

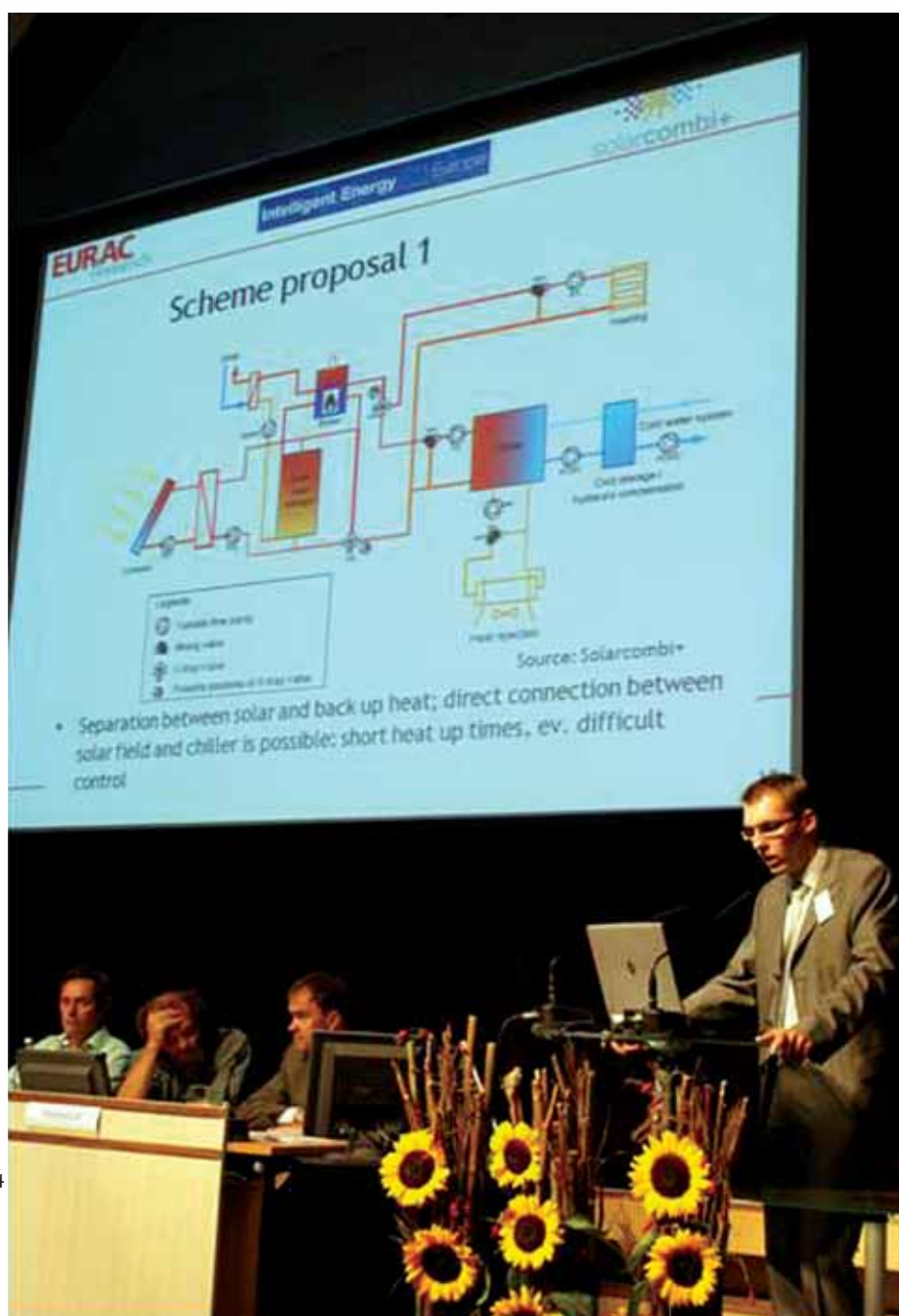
SOLAR TÉRMICA

# Solar Combi+

*El proyecto europeo SolarCombi+ (2007- febrero de 2010) tiene como objetivo la promoción de sistemas estándares combinados solares para proporcionar calefacción, agua caliente sanitaria y aire acondicionado (llamados sistemas Solar Combi+) para pequeñas aplicaciones, de hasta unos 20 kW de capacidad frigorífica. El uso combinado de la energía solar para calefacción y refrigeración tiene el potencial de valorar aún más la energía solar térmica desde fundamentalmente proveedora de ACS hasta distribuidora principal de energía térmica de un edificio.*

Ruth Fernández (Ikerlan-IK4)

José María Chavarri (Fagor Electrodomésticos)



Para el desarrollo del proyecto europeo SolarCombi+, que ha sido subvencionado por el programa Intelligent Energy Europe, se identificaron unas enfriadoras de absorción/adsorción de pequeña escala capaces de trabajar en este tipo de sistemas, como son Climatewell 10; Rotartica Solar 4.5; Sonnenklima Suniniverse; Sortech ACS08 y EAW Wegrecal 15, con un rango de trabajo de 70 a 100°C de temperatura de agua caliente de entrada.

Los sistemas Solar Combi Plus usan el calor de los captadores térmicos solares para proveer calefacción en invierno, refrigeración en verano y agua caliente sanitaria durante todo el año. La Figura 1 presenta a grandes rasgos los componentes principales que conforman un sistema típico: (i) el colector solar térmico que proporciona el calor, y que normalmente funciona con el 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, sonda geotérmica, etcétera), (vi) el sistema de distribución de frío y (vii) el sistema de distribución de calor (preferiblemente sistemas de baja temperatura). Todos los componentes del sistema estaban disponibles en el mercado,

pero existían muy pocos proveedores de sistemas llave en mano, y ese fue precisamente el punto de partida del proyecto.

### ■ Los problemas y las soluciones

Para empezar, y en primer lugar, los sistemas combinados de calefacción y refrigeración necesitan diseños especializados, de modo que los componentes individuales funcionen correctamente al trabajar conjuntamente. Hasta ahora, cada sistema era único, diseñado desde los componentes más básicos y sin subsistemas prediseñados. Esto (i) conllevaba un gran esfuerzo económico, que no era factible para pequeñas aplicaciones, ya que el coste de diseño era prohibitivamente elevado en relación al coste de los componentes físicos y, (ii) a menudo, exigía demasiado esfuerzo al instalador solar térmico.

Para dar solución a este vacío, se identificaron configuraciones prometedoras, simuladas en distintas condiciones (uso, clima y tipología de edificio) y, finalmente, se valoraron económica y ecológicamente. A partir de un elevado número de casos virtuales, se identificaron un pequeño número de sistemas con las configuraciones estándar que mejor trabajan bajo las diferentes condiciones. Basadas en estas, los fabricantes de enfriadoras de adsorción/absorción a pequeña escala y la industria solar térmica diseñaron soluciones-paquete.

El segundo gran obstáculo radicaba en el hecho de que las enfriadoras de adsorción/absorción a pequeña escala son caras, debido a que los actuales volúmenes de producción son muy bajos. Por consiguiente, solo una promoción y estrategias de mercado adecuadas promocionarán considerablemente la aplicación de la tecnología.

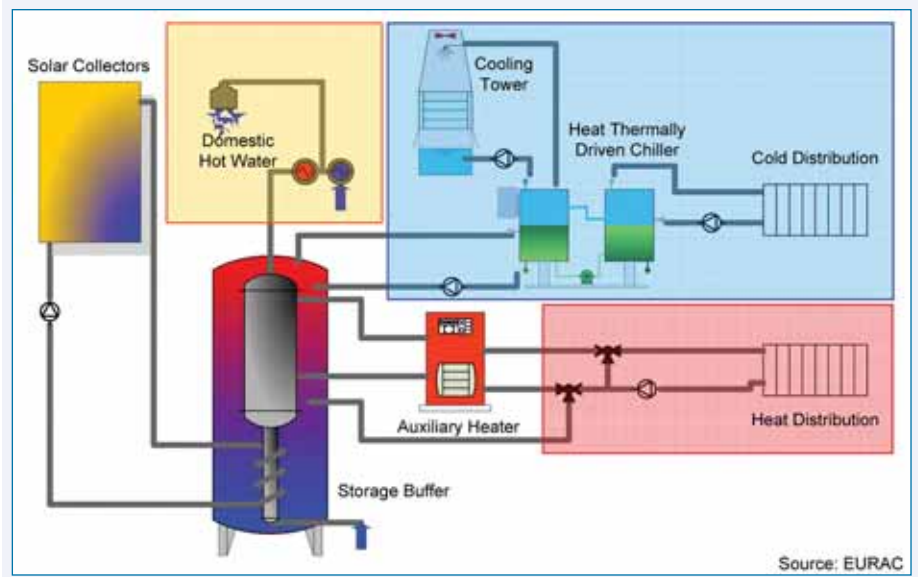
Por último, la tercera gran barrera era el desconocimiento de estos sistemas por parte de los instaladores solares térmicos, diseñadores, arquitectos y clientes potenciales. Los planes de diseminación realizados han supuesto, entre otras medidas, la formación de instaladores solares térmicos y presentaciones dirigidas a profesionales.

### ■ Plan de trabajo

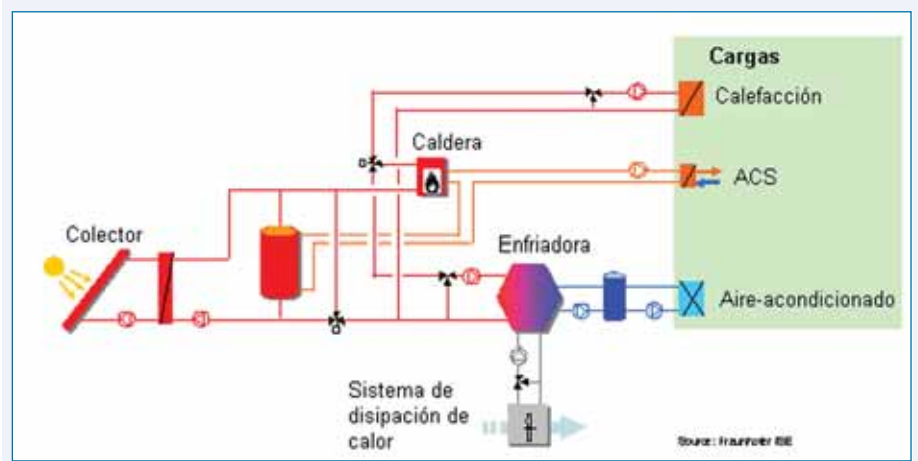
Cinco son los puntos clave del plan de trabajo seguido en el Proyecto Solar Combi+: análisis de mercado, estudio de casos virtuales, evaluación de esos casos, formación en soluciones-paquete y diseminación, formación y comunicación.

Para empezar, el estudio de mercado proporcionó un profundo análisis de mercado de los sistemas Solar Combi+ a pe-

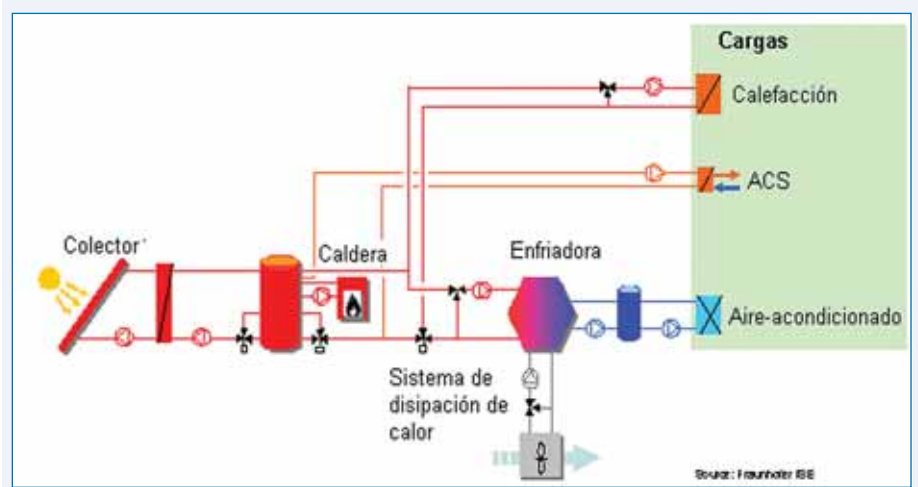
**Figura 1: Esquema de un sistema SolarCombi+**

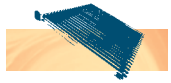
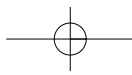


**Configuración C1, simulada para ClimateWell 10, Sonnenklimate Suninverse y Rotartica Solar 4-5**



**Configuración E1, simulada para las enfriadoras Sortech ACS08 and EAW Wegracal 15**





## SOLAR TÉRMICA

queña escala y sirvió para la definición de los casos a estudiar. Está basado en tres pilares: (i) enfriadoras de pequeña escala, (ii) aplicaciones solares térmicas y (iii) consumidores. Los estudios de valoración económica y ecológica fueron, por otro lado, la base para el análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades), el examen de la participación en el mercado y la definición de objetivos.

En segundo lugar, el estudio de casos virtuales se ha basado en los resultados del análisis de mercado y en la experiencia de las instalaciones ejecutadas. A partir de él, se identificaron las configuraciones más prometedoras, simuladas para condiciones típicas diferentes (uso, clima, tipología de edificio) y, finalmente, se valoraron económicamente y ecológicamente.

La evaluación de los casos virtuales fue el tercer punto clave. A partir de una gran cantidad de estudios de casos virtuales, se identificaron un número de configuraciones de sistemas estándares, que mejor trabajan en diferentes condiciones de trabajo. Basadas en estas, los participantes industriales han proporcionado soluciones-paquete para su tecnología. Las valoraciones económicas y ecológicas de los casos virtuales en estudio han permitido además identificar los mercados más prometedores. Por último, pero no menos importante, los resultados de los estudios de casos virtuales estarán disponibles online, durante los próximos dos años, con una herramienta sencilla de uso, permitiendo la entrada según distintos criterios de aplicación.

La formación en soluciones-paquete fue el cuarto punto clave. Se prepararon cursos especiales de formación para instaladores solares térmicos, basados en configuraciones estándar y soluciones-paquete. Y, por último, se elaboraron unos planes de diseminación dirigida, comunicación y formación para llegar a los distintos agentes clave. Asimismo, todos los entregables públicos estarán disponibles para ser descargados desde la página web del proyecto.

### ■ Punto y aparte para el análisis de mercado

La primera parte del proyecto europeo SolarCombi+ (2007-2010) se dedicó, tal y como apuntamos, al análisis de posibles mercados para sistemas Solar Combi+. Como la competencia tecnológica son los sistemas de aire acondicionado convencionales (no solares), se analizaron las posibles soluciones tecnológicas con pequeña capacidad de refrigeración, así como su mercado en Europa.

El mercado del aire acondicionado (Air Conditioning, AC) en Europa ha crecido rápidamente durante los últimos cinco años. El tamaño de los mercados de AC en los siete principales países euro (Francia, Alemania, Grecia, Italia, Rusia, España y Reino Unido) se ha expandido desde 2,4 millones de unidades vendidas en el año 2000 a cinco millones de unidades vendidas en 2004. Un estudio más en detalle del mercado del AC en Europa revela que España e Italia tienen la participación más grande de mercado con 1,4 a 1,7 millones de unidades al año (desde 2004), seguida de Francia, Grecia y Reino Unido, desde 300.000 a 500.000 unidades cada uno.

Para pequeñas demandas de refrigeración se emplean típicamente sistemas de aire acondicionado unitarios o "multi-split".

El estudio entre los participantes industriales del proyecto SolarCombi+ indicaba que los mercados de mayor interés para sus sistemas Solar Combi+ son España, Italia y Francia.

### ■ Solar térmica en Europa

Actualmente, el mercado solar térmico está creciendo en toda Europa, si bien ese crecimiento se produce a diferente velocidad y con distintos enfoques: Alemania es aún el mayor mercado, Austria y Grecia están entre los países con mayor área de colectores per cápita, pero, mientras en Alemania y Austria los sistemas solar combi se están incrementando en importancia (35% del área instalada), en Grecia dominan los sistemas de termosifón para ACS, y otros países europeos del sur, como por ejemplo España y Francia, están llegando al nivel ahora. Los sistemas Solar Combi+ tienen un alto potencial porque se pueden usar para agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, calefacción y, por supuesto, re-

frigeración. Aunque los pequeños sistemas Solar Combi+ son relativamente nuevos en el mercado, las ventas están creciendo rápidamente. Los participantes industriales de este proyecto han instalado ya más de 130 sistemas por toda Europa.

### ■ Estudio de casos virtuales

Para un arquitecto, ingeniero, instalador o diseñador es muy complicado decidir en un primer estadio si un sistema solar combinado de calefacción, ACS y refrigeración es factible en un caso específico. Por ello, se ha llevado a cabo un extenso estudio de simulaciones para llegar a determinar los sistemas estándar más eficientes. El estudio de casos virtuales es una aproximación comparativa que proporciona datos de funcionamiento de sistemas Solar Combi+, obtenidos a partir de los cálculos de simulaciones. Los mejores casos serán accesibles en una herramienta online disponible en [solarcombiplus.eu](http://solarcombiplus.eu), que permitirá predimensionar los sistemas Solar Combi+ y valorar los resultados de los diferentes parámetros de eficiencia energética y económica, respecto a un sistema convencional.

La reducción del tiempo de diseño para esta tipología de sistemas es fundamental para la reducción de costes. Para apoyar en este proceso de diseño, se realizó un estudio de casos virtuales dentro del proyecto Solar Combi+. Para ello, se definieron dos sistemas hidráulicos para este tipo de aplicaciones, basados en los resultados del estudio de mercado y en la amplia experiencia de los participantes del proyecto. La diferencia fundamental entre ambos sistemas fue la integración del tanque de acumulación de agua caliente. Así, el sistema definido finalmente como C1 permitía el *bypass* del tanque. El agua caliente sanitaria (ACS) era precalentada en el tanque de acumulación y, si fuera necesario, se calentaría hasta los 60°C con el sistema auxiliar (en el esquema inferior se representa a través de una caldera).

En el sistema definido como E1, todas las fuentes de generación de calor cargarían al acumulador y el consumidor obtendría su energía del mismo. Las características básicas de este acumulador serán, entre otras, la existencia de una salida en la mitad del acumulador en caso de requerir agua caliente a la temperatura mínima necesaria para arrancar la enfriadora de modo rápido; la parte superior de unos 200 litros estaba siempre a 60°C para la preparación del ACS; y en la fase de retorno, el agua era devuelta al acumulador de un modo estratificado.

### ■ Quién es quién en Solar Combi+

#### Coordinador

EURAC Research (Italia)

#### Socios institucionales

Ikerlan-IK4 Technological Research Centre (España)

Centre for Renewable Energy Sources (Grecia)

Fraunhofer Gesellschaft zu Förderung angewandter Forschung e.V. – Institut für Solare Energiesysteme (Alemania)

Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie - Institut für Nachhaltige Technologien (AEE Intec, Austria)

Università degli Studi di Bergamo (Italia)

Tecsol SA (Francia)

#### Socios industriales

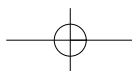
Fagor (España)

ClimateWellAB (Suecia)

SorTech AG (Alemania)

Solution Solartechnik GmbH (Austria)

SK Sonnenklima GmbH (Alemania)





Cada una de las enfriadoras se simuló en las configuraciones establecidas por los fabricantes, y sobre ellas se variaron una serie de parámetros. Así, se seleccionaron tres localidades, representativas de la climatología de Europa: Estrasburgo, Nápoles y Toulouse. Se consideraron dos tipos de edificios: oficinas y residencial. Se calcularon las cargas de refrigeración y calefacción para esos edificios representativos en las localidades seleccionadas.

Cada configuración se dividía en sub-configuraciones: con diferentes tipos de enfriadoras, sistemas de disipación de calor (húmeda y seca) y su apropiada estrategia de control, dos tipos de colectores (planos y tubos de vacío), cinco tamaños de colector: 2 a 5 m<sup>2</sup>/kW de potencia frigorífica de referencia; y tres tamaños de tanques de acumulación de calor: 25-50-75 l/m<sup>2</sup>.

Para reducir el esfuerzo de simulación y aumentar la estabilidad de los sistemas, los edificios no eran simulados conjuntamente con los sistemas en este estudio. Las cargas para los diferentes edificios en las distintas localidades fueron calculadas previamente en simulaciones externas.

El sistema de referencia convencional empleado para comparar estos sistemas solares combi+ fueron una caldera para la generación de agua caliente para ACS y calefacción y un chiller de compresión, con una eficiencia dependiente de la diferencia entre la temperatura ambiente y el agua fría proporcionada por el sistema.

$$\text{COP} = 3.62 - 0.06 \cdot (t_{\text{amb}} - t_{\text{CW}}).$$

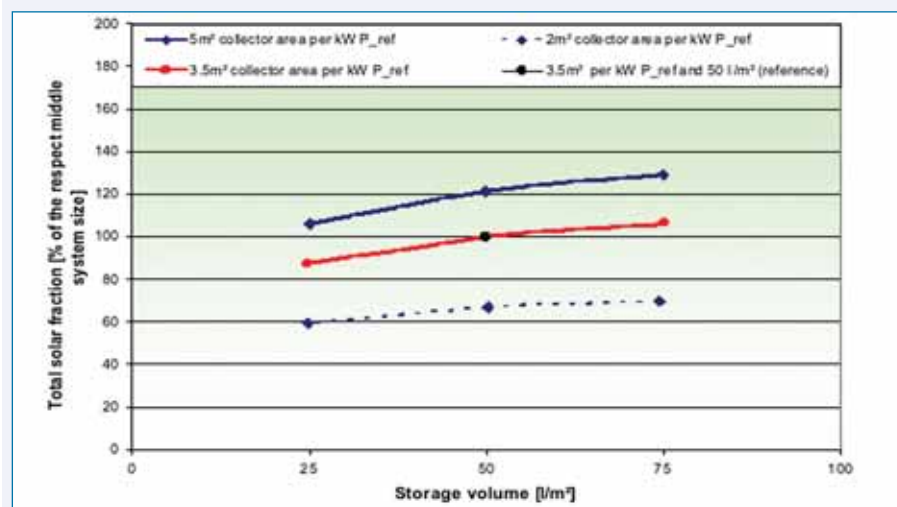
## Resultados

En total se realizaron alrededor de seiscientas simulaciones para cada enfriadora. La evaluación de los sistemas se realizó teniendo en cuenta los parámetros energéticos y económicos definidos para su comparativa con un sistema convencional.

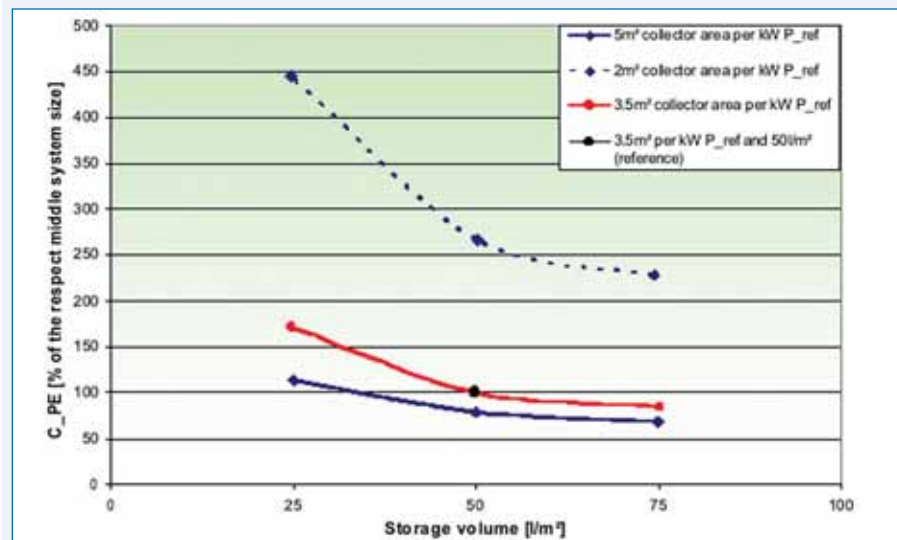
El objetivo del estudio de casos virtuales fue la identificación de los campos de aplicación más prometedores de las diferentes configuraciones de sistema y de los equipamientos. Así, los resultados se presentan basados en una serie de parámetros de evaluación, incluyendo ahorro de energía primaria, disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con el sistema de referencia calculado con una tecnología de calefacción y refrigeración convencional.

Los resultados mostrados en las siguientes figuras muestran las medias obtenidas con las diferentes enfriadoras para una aplicación de tamaño medio. (3,5 m<sup>2</sup>/kW potencia frig. de referencia y 50 l/m<sup>2</sup> área colector) [Gráfico 1].

**Gráfico 1. Desviación (media de las enfriadoras evaluadas) de la fracción solar con respecto a un sistema medio (punto negro= supuesto 100% fracción solar) para un edificio residencial en Nápoles, con techo radiante, colectores planos y torre de refrigeración.**



**Gráfico 2. Desviación (media de la enfriadoras) del coste por ahorro de energía primaria, respecto a un sistema de tamaño medio (punto negro) tal y como se realizó en el gráfico anterior.**



El gráfico muestra cómo al incrementar el área de colector de 2 m<sup>2</sup>/kW a 3,5 m<sup>2</sup>/kW la mejora en la fracción solar es de casi un 35%, y al pasar de 3,5 a 5 m<sup>2</sup>/kW es de en torno a un 20%. En cuanto a la mejora al aumentar el volumen del tanque de acumulación, es importante observar que, asimismo, mejora la fracción solar al aumentar el tanque, aunque la proporción de mejora se ve reducida, siendo muy importante al pasar de 25 a 50 l/m<sup>2</sup> de superficie de colector, y menos apreciable al pasar de 50 a 75.

Para un buen dimensionamiento del sistema es importante encontrar un com-

promiso entre la eficiencia del sistema y el coste. Para evaluar este objetivo se definió el parámetro de coste por ahorro de energía primaria (c<sub>PE</sub>) como el coste de la energía primaria ahorrada por el sistema Solar Combi+ frente al coste con un sistema convencional. Un sistema de dimensión razonable debería tener alrededor de 3,5 a 5 m<sup>2</sup> de superficie de colector por kW de capacidad de refrigeración, y un volumen de unos 50 l/m<sup>2</sup> de superficie de colector [Gráfico 2].

### Más información:

→ [www.solarcombiplus.eu](http://www.solarcombiplus.eu)