

Sistemas de Energía Solar Térmica Avances Tecnológicos y Nuevas Aplicaciones

**Hans Schweiger
AIGUASOL Ingeniería**

**Jornadas Palma de Mallorca
Abril 2003**

Sistemas solares de baja y media temperatura

Tecnologías:

- ✍ **Colectores estacionarios**
- ✍ **Colectores concentradores**

Aplicaciones:

- ✍ **Agua caliente y calefacción**
- ✍ **Procesos Industriales**
- ✍ **Frío solar**
- ✍ **Redes de distrito**
- ✍ **Desalinización de agua**



Avances tecnológicos: Colectores solares y tecnología de sistemas

Colectores solares (1): Colectores solares planos

Colectores planos

superficies altamente selectivas
(TiNOX, Sunselect, etc.): $\alpha < 10 \%$

cristales anti-reflectantes: $\tau > 95 \%$

Colectores con barreras anti-convectivas

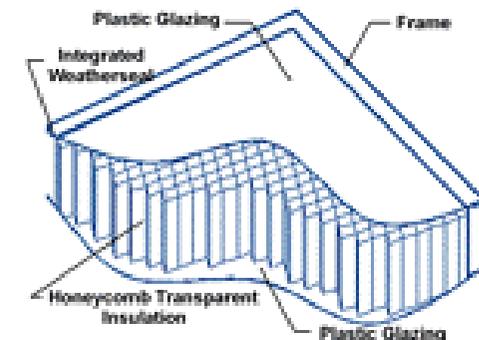
Doble acristalamiento

Folios de teflón

Aislamiento transparente



Fuente: Fraunhofer ISE



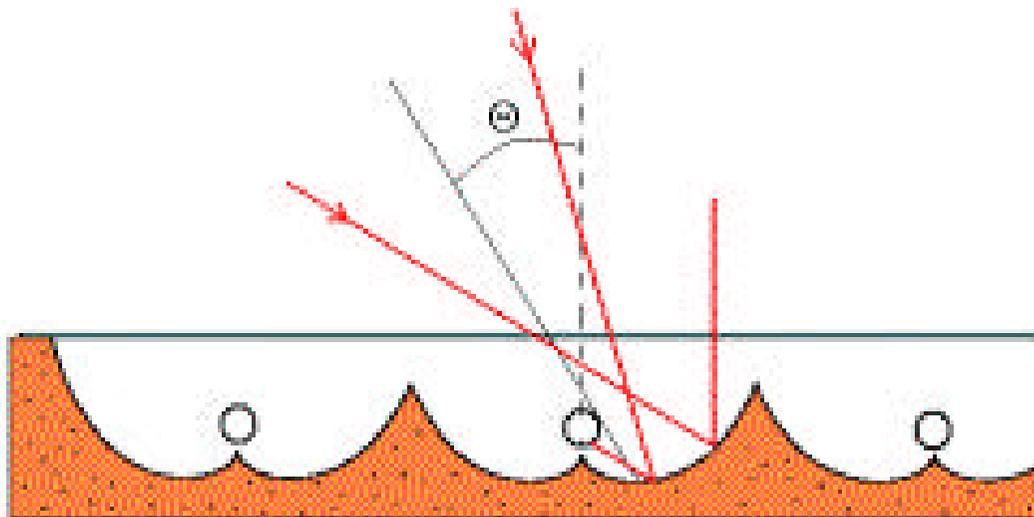
Fuente: Oikos

Colectores solares (2): Concentrador parabólico compuesto (CPC)

Colectores CPC

 Concentración $C = 1.1 \dots 2$

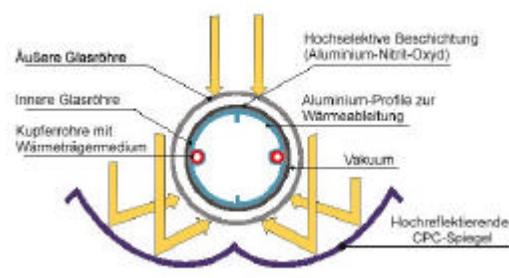
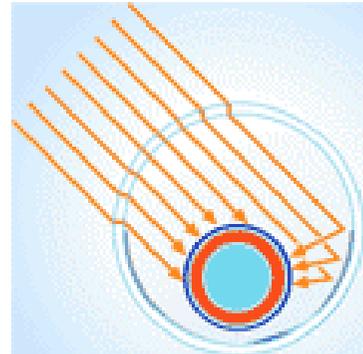
 Ángulo de aceptación = $90 \dots 30^\circ$



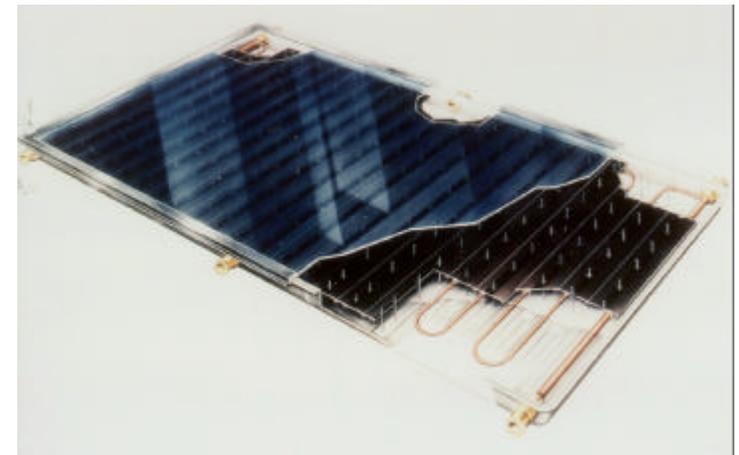
Colectores solares (3): Colectores evacuados

- Colectores de tubo de vacío
 - C. de tubo de vacío fabricados completamente de vidrio

Tubo de vacío con CPC



- Colectores planos evacuados



- ✍ **Colectores cilindro-parabólicos comerciales:**
IST (EE.UU.), Solitem (Alemania / Turquía), SOLEL (Israel)
LS-3 (SOLEL, Israel), Proyecto Eurotrough



- ✍ **Desarrollos recientes**
Fix-focus (Concentrador segmentado, DLR, Alemania)
Generación directa de vapor (Project DISS, PSA + DLR)
Colector pequeño para integración en tejados (Knopf, Austria)

- ✍ Colectores Solares de tamaño grande ($> 10 \text{ m}^2$)
- ✍ Integración en tejados y fachadas

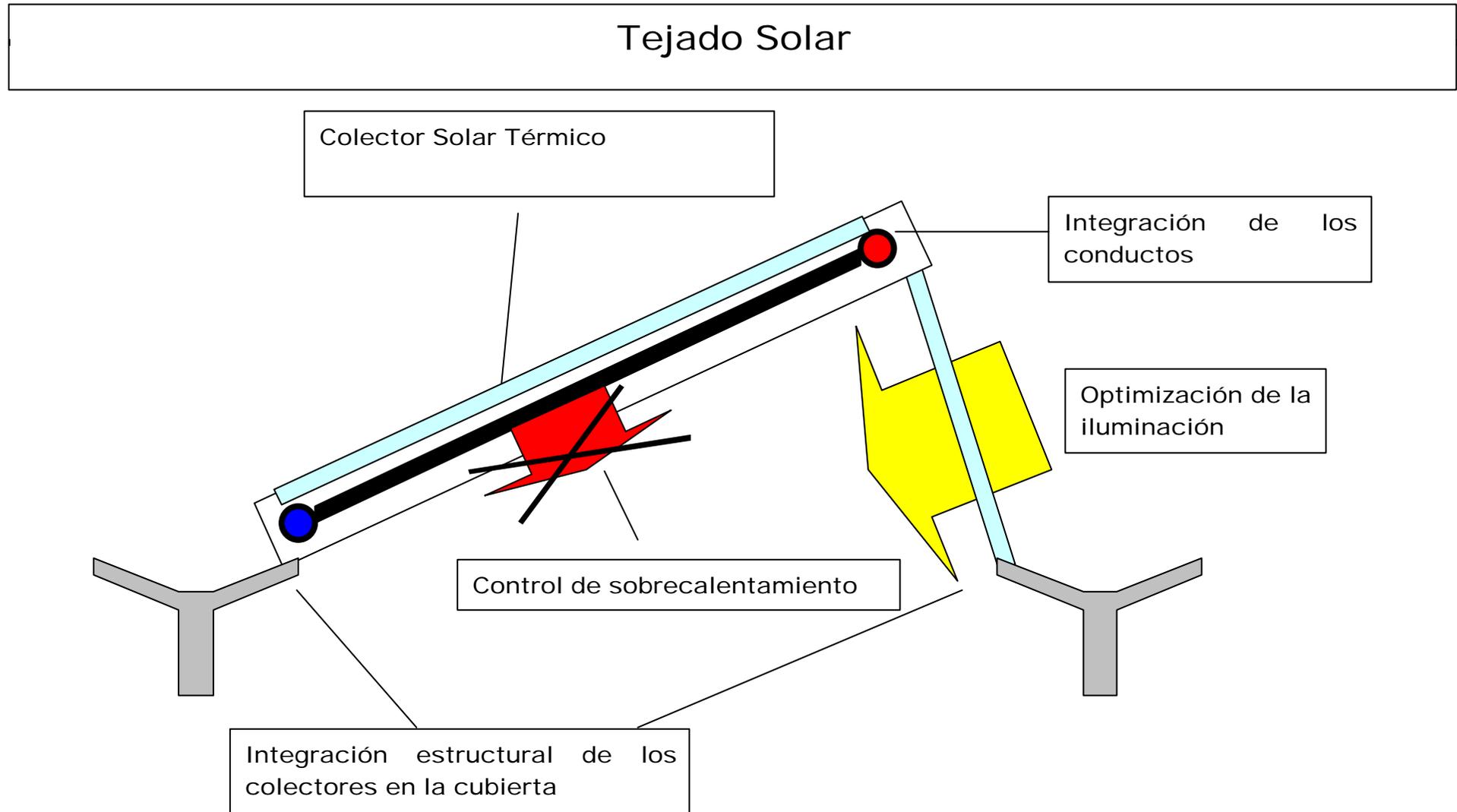




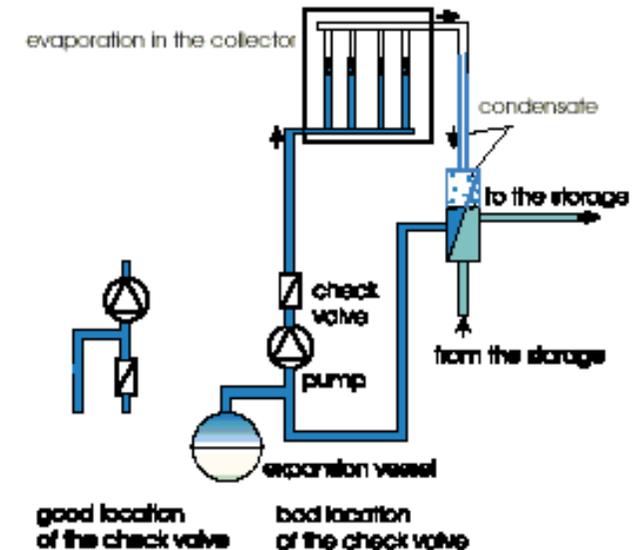
Residencia 3a edad., Alemania. Fuente: SOLID



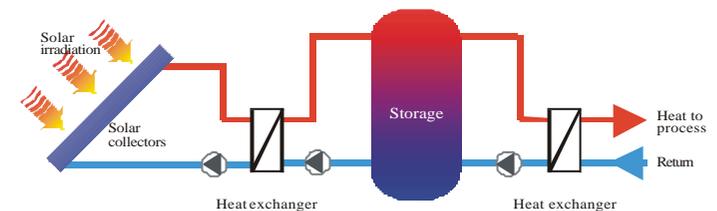
Viviendas Vilanova i la Geltru. Fuente: Energie Solaire



- ✍ **Sistemas mixtas (Combi-systems): ACS + calefacción**
Austria: Proporción de sistemas mixtas > 50 %
IEA Task 26: Solar Combisystems
- ✍ **Control condiciones de estancamiento**
Ensayos de envejecimiento
Configuraciones de circuito: evacuación de vapor
- ✍ **Control de legionella**
Separación de acumulación y consumo
(intercambiador de extracción)
- ✍ **Sistemas de caudal bajo (low-flow)**
Depósitos de acumulación estratificados
Reducción costes de tubería y consumo eléctrico bombas



Fuente: AEE Intec, Austria



- ✍ **Fachadas ventiladas**
 - ✍ **(Pre-) Calentamiento de aire**

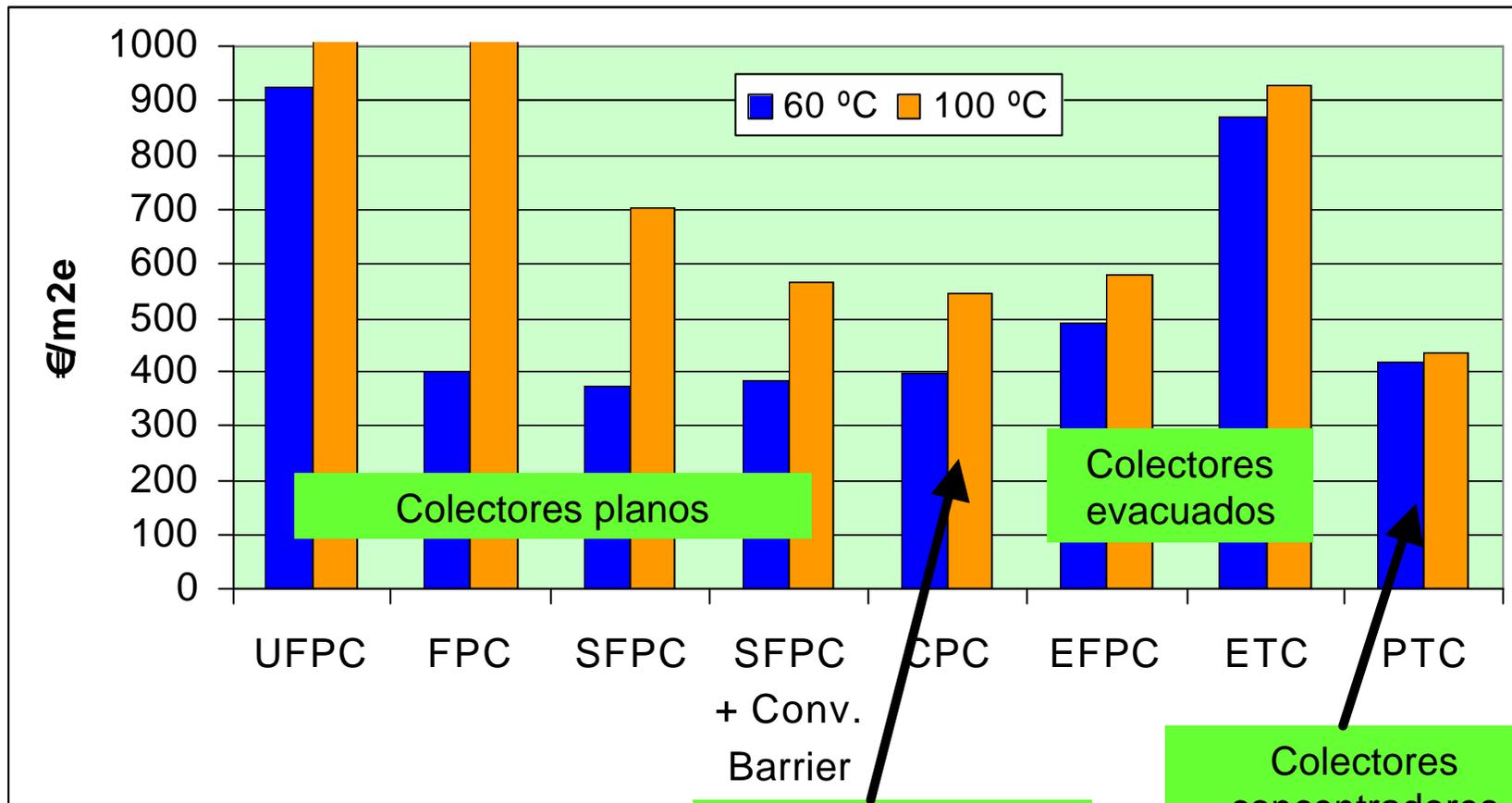


Biblioteca Mataró (Barcelona)

- ✍ **Colectores híbridos PV / tèrmica**
 - ✍ **Paneles PV enfriados por agua: aporte a ACS o calefacción**

Rendimiento energético y costes

Colectores solares: Comparacion de rendimiento y coste

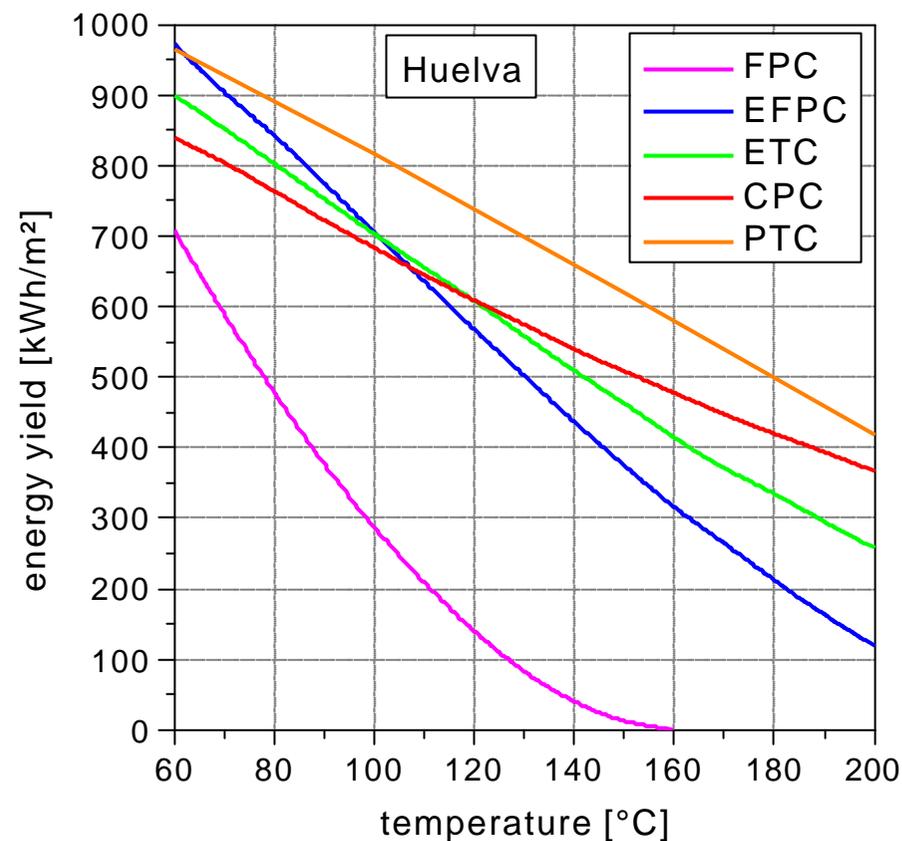
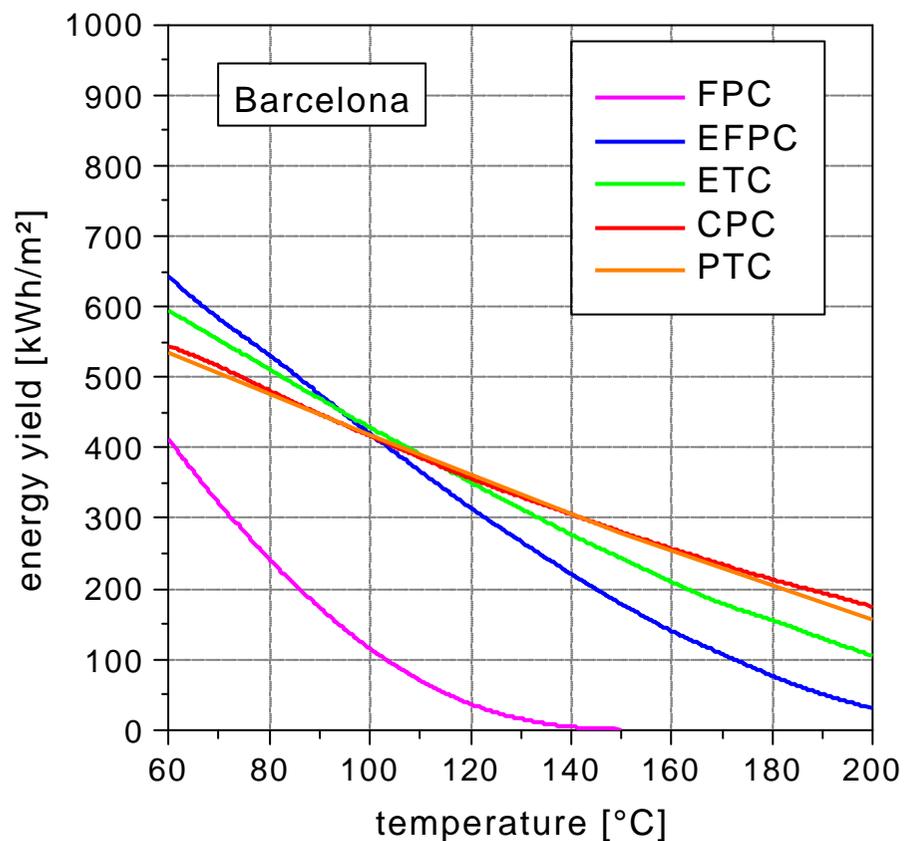


$$A_{ef} \quad ?? \quad (T_m, G_T) \quad ? \quad A_{col}$$

Colectores concentradores de baja concentración

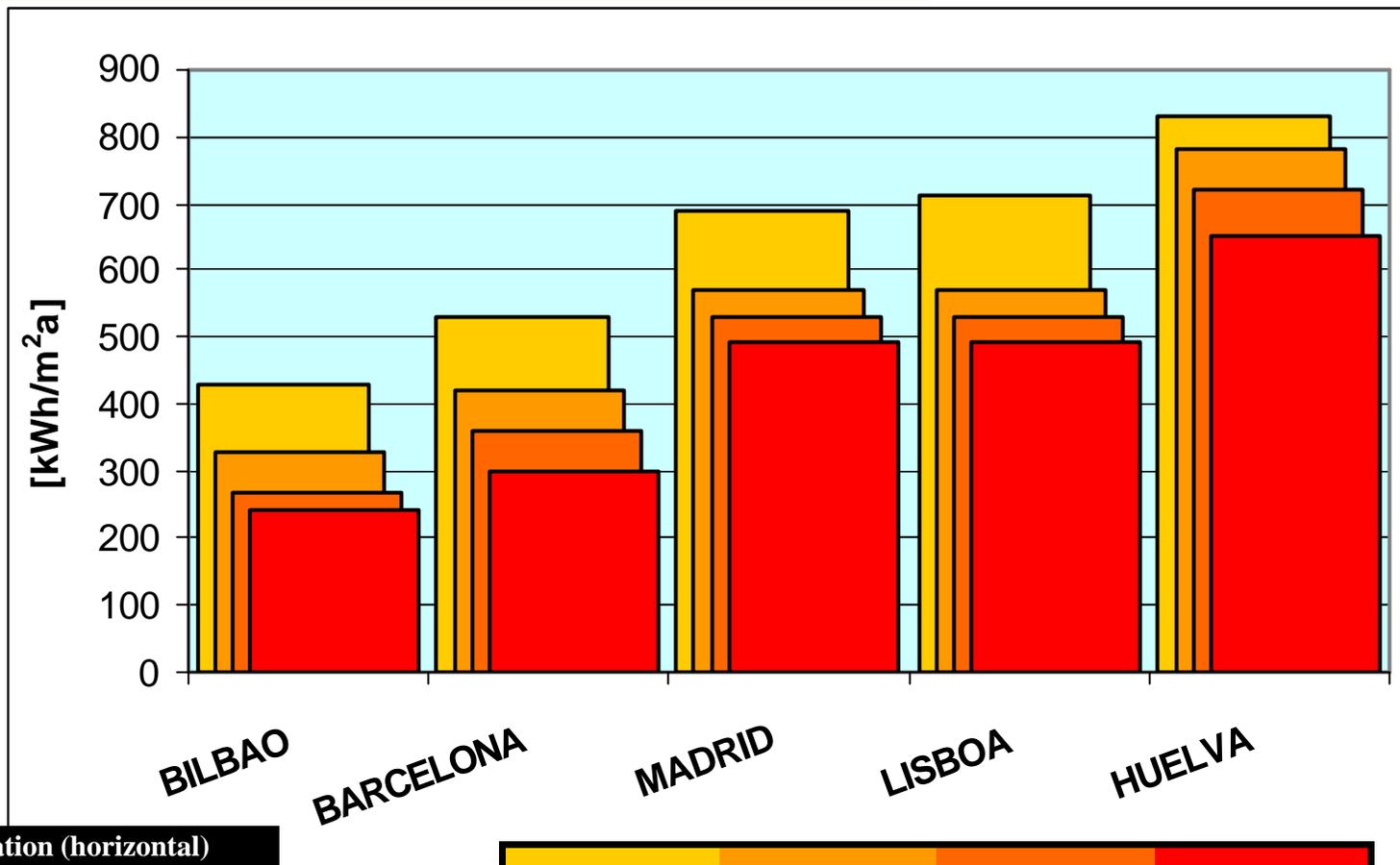
Colectores concentradores

Aporte solar anual (calor util) Comparacion de colectores



300 – 850
kWh / m²a

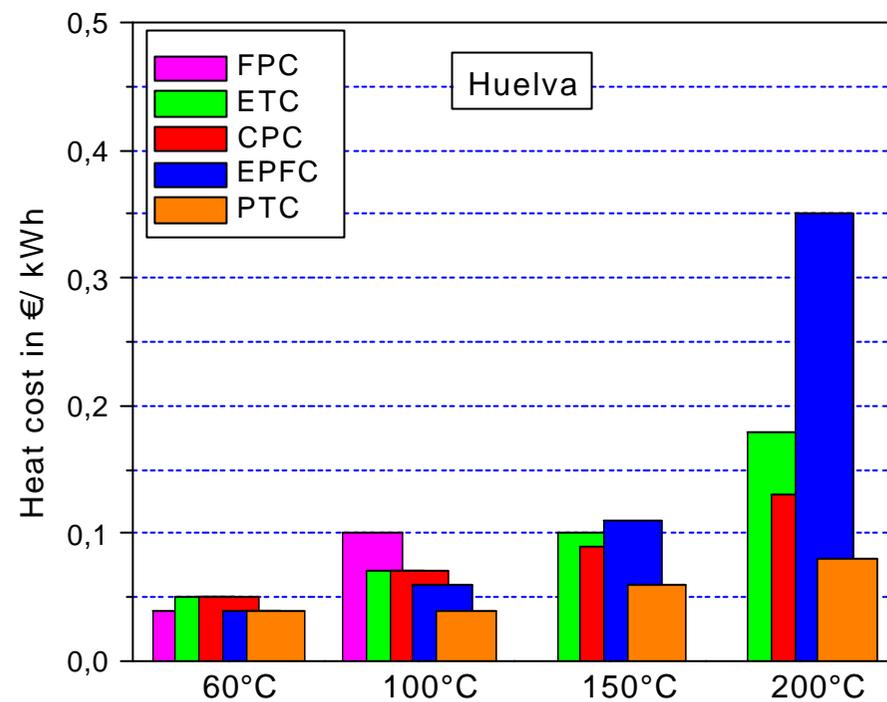
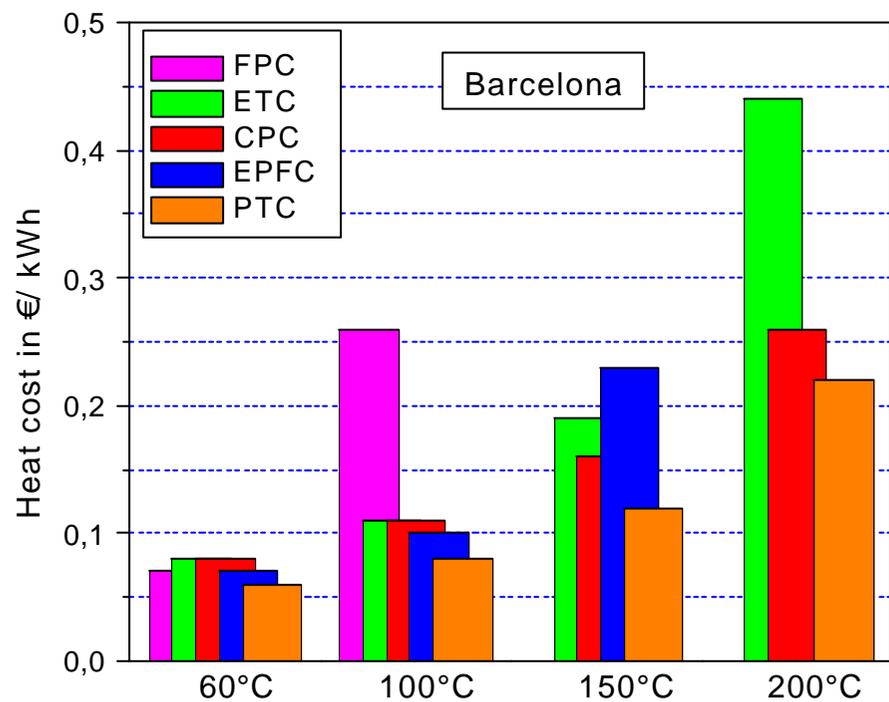
sistemas a baja
temperatura hasta
1200 kWh / m²a



Site	Global irradiation (horizontal) kWh/m ² a
Bilbao	1 294
Barcelona	1 445
Madrid	1 664
Lisbon	1 686
Huelva	1 872

Tipo de colector	Coste de inversión sistema solar	
	[€/m ²]	[PTA/m ²]
Plano selectivo	275	45 000
CPC	300	50 000
Cilindro-parabolico	312.5	52 000
Plano evacuado	400	66 000
Tubo de vacio	437.5	73 000
Tubo de vacio con CPC	437.5	73 000

(*) respecto a superficie bruta



 **Costes de instalación sistemas solares grandes:**
250 – 300 €/m²

 **Precios de energía solar (calor útil):**

	Baja temperatura < 60 °C	Media temperatura 60 - 150 °C
Sin subvención	2.5 - 5	4 - 9
Con subvención: 50 % del coste de instalación	1.5 - 2.5	2 - 4.5

 **Comparación gas natural / fuel oil:**
Aprox. 2.5 c€/kWh calor útil

Calor Solar Industrial

España + Portugal: 5 804 GWh (500 ktep)
Equivalente a 10 millones de m2 de colectores solares

(mas información: www.aiguasol.com/poship.htm)

	España	Portugal	TOTAL
Consumo Energía Final	855 119	209 340	1 064 459
Total Calor Industrial	136 860	25 121	161 981
<i>(% de consumo energía final) (*)</i>	20%	16%	20%
Baja y media temperatura	30 580	7 016	37 596
<i>(% de total calor industrial)</i>	22%	28%	23%
Potencial Solar Térmica	4 721	1 083	5 804

(*) rendimiento de conv. promedio energía final a calor útil: 75 % supuesto

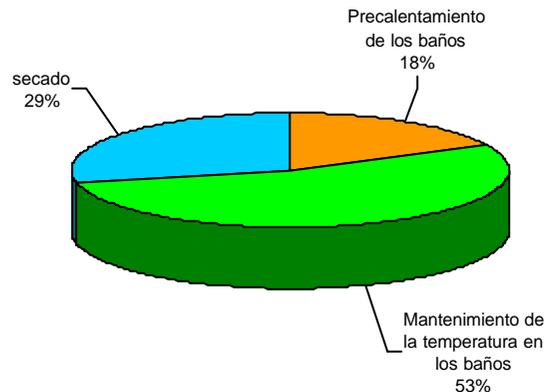
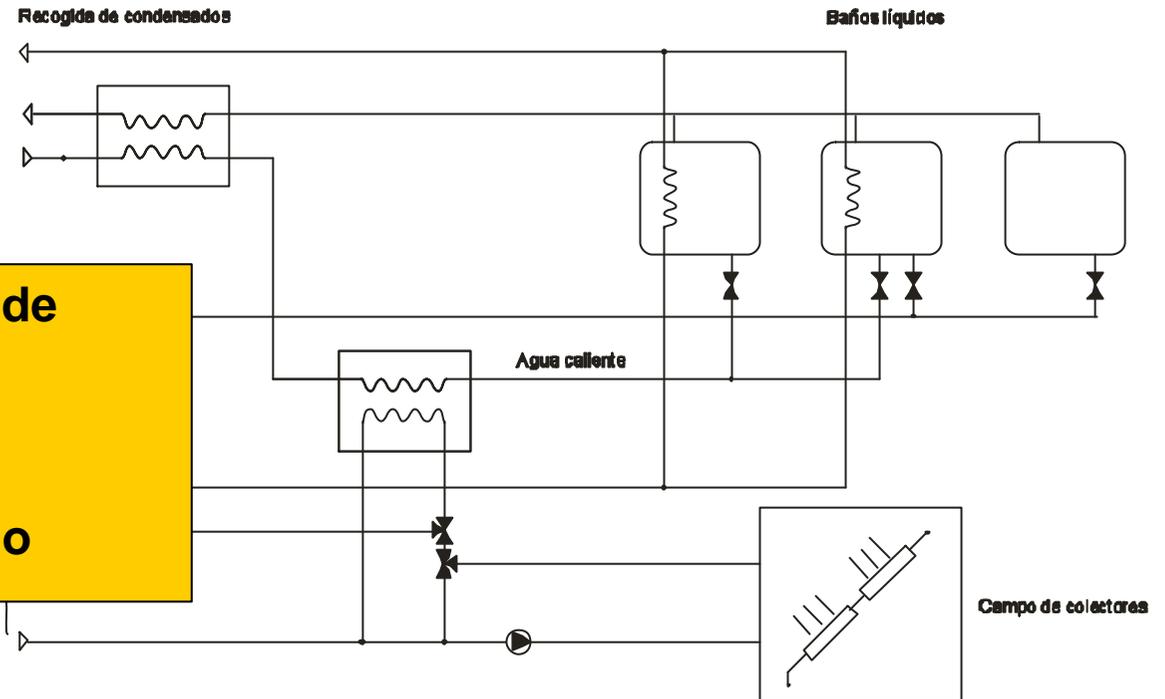
SECTORES INDUSTRIALES

- **Industria alimentaria (cervezerías, malterías, productos lácteos)**
- **Papel**
- **Textil**
- **Química**
- **Curtidos**
- **Industria de corcho**
- **...**

PROCESOS A TEMPERATURA BAJA Y MEDIA (< 150 °C)

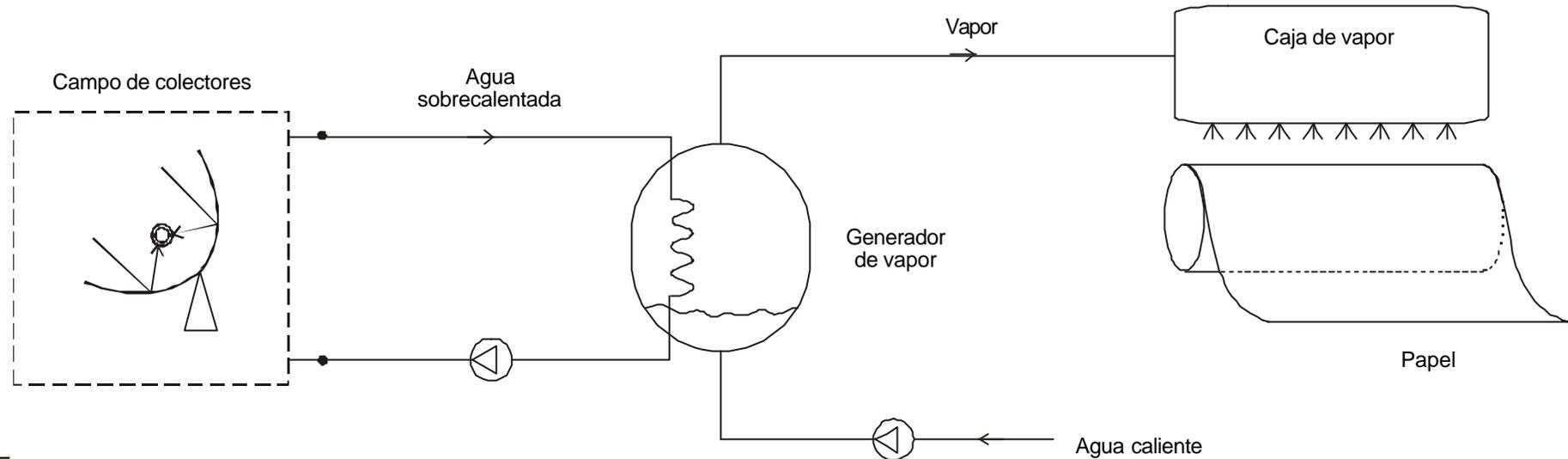
- **Aire caliente para procesos de secado**
- **Esterilización, pasteurización**
- **Destilación y evaporación**
- **Lavado y Tintado**
- **Polimerización**
- **Generación de frío (absorción, ...)**

Pre calentamiento solar del agua de renovación para baños (lavado, blanqueado, tintado)
Temperatura: < 90 °C
Demanda continua: 8000 hrs / año



Otros procesos:

- **Calentamiento de baños (sustitución de vapor)**
- **Procesos de secado (aire caliente de 140 a 220 °C)**



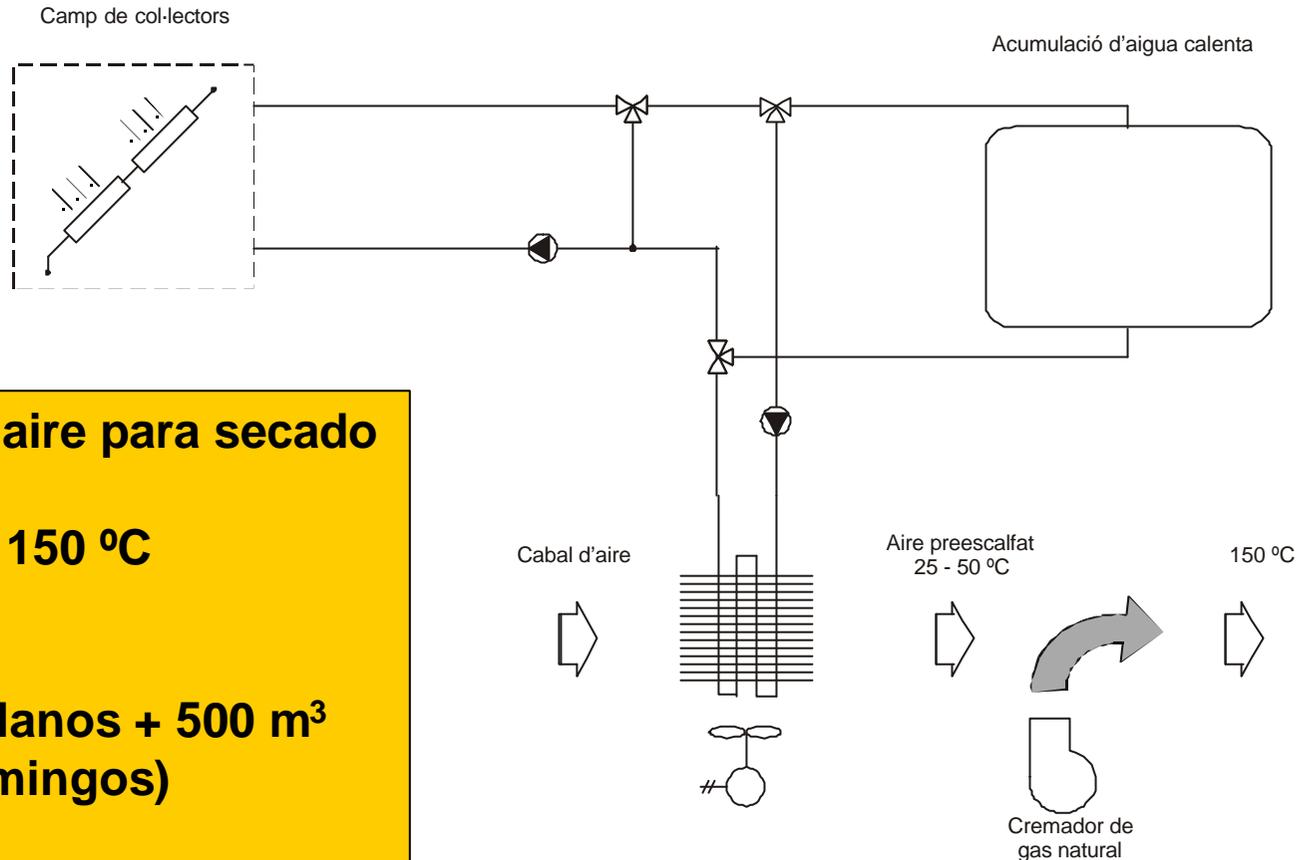
Vapor para calentamiento de papel

Temperatura: 135 °C

Demanda continua: 7 dias/sem.

1000 m² colectores cilindro-parabolicos

Ahorro energetico: 500 kWh/m²



Precalementamiento de aire para secado

Temperatura de aire: 150 °C
6 dias/semana

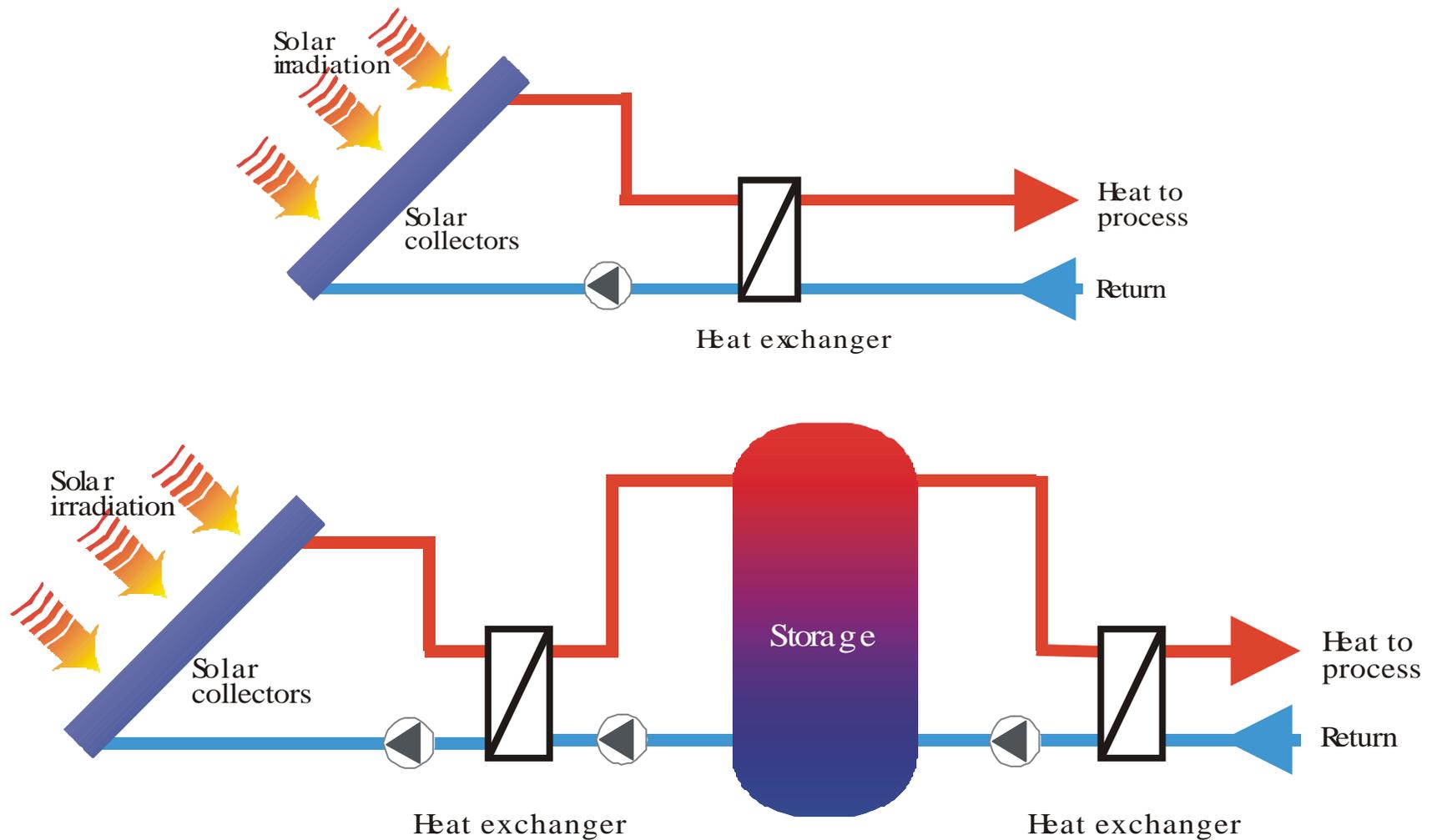
2000 m² colectores planos + 500 m³
almacenamiento (domingos)

750 kWh/m², pay-back 7 años

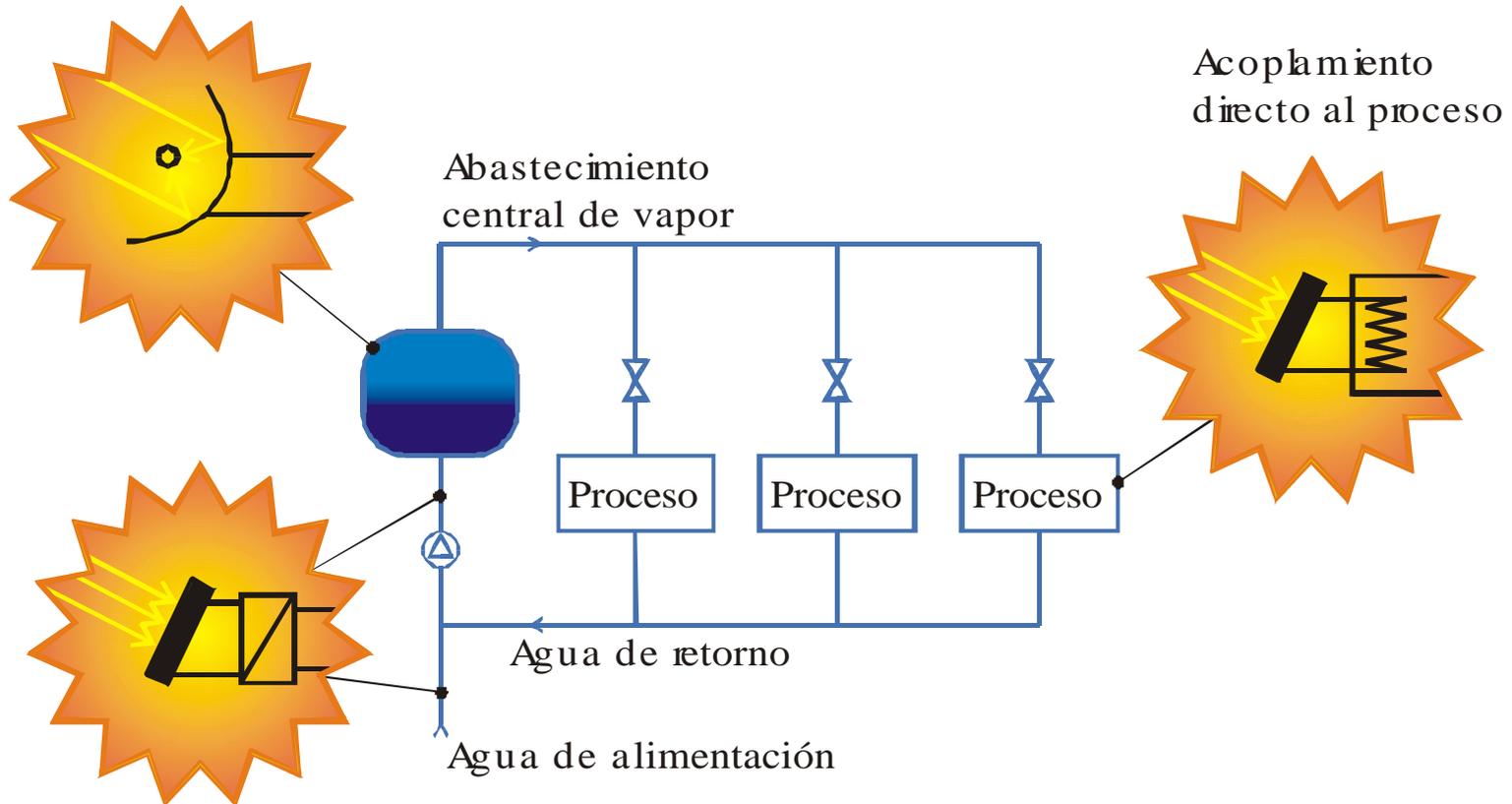
Fraccion solar: 11 %

**Solucion alternativa:
Recuperacion de calor +
colectores de alto rendimiento**

Configuración de sistemas con y sin almacenamiento de calor

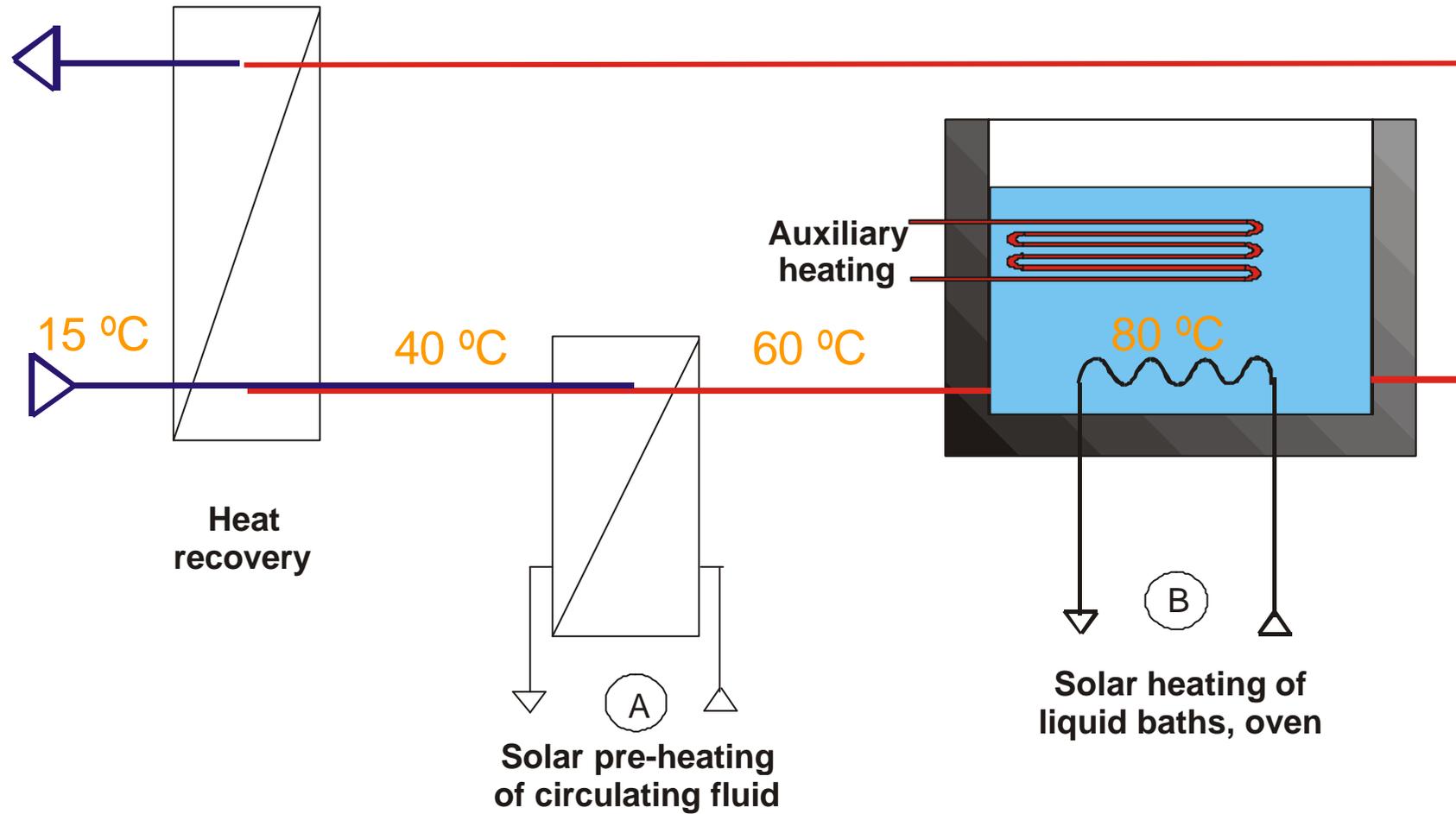


Generación de vapor

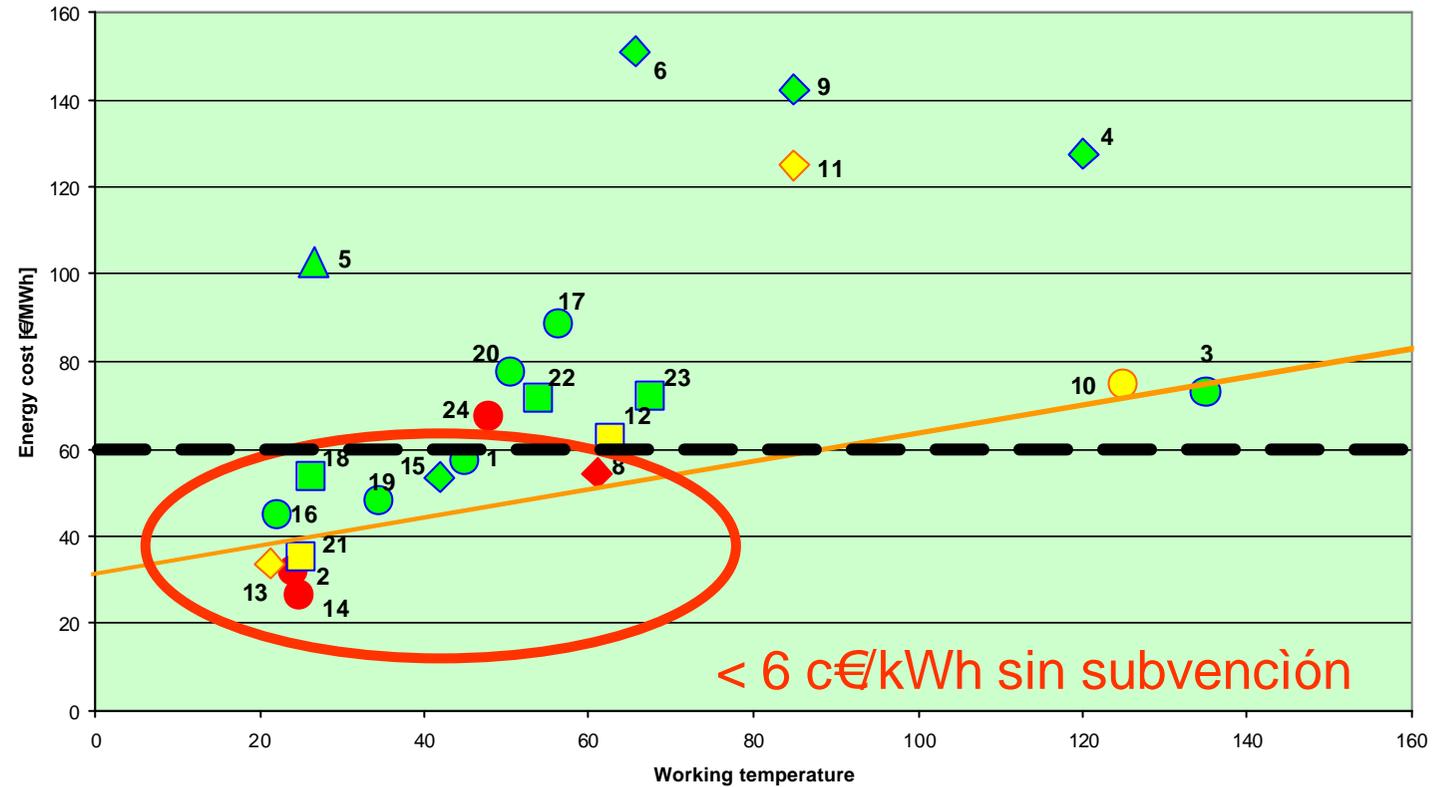


Pre calentamiento del agua de alimentación

Acoplamiento directo a un proceso industrial



POSHIP Case Studies: energy cost vs. working temperature



Criterios de evaluación

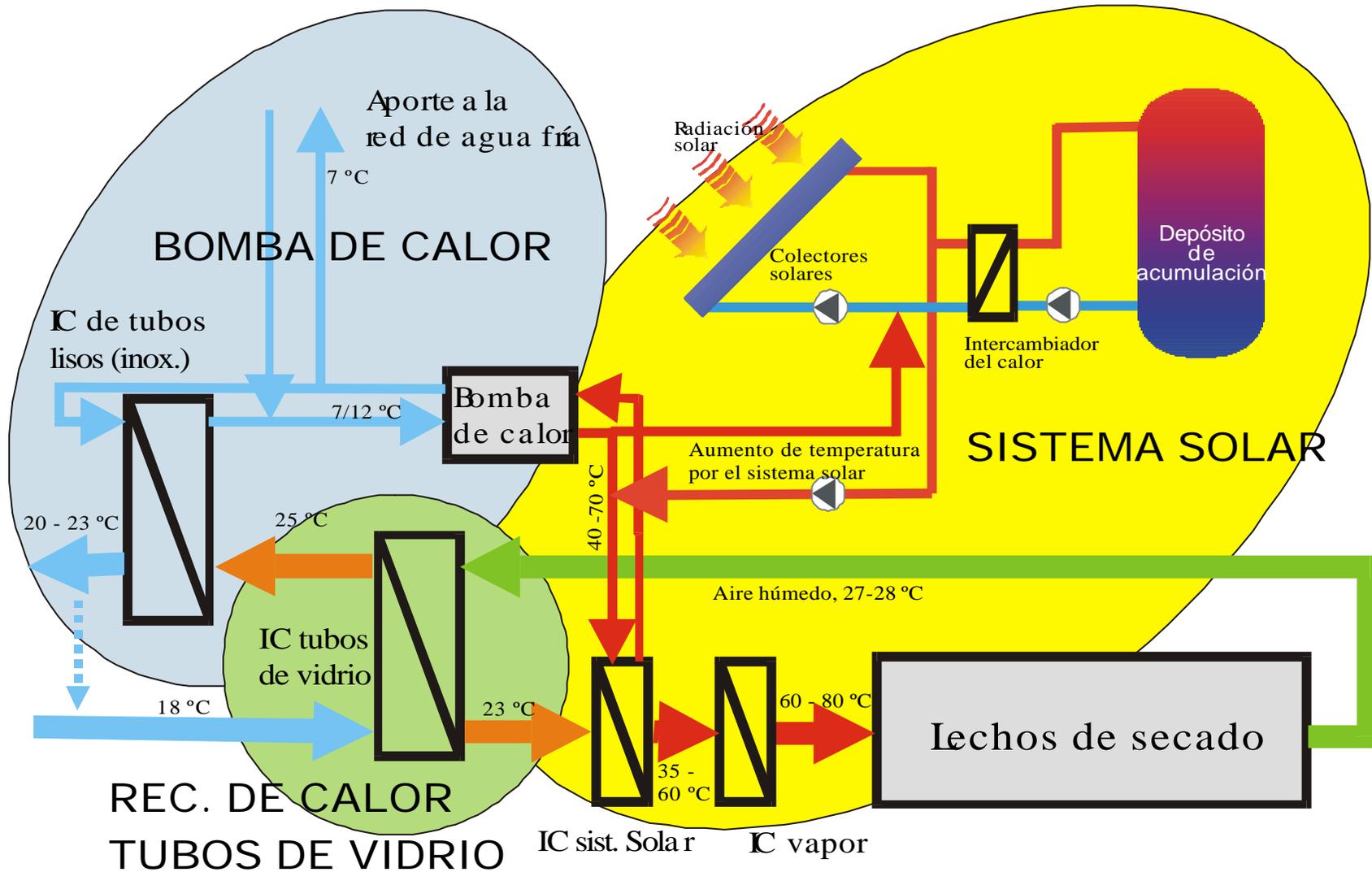
Continuidad de la demanda

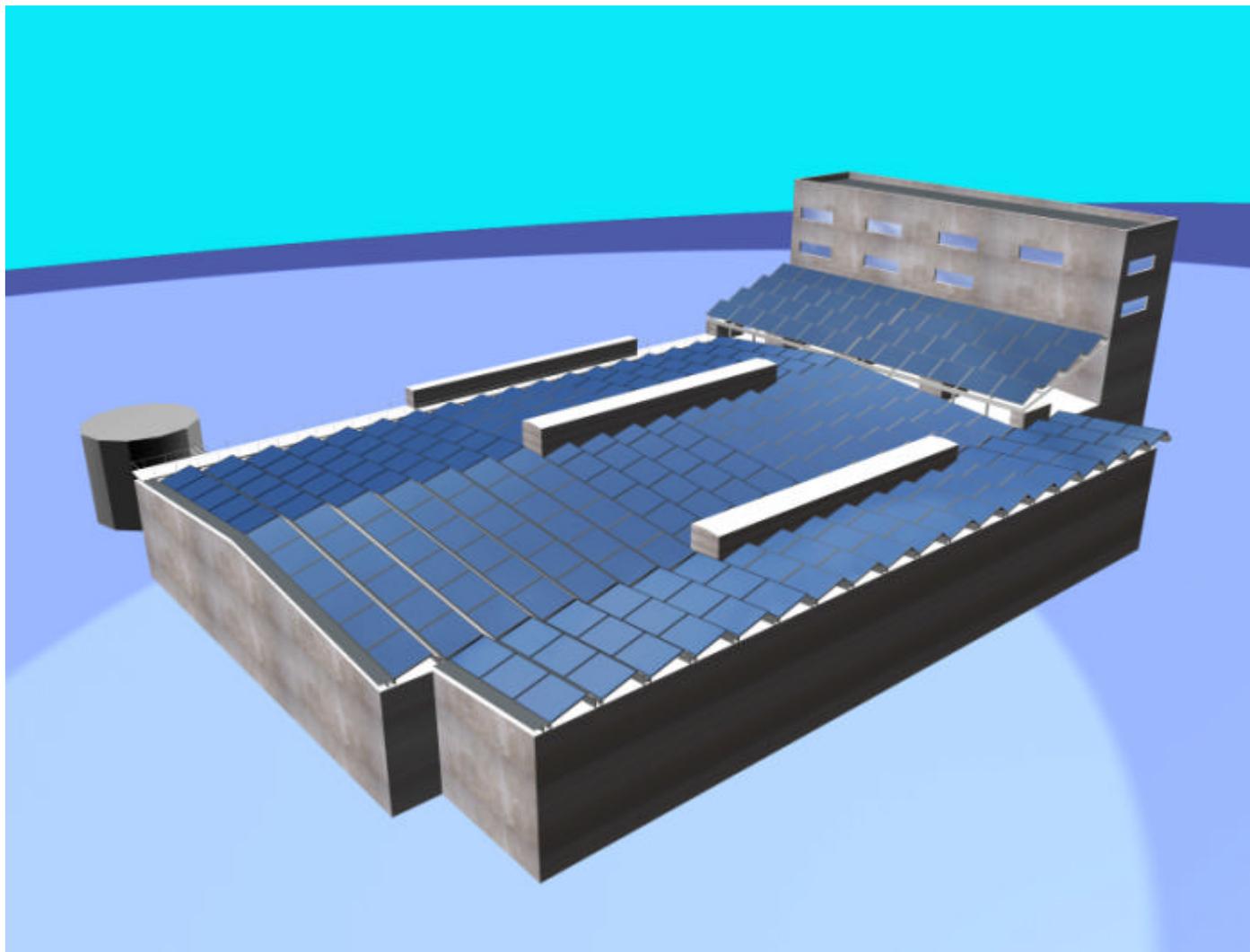
Temperatura de trabajo

Condiciones climáticas

Tamaño del sistema

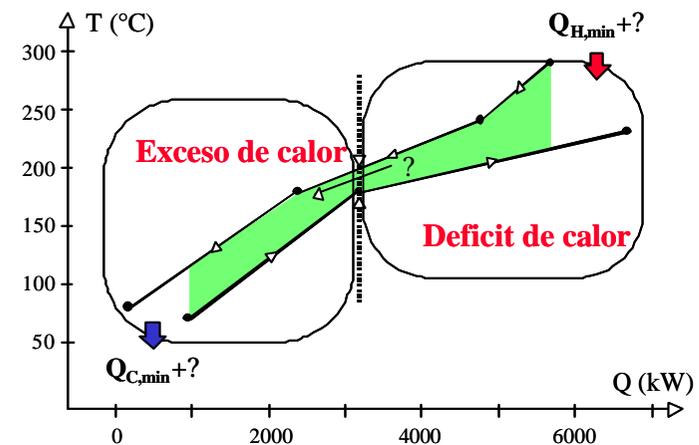
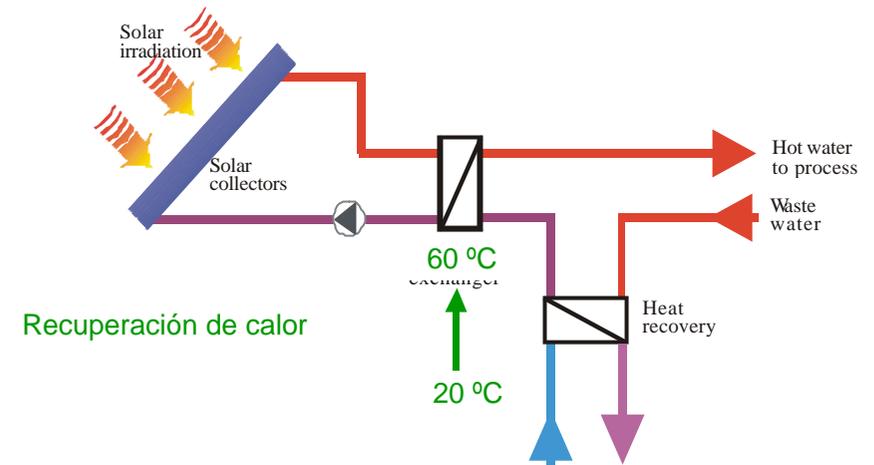
Costes energéticos sistema solar para diferentes industrias estudiadas
 Colores: radiación solar muy alta (rojo), alta (amarillo), media (verde)
 Símbolos: demanda continua (círculos), continua 5 días / semana (rombos),
 estacional (triángulos).





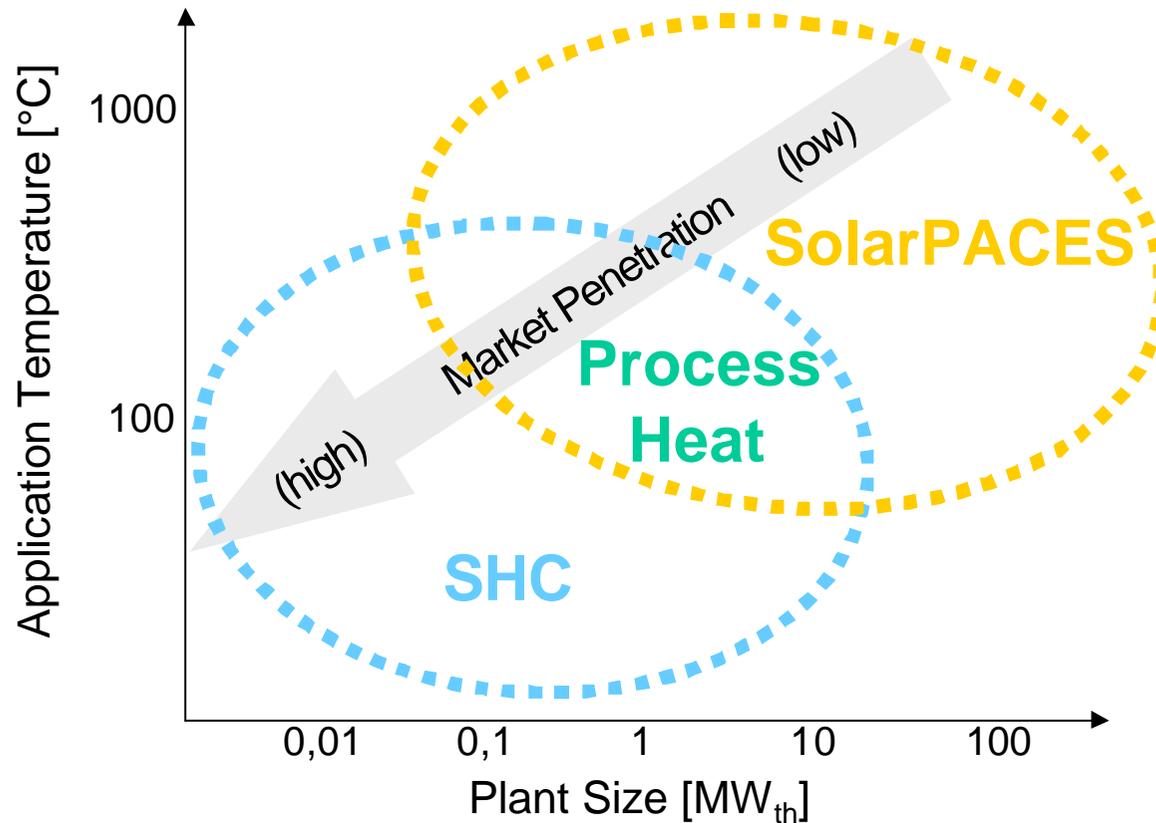
- ✍ **Soluciones integrales:**
ENERGÍA SOLAR Térmica + ...
- ✍ **recuperación de calor**
- ✍ **bombas de calor**
- ✍ **cogeneración**
- ✍ **eficiencia energética**

- ✍ **Tecnología de integración de procesos:**
- ✍ **PINCH – análisis**
- ✍ **Optimización exérgica**



Fuente: T. Gundersen, IEA, Process Integration, www.tev.ntnu.no/iea/pi

- ✍ IEA Solar Heating and Cooling Programme (www.iea-shc.org)
- ✍ IEA SolarPACES (www.solarpaces.org)



Frío y aire acondicionado solar

✍ Absorción

Temp: 75 – 90 °C (160°C)

COP: 0.6 – 0.7 (1.1)

✍ Adsorción

Temp: 60 – 85 °C

COP: 0.55 – 0.65

✍ Sistemas de desecante

Temp: 50 - 70 °C

COP: 0.5 – 0.6

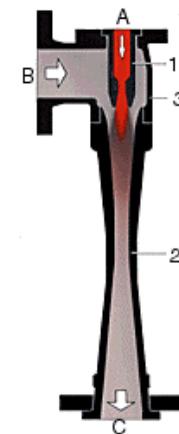
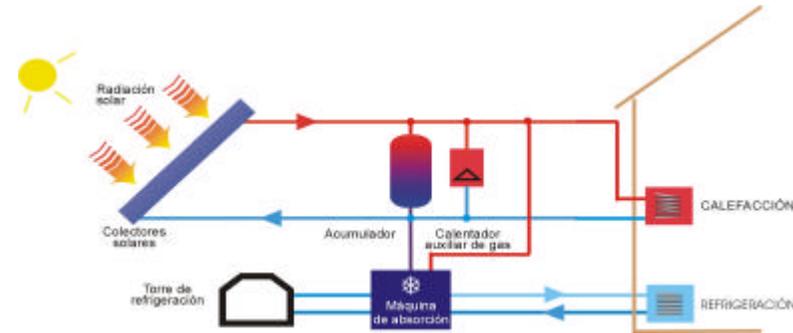
Enfriamiento de aire

✍ Sistemas de inyección de vapor (jet pumps)

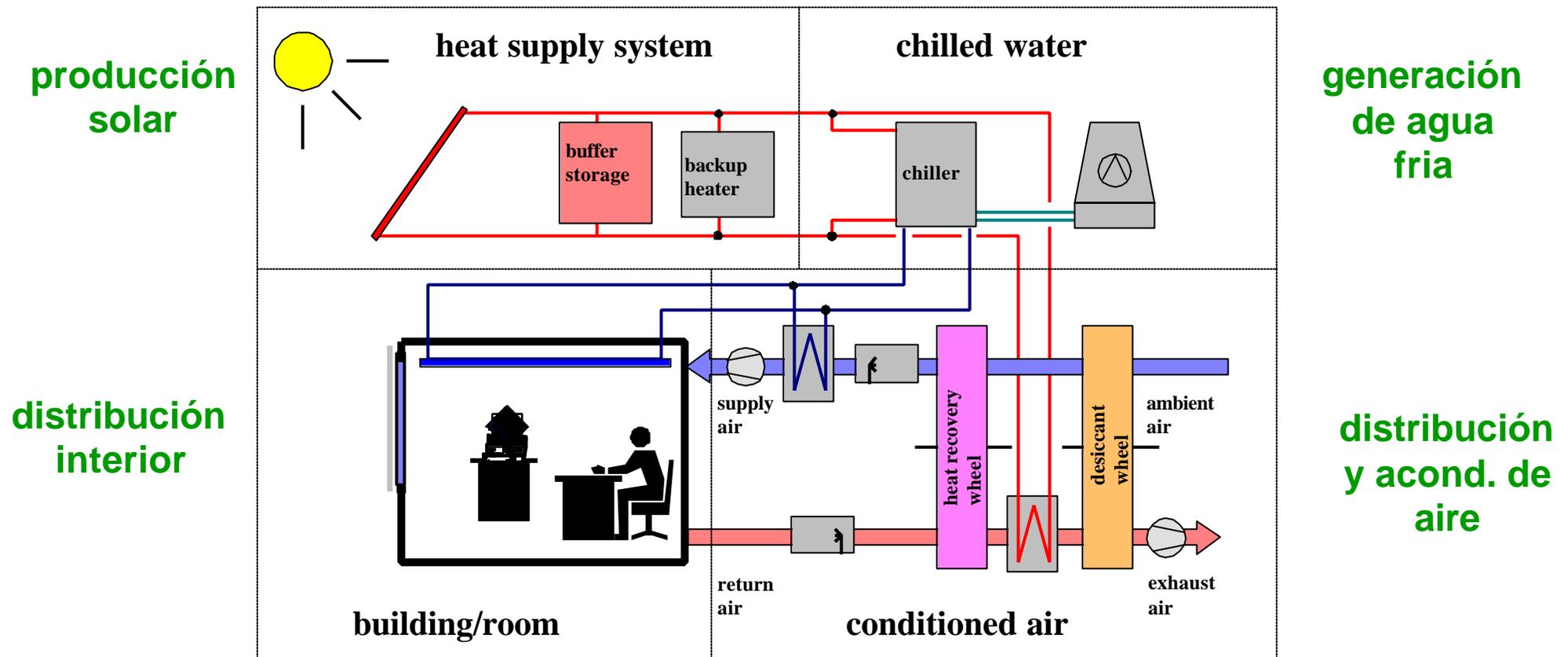
Temp: > 100 °C

COP: < 0.5

Bajo coste en sistemas grandes



Elementos de una instalación de frio solar

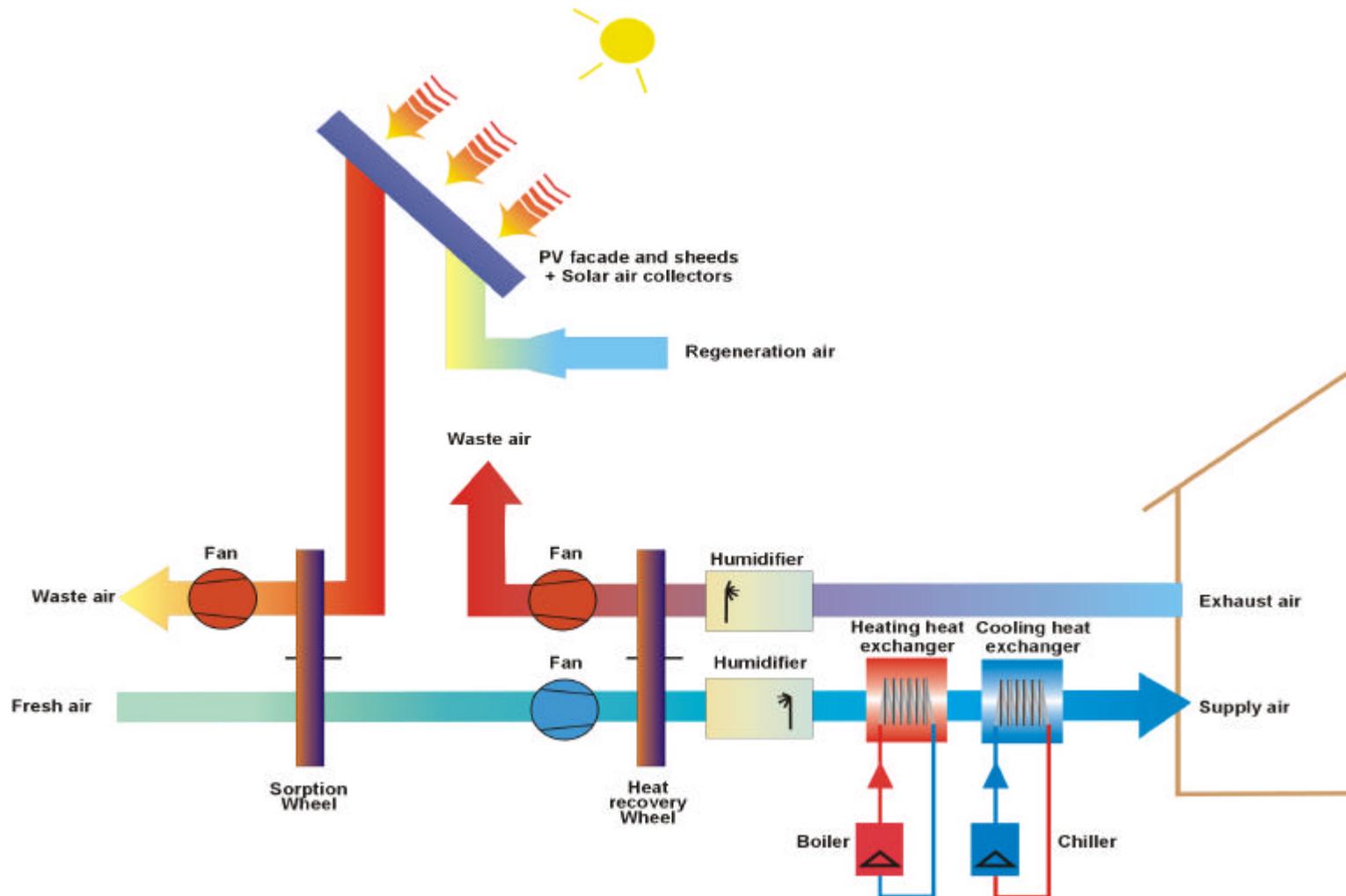


Font: Task 25 - IEA

-  **DESICCANT COOLING WITH INTEGRATED PV FACADE AND SOLAR AIR COLLECTORS**
-  **Location: Pompeu Fabra Library Mataró (Barcelona)**
-  **Aim: air conditioning of Audiovisual-Infantil area (2.120 m³)**
-  **air collector + existing PV façade and sheds on the roof**
-  **Acronym: AIRCOOL**
-  **Coordinator: Fachhochschule Stuttgart (Germany)**



Cooling capacity	55 kW
Supply air flow	6 000 – 12 000 m ³ /h
Regenerating air flow	3 000 – 9 000 m ³ /h
Water consumption	102 l/h
Sorption wheel	
Manufacturer	Seibu Giken
Matrix material / Desiccant type	Ceramic / Silica gel
Nominal dehumidification capacity	97.2 kg/h
Solar-air collectors	
Manufacturer	Grammer
Solar collector surface	105 m ²
Specific volume-rate	85 m ³ /h/m ²
Slope	20 °
Weight (with fixing system)	5.500 kg



- **Dessicant wheel**



- **Heat recovery wheel**

Source: TFM, S.A.

Frio y aire acondicionado solar Fábrica de hilos Guetermann México



Cliente	Guetermann México
Tipo de Sistema	Aire acondicionado nave industrial (Adsorción)
Superficie colectores	437 m²
Tipo de colectores	Modulo Solar Hiper TiNOx (diseño: AIGUASOL)
Empresa instaladora	Modulo Solar S.A. de C.V.
Puesta en marcha	Noviembre 2001

- ✍ **Belroy Palace Hotel – Benidorm:**
 - ✍ máquina d'absorció con tubos de vacío

- ✍ **Escuela de Ingenieros/as de la Universidad de Sevilla:**
 - ✍ máquina de absorción de 35 kW y colectores planos

- ✍ **Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial:**
 - ✍ màquina d'absorció de 35 kW y colectores planos

- ✍ **CARTIF – Valladolid:**
 - ✍ màquina de absorció de 35 kW y colectores planos y de vacío

- ✍ **SIEMENS-Controlmatic – Cornellá (Barcelona):**
 - ✍ Máquina de absorció y colectores cilindro-parabólicos

- ✍ **Bodegas Torres – Vilafranca del Penedès (Barcelona):**
 - ✍ Máquina de absorció y colectores planos (?)

Redes de distribución de calor y de frío

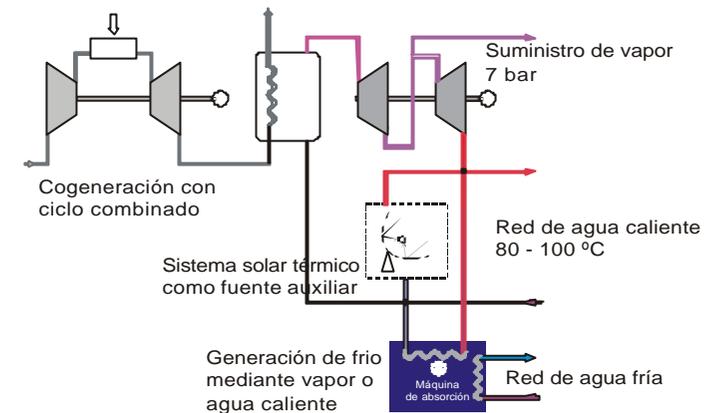
Redes de distrito de calor y frio

✍ **Forum 2004 Barcelona**



✍ **Eco-barrio Trinitat Nova, Barcelona**

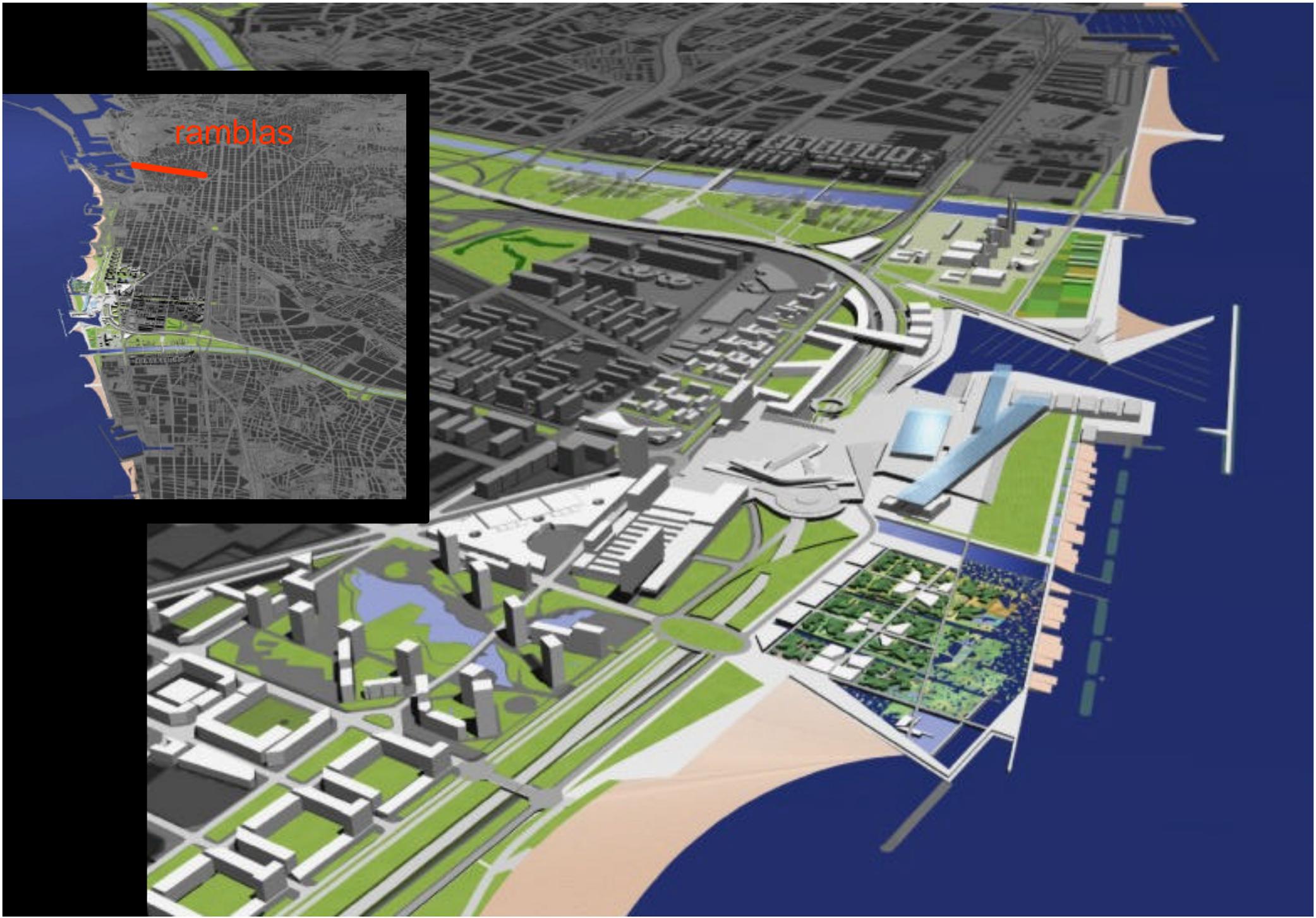
✍ **Red de distrito para polígono industrial**



✍ **Más información: European Large Scale Solar Heating Network**

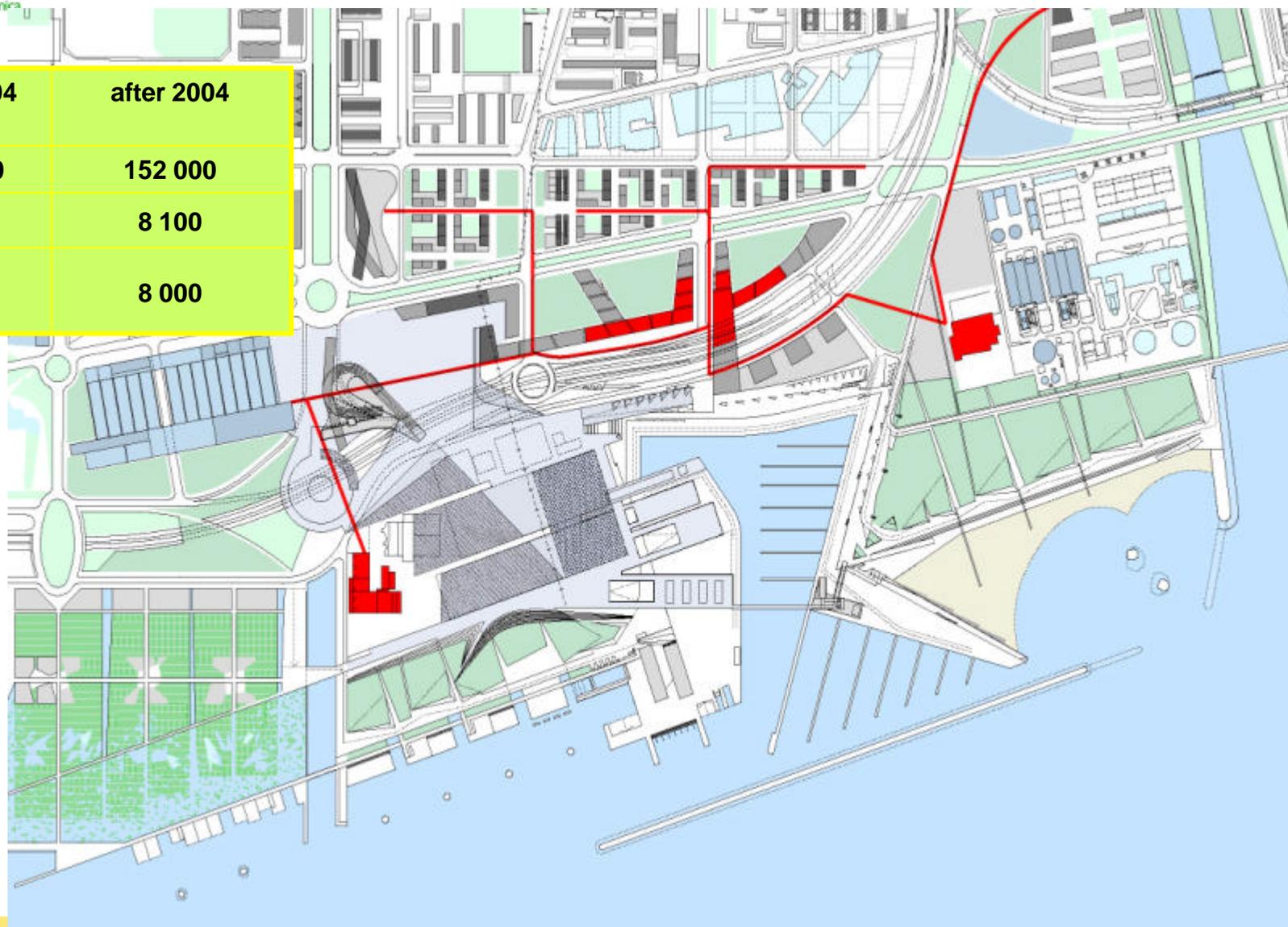


- ✍ **Site: Barcelona – Forum 2004: International Forum of the Cultures**
- ✍ **Residential area and services (commerce, hotels, offices)**
- ✍ **4 pipe district heating (space heating + DHW) and cooling network**
- ✍ **Energy sources:**
 - ✍ **steam from an urban waste incineration plant**
 - ✍ **2 000 m² solar collectors**
- ✍ **EU- ALTENER Project: *Renewable Barcelona 2004*: Feasibility study and system design based on TRNSYS simulations**



ramblas

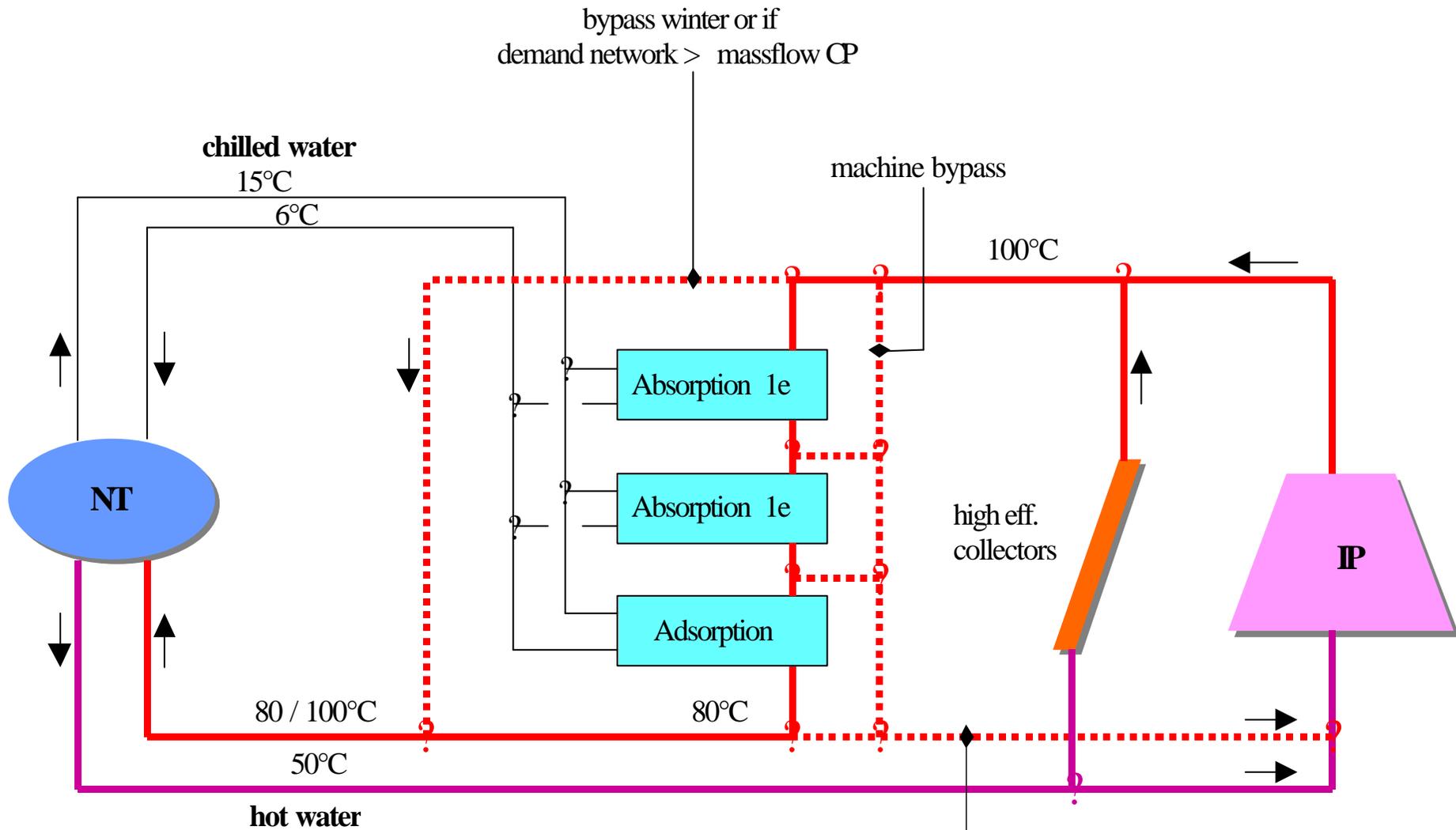
Energy demand	until 2004	after 2004
surface (m2)	273 000	152 000
heat (MWh/a)	18 240	8 100
cold (MWh/a)	18 700	8 000



- ✍ **The waste heat from incineration plant of the company TERSA**
 - ✍ **Available heat capacity of the USW (LCV 9218 kJ/kg)**
 - ✍ **Steam conditions**
 - Existing steam turbine: 400 °C / 40 bar / 64 t/h
 - Extraction (after ampliation): 172 °C / 8 bar / 30 t/h ✍ 17 MWt

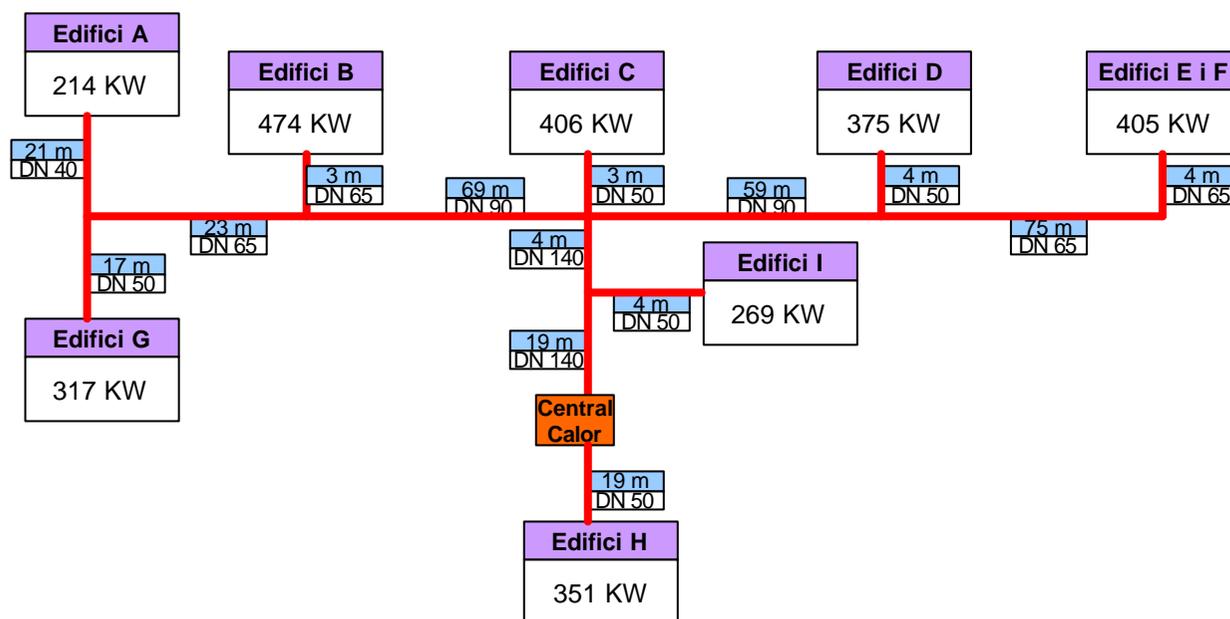
- ✍ **A solar thermal field**
 - ✍ **2 000 m2 selective flat plat and parabolic trough**

System configuration (I)



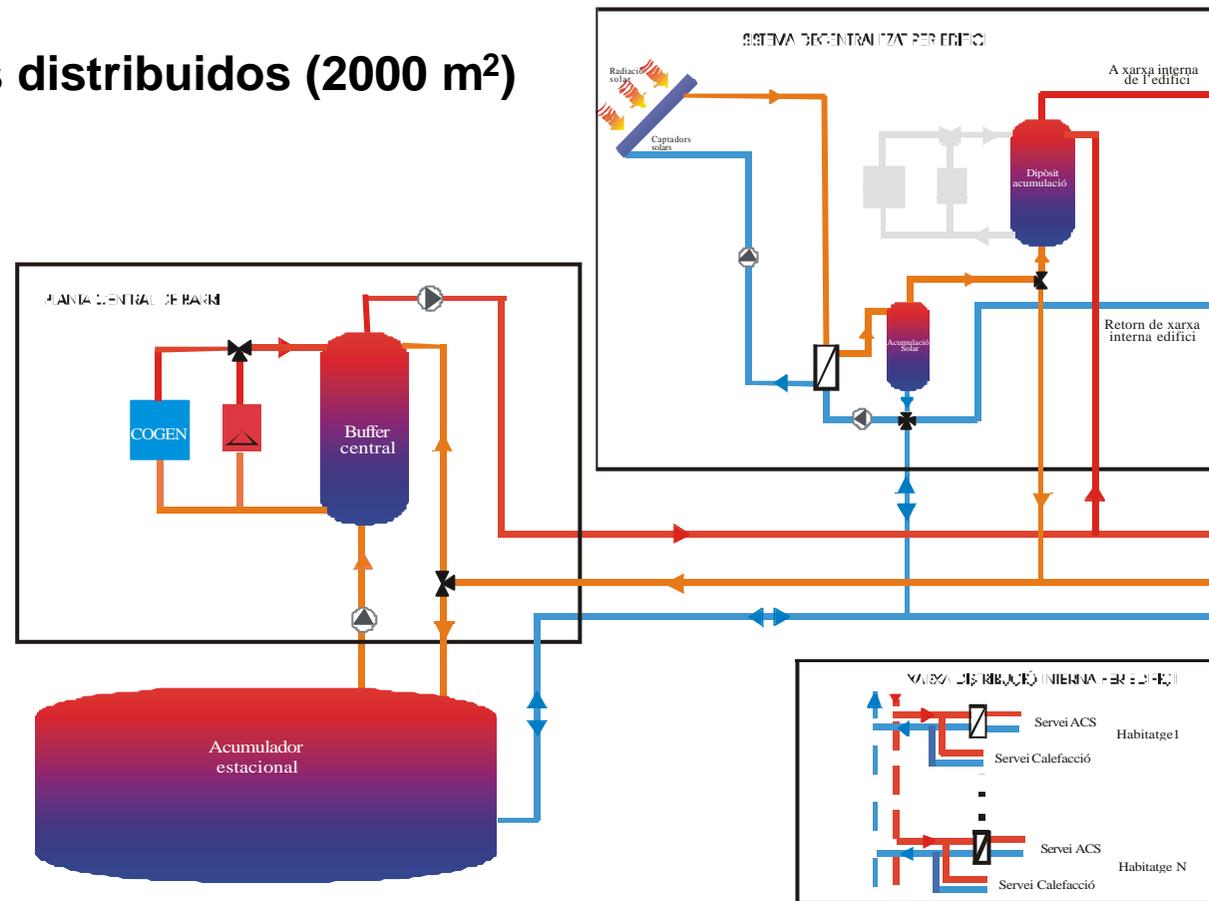
✍ Red de distribución de calor: ACS y calefacción

✍ 9 edificios con 891 viviendas

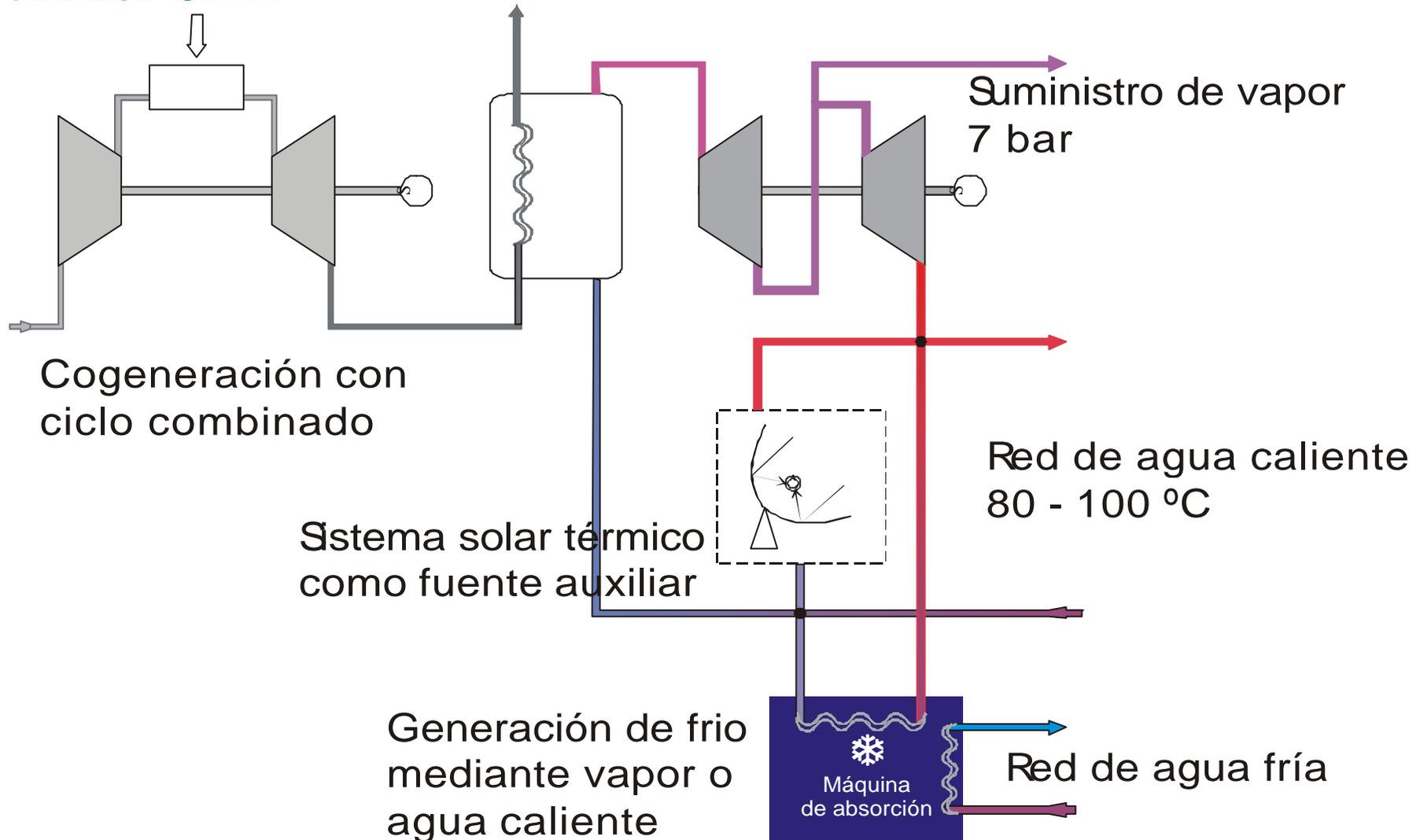


Configuracions energètiques estudiades

- ✍ Acumulació estacional de calor (2000 m³)
- ✍ Cogeneració
- ✍ Sistemes solars distribuïdos (2000 m²)



Redes de distrito de calor y frio: Proyecto para un polígono industrial





Marstal
Dinamarca
9 040 m²

Redes de distrito de calor y frio: Ejemplos (2)



**Compania de
gas
Hamburgo
(Alemania)
3000 m²**

**Friedrichshafen
(Alemania)
4250 m²**

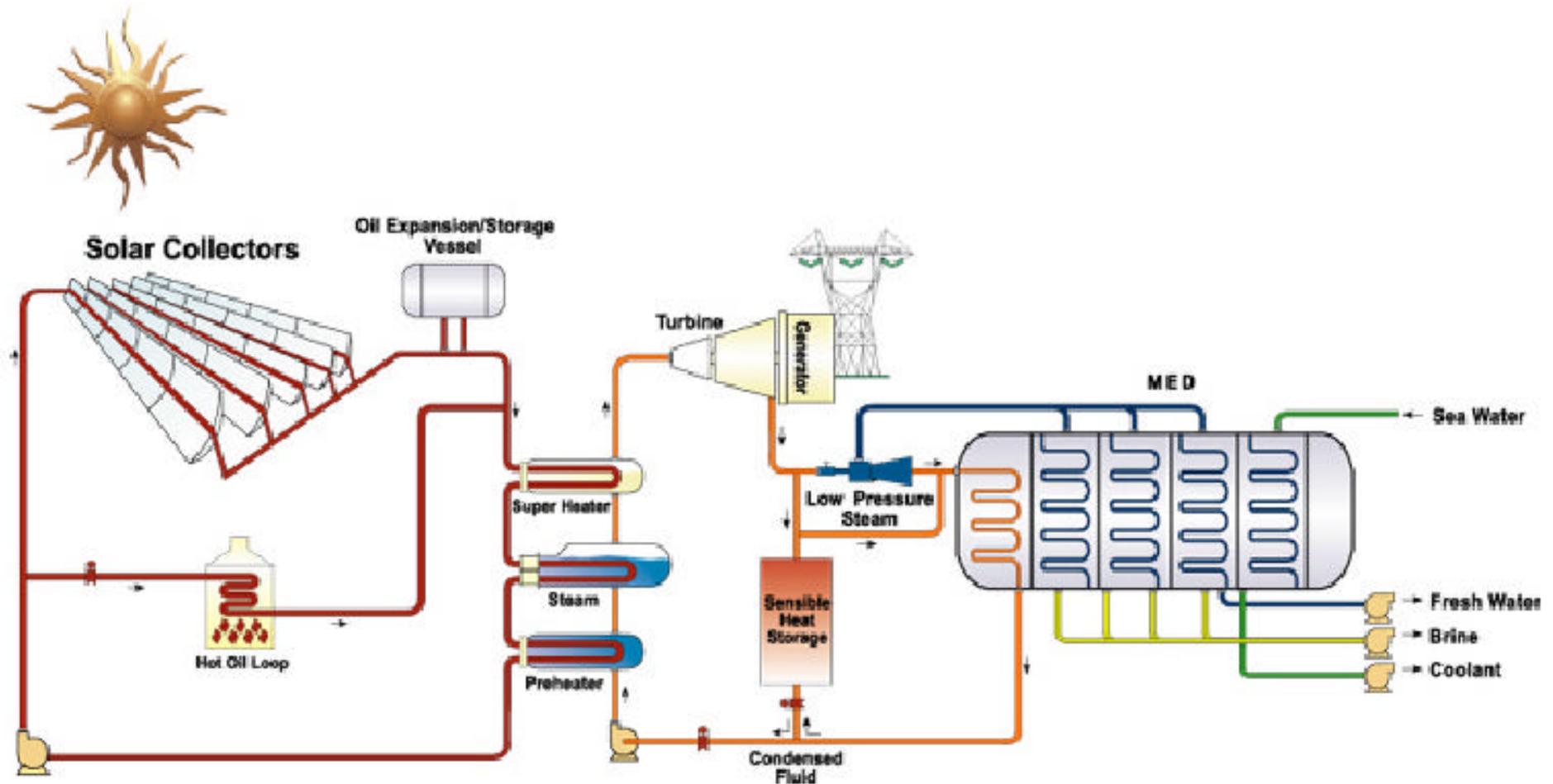


Redes de distrito de calor y frio: Ejemplos (4)

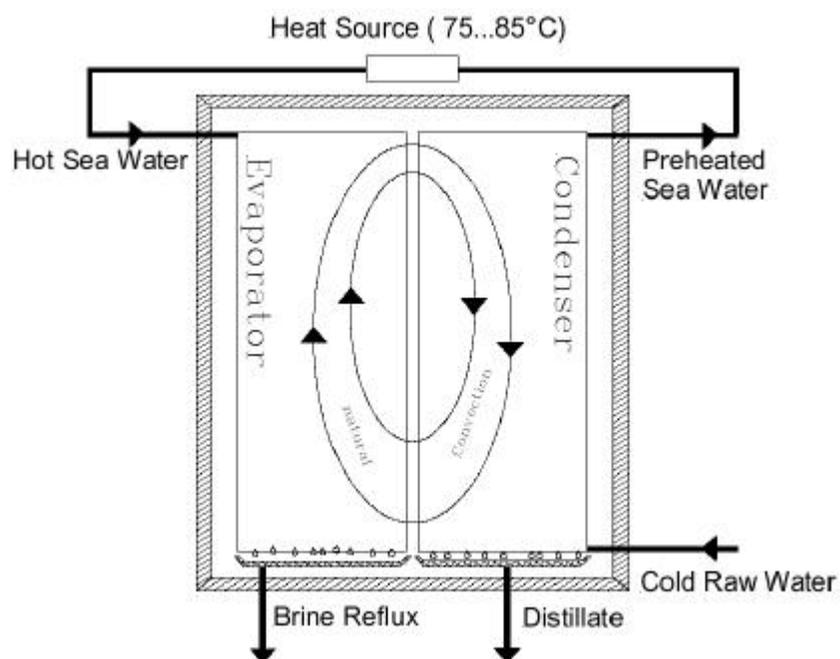


- ✍ **Älta**
- ✍ **Suecia**
- ✍ **1200 m²**

Desalinización de agua



Desalinización de agua



Cogeneración + solar térmica

Cogeneración + solar térmica: Planta híbrida solar térmica - biomasa

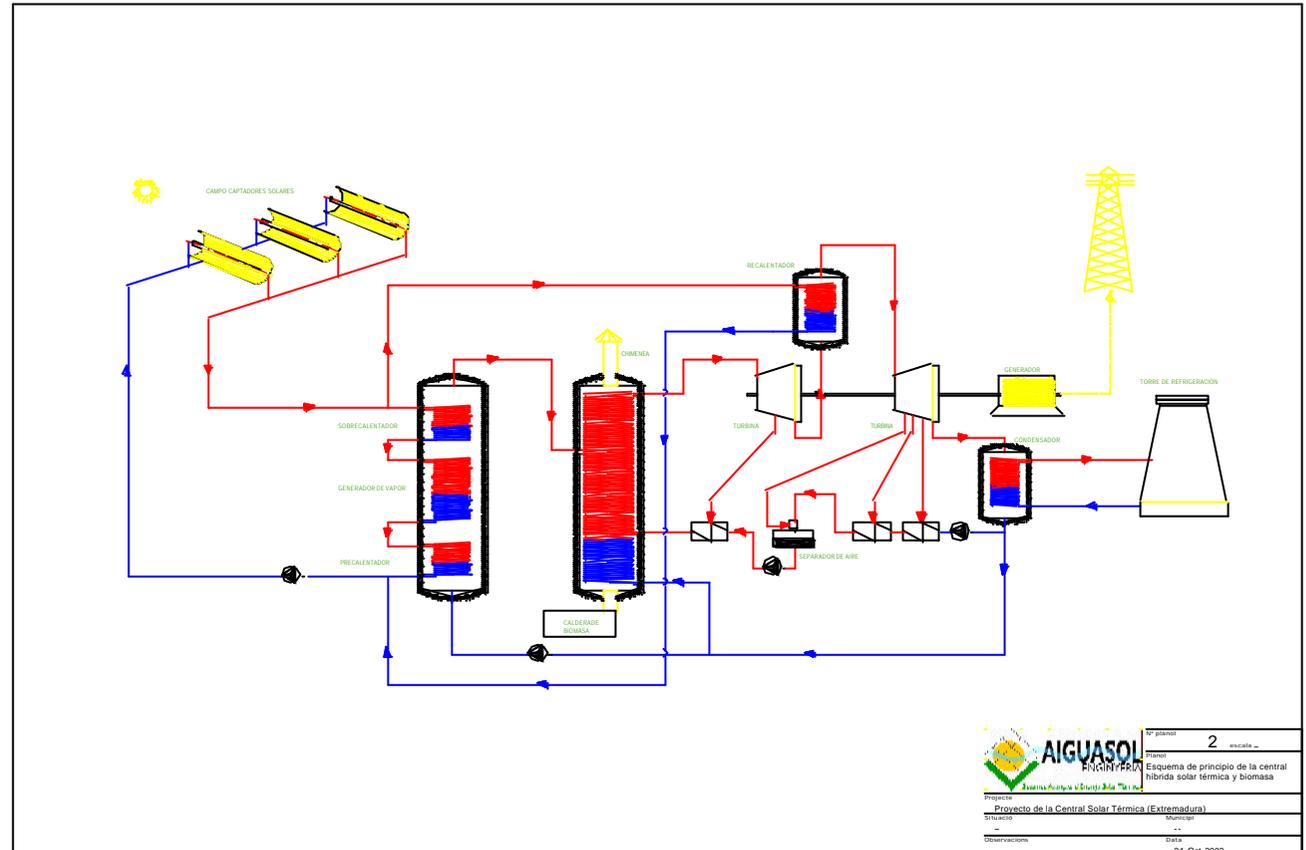
Proyecto de planta híbrida termoeléctrica:

- ✍ Biomasa
- ✍ Energía solar térmica

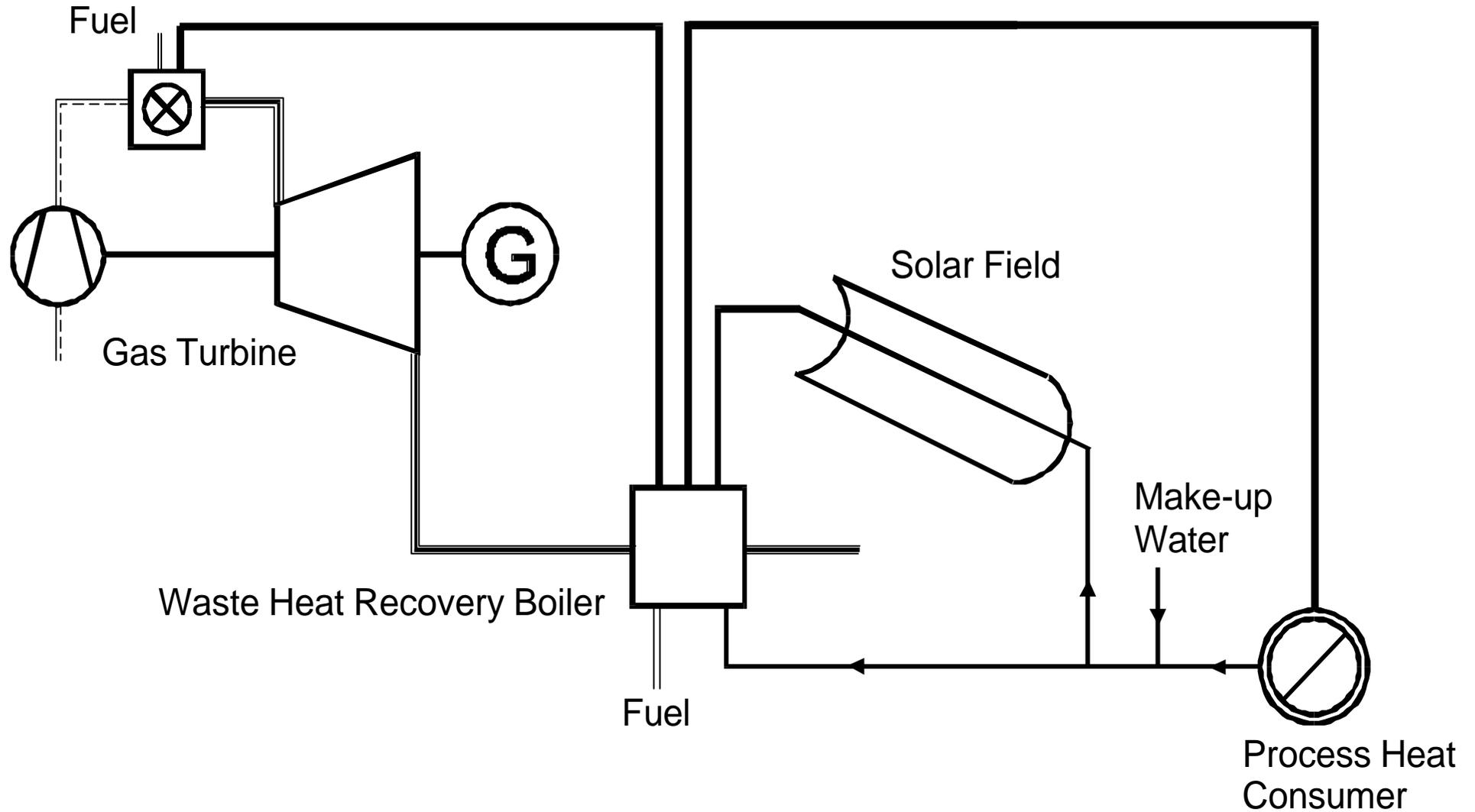
Cogeneración de calor y electricidad para:

- ✍ Usos industriales o del sector terciario
- ✍ Desalinización de agua

Venta de calor = aprox. 1/3 de los ingresos (incl. primas)



Cogeneración + solar térmica: Integración en ciclo con inyección de vapor



Comparación ahorro energía primaria:

✍ **Calor solar industrial**

✍ **Cogeneración**

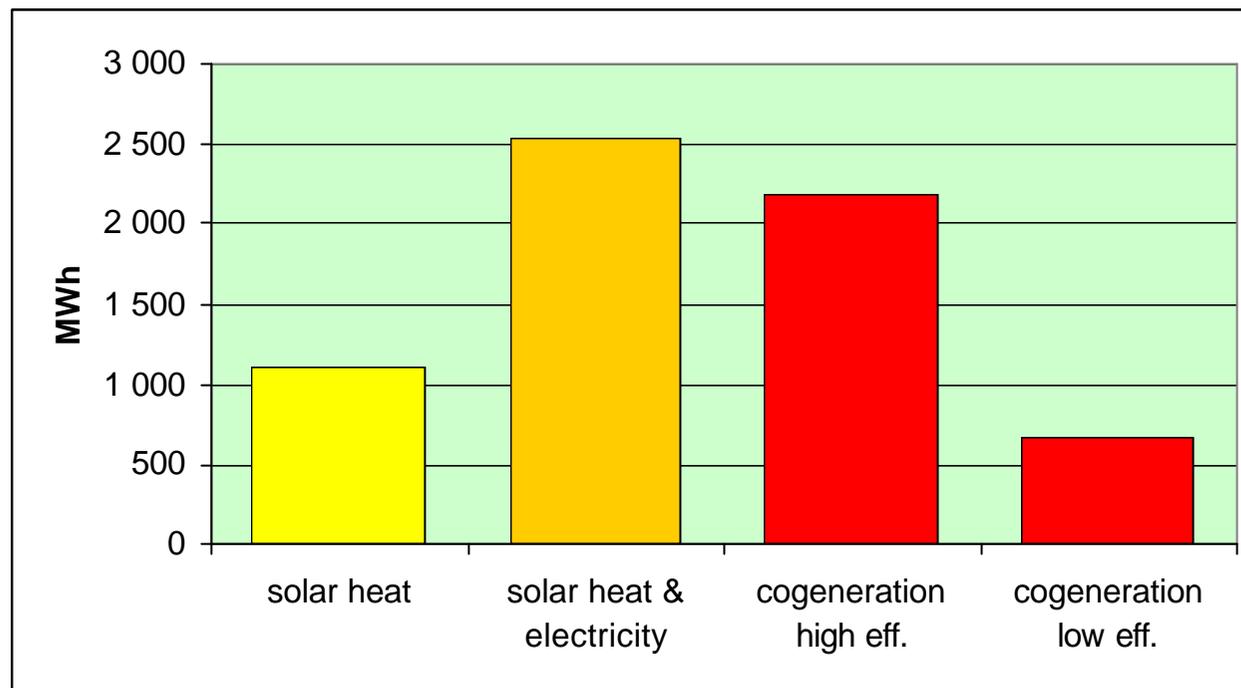
✍ **Rendimiento alto**

✍ **Rendimiento bajo**

✍ **Solar Termoeléctrica +
utilización de calor**

Referencia:

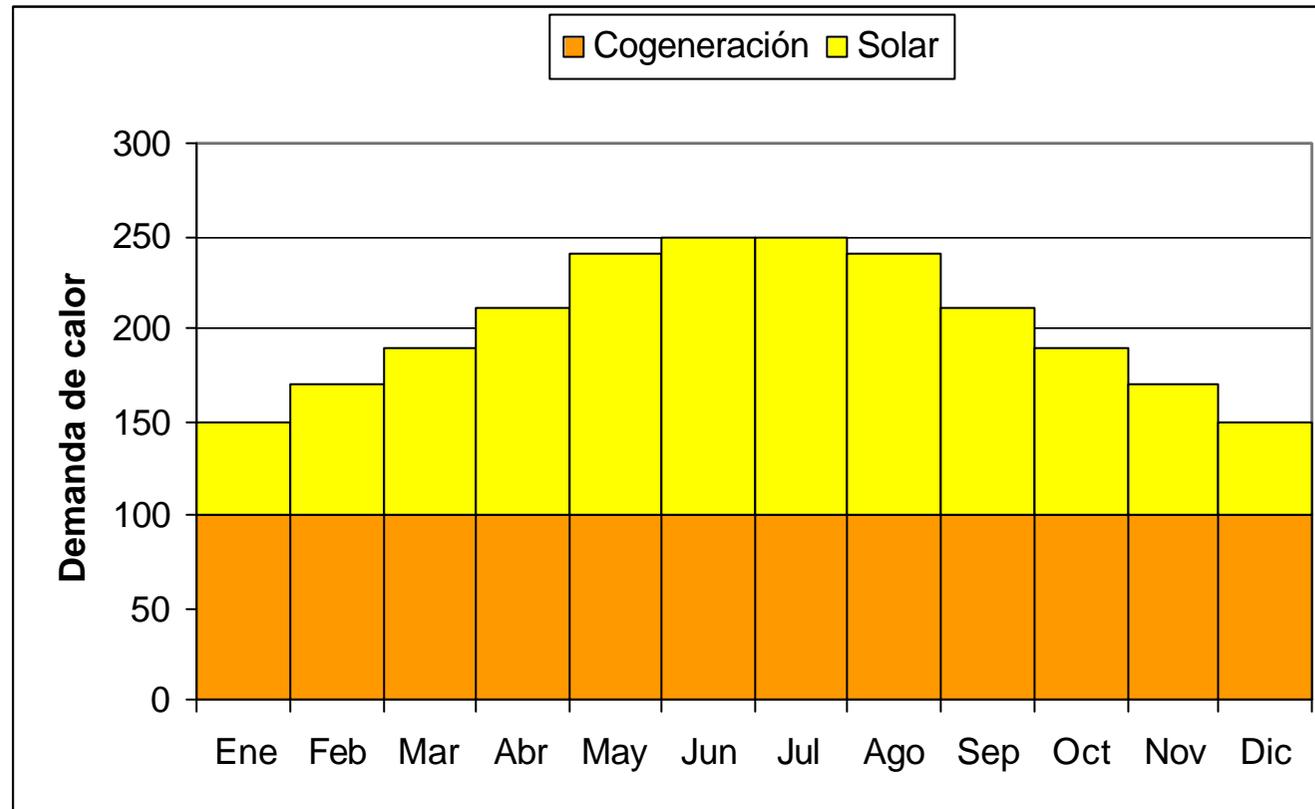
Mix español: 34 %



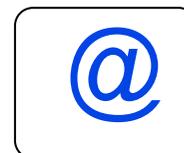
Ahorro de energía primaria respecto a una caldera de vapor convencional para 1 000 MWh de calor industrial producido por un sistema solar o por cogeneración.

Rendimiento eléctrico para (a) ciclo combinado: 50%; (b) turbinas pequeñas: 25%.

- ✍ **Demanda base: cogeneración**
- ✍ **Demanda con máximo en verano: solar térmica**



E-mail:
infoaiguasol@aiguasol.com
http://www.aiguasol.com



Dirección postal:
AIGUASOL ENGINYERIA
C/ Palau, 4, 2n 2a
E-08002 BARCELONA
Spain



Tel: + 34 93 342 47 55
Fax: + 34 93 342 47 56

