rendimiento depende del caudal de aire que le suministre cada diseñador. Hasta que no existan unas pruebas específicas para los captadores de aire, de igual modo de los que existen para los captadores de agua, no se podrá realizar una correcta comparación entre ambos modelos.

Existen distintos tipos de captadores en función de la forma en que está dispuesta la placa absorbente y la cubierta de vidrio, entre los que podemos destacar:

- Captador simple de circulación delantera: La placa absorbente se encuentra al fondo de la caja, sobre el aislante y la circulación del aire se realiza entre la cubierta de vidrio y la placa. Es, en principio, el modelo de menor rendimiento.

- Captador de placa intermedia: En este modelo la placa se encuentra situada en medio de la caja, realizándose la circulación de ida por detrás y la de retorno por delante de la placa absorbente o viceversa.

- Captador de placa intermedia con doble vidrio: Modelo sugerido por algunos fabricantes en el que la placa absorbente aparece agujereada, circulando el aire libremente entre los espacios por delante y por detrás de la misma. Para lograr una eficiencia adecuada, es necesario dotar estos dispositivos de un doble cristal y que se mantenga una cámara aire estanco entre ellos.

- Captador de circulación trasera: En ellos la placa absorbente se dispone en una altura intermedia dentro de la caja, con la diferencia de que la circulación se realiza exclusivamente por detrás de ella, existiendo en el espacio entre la placa absorbente y el vidrio una cámara de aire estanco. Como se comentó para el modelo anterior, según algunos fabricantes, para que los captadores de aire sean eficientes, es necesario dotarlos de una cámara de aire estanca.

- Captador de aire sin vidrio: Éstos son simplemente una plancha de metal negro mate, calada con pequeños orificios, colocada sobre un muro. El aire calentado por éste es absorbido por un aerocirculador y llevado al interior del edificio. Es un modelo también encuadrable dentro de la arquitectura solar pasiva.

El rendimiento de los captadores (de agua y aire) aumenta cuanto menor sea la temperatura exigida en el fluido caloportador, puesto que a mayor temperatura dentro de la caja (en relación con la exterior), mayores serán las pérdidas por transmisión en la cubierta. Además, a mayor temperatura de la placa absorbente, menor será la longitud de onda de su radiación y la cubierta tendrá mayor transparencia a ella. Por estas razones el uso más adecuado de los captadores es la obtención de agua caliente para usos sanitarios y calefacción.

Los captadores solares de baja temperatura, generalmente, forman parte de sistemas de energía solar térmica constituidos por varios subsistemas:

- a) El sistema de captación del calor.- Los captadores solares, también denominados paneles.
- b) El sistema de acumulación del calor.- Un depósito para acumular el agua caliente generada.
- c) El sistema hidráulico.- Bombas y tuberías por donde circula el fluido caloportador.
- d) El sistema de intercambio.- En caso de que el fluido que circula por los captadores solares no sea el mismo que el que utiliza el usuario en su aprovechamiento; por ejemplo cuando existe riesgo de heladas o el fluido del usuario puede dañar la instalación solar.

e) El sistema de control.- Que en los sistemas de circulación forzada con bombas se encargará de ponerlas en marcha y pararlas.

f) El sistema de energía auxiliar.- Hay ocasiones que la viabilidad económica de la instalación solar exige que no se pueda satisfacer la demanda energética en todo momento, máxime cuando la energía producida por la instalación depende de las condiciones climatológicas, es por esto que en ocasiones se dispone en la misma instalación de un sistema de producción de energía auxiliar, electrogeneradores, generadores eólicos, etc.

Un sistema de energía térmica muy sencillo, fácil de instalar y de operar es el de termosifón. Se fundamenta en las corrientes de convección naturales de los fluidos, por lo que las partes calientes de los mismos tienden a ascender sin necesidad de sistemas de circulación forzada. En este tipo de sistemas el depósito de acumulación de calor se sitúa directamente sobre el tejado del edificio, junto al captador. Se aplican para la producción de aire y agua caliente y son muy comunes en los países del sur Europa, como por ejemplo en Grecia.

Otro tipo de sistema de energía térmica habitual es el de suelo radiante. En este sistema el fluido caloportador se hace circular por conductos bajo el suelo desde donde se irradia el calor al aire del interior del edificio. Este modelo de instalación necesita realizarse desde la construcción del edificio, ya que resulta excesivamente caro instalarlo una vez construido.

2.2. Tecnología híbrida fotovoltaica y térmica

Los sistemas híbridos fotovoltaico/térmicos son una tecnología híbrida que nació como resultado de la interacción de dos tecnologías diferentes, fotovoltaica y térmica, con el objetivo principal de aprovechar el máximo rendimiento de la energía solar. De esta forma, un sistema PVT, *Photovoltaic-Thermal*, es un dispositivo capaz de utilizar el calor generado por la radiación solar en la placa fotovoltaica para generar, además de electricidad, energía térmica. La ventaja más inmediata es que el panel fotovoltaico incrementa considerablemente su rendimiento (>15 %) y se consigue, al mismo tiempo, reducir el dimensionado del captador térmico.

El resultado de la utilización de un sistema PVT radica en que es posible generar una mayor cantidad de energía por unidad de área que en el caso de utilizarse ambas tecnologías por separado, lo que supone menores costes de producción y de instalación. Esta elevada eficiencia por unidad de área hace que los sistemas PVT sean especialmente adecuados para aplicaciones en las que se necesite tanto calor como electricidad en espacios limitados, como en los tejados de algunos edificios. De esta manera, el mercado potencial más idóneo se consolida en el sector residencial, tanto colectivo como individual.

3. DEMANDA ENERGÉTICA Y MERCADO DE SISTEMAS DE BAJA TEMPERATURA

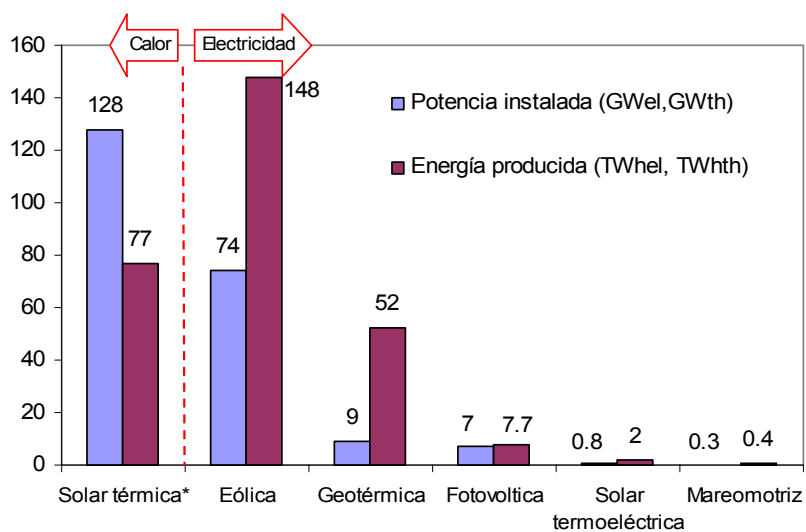
En Europa, aproximadamente el 49 % del consumo final de energía primaria se realiza en forma de calor, de modo que el 80 % se destina a aplicaciones cuya temperatura es inferior a 250°C. En los países miembros de la IEA (Internacional Energy Agency), el 75 % de la energía consumida en edificios se utiliza en forma de calor para agua caliente y calefacción, lo que supone el 40 % de la demanda de energía primaria total. Si a este valor añadimos el consumo en estos países de calor industrial de baja-media temperatura, que supone, aproximadamente, el 50 % del calor industrial y el 4-5 % de la demanda total; y tenemos presente a los países en vías de desarrollo y los de economías emergentes, es probable que más del 50 % de la demanda de energía primaria a nivel mundial se destine a la obtención de calor de baja-media temperatura. Estos valores son sumamente indicativos del enorme potencial de la energía solar térmica para sustituir a los combustibles fósiles tradicionales, cada vez más caros y responsables del calentamiento global.

3.1. Energía solar activa

3.1.1. Situación mundial

A finales de 2006, la producción anual de energía solar térmica activa fue de 76 959 GWh (277.054 TJ), lo que equivale a 12.5 billones de litros de petróleo y la correspondiente emisión a la atmósfera de 34.1 Mt de CO₂. En comparación con los demás tipos de energías renovables, esta contribución es ya muy significativa, siendo sólo superada por las renovables tradicionales -hidráulica, biomasa y eólica-. Este dato a menudo no se ha tenido suficientemente en cuenta a la hora de elaborar políticas en materia de energía.

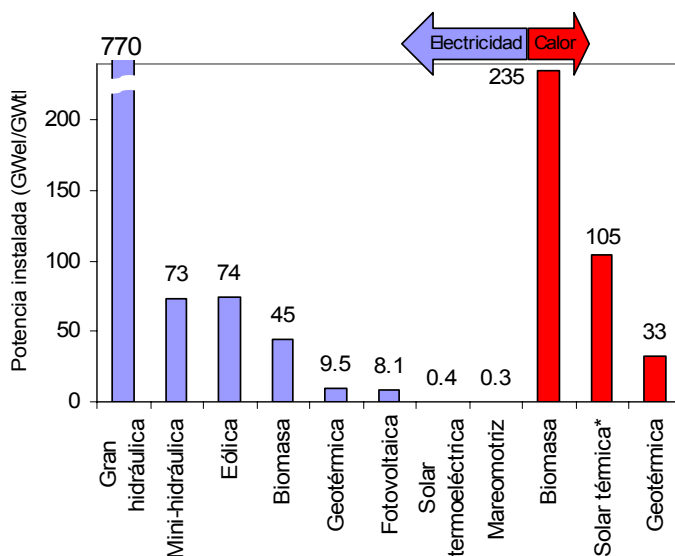
En la Figura 1 se observa que la contribución de la energía solar térmica para satisfacer la demanda mundial de energía primaria es muy superior a la de la termoeléctrica y fotovoltaica, bastante superior a la de la geotérmica e inferior a la de la eólica, a pesar de contar con una mayor potencia instalada (Figuras 1 y 2).



*Captadores de placa plana, tubos de vacío y captadores no vitrificados (*unglazed collectors*)

FUENTE: Solar Heat Worldwide. IEA. Mayo 2008

Figura 1: Potencia mundial instalada (acumulada) y energía anual producida en energías renovables a finales de 2006



*Solar térmica para la producción de agua caliente y calefacción con captadores de placa plana y tubos de vacío (*glazed collectors*)

FUENTE: REN 21 Global Status Report 2007

Figura 2: Potencia mundial instalada (acumulada) en energías renovables a finales de 2006

Atendiendo a los datos más recientes, publicados en Mayo de 2008 (IEA), la potencia solar térmica instalada en el mundo a finales de 2006 era de 127.8 GWth, lo que supone un área total de captadores de 182.5 millones de m² distribuidos en 48 países⁴, donde se concentra el 60 % de la población mundial. De ellos, 42.2 GWth correspondían a captadores de agua de placa plana, 59.9 GWth a tubos de vacío y 24.5 GWth a captadores de plástico no vitrificados. La potencia instalada de captadores de aire fue de 1.2 GWth (Figura 3).



FUENTE: Solar Heat Worldwide. IEA. Mayo 2008

Figura 3: Distribución del mercado solar térmico mundial a finales de 2006 por la tecnología del captador (captadores de agua -de placa plana, tubos de vacío y no vitrificados- y aire)

A finales de 2006, los países con mayor potencia instalada de captadores de placa plana y tubos de vacío eran China (65.1 GWth), Turquía (6.6 GWth), Alemania (5.6 GWth), Japón (4.7 GWth), Israel (3.3 GWth), Grecia (2.3 GWth) y Brasil (2.2 GWth). Con estos valores, China representa el 64 % del mercado mundial de este tipo de captadores. En lo que se refiere a su penetración en el mercado -potencia instalada por cada 1000 habitantes-, los países líderes eran Chipre (680 kWth), Israel (506 kWth), Austria (231 kWth), Barbados (208 kWth) y Grecia (207 kWth), ocupando China la décima posición (50 kWth) (Anexo, Figura I).

En cuanto a los captadores de plástico no vitrificados para el calentamiento de piscinas, EE.UU. es el país a la cabeza con una potencia instalada de 19.2 GWth a finales de 2006. Tras este país, con mucha menor potencia instalada, se sitúan Australia (2.7 GWth), Canadá y Alemania (0.5 GWth); y, Austria y Sudáfrica (0.4 GWth). La penetración en el mercado de este tipo de captadores muestra un panorama algo distinto, así, Australia se encuentra en primera posición (132 kWth por cada 1000 habitantes), seguido de EE.UU. (64 kWth), Austria (51 kWth) y, a continuación, Suiza (21 kWth), Canadá (14 kWth) y Holanda (14 kWth) (Anexo, Figura II).

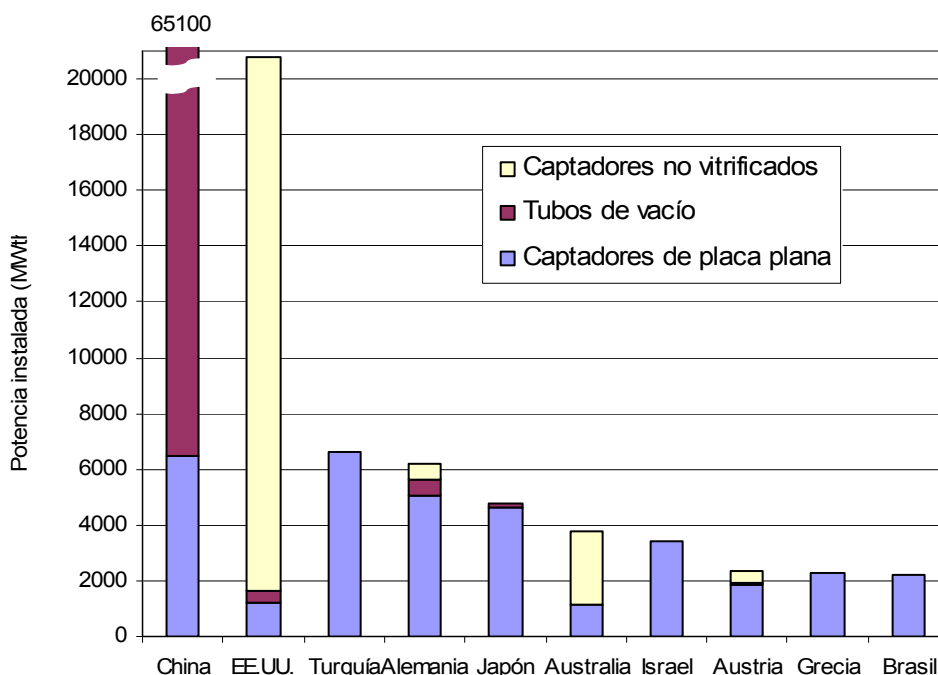
La Figura 4 muestra la potencia instalada de captadores de agua a finales de 2006 en los diez países líderes mundiales. En ella se observa un claro predominio de los tubos de vacío en China, el líder mundial en potencia instalada, sin embargo, en EE.UU., país que ostenta la segunda posición, el mercado más potente es el de captadores no vitrificados, al igual que en Australia. En el resto de los países el mercado está dominado por los captadores de placa plana (véase también la Tabla I del Anexo, donde se detalla la potencia instalada a finales de 2006 en los 48 países registrados). No obstante, en 2006, el mercado de tubos de vacío fue también muy significativo en países como Alemania, Italia, EE.UU., Reino Unido y Taiwán.

En lo que se refiere a los países con un mercado más dinámico, en el ámbito de captadores de placa plana y tubos de vacío destacan China y Taiwán, Europa, Australia y Nueva Zelanda. El índice de crecimiento medio anual entre 1999 y 2006 fue del 22 % en China y Taiwán, del 20 % en Europa y del 16 % en Australia y Nueva Zelanda. En EE.UU. y Canadá fue extremadamente bajo. No obstante, cabe señalar

⁴ Número de países sobre los que la IEA dispone de datos, representando, aproximadamente, el 85-90 % del mercado mundial

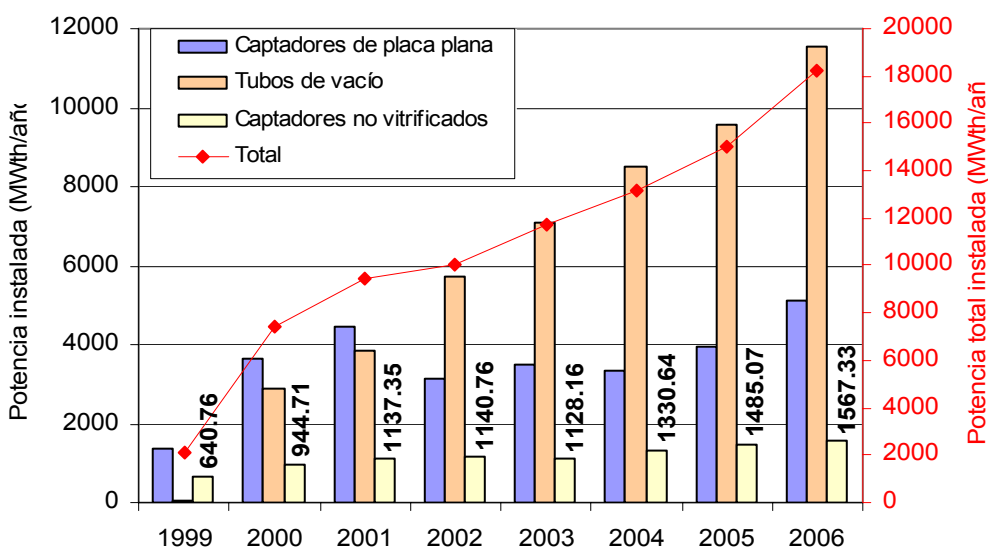
que, en EE.UU., el número de instalaciones con este tipo de captadores se duplicó en 2006 respecto al año 2005.

El mercado mundial de captadores no vitrificados experimentó la tendencia determinada por el mercado norteamericano. Así, sufrió un aumento entre 1999 y 2002, a continuación, una ligera disminución entre 2002 y 2003, para volver a aumentar a partir de 2004 (Figura 5). Cabe destacar que el mercado de este tipo de captadores no existe en países líderes como China, Turquía y Japón. En Europa, se mantiene constante en torno a 1 GWth de potencia instalada.



FUENTE: Solar Heat Worldwide. IEA. Mayo 2008

Figura 4: Potencia instalada (acumulada) de captadores de agua a finales de 2006 en los diez países líderes mundiales



FUENTE: Datos recogidos de Solar Heat Worldwide. IEA. Reports Abril 2007 y Mayo 2008

Figura 5: Potencia anual mundial instalada durante el periodo 1999-2006 (total y desglosada por el tipo de captador)

En 2006, se instalaron en el mundo 18.3 GWth de potencia solar térmica, lo que supone una superficie de captadores de 26.1 millones de m². Los captadores de placa plana y los tubos de vacío representaron 16.7 GWth. En comparación con la potencia instalada en 2005, el crecimiento fue del 22%. Atendiendo a los datos recopilados por la IEA en Mayo de 2008, el crecimiento estimado para el año 2007 es de, aproximadamente, el 20 %, calculándose una potencia total instalada de 154 GWth (220 millones de m² de superficie captadora) a finales de dicho año.

En Europa, los mercados más dinámicos, con índices de crecimiento superiores al 50 % respecto a 2005, fueron Reino Unido (93 %), Francia (83 % -si se incluyen departamentos no continentales-), España (64%), Bélgica (61 %), Alemania (56 %) y Polonia (50 %).

A parte de los países europeos, los mercados de Namibia (73 %), Túnez (52 %), Turquía (46%) e India (25 %) experimentaron un notable crecimiento en 2006. China, el mayor de los mercados, creció un 20 %.

En lo relativo a las aplicaciones de la energía solar térmica, señalar que varían considerablemente de unos países a otros. Así, en China y Taiwán (65.9 GWth a finales de 2006), Europa (14.2 GWth) y Japón (4.7 GWth) predomina la tecnología de captadores solares de placa plana y la de tubos de vacío, destinados fundamentalmente a la producción de agua caliente de uso sanitario y calefacción, mientras que en Norteamérica (EE.UU. y Canadá) la principal aplicación es el calentamiento de piscinas mediante captadores de plástico no vitrificados, con una potencia instalada a finales de 2006 de 19.6 GWth. No obstante, cabe resaltar que en Norteamérica existe un mercado floreciente y prometedor de captadores no vitrificados de aire para calefacción, ventilación de edificios industriales y aplicaciones agrícolas. Recientemente, ha finalizado en EE.UU. un proyecto de un sistema de 4 MWth donde se utilizaba este tipo de captadores.

Europa cuenta con un mercado muy sofisticado y variado. Incluye sistemas para obtención de agua caliente sanitaria, para calefacción de hoteles y viviendas uni- y plurifamiliares y un número creciente de sistemas para aire acondicionado, refrigeración y aplicaciones industriales. Países como Alemania, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Holanda cuentan además con plantas a gran escala para satisfacer la demanda doméstica y comercial de calefacción de distritos completos. En estos países, la utilización de la energía solar térmica activa en aplicaciones distintas a la obtención de agua caliente para viviendas unifamiliares es igual o superior al 20 %. A finales de 2006 había 120 plantas a gran escala en operación en Europa con una potencia instalada de 137 MWth. Las de mayor tamaño están situadas en Dinamarca (13 MWth, 18 300 m²) y Suecia (7 MWth, 10 000 m²).

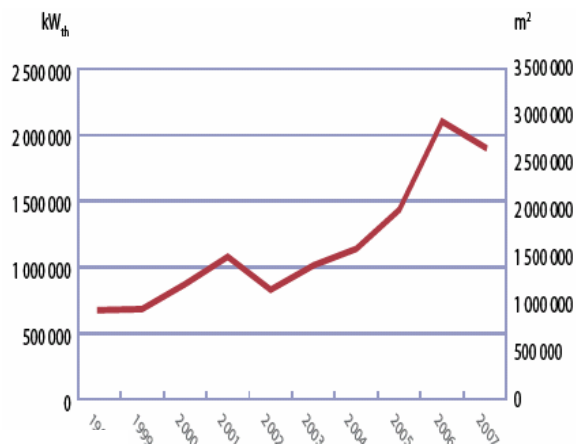
Finalmente, cabe señalar aquí, que la producción, instalación y mantenimiento de instalaciones solares térmicas suponen una creación de empleo estimado en 150 000 puestos de trabajo a nivel mundial.

3.1.2. Situación europea

Atendiendo al informe más reciente publicado por ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation) en Junio de 2008, en el año 2007 el mercado europeo de captadores de placa plana y tubos de vacío (*glazed collectors*) tuvo un decrecimiento del 9 % respecto al año 2006. Esto contrasta enormemente con la casi continua etapa de crecimiento experimentada desde 1998 y tan sólo detenida temporalmente en 2002 (Figura 6).

En el año 2006 el crecimiento fue espectacular, situándose en un 47 % respecto a 2005. El retroceso sufrido en 2007 estuvo sumamente condicionado por la dramática disminución del 37 % vivida por el mercado alemán, líder en 2006 (Tabla 1). No obstante, muchos otros países continuaron con tasas de crecimiento elevadísimas -como Eslovenia e Irlanda- configurándose, en consecuencia, un panorama europeo muy heterogéneo.

En 2007 se instalaron en Europa 2.74 millones de m² de captadores, resultando una potencia anual instalada de 1.92 GWth y una potencia total de 15.4 GWth. Los *glazed collectors* son la tecnología de uso mayoritario (Figura 7).



FUENTE: Solar Thermal Markets in Europe. ESTIF. Junio 2008

Figura 6: Potencia anual instalada en Europa (EU27 + Suiza) durante el periodo 1998-2007 -y m² de superficie captadora-

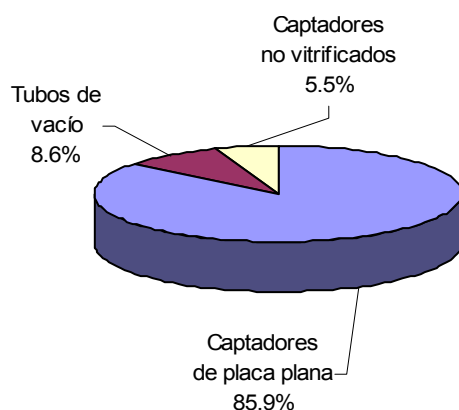
Tabla 1: Mercado solar térmico europeo (EU27+ Suiza) (kWth)

PAÍS	Potencia acumulada (kWth)	Potencia anual instalada (kWth)	Potencia anual instalada (kWth)	Crecimiento del mercado
	2007	2006	2007	2006/2007
Alemania (DE)	6 295 800	1 050 000	658 000	-37 %
Austria (AT)	2 024 839	204 868	196 700	-4 %
Bélgica (BE)	102 283	24 945	29 400	18 %
Bulgaria (BG)	17 570	1 540	1 750	14 %
Chipre (CY)	437 640	42 000	45 500	8 %
Dinamarca (DK)	269 696	17 710	16 100	-9 %
Eslovaquia (SK)	57 225	5 950	6 300	6 %
Eslovenia (SI)	84 910	4 830	8 400	74 %
España (ES)	674 916	122 500	183 400	50 %
Estonia (EE)	1 029	210	245	17 %
Finlandia (FI)	14 345	2 240	2 800	25 %
Francia (FR)	609 420	154 000	178 500	16 %
Grecia (GR)	2 449 140	168 000	198 000	18 %
Holanda (NL)	236 839	10 280	13 930	36 %
Hungría (HU)	9 975	700	5 600	700 %
Irlanda (IE)	21 553	3 500	10 500	200 %
Italia (IT)	770 161	130 200	171 500	32 %
Letonia (LV)	3 745	840	1 050	25 %
Lituania (LT)	2 415	420	490	17 %
Luxemburgo (LU)	13 230	1 750	2 100	20 %
Malta (MT)	20 552	3 150	3 850	22 %

**PROSPECTIVA Y
VIGILANCIA TECNOLÓGICA**

Polonia (PL)	164 428	28 980	46 900	62 %
Portugal (PT)	144 165	14 000	17 500	25 %
Reino Unido (UK)	213 444	37 800	37 800	0 %
República Checa (CZ)	92 211	15 421	17 500	13 %
Rumanía (RO)	48 720	280	350	25 %
Suecia (SE)	183 676	19 977	17 826	-11 %
Suiza	356 286	36 304	45 802	26 %
TOTAL	15 370 212	2 102 395	1 917 893	-9 %
TOTAL (m²)	21 957 446	3 003 422	2 739 847	-9 %

FUENTE: Solar Thermal Markets in Europe. ESTIF. Junio 2008



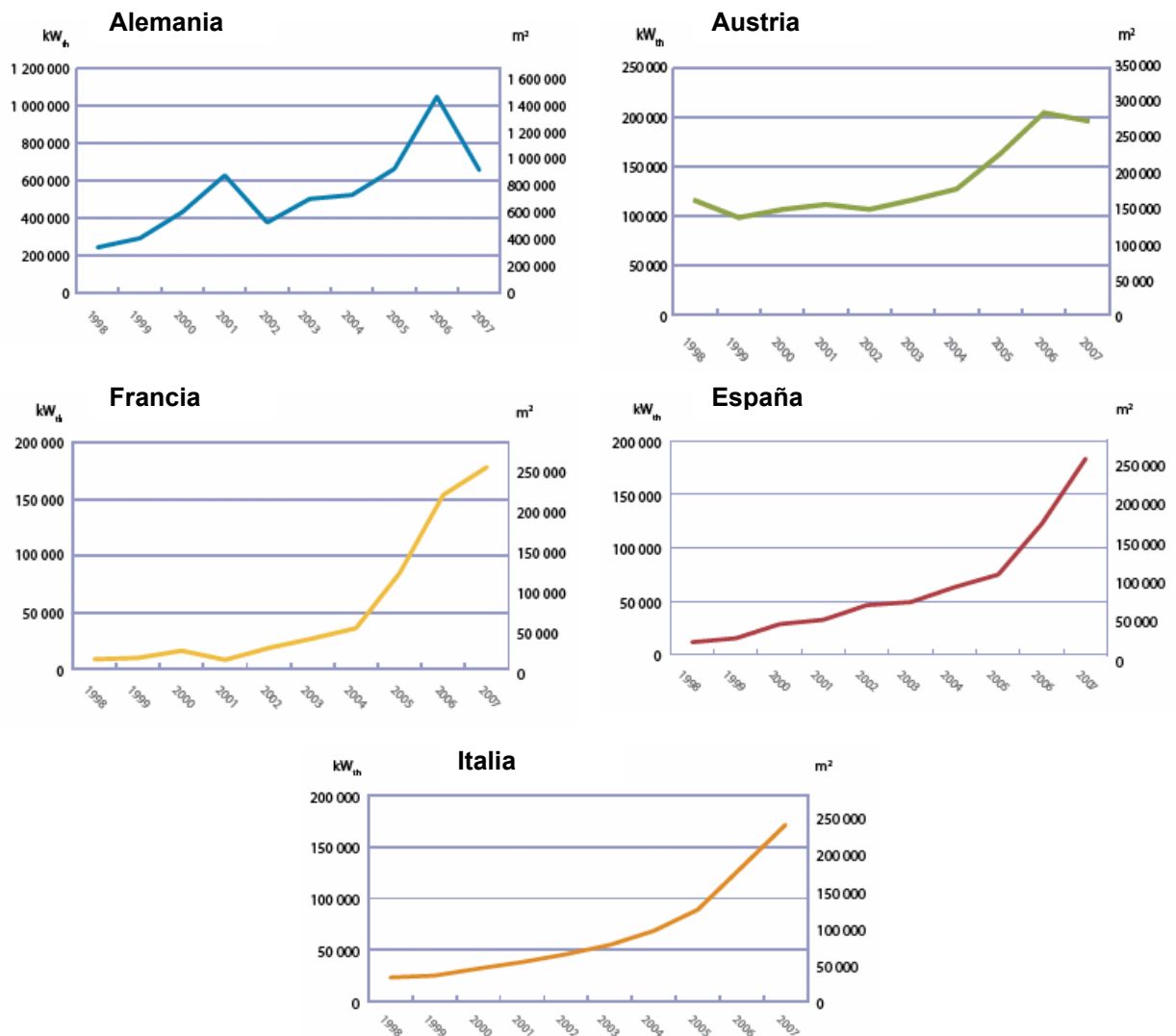
FUENTE: EurObserv'er. Solar Thermal Barometer. 2008

Figura 7: Distribución del mercado solar térmico europeo a finales de 2007 por la tecnología del captador

En 2007, Grecia, España, Francia e Italia aumentaron significativamente su contribución a la potencia anual instalada en Europa respecto al año anterior, representando, cada uno de ellos, un 9-10 % del total. Por el contrario, Alemania disminuyó su contribución de un 50 % a un 35 % de 2006 a 2007. Esto fue debido, en parte, al retroceso general del mercado de equipos de calefacción alemán y al aumento de la tasa de IVA (*VAT rate*) a comienzos de 2007, los que contribuyeron a situar los valores de potencia anual instalada en 2007 por debajo de los valores de 2005 (Figura 8). No obstante, previsiblemente, este país irá recuperando su porcentaje de participación en el mercado europeo durante 2008.

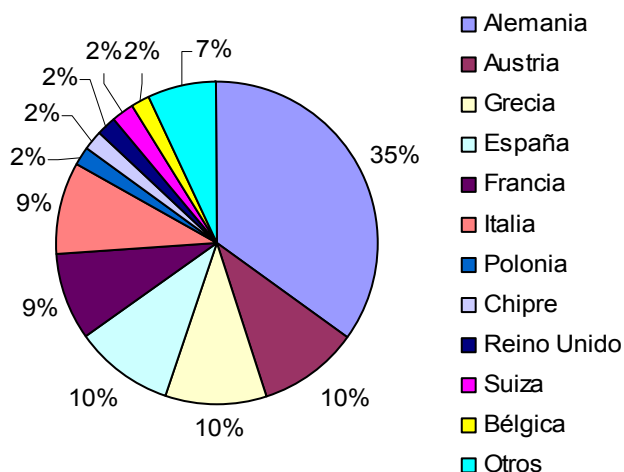
Cabe señalar que, en 2007, los cinco países líderes (Figura 9) instalaron las tres cuartas partes de la nueva potencia, mientras que, hace pocos años, esa contribución estaba concentrada en tan sólo tres países (Alemania, Austria y Grecia).

Otro de los países cuyo mercado sufrió una etapa de retroceso en 2007, aunque no tan significativa como Alemania, fue Austria, decreciendo un 4 % (Tabla 1). No obstante, en este país, la nueva potencia instalada por cada mil habitantes en 2007 fue de 24 kW, tres veces superior a la de Alemania y seis veces superior al valor promedio europeo de 3.8 kW. Austria posee, tras Chipre, el mercado en operación per cápita mayor de Europa (Figura 10), tras él se sitúa el de Grecia. El mercado promedio europeo en operación en 2007 por cada mil habitantes fue de 30.7 kW.



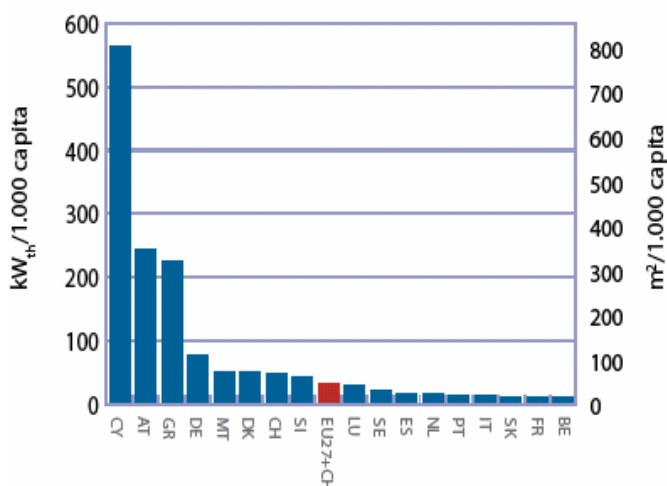
FUENTE: Solar Thermal Markets in Europe. ESTIF. Junio 2008

Figura 8: Potencia anual instalada en diferentes países europeos durante el periodo 1998-2007 -y m² de superficie captadora-



FUENTE: Solar Thermal Markets in Europe. ESTIF. Junio 2008

Figura 9: Contribución de los distintos países europeos a la potencia anual instalada en 2007 (E27+ Suiza)



FUENTE: Solar Thermal Markets in Europe. ESTIF. Junio 2008

Figura 10: Potencia instalada (acumulada) en países europeos (E27+ Suiza) por cada mil habitantes a finales de 2007

En Francia, la instalación de sistemas solares está muy incentivada desde las administraciones regionales, incluso para particulares, y regulada por la legislación para edificios con permiso de construcción obtenido a partir de Septiembre de 2006 (RT 2005). De 1998 a 2007, este país experimentó un índice de crecimiento medio del 40 %, aunque en 2007 fue del 16 % (Tabla 1 y Figura 8). La nueva potencia instalada por cada 1000 habitantes en 2007, 2.9 kW, se situó por debajo del promedio europeo.

España, desde Marzo de 2006, se ha convertido en el país más avanzado en legislación sobre energía solar térmica con la adopción del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), que obliga a los edificios de nueva construcción o rehabilitados a satisfacer la demanda del 30-70 % de agua caliente con este tipo de energía. Estas medidas están apoyadas con subsidios de las comunidades autónomas y préstamos estatales financiados por el IDAE (Instituto de Ahorro Energético). En este país el crecimiento ha sido muy significativo en 2007, 50 % (Tabla 1 y Figura 8), sin embargo, la crisis del sector de la edificación que actualmente se vive en España posiblemente repercuta en la aplicación del CTE. Los distintos efectos posibles impiden predecir la evolución del mercado español en 2008.

El mercado italiano ha sido infravalorado en los últimos años y datos recientes confirman un índice de crecimiento similar a países como Francia y España, siendo del 32 % de 2006 a 2007 (Tabla 1 y Figura 8). Desde comienzos de 2007 dispone de mayores incentivos fiscales para particulares y se está comenzando a implantar una nueva ley para impulsar el uso de la energía solar térmica en la edificación, según dicha ley, podría exigirse cubrir el 50 % de la demanda de agua caliente en edificios de nueva construcción y rehabilitados. Con una nueva potencia instalada por cada 1000 habitantes en 2007 de 2.9 kW -igual que Francia)- es uno de los países con un crecimiento más prometedor en los próximos años.

Industria europea

El crecimiento del mercado de la energía solar térmica va directamente ligado al desarrollo industrial del sector. A pesar del retroceso experimentado, en términos globales, por el mercado solar térmico en 2007, se observa una tendencia alcista y dinámica en el sector, de modo que las empresas intentan expandir sus redes de distribución tanto en los países con nuevos mercados florecientes (Francia, España, Italia o Portugal) como en aquéllos con mercados ya maduros (Alemania, Austria, etc.), pero todavía en fases de expansión, tratando de beneficiarse al máximo de la creciente demanda. La Tabla 2 muestra una visión de algunas de las empresas líderes del sector en Europa.

Tabla 2: Empresas representativas de la industria solar térmica europea en el año 2007

Empresa	País	Tecnología	Producción (m ² de captadores)
Green One Tec	Austria	Captadores de placa plana y tubos de vacío	730 000
KBB Kollektorbau	Alemania	Captadores de placa plana	200 000 (absorbente) 35 000 (captadores)
Viessmann	Alemania	Suministrador de sistemas termosolares de calefacción	400 000
Bosch Thermotechnik	Alemania	Suministrador de sistemas termosolares de calefacción	-
Ritter Solar	Alemania	Tubos de vacío	95 000
Isofotón	España	Captadores de placa plana y tubos de vacío	35 700

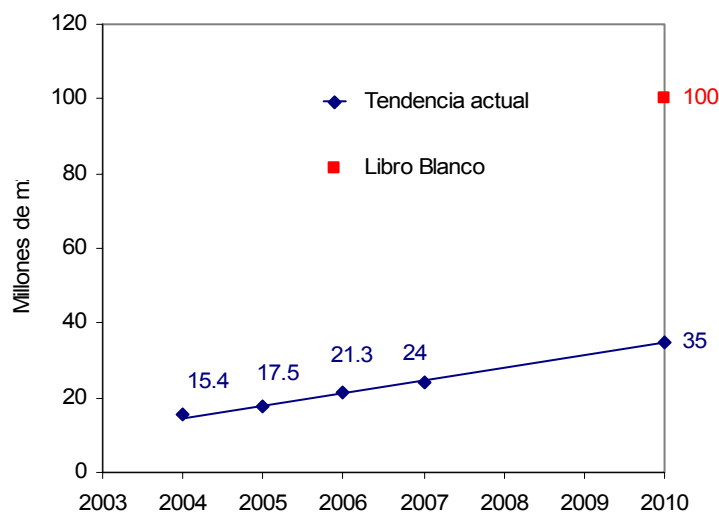
FUENTE: EurObserv'er. Solar Thermal Barometer. 2008

3.1.3. Previsión del mercado europeo

La situación de rápido crecimiento experimentada hasta 2006 por el mercado europeo es muy alentadora y es previsible que se mantenga durante los próximos años, evidenciándose ya una nueva etapa de crecimiento a comienzos del año 2008, tras el retroceso experimentado en 2007. A ello contribuyen no sólo los mercados consolidados, sino los nuevos mercados de Francia, España, Italia o Portugal donde, como se ha señalado en párrafos anteriores, se está creando el clima adecuado de desarrollo a partir de incentivos fiscales y financieros desde las distintas administraciones públicas, así como mediante la entrada en vigor de normativas que exigen o incitan a la instalación de sistemas solares en edificios de nueva construcción o en etapa de rehabilitación. Esta noción de obligatoriedad de integrar ésta y otras energías renovables en los edificios está cobrando cada vez más importancia en la Unión Europea. No obstante, como se verá en el apartado 4, para evitar altibajos en el crecimiento de los distintos mercados, es necesario que las medidas que se introduzcan lo hagan de manera estable y más o menos permanente a medio-largo plazo.

Los mercados consolidados y florecientes como Alemania -cuyo mercado ha experimentado ya en los cuatro primeros meses de 2008 un crecimiento del 33 %, aunque se prevé que tardará más de un año en recuperar el nivel alcanzado en 2006- y Austria -también de nuevo en expansión- utilizan de un modo cada vez más generalizado los sistemas termosolares que satisfacen simultáneamente varios usos y no sólo a escala individual, sino para colectivos.

Siguiendo la tendencia actual de dinamismo, detenida puntualmente por breves etapas críticas como las vividas en 2002 y 2007, los pronósticos de los expertos apuntan una potencia instalada mínima en Europa de 35 millones de m² a finales de 2010 (EurObserv'er, 2008), valor muy inferior al objetivo inicial de 100 millones de m² fijado en el Libro Blanco de la Energía de la Comisión Europea (Figura 11). A largo plazo, ESTIF publicó a principios de Enero de 2007 un Plan de Acción sobre Energía Solar Térmica en el que define dos objetivos para 2020, un objetivo mínimo y otro ambicioso. El objetivo mínimo, fijado en 91 GWth (130 millones de m²) se determinó a partir de la situación de Austria en 2005, donde el 15 % de las viviendas aisladas disponían ya de sistemas solares. El objetivo ambicioso consiste en alcanzar una potencia instalada (acumulada) de 320 GWth (457 millones de m²) en la Unión Europea, lo que equivale a 1 m² de captadores por habitante. ESTIF señala que para alcanzar este último objetivo, deberá generalizarse la utilización de la energía solar térmica en sistemas de calefacción y refrigeración.



FUENTE: EurObserv'er. Solar Thermal Barometer. 2008

Figura 11: Tendencia actual del mercado y objetivo del Libro Blanco de la Energía de la Unión Europea para 2010

3.1.4. Visión solar térmica europea a 2030

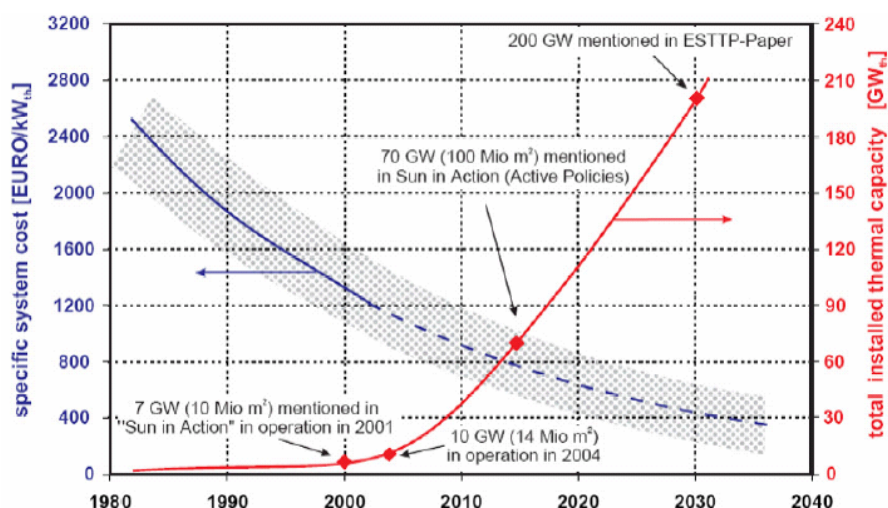
Para poder dar una visión prospectiva de la situación de la energía solar térmica en Europa, la Plataforma Tecnológica Solar Térmica Europea (ESTTP) persigue el objetivo de elaborar una hoja de ruta (*roadmap*) para el sector en el año 2030, abarcando aspectos tecnológicos (investigación y desarrollo) y de desarrollo de mercado. Con este trabajo, la Plataforma pretende aumentar las actividades de I+D del sector, así como fortalecer la concienciación del enorme potencial de las tecnologías solares térmicas en contribuir de manera definitiva al establecimiento de una infraestructura energética sostenible. Además, se pretende acelerar el desarrollo de estas tecnologías y crear las condiciones que favorezcan su utilización.

La primera visión preliminar elaborada por la Plataforma sobre el sector solar térmico europeo en el año 2030 se resume en los siguientes puntos:

- Se calcula que en el año 2030 se alcanzarán en Europa, al menos, los 200 GWth de potencia solar térmica instalada, una vez que se haga extensiva su utilización en edificios.

• En el año 2030, los costes de la energía solar térmica se habrán reducido como consecuencia de la innovación tecnológica y la producción industrial en masa (Figura 12). Este hecho, unido al encarecimiento de los combustibles fósiles y a su falta de contribución al calentamiento global podría situar a esta fuente renovable como la energía más barata para generar calor y frío y poder abastecer a los diferentes sectores del mercado. Este objetivo ambicioso, pero realista, podría alcanzarse si las medidas de desarrollo de mercado, de crecimiento industrial y de fomento de la investigación y desarrollo se adoptan de la manera adecuada. Una vez alcanzada la competitividad de costes, la utilización de la energía solar térmica se vería tan solo limitada por la disponibilidad de espacio para instalar captadores solares. A continuación se citan los campos potenciales de innovación y reducción de costes:

- Captadores solares: integración en los edificios, desarrollo de nuevos tipos de captadores, utilización de nuevos materiales y tecnologías de fabricación
- Investigación básica y desarrollo de sistemas de almacenamiento estacional: integración en los edificios, nuevos materiales y conceptos
- Transferencia de calor: materiales y equipos
- Controladores y sistemas de monitorización
- etc.



FUENTE: Solar Thermal Vision 2030. ESTTP. Mayo 2006

Figura 12: Evolución esperada de los costes y potencia total instalada en Europa de sistemas solares

- Visión 2030 del sector de la edificación (Tabla 3)

Situación actual:

- Sistemas solares de pequeña escala para obtención de agua caliente sanitaria y/o calefacción de viviendas unifamiliares
- Sistemas solares de gran escala para obtención de agua caliente sanitaria y/o calefacción de viviendas plurifamiliares
- Sistemas solares de gran escala para calefacción de distritos
- En Europa, tan solo 2 millones de viviendas están equipadas con sistemas solares térmicos
- Del 10 al 30 % de la demanda de calor de los edificios se cubre con energía solar
- La refrigeración solar aún no está bien asentada

Perspectivas futuras:

PROSPECTIVA Y VIGILANCIA TECNOLÓGICA

- Edificios de nueva construcción: El edificio solar activo (*active solar house*) se impone como estándar de la edificación. En ellos, el 100 % la demanda de calor y frío se cubre mediante energía solar térmica.
- Rehabilitación solar activa (*active solar renovation*) en edificios ya construidos. En los edificios rehabilitados, más del 50 % de la demanda de calor y frío se cubre mediante energía solar térmica
- Mayor desarrollo de sistemas y componentes
- Visión 2030 de otros sectores

La energía solar térmica se contempla como una fuente energética fundamental en todas aquellas aplicaciones que requieran calor hasta temperaturas de 250°C, como por ejemplo:

- Refrigeración asistida por energía solar
- Desalación solar y tratamiento de aguas
- Calor industrial

Tabla 3: Características de los sistemas solares térmicos en edificación: situación actual y visión a 2030

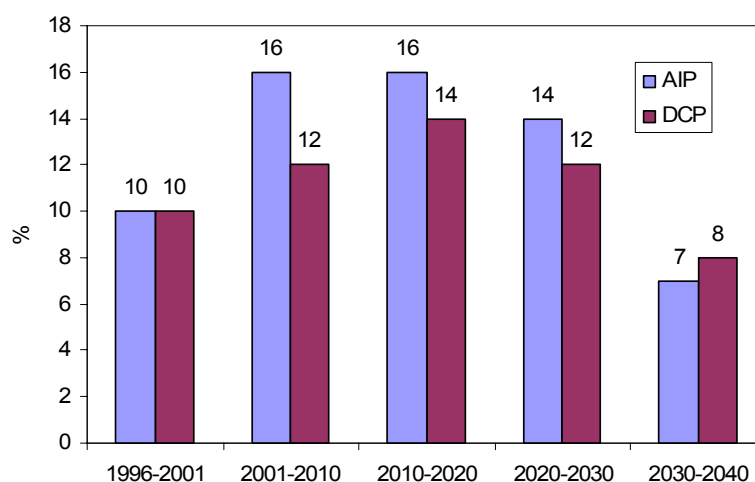
Situación actual	Perspectivas futuras
Reducidas áreas de captadores solares	Tejados solares Edificio solar activo
Sistemas con diseños complejos	Soluciones sencillas y eficientes
Sistemas individuales	Redes solares de calefacción de distritos y sistemas estacionales de almacenamiento térmico
Elevados volúmenes de almacenamiento	Pequeños volúmenes de almacenamiento (objetivo: densidad energética 8 veces mayor que la actual)
Bajas fracciones solares (fs)	Elevadas fracciones solares (objetivo: fs > 50 %)
Sistemas solares multicomponentes	Sistemas solares prefabricados
Elementos de edificación específicos	Elementos de edificación multifuncionales
Sistemas caros	Sistemas mucho más baratos

3.1.5. Escenario solar térmico mundial a 2040

La información que se presenta a continuación está basada en los resultados del documento Renewable Energy Scenario to 2040 realizado por ERC (European Renewables Energy Council) y distintas asociaciones implicadas en el desarrollo de las energías renovables. En dicho estudio, se han considerado dos escenarios diferentes. El primero de ellos, *Advanced International Policies Scenario* (AIP), está basado en expectativas muy favorables para el ritmo de crecimiento de las energías renovables en el panorama energético mundial. Supone que las regiones en las que ya se han desarrollado las tecnologías asociadas a fuentes renovables reforzarán su presencia, lo que supondrá una motivación para otras zonas del mundo que seguirán su ejemplo. Además, tiene una visión optimista sobre las limitaciones tecnológicas asociadas a este tipo de energías y los posibles problemas geopolíticos, considerando una cooperación internacional consolidada.

El segundo escenario, *Dynamic Current Policies Scenario* (DCP), tiene una visión más limitada en cuanto a las expectativas que planteaba el anterior y considera un menor grado de cooperación internacional, aunque asume un mayor esfuerzo en las medidas políticas que se tomen a nivel nacional, al menos en la parte industrializada del mundo.

En el escenario actual de partida, como ya se ha señalado a lo largo de este informe, el sector asociado a la energía solar térmica -tanto de calentamiento como de enfriamiento-, está experimentando en los países industrializados una tendencia de crecimiento, principalmente en aplicaciones a pequeña escala. Además, no existen limitaciones geopolíticas para su uso generalizado. En un futuro, las aplicaciones a gran escala comenzarán a tomar mayor protagonismo, lo que permitirá un mayor asentamiento de dicha tecnología. A partir del periodo 2020-2030, según los dos escenarios (AIP y DCP), se prevé una reducción del crecimiento de la potencia solar térmica instalada (Figura 13) como consecuencia de la mayor eficiencia energética desarrollada en el sector de la edificación, lo que limitará la demanda de este tipo de tecnología.

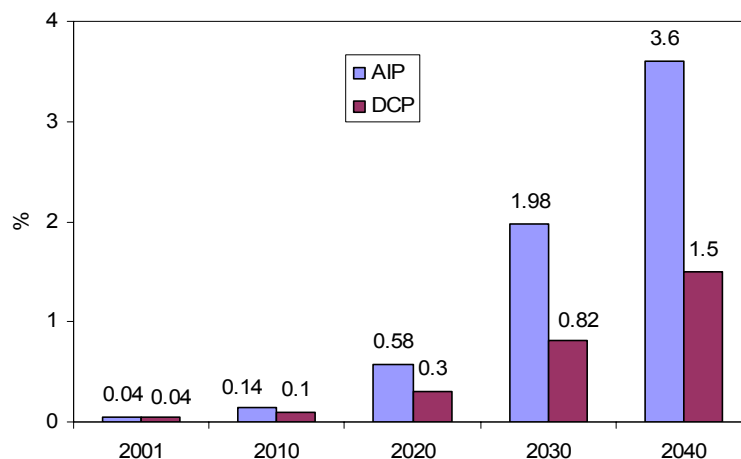


Fuente: Datos de Renewable Energy Scenario to 2040. ERC. Mayo 2004

Figura 13: Crecimiento de la potencia solar térmica instalada (%) en los distintos periodos según los escenarios AIP y DCP

Según el escenario AIP, un 50 % del consumo energético mundial procederá de las energías renovables en 2040. Sin embargo, según el DCP, si no se toman las medidas adecuadas en política internacional para la promoción de las energías renovables, el porcentaje será tan solo del 27 %.

Las previsiones planteadas en el escenario AIP para 2040 contemplan la posibilidad de que el 3.6 % del consumo energético mundial proceda de la energía solar térmica. Sin embargo, el escenario DCP, algo más pesimista, considera un valor de 1.5 %, inferior a la mitad del anterior (Figura 14).



Fuente: Datos de Renewable Energy Scenario to 2040. ERC. Mayo 2004

Figura 14: Contribución de la energía solar térmica a la demanda energética mundial (%) según los escenarios AIP y DCP

3.2. Energía solar pasiva

La energía solar pasiva no figura en las estadísticas de suministro energético por la dificultad derivada de la recogida de datos, que precisaría de un análisis pormenorizado de cada edificio. Además, habitualmente, su utilización se considera más una medida de ahorro energético que de suministro. Existe una estrecha relación entre la energía solar pasiva y la arquitectura, ya que los sistemas de aprovechamiento de esta energía se construyen sobre la estructura de un edificio, empleando los fenómenos naturales de circulación del aire. Su principal uso es para calefacción y refrigeración. Aproximadamente, el 50-75 % de la demanda energética de los edificios de nueva construcción se podría eliminar o satisfacer haciendo uso de un aprovechamiento solar pasivo adecuado. En edificios ya construidos la reducción de consumo energético es posible, pero es menos significativa.

Los edificios diseñados de acuerdo con los criterios de la arquitectura solar pasiva, también llamada arquitectura bioclimática, logran por su propia configuración un aprovechamiento automático de la energía solar basándose en la orientación del edificio, su morfología, su ubicación sobre el terreno y el uso de materiales adecuados. Entre los más novedosos figuran, por ejemplo, las ventanas electrocromáticas y los vidrios termocromáticos, cuya opacidad varía en función de la luminosidad y la temperatura, respectivamente, pudiéndose lograr una disminución de la energía consumida en calefacción en invierno y en aire acondicionado en verano de hasta el 60 %.

No existe un único mercado para la energía solar pasiva ya que incluye desde el trabajo de los arquitectos hasta el mercado de alguno de los componentes que constituyen el edificio.

4. BARRERAS PARA LA DIFUSIÓN TECNOLÓGICA Y MEDIDAS A ADOPTAR

Barreras para la difusión tecnológica

A pesar de la etapa de prosperidad de la que goza en la actualidad la energía solar térmica, la difusión de las tecnologías que hacen posible su utilización presenta determinadas barreras que deben tenerse en cuenta y deben abordarse de manera conjunta para garantizar el desarrollo de esta fuente de energía renovable. Las barreras principales son de carácter técnico, económico y social.

- Barreras técnicas: Entre ellas cabe destacar la falta de técnicos instaladores capacitados y suficientemente especializados en la mayoría de los mercados, así como la falta de documentación técnica (guías, programas de cálculo, etc.) necesaria para llevar a cabo el diseño de las instalaciones con la calidad adecuada.

En aplicaciones distintas a la producción de agua caliente sanitaria es todavía muy necesaria la investigación básica en sistemas y componentes. En el ámbito de la producción de agua caliente sanitaria es, asimismo, precisa investigación básica en materiales para almacenamiento.

- Barreras económicas: Los sistemas solares térmicos cuentan con una baja eficiencia en comparación con otras energías renovables también intermitentes. Así, la energía que generan al año es de 500-700 horas de funcionamiento, mientras que la de los sistemas eólicos o solares termoeléctricos oscila entre 2000-2500 horas, así como la de los fotovoltaicos es de alrededor de 1000 horas.

El coste de la energía solar térmica es muy variable dependiendo de las aplicaciones y de los mercados.

El precio promedio en el año 2000 de la energía solar térmica para agua caliente doméstica fue de 130 EUR/ MWh -valor más barato al de la electricidad en Dinamarca, igual al de la electricidad en Japón, Italia o Alemania, pero superior al de la electricidad en otros países industrializados-, mientras que el coste de la energía solar térmica para sistemas combinados de agua caliente y calefacción fue de 160 a 270 EUR/ MWh (dependiendo del tamaño de la instalación).

Los costes son menores en edificios de nueva construcción que en rehabilitados. En mercados como China son, asimismo, menores que en otros lugares, debido esencialmente a la mano de obra más barata y las dificultades con las que se enfrentan otras alternativas disponibles -desde el suministro eléctrico intermitente hasta la contaminación generada por la combustión de carbón-.

Con los precios y rendimientos vigentes actualmente, las instalaciones se amortizan en extensos periodos de tiempo, por lo que la energía solar térmica se ha desarrollado asociada a diferentes líneas de ayuda. Junto a ellas, también son necesarios los incentivos fiscales, fundamentalmente a viviendas y a particulares, pues éstos constituyen con gran diferencia el potencial más importante para conseguir los objetivos de desarrollo planificados a distintos niveles.

- Barreras sociales: Existe todavía un gran desconocimiento de las posibilidades de estas tecnologías entre los usuarios potenciales, que en el caso de la energía solar térmica es el público en general. En este sentido, las administraciones locales pueden ser uno de los impulsores de la energía solar térmica en el ámbito de sus competencias sobre el medioambiente con medidas fiscales y de otros tipos.

Medidas a adoptar

Para fomentar el desarrollo de las tecnologías ligadas a la energía solar térmica, los países miembros de la IEA y otros en vías de desarrollo han adoptado diversas medidas de apoyo a la investigación, el desarrollo y la demostración, apoyo al desarrollo del mercado y en materia de legislación (medidas normativas).

- Apoyo a la investigación, el desarrollo y la demostración

El apoyo a la investigación, el desarrollo y los proyectos de demostración tiene por objeto superar las barreras técnicas y reducir los costes a la vez que se mejoran los materiales, los componentes, el diseño de sistemas y las herramientas para instaladores y usuarios. Aunque la tecnología ya goza de madurez en su aplicación primaria, todavía pueden introducirse mejoras y se pueden investigar nuevas áreas de aplicación como el calor solar para secado de cultivos y procesos industriales, sistemas híbridos termosolares y fotovoltaicos, etc. Asimismo, la arquitectura solar pasiva es un campo a desarrollar de enorme potencial.

Muchos países industrializados y en vías de desarrollo disponen de medidas de apoyo a la investigación y desarrollo. Sin embargo, todos los indicadores muestran que estas medidas son débiles e insuficientes. En 2006, en los países miembros de la IEA, el porcentaje del presupuesto de Investigación y Desarrollo en materia de energía dedicado a calentamiento y refrigeración solar representó el 0.55 %, frente a un 2.68 % destinado a la energía fotovoltaica. Las energías solar termoeléctrica, eólica y geotérmica recibieron todavía una apoyo menor.

Para fomentar la investigación y el desarrollo en esta área, la IEA, por ejemplo, dispone desde 1977 de un programa de cooperación internacional en el que participan 21 países.

- Apoyo al desarrollo del mercado

Para proliferar la utilización de las tecnologías asociadas a las energías renovables, la mayoría de los gobiernos de los países industrializados han adoptado alguna medida basada en subvenciones de carácter temporal de modo que cabe esperar que la inversión realizada conduzca a adquirir experiencia y conocimiento que permitan abaratar los costes de la tecnología en el futuro. Este tipo de medidas se apoyan, además, con incentivos fiscales. Entre los programas europeos en esta línea destaca el ambicioso programa del gobierno alemán *Market Incentive Programm*, que dispone de un presupuesto de 180 millones de euros al año y que concede ayudas para la instalación de sistemas solares de pequeño tamaño.

Las subvenciones son una solución muy eficaz, pero tan sólo a corto plazo, puesto que aunque la cuantía de las ayudas tiende a reducirse a medida que el mercado se fortalece y los costes disminuyen, los gastos globales podrían seguir creciendo hasta que el mercado se sostenga y alcance la etapa de madurez, pudiéndose obtener resultados desastrosos si se suprimen las subvenciones antes de tiempo. Existen otros mecanismos financieros más robustos y fiables a largo plazo como el mercado de certificados verdes y blancos, directamente vinculados con el consumo energético, o el mercado de emisiones.

Los productores e importadores de energía eléctrica a partir de fuentes tradicionales, cuya producción supere la franquicia establecida por la autoridad competente, están obligados en los distintos países a incorporar a la red un porcentaje de energía producida a partir de fuentes renovables. El productor o importador de energía puede decidir cumplir con esta obligación comprando una cantidad equivalente de *certificados verdes*, asignados a los productores de energía a partir de fuente renovable en función de su producción. Desde 2001, Australia introdujo por vez primera las tecnologías solares térmicas no generadoras de electricidad en este sistema, de modo que la instalación de sistemas solares térmicos computa como créditos de energía renovable (RECs). Similarmente, con el sistema de *certificados blancos* el productor, suministrador o distribuidor, obligado a adoptar medidas de eficiencia energética, compra certificados blancos o cantidades de energía ahorrada. Los mercados de Italia y Francia contemplan los sistemas solares térmicos como medidas de ahorro energético canjeables por créditos blancos. Asimismo, ya existen varios proyectos en distintos países (Barbados, Brasil, China, India, México, etc.) basados en sistemas solares que son candidatos a formar parte de los *mecanismos de desarrollo limpio* para que las empresas de terceros países puedan cumplir el límite de emisiones de CO₂ establecido para ellas.

Otra de las medidas para favorecer el desarrollo del mercado es el establecimiento de programas de entrenamiento de profesionales (ingenieros e instaladores). Entre ellos figura el *Global Environmental Facility* (GEF) para países en vías de desarrollo, destinado a agencias públicas y empresas privadas con el fin de promocionar, evaluar e instalar sistemas solares de agua caliente.

Otra de las medidas adoptadas y que persigue garantizar al usuario la calidad de los sistemas solares es la certificación de captadores solares y sistemas completos. En esta línea, ESTIF ha realizado un enorme esfuerzo armonizador de los distintos esquemas nacionales de certificación, de modo que junto con el Comité Europeo de Normalización (CEN) creó en 2003 la *Solar Keymark*, que ya ha sido reconocida como la etiqueta de calidad de productos solares térmicos europeos en 17 países. El éxito de la misma depende del grado de reconocimiento que le brinden los distintos gobiernos y empresas.

Otra medida adicional es la contratación de los servicios energéticos solares a una empresa externa, de modo que ésta responde de la operación de la instalación solar, garantizando al usuario su correcto funcionamiento. Este tipo de prácticas depende de iniciativas privadas y no requiere la intervención pública, salvo salvaguardar el cumplimiento del contrato.

Por último, otra medida que tendría globalmente un efecto positivo en la industria termosolar sería la reducción de las tarifas de importación puesto que gran parte de su cadena de valor descansa en los trabajos de instalación. Al reducirse el coste de los componentes, se produciría un aumento en la actividad

instaladora y, por tanto, en la generación de empleo. Esto beneficiaría especialmente a los clientes de todo el mundo y a los fabricantes de países en vías de desarrollo como China.

- Medidas normativas

Los esquemas de subvenciones e incentivos fiscales señalados con anterioridad están impulsados por medidas de carácter normativo que contribuyen al fortalecimiento de la energía solar térmica. En Europa, hasta el momento, las Directivas Comunitarias son de carácter muy general y es con las trasposiciones a los distintos países donde adquieren un carácter más específico y vinculante. Sin embargo, la cumbre europea del 9 de Marzo de 2007 puede suponer el primer paso firme para incluir al sector solar térmico en la agenda política europea. En esta cumbre, se adoptó unánimemente el objetivo de cubrir el 20 % de la demanda energética del año 2020 con energías renovables (el triple del porcentaje actual), incluyéndose la energía solar térmica en la estrategia para lograr este objetivo. Así, el 23 de Enero de 2008 la Comisión Europea presentó la propuesta de una nueva Directiva, que afecta a todas las energías renovables, incluida la solar térmica, para alcanzar las metas establecidas en Marzo de 2007. La Directiva está pendiente de aprobación por el Parlamento Europeo.

Israel es uno de los países pioneros en legislación solar térmica en edificación, disponiendo de una ley promulgada en 1980. Como ya se ha mencionado, España es el país europeo más avanzado en este sentido y su nuevo Código Técnico de la Edificación (2006) establece unos valores mínimos de utilización, permitiendo que las ordenanzas municipales existentes o futuras establezcan límites más estrictos.

5. CONCLUSIONES

- Se estima que, aproximadamente, el 50 % del consumo final de energía primaria a nivel mundial se realiza en forma de calor en aplicaciones cuya temperatura es inferior a 250°C (calor de baja-media temperatura). Este dato es un índice claro del enorme potencial de la energía solar térmica para sustituir a los combustibles fósiles tradicionales, cada vez más caros y responsables del calentamiento global.

- A finales de 2006, la producción anual de energía solar térmica activa fue de 76 959 GWh (277.054 TJ). En comparación con los demás tipos de energías renovables, esta contribución es ya muy significativa, siendo sólo superada por las renovables tradicionales -hidráulica, biomasa y eólica-. Este dato a menudo no se ha tenido suficientemente en cuenta a la hora de elaborar políticas en materia de energía.

- La energía solar térmica de baja temperatura dispone de una tecnología madura, eficiente y fiable cuya utilización para la obtención de agua caliente sanitaria y/o calefacción dispone de un mercado bastante bien asentado. En la actualidad la fracción solar característica de sistemas solares para obtención de agua caliente sanitaria es del 50-80 %, mientras que la de sistemas solares de uso combinado para obtención de agua caliente sanitaria y calefacción es del 20-30 %.

- La potencia solar térmica instalada en el mundo a finales de 2005 era de 107.8 GWth, lo que supone un área total de captadores de 154 millones de m². A finales de 2006 esta cifra ascendió a 127.8 GWth (182.5 millones de m² de captadores). Estos valores evidencian el estadio de crecimiento de esta fuente de energía en los últimos años a nivel mundial.

- A finales de 2006, los países líderes mundiales eran China (50.9 % de la potencia mundial instalada), EE.UU. (16.4 %), Turquía (5.2 %), Alemania (4.8 %) y Japón (4.0 %). El mercado de China está dominado por la tecnología de tubos de vacío (90 % de su potencia instalada), el de EE.UU. por la de captadores de plástico no vitrificados para calentamiento de piscinas (92 % de su potencia instalada), y, siguiendo la tendencia de la mayoría de los países, los mercados de Turquía, Alemania y Japón están basados en los captadores de placa plana, representando esta tecnología el 100, 82 y 98 %, respectivamente, de la potencia instalada en estos países.

- En lo que se refiere a los países con un mercado más dinámico (captadores vitrificados) destacan China y Taiwán; Europa y, Australia y Nueva Zelanda, con índices de crecimiento de 2005 a 2006 del 22, 20 y 16 %, respectivamente.

- Actualmente, el mercado europeo, que ha sufrido una etapa de retroceso del 9 % de 2006 a 2007, está dominado por Alemania (35 % de la potencia instalada a finales de 2007), seguido de forma distanciada de Austria (10 %), Grecia (10 %), España (10 %), Francia (9 %) e Italia (9 %). Este último es un mercado nuevo y floreciente en rápida fase de expansión.

- Siguiendo la tendencia general de dinamismo de los últimos años, los pronósticos de los expertos apuntan una potencia instalada mínima en Europa de 24.5 GWth a finales de 2010 y de al menos 91 GWth a finales de 2020. A nivel mundial, los dos escenarios analizados (AIP y DCP) prevén una reducción del crecimiento de la potencia solar térmica instalada a partir de 2020-2030, como consecuencia de la mayor eficiencia energética desarrollada en el sector de la edificación, lo que limitará la demanda de este tipo de tecnología.

- A pesar de la etapa de prosperidad de la que goza en la actualidad la energía solar térmica, la difusión de las tecnologías que hacen posible su utilización presenta hoy por hoy barreras de tipo técnico, económico y social que deben tenerse en cuenta y deben abordarse de manera conjunta para garantizar el desarrollo de esta prometedora fuente de energía renovable.

- El apoyo a la investigación, el desarrollo y los proyectos de demostración tiene por objeto superar las barreras técnicas y reducir los costes a la vez que se mejoran los materiales, los componentes, el diseño de sistemas y las herramientas para instaladores y usuarios. Aunque la tecnología ya goza de madurez en su aplicación primaria (obtención de agua caliente sanitaria y/o calefacción), todavía pueden introducirse mejoras y se pueden investigar nuevas áreas de aplicación como el calor solar para secado de cultivos y procesos industriales, sistemas híbridos termosolares y fotovoltaicos, etc. Asimismo, la arquitectura solar pasiva es un campo a desarrollar de enorme potencial.

- Otras medidas de distintos tipos a adoptar, algunas de las cuales ya gozan de mayor o menor grado de implantación, son las subvenciones e incentivos fiscales impulsados por medidas de carácter normativo, así los mecanismos financieros tipo el mercado de certificados verdes, blancos o el mercado de emisiones, la reducción de las tarifas de importación, los programas de entrenamiento de profesionales y los sistemas de certificación de equipos solares.

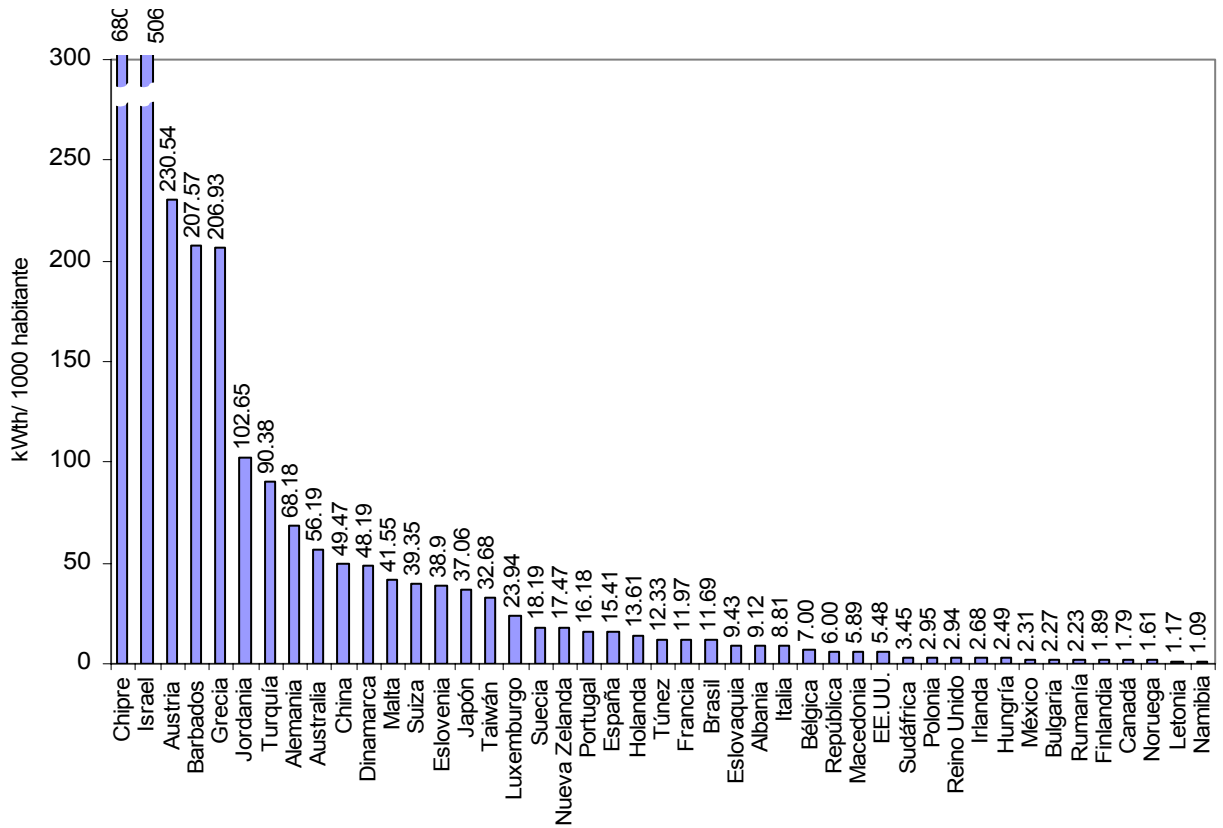
6. BIBLIOGRAFÍA

- Cárdenas Salés A., Quesada Ramos G., Pérez Mena M. "Incrustaciones en instalaciones solares térmicas". Energía y tú nº 36. Octubre 2006
- Cédric Philibert, International Energy Agency (IEA). "Barriers to Technology Diffusion: The case of Solar Thermal Technologies". Octubre 2006
- Cédric Philibert, International Energy Agency (IEA). "The present and the future use of solar thermal energy as a primary source of energy". 2005
- EurObserv'er. "Solar Thermal Barometer". Systèmes Solaires- Le Journal des Énergies Renouvelables nº180, 2007. July 2007
- EurObserv'er. "Solar Thermal Barometer". Systèmes Solaires- Le Journal des Énergies Renouvelables nº187, 2008
- European Renewable Energy Council (EREC). "Renewable Energy Scenario to 2040". Mayo 2004
- European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF). "Solar Thermal Markets in Europe. Trends and Market Statistics". Junio 2008
- European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF). Press Release June 12th 2008. http://www.estif.org/index.php?id=46&backPID=141&pS=1&tt_news=140
- European Solar Thermal Technology Platform (ESTTP). "Solar Thermal Vision 2030". Mayo 2006

PROSPECTIVA Y VIGILANCIA TECNOLÓGICA

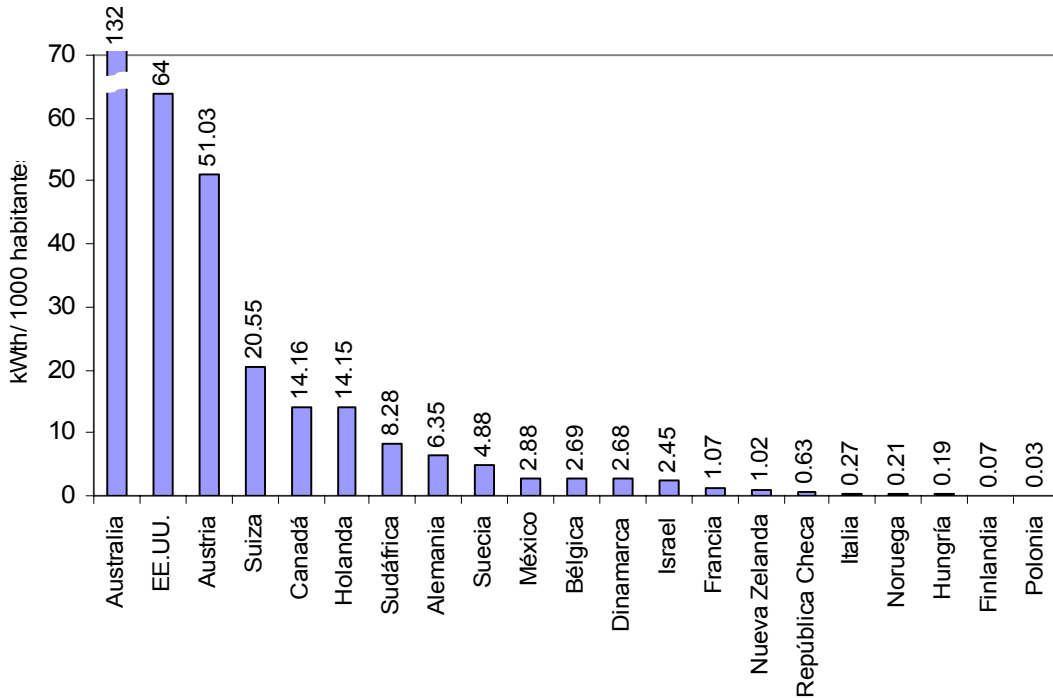
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Plan de Energías Renovables en España 2005-2010
- REN21." Renewables 2007. Global Status Report". 2008.
http://www.ren21.net/pdf/RE2007_Global_Status_Report.pdf
- U.S. Department of Energy. "A Costumer's Guide to Energy Efficiency and Renewable Energy".
September 2005.
http://www.eere.energy.gov/consumer/your_home/space_heating_cooling/index.cfm/mytopic=12490
- Weiss W., Bergmann I., Faninger G. (IEA Solar Heating & Cooling Programme). "Solar Heat Worldwide.
Markets and Contribution to the Energy Supply 2005". April 2007.
- Weiss W., Bergmann I., Faninger G. (IEA Solar Heating & Cooling Programme). "Solar Heat Worldwide.
Markets and Contribution to the Energy Supply 2006". May 2008.
- Sitiosolar. "La calefacción solar por captadores de aire".
<http://www.sitiosolar.com/calefaccion%20solar%20por%20captadores%20de%20aire.htm#comparación>.

7. ANEXO: Gráficos/tablas complementarios/as



FUENTE: Solar Heat Worldwide. IEA. Mayo 2008

Figura I: Potencia instalada de captadores de agua de placa plana y tubos de vacío a finales de 2006 por cada 1000 habitantes en los distintos países



FUENTE: Solar Heat Worldwide. IEA. Mayo 2008

Figura II: Potencia instalada de captadores de agua no vitrificados a finales de 2006 por cada 1000 habitantes en los distintos países

Tabla I: Potencia instalada (acumulada) a finales de 2006 en los distintos países (MWth)

País	Captadores de agua			Captadores de aire		TOTAL (MWth)
	Captadores de placa plana	Tubos de vacío	Captadores no vitrificados	Captadores de placa plana	Captadores no vitrificados	
Albania	28.45	0.11				28.56
Alemania	5 078.82	558.98	525.00			6 162.80
Australia	1 120.00	12.60	2 660.00			3 792.60
Austria	1 870.36	27.71	420.16			2 318.23
Barbados	56.04					56.04
Bélgica	67.73	5.16	28.00			100.88
Brasil	2 178.47					2 178.47
Bulgaria	17.57					17.57
Canadá	56.21	1.65	456.87	0.04	82.67	597.45
China	6 510.00	58 590.00				65 100.00
Chipre	568.08					568.08
Dinamarca	259.60	2.10	14.54	10.68		286.92
Eslovaquia	50.93					50.93
Eslovenia	76.51					76.51
España	639.22	24.22				663.43
Estados Unidos	1 243.34	390.71	19 165.44	159.96	0.07	20 959.51
Estonia	0.78					0.78
Finlandia	9.44	0.48	0.35			10.26
Francia*	734.66	11.19	66.42			812.28
Grecia	2 301.04					2 301.04
Holanda	221.80		230.69			452.49
Hungría	24.74	0.39	1.96			27.09
India	1 050					1 050
Irlanda	8.95	2.18				11.13
Israel	3 406.13		16.45			3 422.58
Italia	464.46	47.50	15.83			527.80
Japón	4 660.84	86.11			304.06	5 051.01
Jordania	582.87	2.52				585.39
Letonia	2.70					2.70
Lituania	1.93					1.93
Luxemburgo	11.13					11.13
Macedonia	11.98					11.98
Malta	16.70					16.70
México	247.55		308.01			555.56
Namibia	2.22					2.22
Noruega	7.35	0.07	0.98	0.84		9.24
Nueva Zelanda	66.66	3.71	4.11			74.48
Polonia	103.97	5.12	9.53	1.75	2.10	118.53
Portugal	169.82					169.82

PROSPECTIVA Y
VIGILANCIA TECNOLÓGICA

País	Captadores de agua			Captadores de aire		TOTAL (MWth)
	Captadores de placa plana	Tubos de vacío	Captadores no vitrificados	Captadores de placa plana	Captadores no vitrificados	
Reino Unido	175.64					175.64
República Checa	54.73	6.57	6.46			67.77
Rumanía	48.37					48.37
Sudáfrica	163.58		392.92			556.49
Suecia	150.50	14.00	44.10			208.60
Suiza**	268.16	17.17	149.00		585.20	1019.54
Taiwán	708.34	75.96				784.31
Túnez	124.27	0.33				124.60
Turquía	6 615.00					6 615.00
TOTAL	42 237.62	59 890.96	24 508.48	173.27	974.10	127 784.43

* Incluidos departamentos no continentales

FUENTE: Solar Heat Worldwide. IEA. Mayo 2008

** En Suiza, los captadores de aire no vitrificados son sistemas muy sencillos empleados para secar paja

