

# La Energía Solar Térmica

► [Angel Bohorquez Colombo](#)

## Contenido

- 2 [Soluciones ofrecidas por la tecnología](#)
- 3 [Mejores lugares para implementar los proyectos de energía solar térmica](#)
- 4 [Retos principales](#)
- 5 [Tecnología](#)
- 7 [Demanda de calor industrial según la temperatura y el sector](#)
- 8 [Proyectos significativos alrededor del mundo](#)
- 9 [Proyectos significativos en América Latina](#)
- 10 [Conclusiones](#)

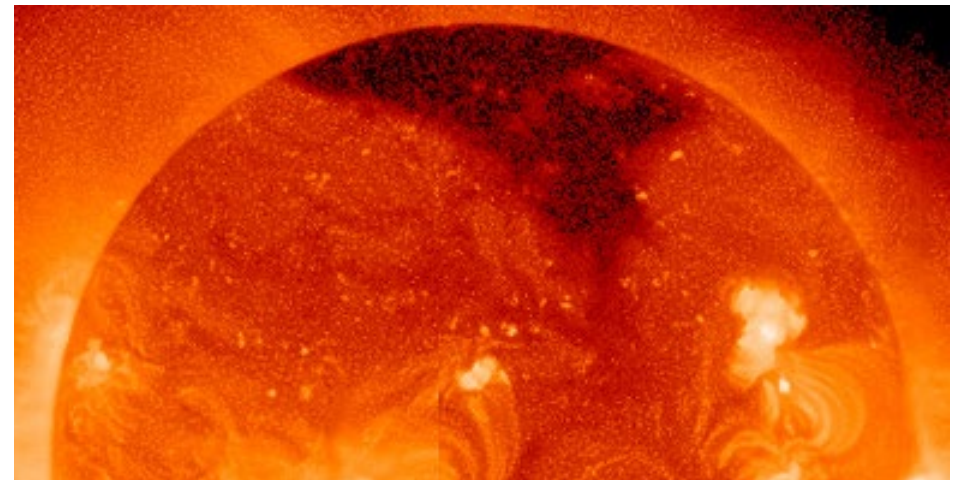


Centro de Innovación Energética

## ¡Deja que entre el sol! Un recurso renovable para los procesos industriales

La energía solar térmica EST (STE por sus siglas en inglés) se refiere al calor generado por la radiación solar. Esta energía se utiliza en aplicaciones industriales, comerciales y residenciales a través de tecnologías diferentes, que incluyen la producción de vapor, los sistemas de calefacción, los sistemas de refrigeración e incluso la generación de electricidad. Puede producir temperaturas que van desde los 45°C hasta más de 300°C, por lo cual es potencialmente útil para una amplia gama de sectores tales como el minero, el de alimentos y bebidas, así como para la manufactura de textiles, la producción química y la fabricación de pulpa y de papel.

A finales de 2010, la capacidad mundial de los sistemas instalados de energía solar térmica era de aproximadamente 195GWth<sup>1</sup> [\(ocupando una superficie total insta-](#)



Fuente: [Seguro sola y finanzas \(Solarif\)](#)

[lada de 279 millones de m<sup>2</sup>\)](#) [frente a los 282GWe<sup>2</sup> de viento,](#) [10,7GWe de energía geotérmica](#) y [40 GWe de energía solar fotovoltaica \(PV\)](#). Hoy en día la mayoría de las instalaciones de energía solar térmica proporcionan energía a los hogares para

calentar el agua. [Sin embargo, la capacidad actual de los sistemas instalados repre-](#)

<sup>1</sup>Gigawatt térmico (GWt or GWth) se refiere a la energía térmica producida.

<sup>2</sup>Gigawatt eléctrico (GWe) es el término que hace referencia a la energía eléctrica.

senta sólo el 0,4 por ciento de la demanda global de agua caliente en el sector residencial. En cuanto al sector industrial, el uso de EST representa menos de 100MWh<sup>3</sup> de la capacidad mundial, lo que significa que el potencial de crecimiento para la EST es importante en los dos sectores.

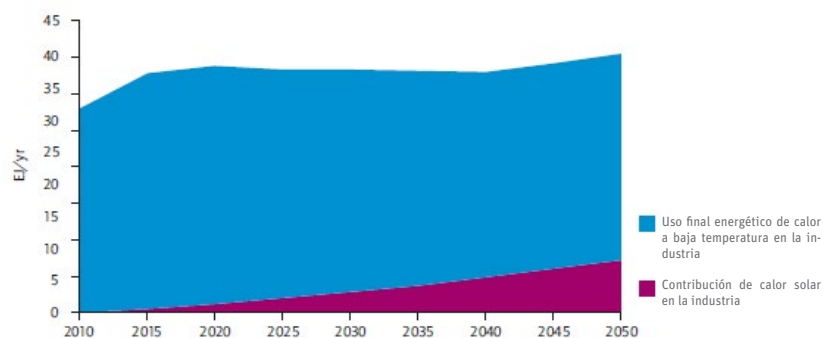
El potencial de crecimiento para la EST parece aún más considerable si se toma en cuenta el intento por incrementar la sustentabilidad y el uso de energía renovable de la matriz energética, tanto a nivel global como en cada país. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA por

sus siglas en inglés), para el año 2050 la EST podría proporcionar al sector industrial un 3 a 4 por ciento de su demanda total de calor (Figura 1) y hasta un 20 por ciento a nivel global de la demanda industrial total de calor a baja temperatura (Figura 2). El uso potencial de EST alrede-

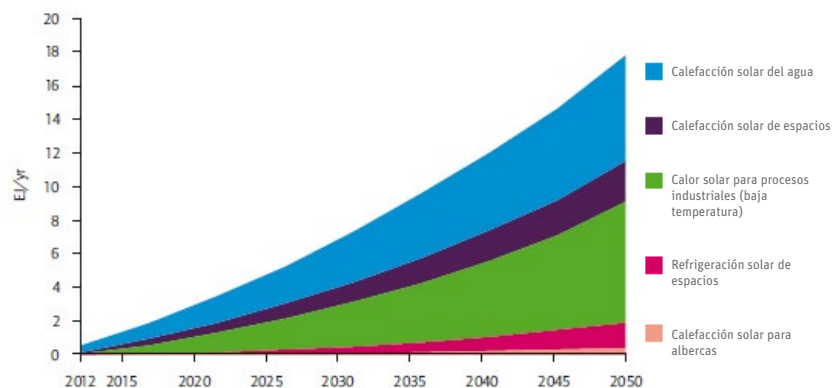
dor del mundo es considerable, especialmente en América Latina (Figura 3).

<sup>3</sup>La capacidad total instalada es una estimación del autor, quien tomo en cuenta la información obtenida de publicaciones anteriores y de proyectos actuales.

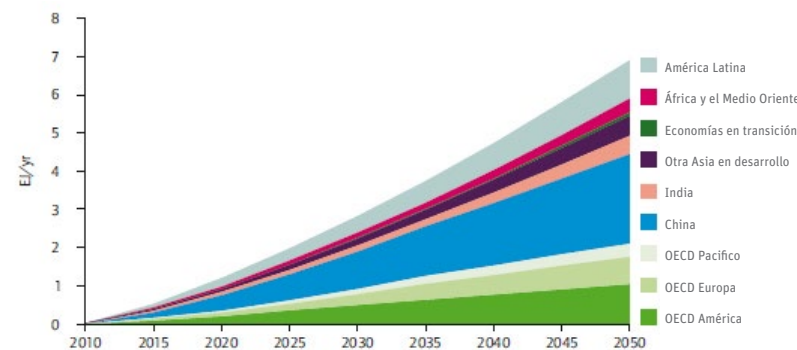
**Figura 1. Mapa de ruta: Visión para el calor solar industrial en relación con la energía final total. El uso de calor a temperatura baja para procesos industriales**



**Figura 2. Mapa de ruta: Visión a futuro para la calefacción y refrigeración solar**



**Figura 3. Mapa de ruta: Potencial de uso de calor solar térmico en procesos industriales**



Fuente: "El mapa de ruta de tecnología: la calefacción y la refrigeración solar." IEA 2012.  
Nota: 1 Exajoule = 277 TWh.

## Soluciones que ofrece la tecnología

El uso de EST en los procesos industriales reduce significativamente el consumo directo de fuentes de energía primarias<sup>4</sup>. También proporciona energía a precio previsible y estable ya que la mayoría de los costos de instalación están incluidos en la inversión inicial. Para otras fuentes el costo depende de variables, y, algunas veces, de los precios volátiles del combustible y de la electricidad. Además, el impacto am-

biental y las emisiones de CO<sub>2</sub> de la EST son extremadamente bajas, lo cual contribuye al aumento en la producción de energía sustentable y también mitiga el efecto del cambio climático.

<sup>4</sup>La **energía primaria** es una energía natural no renovable o renovable que no ha estado sujeta a ningún proceso de conversión o transformación. Es la energía presente en combustibles crudos o en otras formas de energía recibidas como insumo para un sistema.

# Mejores lugares para implementar proyectos de energía solar térmica

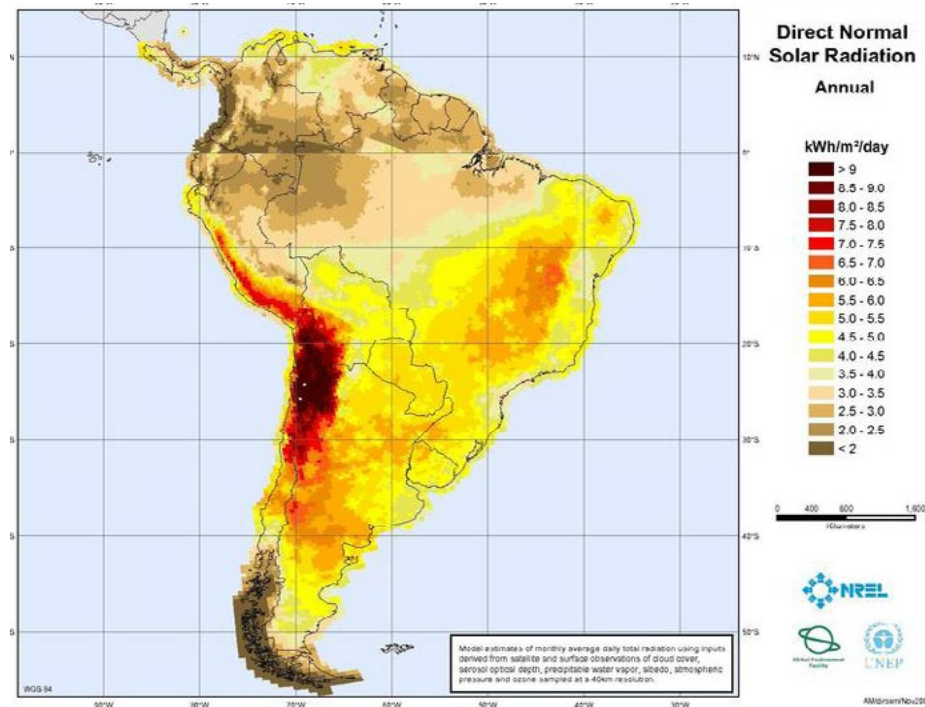
Como en el caso de cualquier fuente de energía renovable, la disponibilidad del recurso natural (en este caso, radiación solar) resulta de suma importancia para determinar si se trata de una solución viable

para la generación de energía. En términos generales, los lugares con el potencial más grande para el uso de EST son los que tienen una Irradiación Global Horizontal, IGH<sup>5</sup> (GHI5 por sus siglas en inglés) superiores

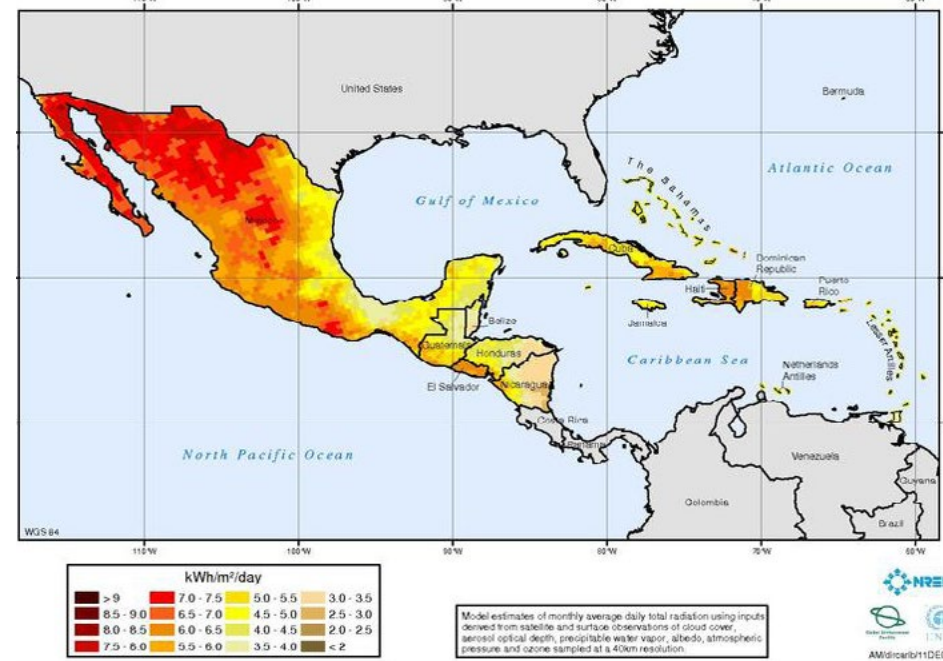
a 2,500kWh/m<sup>2</sup>. Como lo demuestran los mapas, en la región de América Latina y el Caribe (LAC), [el desierto Atacama](#) en Chile y su entorno (ej., la meseta del Altiplano/Puna de Atacama en Argentina y Chile, el

Chico Norte en Chile y el desierto Sechura en Perú), el oeste de Brasil y [el norte de México](#) (los estados de Baja California, Durango, Chihuahua y Sonora) son ideales para el uso de esta tecnología.

## La radiación solar normal directa – anual



## La Radiación Directa Normal – Anual



<sup>5</sup> La **irradiación global horizontal, IGH** (Global Horizontal Irradiance GHI) es la cantidad total de radiación de onda corta que se recibe desde el sol en una superficie que es horizontal al suelo. Los módulos fotovoltaicos y colectores planos para la producción de calor pueden aprovechar la IGH recibida en su totalidad. La IGH incluye tanto la **radiación directa normal, RDN** (Direct Normal Irradiance, DNI), que es un tipo de radiación solar que llega en línea recta desde la dirección del sol y su posición en el momento; la **radiación difusa**, por su parte (Diffuse Horizontal Irradiance, DFI), es la radiación solar que llega desde todas las direcciones al ser esparcidas por las moléculas y otras partículas de la atmósfera.

## Retos clave

Para determinar la viabilidad del uso de EST en aplicaciones industriales se deben considerar, junto con la abundancia y previsibilidad de radiación solar, los siguientes retos:

1. El costo comparativo de fuentes de energía convencionales y la tecnología solar térmica. Como es de esperarse, el costo varía entre países, dentro de cada país, así como de compañía en compañía. De igual modo, los niveles de consumo específico de las compañías y de los acuerdos contractuales negociados también influyen en el coste final de la energía.
2. Los niveles de temperatura requeridos en el proceso industrial específico. La EST es más eficiente cuando se utiliza en procesos que demandan temperaturas bajas y medias .
3. El calor requerido (sobre una base anual, semanal y diaria) para procesos y niveles de temperatura diferentes. Se puede maximizar la generación de energía a través del análisis de las horas, los días y los meses con la radiación solar más alta. Aunque el almacenamiento térmico es viable técnicamente, este hace que el costo total de la instalación aumente y por lo tanto no siempre resulte económicamente viable.
4. La posibilidad de conectar unidades de suministro de calor convencional a la instalación solar térmica alternativa. Esta medida puede ser necesaria para apoyar a la instalación solar en el caso de que la radiación baje o que haga falta almacenamiento.
5. La disponibilidad de grandes volúmenes de fluido (tanques de almacenamiento existentes, recipientes de vapor, baños líquidos, etc.) Los fluidos se deben mantener en reserva para evitar la necesidad de almacenamiento adicional.
6. La disponibilidad de espacio para instalar los colectores solares y, aún mejor, la posibilidad de integrar la instalación a edificios industriales existentes.
7. Políticas públicas que apoyen la implementación de la tecnología en el sector industrial.

Fuente: [eLlaima/Sunmark](#).



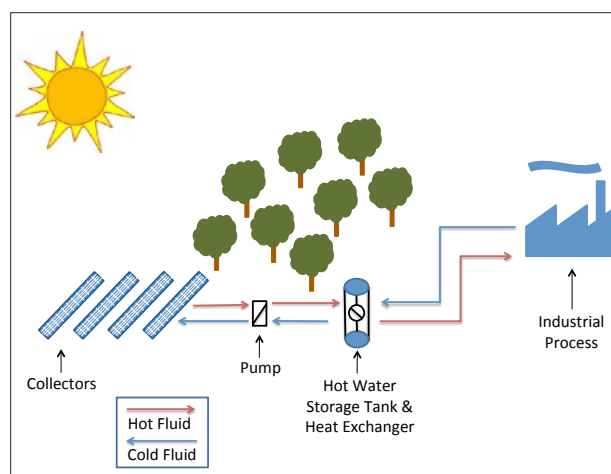
## Tecnología

Los colectores térmicos solares convierten la radiación solar en calor. La instalación consiste en lo siguiente:

- Un campo de colectores solares a través del cual circula el agua o una combinación de agua y glicol (circuito primario).
- Un sistema de regulación para controlar cualquier desajuste entre las necesidades de calor y la variación de la intensidad de radiación solar.
- Un sistema de suministro de calefacción convencional, si es necesario.

### Tipos de colectores

Los procesos industriales normalmente requieren energía térmica dentro de una escala que va desde temperaturas



Fuente: elaboración del autor.

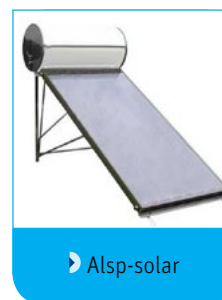
ambientales hasta temperaturas de más de 250°C. La escala de temperatura requerida determina el tipo de colector solar que se puede usar y cómo éste se ha de integrar con el sistema de calefacción industrial existente. La eficiencia del colector solar disminuye a medida que la temperatura del fluido que se usa en el proceso (ej., agua, glicol, aceite, etc.) incrementa o cuando la radiación solar disponible disminuye.

### Colectores estacionarios

Estos colectores son fijos y no necesitan de ningún otro mecanismo para seguir el trayecto del sol. El calor producido por estos colectores alcanza temperaturas bajas y medias de hasta 150°C. Los colectores estacionarios más desarrollados son los siguientes:

#### Colector plano (CP)

Un CP, (FPC, por sus siglas en inglés) es la forma más sencilla para transformar la energía solar en calor. El fluido que circula por el absorbedor es principalmente agua, que muchas veces se mezcla con aditivos (por ejemplo, glicol) para evitar la congelación. Sin embargo, se pueden usar otros líquidos según la aplicación, particularmente según la temperatura de operación necesaria. Para controlar la pérdida de calor, se pueden incorporar al CP diferentes tipos de recubrimientos, los cuales están diseñados para la absorción más alta posible de radiación.



▶ Alsp-solar

#### Colector de tubo evacuado

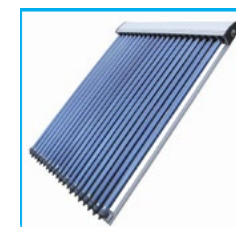
Un colector de tubo evacuado se compone de múltiples tubos de vidrio evacuados que contienen una placa absorbidora fundida a un tubo de calor. El calor del extremo caliente del tubo se transfiere al fluido de transferencia (agua o glicol) de un sistema de agua caliente o de calefacción de espacio hidrónico a través de un "colector", que para protegerlo de los elementos está envuelto en aisladores y cubierto por láminas de metal o por una caja de plástico. El vacío que rodea el exterior del tubo reduce en gran medida la pérdida de calor por convección y conducción, por lo cual resulta más eficiente que el CP, particularmente en condiciones más frías. Esta ventaja se pierde drásticamente en los climas más cálidos, excepto en aquellos casos donde se requiera agua muy caliente.



Fuente:  
Authors' image

#### Colector parabólico compuesto (CPC)

Un CPC, cuyas siglas son iguales en inglés, está formado por dos superficies parabólicas con el mismo centro. Un tubo de absorción se fija en este centro para transportar en forma de calor la energía solar recibida por la superficie del tubo. El CPC concentra la radiación solar sobre el centro y puede recibir también la radiación difusa, dependiendo del ángulo aceptado. Aunque esta característica permite que el colector produzca calor incluso durante un día nublado, la absorción de la superficie se limita a la superficie cilíndrica de los tubos.



▶ Clearchain

### Colectores no estacionarios

A diferencia de los colectores fijos, los colectores no estacionarios utilizan mecanismos para seguir la trayectoria del sol. El calor producido por estos colectores alcanza temperaturas medias y altas de hasta 300°C. Los colectores no estacionarios más comunes usados para los procesos industriales son los siguientes:

#### Colectores cilindros parabólicos

El colector cilindro parabólico tiene un solo eje y se utiliza tanto para la producción de EST como para la generación de electricidad. Los colectores con forma parabólica concentran la radiación solar directa sobre un receptor —que consta de un tubo absorbedor con un área generalmente 25 a 35 veces más pequeña que la abertura— ubicado en la línea focal de la parábola. Los fluidos de calefacción, típicamente agua y aceite térmico, circulan por una tubería absorbente. El bajo coeficiente de pérdida de calor hace que este colector sea eficiente para aplicaciones que requieren altas temperaturas. Al contrario de los colectores estacionarios, los cilindros parabólicos no pueden usar la radiación difusa (DFI por sus siglas en inglés); sin embargo, debido a su mecanismo para seguir al sol, son más eficientes para aprovechar del uso de la radiación directa normal, RDN (DNI, por sus siglas en inglés).



► NJIT

#### Colector Fresnel

El colector Fresnel de concentración lineal está formado por una matriz de tiras de espejo que realizan un seguimiento uni-axial, el cual permite que estas tiras reflejen la RDN hacia un receptor estacionario térmico. El receptor

utiliza un tubo absorbedor con un concentrador secundario. Aunque este tipo de colector fue desarrollado para la generación de poder solar térmico a gran escala, la escala para la generación de calor del proceso solar industrial se puede reducir. El colector Fresnel se monta fácilmente en techos planos y ofrece buena distribución del peso y baja resistencia al viento. Con esta configuración los colectores ocupan poco espacio y se concentran en zonas más cercanas a la demanda.



Fuente: Linear Fresnel Collector. CIEMAT, España

### Almacenamiento de calor térmico

Una vez que se ha elegido el colector solar más eficiente, el siguiente paso es determinar la necesidad de montar una instalación para almacenar el calor. Esta decisión se especifica según cada aplicación y se determina teniendo en cuenta la curva de consumo y la viabilidad económica al representar un aumento del costo total de la instalación.

#### Sistemas solares industriales sin almacenamiento

En muchas industrias, la demanda de calor es más alta que el suministro anticipado de EST, de ahí que no exista la necesidad para el almacenamiento. En el caso más sencillo se necesitaría una línea de operación con una demanda de calor mayor a la de las ganancias solares que se producen durante el mayor tiempo de operación (por ejemplo, por al menos 12 horas diarias durante el día). En este caso, los procesos industriales se alimentan directamente del calor solar producido o del sistema de producción de calor convencional.

### Sistemas industriales solares con almacenamiento de calor

Si los procesos industriales no son constantes, debido a paradas, tales como paradas en los fines de semana o la noche, se puede diseñar un sistema que almacene la energía acumulada para su uso posterior. El almacenamiento puede ser necesario también si hay fluctuaciones fuertes en la demanda de calor durante las horas de operación. El calor se puede almacenar en agua para las temperaturas bajas y en sales fundidas para las temperaturas altas. Por ende, el almacenamiento se utiliza para ayudar con la variabilidad del recurso solar (el factor mayor de las plantas) y para proporcionar un suministro de calor constante, lo cual permite el uso de EST en momentos del día sin radiación solar suficiente.

### Aplicaciones industriales

De acuerdo con un estudio realizado por Euroheat & Power, [las aplicaciones industriales representan el 44% del total de la demanda de calor en una muestra de 32 países](#). Además, más de 50% de la demanda industrial de calor en el sector industrial tienen una escala desde temperatura baja (<60°C), hasta media (60°C–150°C), hasta media alta (150°C–250°C), lo cual enfatiza [el potencial de esta tecnología](#).

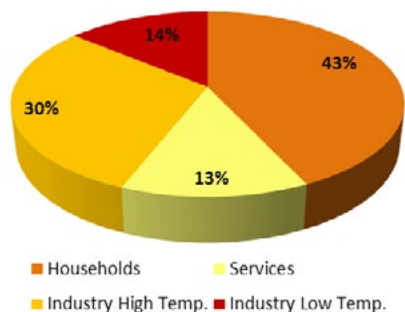
<sup>6</sup> **Euroheat & Power** es una organización que une y combina el sector de calor y energía con los sectores de calefacción distrital y de refrigeración a lo largo de Europa y el mundo. Posee miembros de 30 países diferentes, entre los que incluye todas las asociaciones nacionales de calefacción distrital de los países de la Unión Europea así como la mayoría de los nuevos estados miembros de la Unión Europea. También incluye las utilidades que operan en los sistemas de calefacción distritales, asociaciones industriales y compañías, fabricantes, institutos de investigación, consultorías y otras organizaciones involucradas en los sectores combinados de calor y energía, de calefacción distrital y de refrigeración.

# Demanda industrial de calor según la escala y el sector

Aunque los datos actuales sobre la distribución de la demanda de calor en el sector industrial con referencia a la escala de temperaturas no es exhaustivo en la región LAC, [Euroheat & Power](#) ha establecido que el 30% de la demanda de calor industrial en una muestra de 32 países requiere temperaturas por debajo de 100°C y el 57% a temperaturas por debajo de 400°C. Además, sectores importantes —como el de alimentación y el de tabaco, el de equipo de transporte y maquinaria, el textil; el de producción pulpa de celulosa y de papel— que demandan calor entre temperaturas bajas y

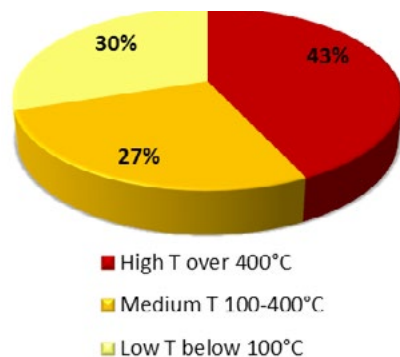
medias (por debajo de 250°C) representan aproximadamente el 60% de la demanda total. El sector de producción de pulpa de celulosa y de papel emplea principalmente un sistema de recuperación de calor y por lo tanto, -aunque la demanda potencial teórica de EST es alta- en la mayoría de los casos no resultaría económico añadir una planta solar térmica al proceso.

**Figura 4: Demanda de calor por sector, 2003**



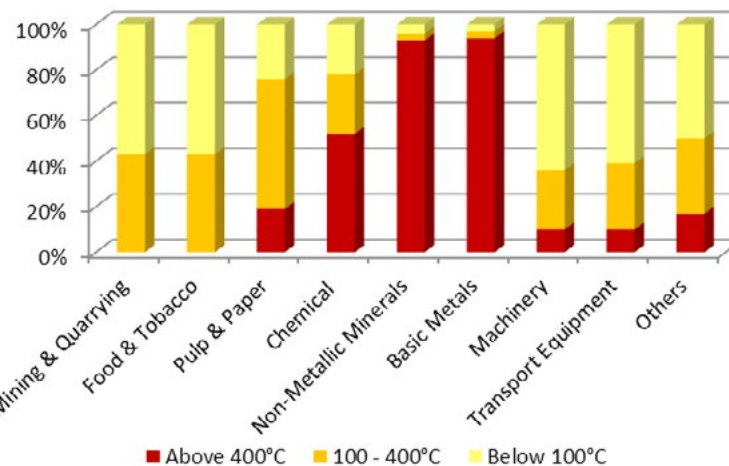
Fuente: ["Ecoheatcool Work Package 1: El mercado europeo de calor," Euroheat & Power, 2003.](#)  
 Nota: 32 países: UE25 + Bulgaria, Croacia, Islandia, Noruega, Rumania, Suiza y Turquía.

**Figura 5: Porción de la demanda de calor en el sector industrial de acuerdo al nivel de temperatura, 2003**



Fuente: ["Ecoheatcool Work Package 1: El mercado europeo de calor," Euroheat & Power, 2003.](#)  
 Nota: 32 países: UE25 + Bulgaria, Croacia, Islandia, Noruega, Rumania, Suiza y Turquía.

**Figura 6: Porción de la demanda de calor industrial de acuerdo al nivel de temperatura y el sector industrial**



Fuente: ["Ecoheatcool Work Package 1: El mercado europeo de calor," Euroheat & Power, 2003.](#)  
 Nota: 32 países: UE25 + Bulgaria, Croacia, Islandia, Noruega, Rumania, Suiza y Turquía.

La temperatura real necesaria para el proceso es el componente clave de la viabilidad para usar esta tecnología en el sector industrial. Aunque el potencial para aplicar la tecnología solar térmica puede variar sustancialmente dentro de un determina sector industrial a otro, los sectores con el potencial más alto son: el de alimentos y bebidas, el textil, el de equipos de transporte, el de tratamiento de metales y plásticos, el de productos químicos y el de minería de co-

bre. Los procesos industriales más adecuados en estos sectores incluyen la limpieza, el secado, la evaporación y la destilación, el escaldado, la pasteurización, la esterilización, la cocción, la fusión, la pintura, el tratamiento de la superficie, la extracción de disolventes y electro-obtención, así como la calefacción y refrigeración de los edificios de las fábricas. La relevancia de cada sector con respecto al desarrollo del mercado también depende del perfil local de la industria.

# Proyectos significativos alrededor del mundo

## Sistema de calefacción solar centralizado o urbano

### Descripción del proyecto

**Capacidad:** 25MWth

**Industria:** calefacción centralizada o urbana

**Inversión:** \$24 millones de dólares estadounidenses

**Lugar:** Riyadh, Arabia Saudita

**Fecha de inicio:** junio de 2011

**Diseño y construcción:** [▶ Millennium Energy Industries \(MEI\)](#)

Este proyecto, actualmente el más grande en su tipo de operación, se compone de una planta de energía solar térmica que proporciona agua caliente y calefacción a los 40.000 estudiantes y empleados de la [▶ Universidad Princesa Nora](#). Está diseñado para soportar condiciones meteorológicas extremas —como las condiciones de congelación de invierno hasta el calor intenso y las tormentas de arena. El sistema de colectores cubre un área de 36.305m<sup>2</sup> y los colectores presurizan agua a una temperatura debajo de los 100°C. A continuación el agua se utiliza para apoyar al sistema de calefacción distrital. Un sistema de almacenamiento de calor de 900m<sup>3</sup> permite que la planta opere las 24 horas del día. El proyecto reduce la emisión de CO<sub>2</sub> por 12.500 toneladas cada año y, durante su vida, sustituirá al equivalente de 52 millones de litros de diesel.



## Fábrica de manufactura de Frito-Lay

### Descripción del proyecto

**Capacidad:** 4MWth

**Industria:** alimenticia

**Lugar:** Modesto, California, USA

**Fecha de inicio:** julio de 2008

**Diseño y construcción:**

[▶ Abengoa Solar](#)

Este proyecto consta de 384 colectores cilíndricos parabólicos, una fábrica en funcionamiento pleno y un intercambiador de vapor y calor que maneja una superficie concentrada de 5.068m<sup>2</sup>. La temperatura del vapor alcanza los 250°C y se utiliza para producir maíz y patatas fritas. La presión dentro de la instalación es 41 barías. El sistema de respaldo se mantiene con la generación de vapor alimentado por gas natural.



Fuente: [▶ Abengoa Solar](#)

Nota: En la actualidad, menos de 100 plantas de EST para producción de calor de proceso industrial y calefacción centralizada o urbana operan en el mundo con una capacidad total debajo de 100MWth. La calefacción centralizada o urbana es un sistema para distribuir el calor generado en una central para cubrir las necesidades de un área residencial y/o comercial.



# Proyectos significativos en América Latina

## Proyecto de Kraft Food en Brasil

### Descripción del proyecto

**Capacidad:** 350KWth

**Industria:** alimenticia

**Lugar:** Recife, Brasil

**Fecha de inicio:** abril de 2012

**Diseño y construcción:** [Abengoa Solar](#)

Este proyecto consiste de un sistema de EST que entrega calor para cocinar, limpiar, secar y pasteurizar jugos de fruta, galletas y dulces. El sistema utiliza colectores cilindro-parabólicos concentrados para calentar el agua a presión a una temperatura de 110°C. El campo solar representa una superficie total de área de 633m<sup>2</sup>. El sistema se puede ampliar para satisfacer la demanda creciente de la instalación.



Fuente: [Abengoa Solar](#).

## Proyecto Minera el Tesoro (Antofagasta Mineras)

### Descripción del proyecto

**Capacidad:** 7MWth

**Industria:** minera

**Inversión:** \$14 millones de dólares estadounidense

**Lugar:** la región de Antofagasta, Chile

**Fecha de inicio:** noviembre de 2012

**Diseño y la construcción:** [Abengoa Solar](#)

El proyecto consiste en una planta de EST que proporciona calor para la extracción de solventes y electro-obtención (SX-EW) de cátodos de cobre en una instalación minera. El sistema utiliza 1.280 colectores cilindro-parabólicos concentrados que cubren un área de 16.742m<sup>2</sup>. Un sistema de almacenamiento de calor de 127m<sup>3</sup> permite que la instalación opere después del anochecer. La instalación produce 25GWh de energía térmica al año, lo cual reduce la emisión de CO<sub>2</sub> por 10.000 toneladas y reduce el consumo de diesel en un 55% al año.



Fuente: [Abengoa Solar](#).

## Proyecto eLlaima & Sunmark (Minera Gaby Codelco)

### Descripción del proyecto

**Capacidad:** 32MWth

**Industria:** minera

**Inversión:** \$24 millones de dólares estadounidenses

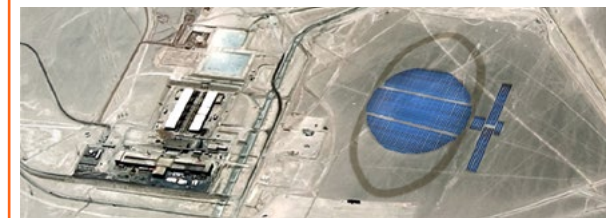
**Lugar:** La región de Antofagasta, Chile

**Fecha aproximada del inicio:** septiembre de 2013

**Constructores, propietarios y operadores:**

[eLlaima & Sunmark](#)

El proyecto es propiedad y está operado también por eLlaima y Sunmark. Se compone de una planta de EST que proporciona calor para la extracción de solventes y electro-obtención (SX-EW) de cátodos de cobre en una instalación minera. El sistema utiliza 2.620 colectores planos de 15m<sup>2</sup> para calentar agua a una temperatura por debajo de 100°C. El sistema tiene una superficie de 39,300m<sup>2</sup>. Un tanque de almacenamiento de calor de 4.000m<sup>3</sup> respalda el sistema, lo cual permite que opere 24 horas al día. La instalación produce 52GWh de energía térmica cada año y reduce el consumo de diesel 85% (el equivalente a una reducción de 6.500 toneladas de diesel cada año y a emisiones de CO<sub>2</sub> de 15.000 toneladas al año).



Fuente: [eLlaima & Sunmark](#).

## Conclusiones

El potencial de utilización de la energía solar térmica en el sector industrial en América Latina y a nivel mundial es considerable. Teniendo en cuenta los costes actuales de la tecnología y circunstancias favorables del recurso solar, esta tecnología es un sustituto viable a los hidrocarburos para generar el calor que se necesita en los procesos industriales, particularmente a temperaturas bajas y medias. Sin embargo, a pesar de los importantes beneficios, la EST está infrautilizada. Para aumentar la expansión de la EST, será vital sensibilizar a la industria y a los poderes públicos de sus beneficios evidentes.

\*Se especifican todas las siglas en inglés, sin embargo, con fines aclaratorios, dichas siglas se han traducido a sus equivalentes en español.

## Información adicional sobre la energía solar térmica



Inglés



Español

Es la segunda edición de la nueva serie dedicada a ofrecer información concisa sobre la innovación energética. La serie está publicada por el [Centro de Innovación Energética \(EIC\)](#), que forma una parte integral de la división del IDB, Departamento de Infraestructuras y el Medio Ambiente.

Nos gustaría agradecer a [Juan Paredes](#), [Antonio Levy](#), Christoph Tagwerker, [Alejandro Melandri](#) y Virginia Snyder por su contribución importante a la integridad técnica de este documento.

Damos las gracias a [Leandro Alves](#), Jefe de la División de Energía del IDB; [Ramon Espinasa](#), Jefe del Equipo EIC y Tomas Sebastian Serebrisky, Asesor Principal del Sector Económico del IDB por su compromiso y apoyo con el EIC y con esta nueva serie.

Esta serie está coordinada por [Annette Hester](#), con la ayuda de Veronica R. Prado y Federica Bizzocchi.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no

reflejan necesariamente las opiniones del Banco Interamericano de Desarrollo, su Junta de Directores o los países que representan.

El uso comercial no autorizado de los documentos del banco está prohibido y es punible bajo las políticas del Banco y/o las leyes aplicables.

Copyright © 2013 Banco Interamericano de Desarrollo. Todos los derechos reservados, puede ser libremente reproducido para cualquier propósito no comercial.



Centro de Innovación Energética