



# solarcombi+



## Sistemas de Calefacción y Refrigeración a Pequeña Escala

### Soluciones Paquete para Sistemas Combinados de Aire-Acondicionado, Agua Caliente Sanitaria y Calefacción

Soluciones de Sistemas Estándares

Soluciones Paquete en el Mercado

Solar thermal  
domestic hot water  
heating (DHW)

DHW

& space heating

Solar Combi

& space cooling

Solar Combi+

Febrero 2010

Identification of most promising markets and promotion of standardised system configurations for the market entry of small scale combined solar heating & cooling applications  
EIE/07/158/SI2.466793 09/2007 – 02/2010

Intelligent Energy  Europe

The sole responsibility for the content of this publication lies within the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.



solarcombi+

## Tabla de Contenidos

¿Qué es un Sistema Solar Combi Plus? .....	3
Regiones Climáticas Más Prometedoras .....	4
Tecnología de colectores apropiada.....	6
Configuraciones de Sistemas Estándares .....	9
Recomendaciones en el Diseño de Sistemas .....	11
Solución paquete - Climatewell .....	14
Solución Paquete - SOLution.....	16
Solución Paquete - SorTech .....	18
Contacto .....	20

Los sistemas Solar Combi Plus usan el calor de los colectores térmicos solares para proveer calefacción en invierno, refrigeración en verano y agua caliente sanitaria durante todo el año. En la Figura inferior se dibuja a grandes rasgos los componentes principales que conforman un sistema típico: (i) el colector solar térmico que proporciona el calor, normalmente operado en apoyo de un sistema auxiliar de calor, (ii) un tanque de almacenamiento que puede ser instalado tanto en el lado caliente, como se muestra en la figura, como en el lado frío o en ambos, (iii) una unidad de preparación de agua caliente sanitaria doméstica, (iv) la enfriadora de absorción/adsorción que funciona con agua caliente (70-100°C), (v) un sistema de disipación de calor a temperatura media (30-40°C) o una torre de refrigeración (seca o húmeda) u otro sumidero de calor (por ejemplo, una piscina), (vi) el sistema de distribución de frío y (vii) sistema de distribución de calor (preferiblemente sistemas de baja temperatura).

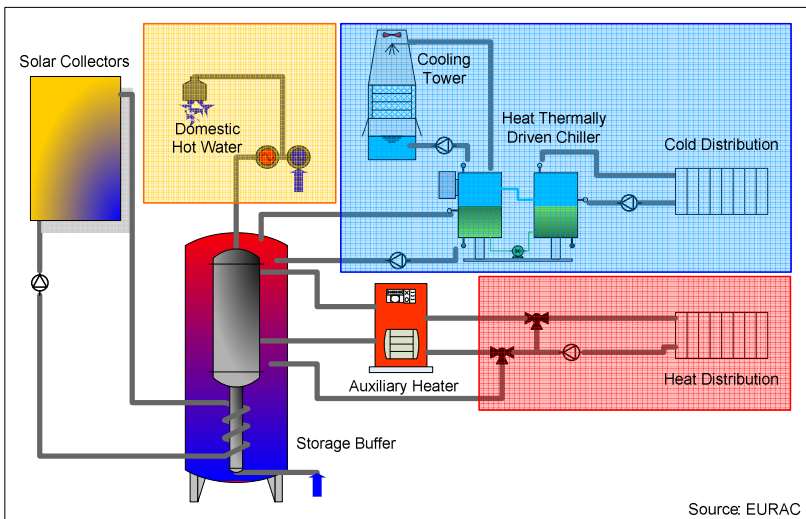


Figura 1 – Ejemplo de los componentes de un Sistema Solar Combi+



## Regiones Climáticas Más Prometedoras

Los sistemas Solar Combi Plus son más adecuados para edificios con demandas tanto de calefacción como de refrigeración. Ello depende sobre todo de las condiciones climatológicas.

La figura 2 muestra un mapa con la distribución de los grados día de calefacción en Europa. Los grados día de calefacción (HDD) se definen como la suma de las diferencias entre la temperatura media interior y exterior. Se asume una temperatura interior de 21°C. El mapa se divide en cinco regiones diferentes: Las dos regiones con HDD por encima de 5000 no se consideran adecuadas para sistemas Solar Combi Plus porque no hay suficiente demanda de refrigeración. Por otro lado en las regiones por debajo de 3000, existen áreas con una demanda extremadamente pequeña de calefacción que se podrían también excluir.

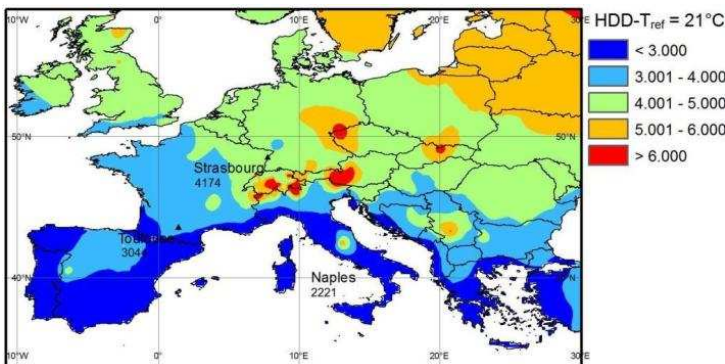


Figura 2 – Grados Día de Calefacción en Europa.

Mientras que el parámetro de invierno (HDD) es una buena figura representativa de las necesidades de calefacción del edificio, el factor de verano (CDD) se puede tan solo emplear como una primera aproximación porque no tiene en cuenta la humedad (calor latente) ni las ganancias solares e internas, que en muchos casos contribuyen a incrementar considerablemente la demanda de refrigeración del edificio. Los Grados



Día de Refrigeración (CDD) se definen de modo similar al HDD pero teniendo como temperatura de referencia interior 26°C.

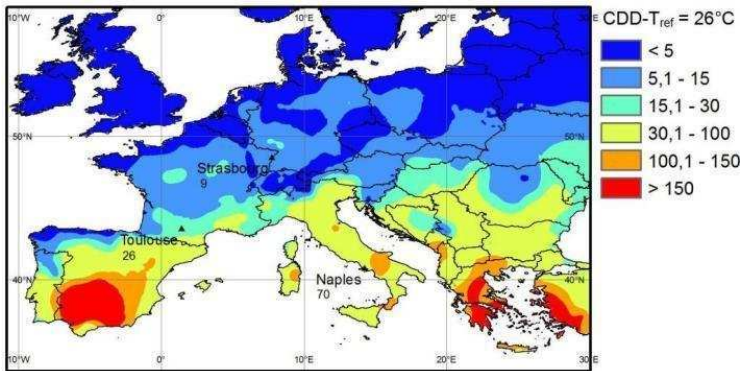


Figura 3 – Grados Día de Refrigeración en Europa.

El mapa de la figura 3 muestra de nuevo diferentes zonas a través de Europa. En las zonas azules no hay mucha demanda de refrigeración, y en el caso de los edificios residenciales está demanda de refrigeración se podría satisfacer empleando tecnologías de refrigeración pasivas más que con sistemas activos. Sin embargo, este tipo de sistemas solares combinados plus pueden ser adecuados en estas regiones central europeas para edificios con altas cargas internas (por ejemplo, edificios de oficinas) o edificios existentes con altas cargas donde las medidas pasivas no se pueden emplear.

Como era de esperar, los países del sur de Europa son más adecuados para sistemas de refrigeración solar que los países centroeuropeos, debido a su alta demanda de refrigeración así como a su mayor disponibilidad de radiación solar. Sin embargo, tan solo las localidades que tienen también una alta demanda de calefacción están idealmente adecuadas para los sistemas SolarCombi plus ya que los colectores solares térmicos se pueden emplear durante todo el año, tanto para calefacción como para refrigeración y ACS.



## Tecnología de colectores apropiada

Existen diferentes tecnologías de colectores disponibles en el Mercado. El definir cuál es la tecnología más apropiada para una aplicación concreta depende de las necesidades de temperatura de operación. Para los sistemas solares combi plus existen 4 niveles de temperatura:

- 40°C para un sistema de calefacción de baja temperatura
- 60°C para preparación de agua caliente sanitaria
- 70°C como temperatura de funcionamiento para enfriadoras de absorción
- 90°C como temperatura de funcionamiento para enfriadoras de absorción

Las curvas de eficiencia de los diferentes modelos de colectores se deberían comparar al nivel de temperatura más alto necesario. La Figura 4 muestra las curvas de eficiencia de tres tecnologías de colectores.

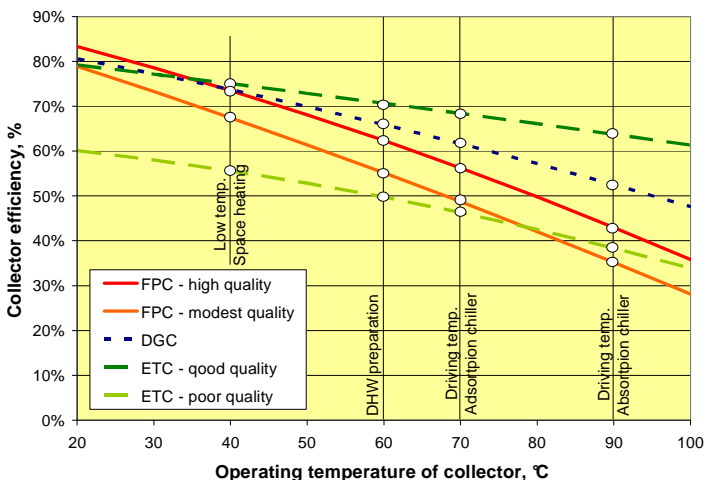


Figura 4 – Curvas de eficiencia de colectores típicos basados en el área de apertura de los diferentes tipos de colectores (FPC – Colectores planos, DGC – Colectores de doble acristalamiento, ETC – Colectores de tubo de vacío). Se asume: 800 W/m<sup>2</sup> de radiación global en incidencia normal para una temperatura ambiente de 20°C.



Se observa que existen muchas diferencias de calidades en el Mercado. Las curvas rojas y naranjas muestran una calidad buena de un colector plano típico y una calidad modesta, respectivamente. Para los colectores de tubo de vacío el rango de calidades es incluso mayor. Entre estas tecnologías, los colectores de doble acristalamiento han entrado en el Mercado. Estos son básicamente colectores planos con una cobertura de cristal adicional o un film de Teflón para reducir las pérdidas desde el colector.



Figure 5: Colectores planos (Fotografía fuente: Sonnenklima)

A bajas temperaturas (como las que se necesitan para sistemas de calefacción a baja temperatura) las diferencias de eficiencia entre las diferentes tecnologías de colectores son pequeñas (excepto para los colectores de tubos de vacío de baja calidad, que no son adecuadas para estas aplicaciones). Sin embargo, a medida que se incrementa la temperatura de operación se hace más importante la calidad del colector. Los colectores de tubo de vacío tienen típicamente las menores pérdidas de calor y, además, están más adecuadas a aplicaciones de altas temperaturas. Sin embargo, incluso entre los colectores de tubos de vacío, es importante dar importancia a la instalación de colectores de alta calidad. Por otro lado, colectores planos o de doble acristalamiento de alta calidad pueden en muchos casos casi dar las prestaciones de los tubos de vacío. Puede llegar a ser más interesante instalar una superficie un poco mayor de colectores de doble acristalamiento o planos en lugar de invertirlos en





solarcombi+

tubos de vacío de alta calidad posiblemente más caros. Se recomiendan simulaciones anuales para cada caso particular para identificar la mejor tecnología de colector para el nivel de temperatura requerido y la radiación disponible.



Figura 6: Colectores de tubos de vacío en Venice Marina  
(Fuente: Climatewell)



Figura 7: Colectores de doble acristalamiento en el ayuntamiento/centro de servicio de Gleisdorf, Austria (fuente: AEE INTEC)





## Configuraciones de Sistemas Estándares

Las siguientes figuras muestran dos sistemas típicos a pequeña escala para calefacción, refrigeración y preparación de agua caliente sanitaria.

La primera configuración mostrada en la Figura 8 Tiene un tanque de acumulación con diferentes zonas de temperatura para la calefacción, preparación de ACS y funcionamiento de las enfriadoras. Este tanque está calentado tanto por los colectores solares como por la caldera auxiliar. Para cargar el tanque desde los colectores existe una válvula que permite el retorno a los colectores bien desde la mitad bien desde el fondo del tanque. Esto permite alcanzar el nivel de temperatura requerido en el tanque de acumulación para su uso en la enfriadora más rápidamente.

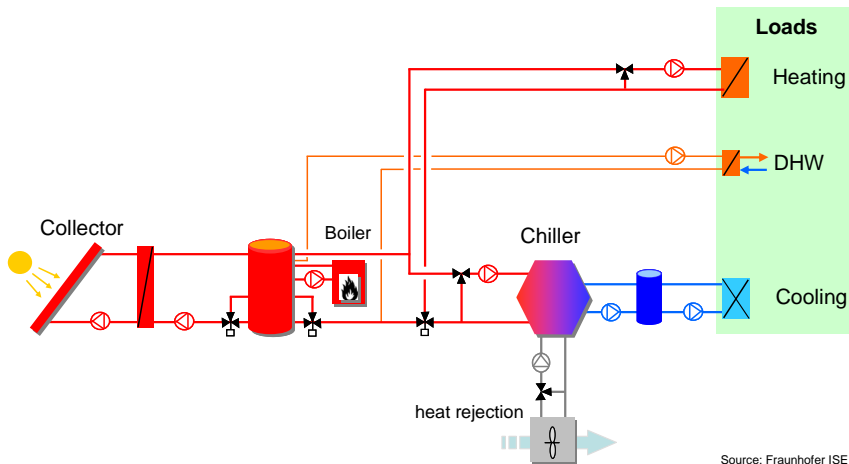


Figura 8 – Configuración típica de un Sistema Solar Combi+ con la caldera auxiliar cargando el tanque de acumulación directamente.

Asimismo, el retorno desde la enfriadora o del circuito de calefacción se puede alimentar al tanque a diferentes Alturas dependiendo de su nivel de temperatura.

En verano la energía se toma del tanque para accionar la enfriadora. Para la preparación de agua caliente sanitaria se emplea un intercambiador de



calor exterior. En invierno el tanque de acumulación se emplea para la calefacción y para el ACS.

La configuración que se muestra en la Figura 9 se ha adaptado al Mercado Español dónde no está permitido que la caldera auxiliar cargue directamente el tanque solar. Por ello, la caldera auxiliar está conectada en serie con el tanque de acumulación.

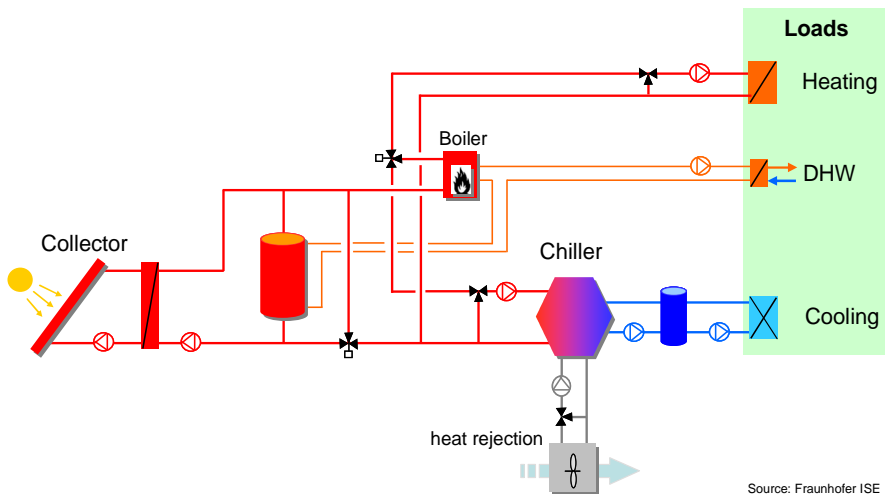


Figura 9 – Configuración típica de un sistema Solar Combi+ con caldera auxiliar conectada en serie con el tanque de acumulación solar



## Recomendaciones en el Diseño de Sistemas

A continuación, se proponen algunas recomendaciones para un buen diseño de los sistemas combinados solares plus basados en los resultados de las simulaciones que se han realizado sobre los diferentes sistemas en diferentes localidades dentro del proyecto Solar Combi+.

### **Largas Áreas de Colector dan mejores resultados**

Los sistemas bien diseñados tienen tamaños de campo de colectores de 3.5 a 5 m<sup>2</sup>/kW de referencia de capacidad de enfriamiento y un volumen de almacenamiento de calor de 50 a 75 l/m<sup>2</sup> de área de apertura de colector. Si se diseña el sistema de acuerdo a esta regla, se pueden obtener altas fracciones solares y el sistema llega a operar casi en su óptimo en término de ahorro de energía primaria y costes del ahorro de energía primaria.



Figura 10: Enfriadora de adsorción de 7.5 kW (fuente: SorTech)

### **Implementación de un Algoritmo de Control Optimizado**

La estrategia de control influye considerablemente en el funcionamiento del sistema, tanto en términos de fracciones solares como en consumo de energía primaria. Ello significa que una adaptación individualizada del sistema de control en función de la localización, aplicación y configuración ofrece un significativo potencial de mejora. Se deberán estudiar especialmente el control de las bombas y del ventilador del sistema de disipación de calor.



## **Empleo de Techo-Radiante como Sistemas de Distribución**

Los sistemas con techo radiante son más favorable comparados con los fan-coils en términos de funcionamiento de la enfriadora, ya que trabajan a una temperatura más alta en el circuito de agua fría. Sin embargo, su instalación es más cara y a menudo su uso en modo calefacción es crítico para aplicaciones de oficinas y edificios residenciales.



Figura 11: Elementos de un Techo Radiante en una Escuela en Butzbach, Alemania (fuente: Fraunhofer ISE)



Figura 12 – Sistema de calefacción y refrigeración en un edificio municipal en Viena, Austria (fuente: SOLution)

## **Considerar Sistemas Autónomos Solares para Refrigeración**

Para maximizar el ahorro de energía primaria debería siempre considerarse el diseño de sistemas sin caldera auxiliar para el aire-acondicionado en verano. Si un sistema está suficientemente sobredimensionado, las fracciones solares para refrigeración pueden llegar al 90% y evitar el uso de un sistema auxiliar.



solarcombi+



Figura 13 – Sistema de refrigeración solar instalado en un techo en Granada España (fuente: IKERLAN)

**Evitar el Uso de un Sistema Auxiliar con Combustibles Fósiles para Refrigeración**

Otras opciones para reducir el uso de combustibles fósiles es la instalación de calderas de biomasa o emplear calor residual como calor de activación. Ello incrementará el ahorro de energía primaria aunque también incrementará los costes de la instalación.



Figura 14 – Vista aérea de una instalación de refrigeración solar en Granada, España (Fuente: FAGOR)



## Solución paquete - Climatewell

El producto de Refrigeración Solar de ClimateWell combina las mejoras características de la absorción y adsorción con su patentada tecnología de absorción de triple estado. Entre sus principales ventajas están su bajo consumo eléctrico, sin ruidos, sin problemas de cristalización y con capacidad de almacenamiento integrado, entre otros.

ClimateWell tiene oficinas en Estocolmo y Madrid y una planta de fabricación en Olvelga (España).



No. of Employees:	63
Turnover in 2008:	3.5 M EUR
No. of Orders:	>1000 units
Manufacturing Capacity:	1000 units/year

Dentro del proyecto SolarCombi+ se han desarrollado soluciones paquete que minimizan los esfuerzos de pre-ingeniería de cada proyecto y además reducen el coste del sistema. Algunos resultados de este trabajo se muestran en la página siguiente. Además, se puede encontrar mayor información sobre la solución paquete de Climatewell en el Informe D4.4 que está disponible en la página web del proyecto.

Se desarrollaron diferentes soluciones para diferentes aplicaciones. El esquema inferior es adecuado tanto para pequeños edificios residenciales y hoteles, respectivamente.



Summer	Winter
$T_a > T_i = P_i$	$T_a > T_i = P_i$
$T_i > T_c$ $T_c > 60^\circ\text{C}$	$T_i > T_c$ $T_c > 90^\circ\text{C}$
$V_1 = \text{ON}$	$V_1 = \text{ON}$
$V_2 = \text{OFF}$	$35^\circ\text{C} > T_c = V_1$

Source: ClimateWell, the leading smart home energy management system. ClimateWell is a smart home energy management system that optimizes energy consumption and reduces energy costs. ClimateWell is a smart home energy management system that optimizes energy consumption and reduces energy costs. ClimateWell is a smart home energy management system that optimizes energy consumption and reduces energy costs.

ClimateWell

**Legend:**

- PV: Photovoltaic module
- P1: Pump
- HE1, HE2, HE3, HE4: Heat exchanger
- T1, T2: Tank
- D1, D2: Distribution
- GH: Greenhouse
- V1, V2: Ventilation
- CU: Control unit
- SV: Safety valve

**System Description:**

The diagram illustrates a solar heating system for a greenhouse. The system consists of a solar collector (PV) connected to a pump (P1) and a series of heat exchangers (HE1, HE2, HE3, HE4). The heat exchangers are connected to a storage tank (T1) and a distribution system (D1, D2). The distribution system is connected to a greenhouse (GH) and a ventilation system (V1, V2). The system also includes a control unit (CU) and a safety valve (SV).

**Flow Path:**

- Solar collector (PV) → Pump (P1) → Heat exchanger (HE1) → Heat exchanger (HE2) → Heat exchanger (HE3) → Heat exchanger (HE4) → Storage tank (T1) → Distribution system (D1, D2) → Greenhouse (GH) → Ventilation system (V1, V2) → Control unit (CU) → Safety valve (SV) → back to Pump (P1).

**Components:**

- Solar Collector (PV):** Converts solar energy into electricity.
- Pump (P1):** Circulates the fluid through the system.
- Heat Exchangers (HE1, HE2, HE3, HE4):** Transfer heat from the solar collector to the storage tank and distribution system.
- Storage Tank (T1):** Stores the heated fluid.
- Distribution System (D1, D2):** Distributes the heated fluid to the greenhouse and ventilation system.
- Greenhouse (GH):** The area being heated.
- Ventilation System (V1, V2):** Controls the temperature and humidity in the greenhouse.
- Control Unit (CU):** Monitors and controls the system.
- Safety Valve (SV):** Prevents overpressure.

<http://www.solarcombiplus.eu>





solarcombi+

## Solución Paquete - SOLution

SOLution ofrece sistemas de absorción solar para calefacción y refrigeración, con una capacidad de enfriamiento de 15kW, 30 kW y 54kW (también hay sistemas hasta 200 kW bajo pedido).

Sorbente: Bromuro de Litio

Refrigerante: Agua

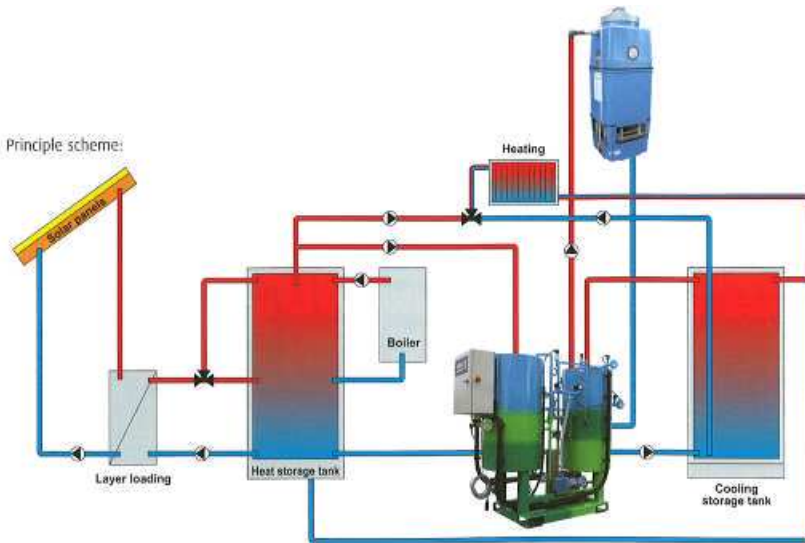


<b>Ejemplo</b>		
<b>Agua fría</b> 	Capacidad de refrigeración	15 kW
	Entrada	17°C
	Salida	11°C
	Caudal	1.9 m³/h
<b>Agua caliente</b> 	Potencia termica	21 kW
	Entrada	90°C
	Salida	80.5°C
	Caudal	2 m³/h
<b>Cooling water</b> 	Potencia Térmica	35 kW
	Entrada	30°C
	Salida	36°C
	Caudal	5 m³/h
COP térmico de la enfriadora		0.71
Consumo eléctrico		0.3 kW



solarcombi+

## Esquema del Sistema



### Ven y visítanos!

**SOLution** Solartechnik GmbH

Gewerbestr.15

A-4642 Sattledt

Austria – Europe

**SOLution** puede además ofrecerte los siguientes servicios:

Soporte técnico

Proyectos de Ingeniería

Montaje de sistemas

Puesta en marcha de sistemas

Echa un vistazo a

[www.sol-ution.com](http://www.sol-ution.com)

y encontrarás más información sobre la compañía y las soluciones térmicas que SOLution puede proporcionarte.





## Solución Paquete - SorTech

Refrigeración y Calefacción.

Enfriadoras de Adsorción con 8 a 15 kW de capacidad de refrigeración.

SorTech AG desarrolla, fabrica y distribuye enfriadoras de adsorción de pequeña escala de rango de funcionamiento. Las enfriadoras son compactas, altamente eficientes y silenciosas. El consumo eléctrico de un ACS 08 es solo 7 W. Una temperatura de funcionamiento tan baja como 55°C es suficiente para hacer funcionar la enfriadora. Esa es la razón por la que las enfriadoras de SorTech son una combinación perfecta para los sistemas de refrigeración solar. Además, puede también emplearse para proporcionar calefacción empleándolo en modo bomba de calor.

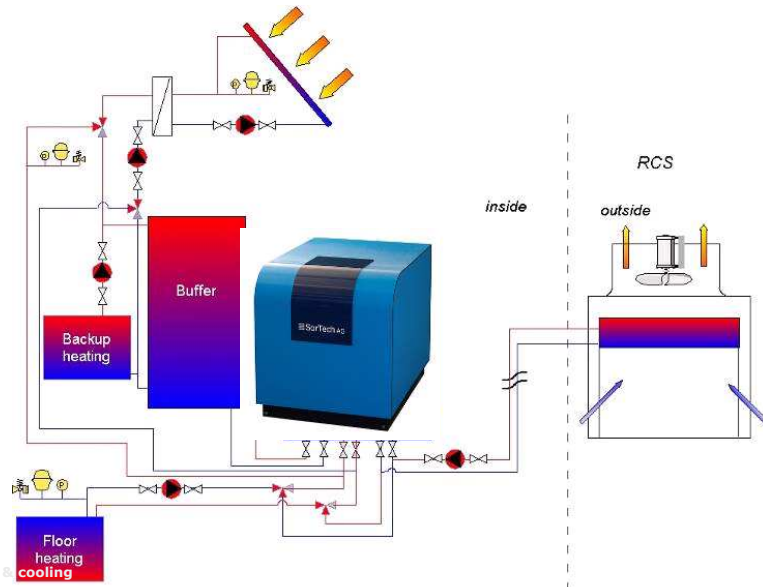
Como contribución al esfuerzo del proyecto SolarCombi+ SorTech ahora ofrece equipamiento auxiliar para simplificar el planeamiento y facilitar la instalación y operación de estos sistemas.

Además, SorTech no entrega tan solo enfriadoras sino también sistemas de disipación, que están optimizados para su uso con las enfriadoras y estaciones de bombeo. Estas estaciones de bombeo incluyen toda la infraestructura necesaria para conectar el tanque de almacenamiento, el sistema de disipación y el sistema de distribución. Adicionalmente, SorTech te asiste en la planificación y el diseño.

Las enfriadoras SorTech se han instalado en Alemania, Austria, Suiza, Italia, España, Francia y Grecia. Los sistemas consisten en diferentes componentes en el sistema de disipación y de distribución. La enfriadora funciona de modo fiable a temperaturas variables.



solarcombi+



### Ejemplo: **Green Lighthouse Copenhagen** **First CO<sub>2</sub>-neutral building in Denmark**

Fuente de calor:	30 m <sup>2</sup> colectores planos
Disipación de calor:	Disipación seca con spray (RCS 08)
Refrigeración:	Fancoils, AHU
Ingeniería y Realización:	COWI / Solar A/S / SorTech AG





solarcombi+

## Contacto

### Austria:

AEE INTEC ([www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at))

### Francia:

Tecsol ([www.tecsol.fr](http://www.tecsol.fr))

### Alemania:

Fraunhofer ISE  
([www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de))

### Grecia:

CRES ([www.cres.gr](http://www.cres.gr))

### Italia:

EURAC ([www.eurac.edu](http://www.eurac.edu))  
Universidad de Bergamo  
([www.unibg.it](http://www.unibg.it))

### España:

Ikerlan ([www.ikerlan.es](http://www.ikerlan.es))



### Participantes industriales:

CLIMATEWELL ([www.climatewell.com](http://www.climatewell.com))  
Fagor ([www.fagor.com](http://www.fagor.com))  
SK Sonnenklima ([www.sonnenklima.de](http://www.sonnenklima.de))  
SOLution ([www.sol-ution.com](http://www.sol-ution.com))  
SorTech ([www.sortech.de](http://www.sortech.de))

### Más información:

EURAC research – Coordinador del proyecto  
Viale Druso/Drususallee 1  
I-39100 Bolzano/Bozen. Italia  
Tel. +39 0471 055610  
Fax +39 0471 055699  
[Roberto.fedrizzi@eurac.edu](mailto:Roberto.fedrizzi@eurac.edu)