

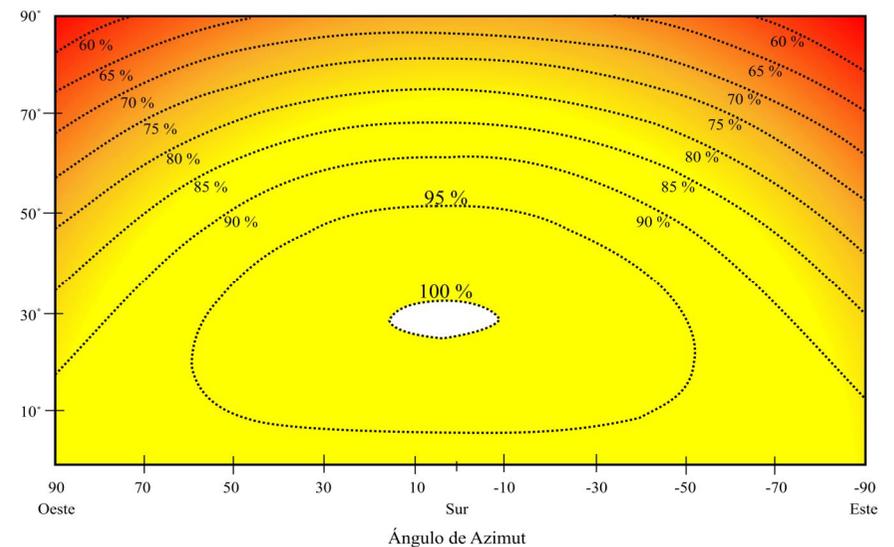
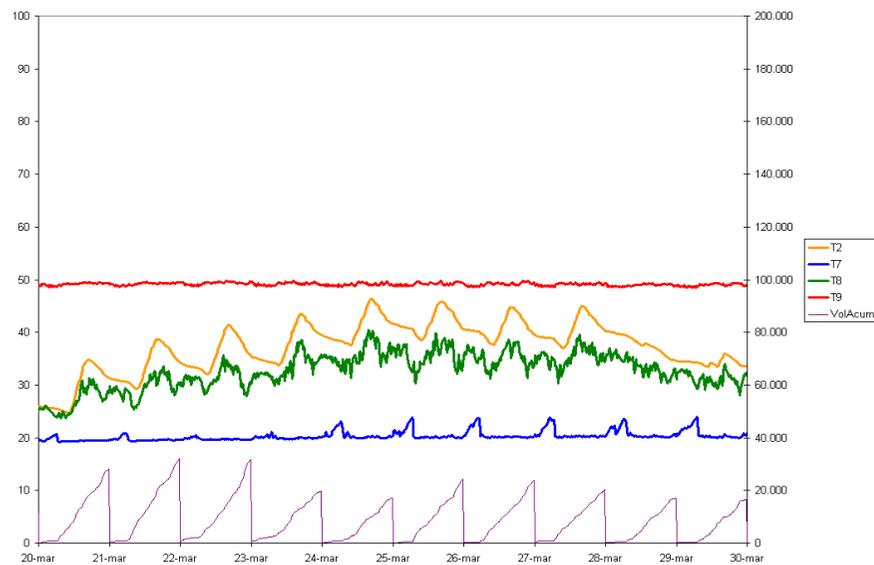
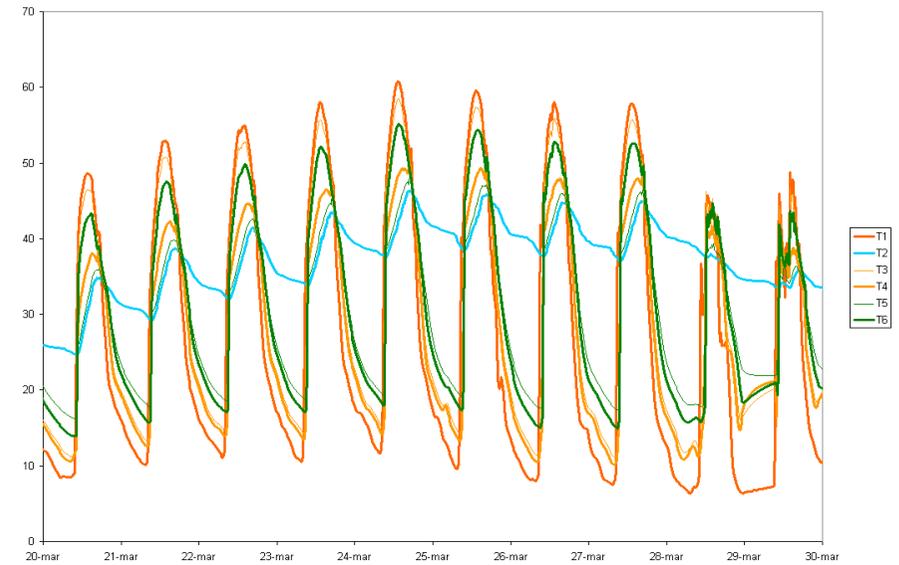
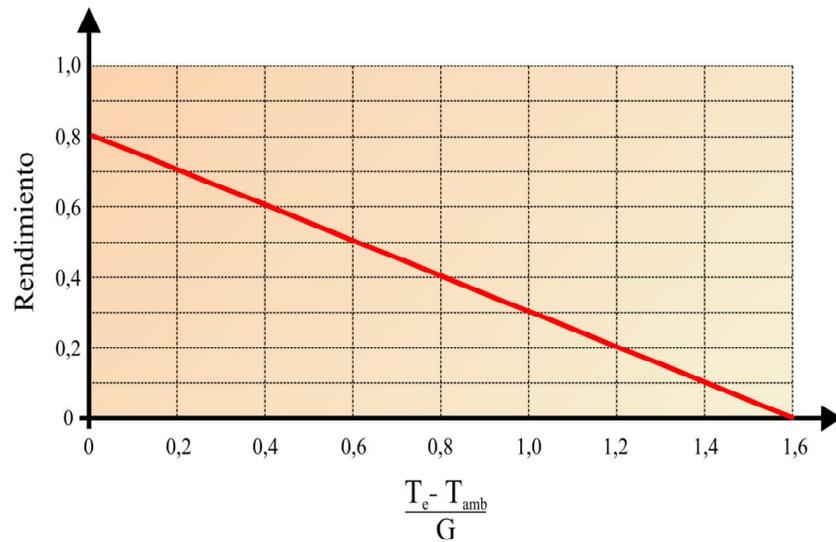
CRITERIOS GENERALES SOBRE LA TECNOLOGÍA

1. Sencillez: ventaja e inconveniente
2. Asentar la base de conocimientos
3. Instalaciones existentes y nuevas
4. Equipos solares domésticos e instalaciones
5. Soluciones de compromiso

SENCILLEZ: VENTAJA E INCONVENIENTE



MADUREZ: ASENTANDO LA BASE DE CONOCIMIENTOS



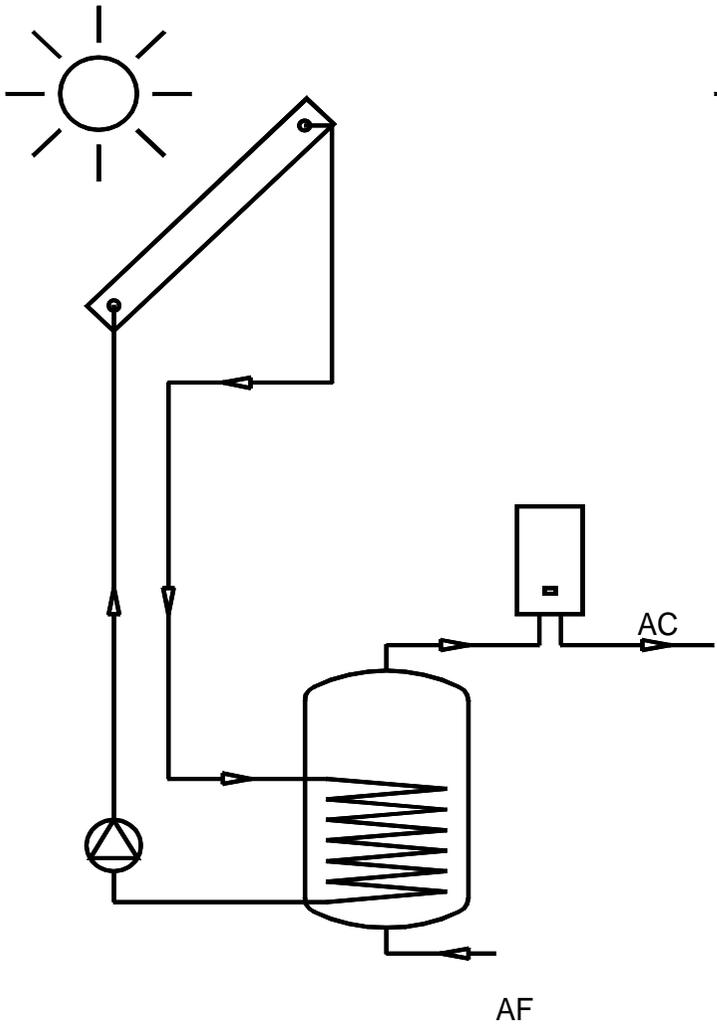
INSTALACIONES EXISTENTES Y NUEVAS



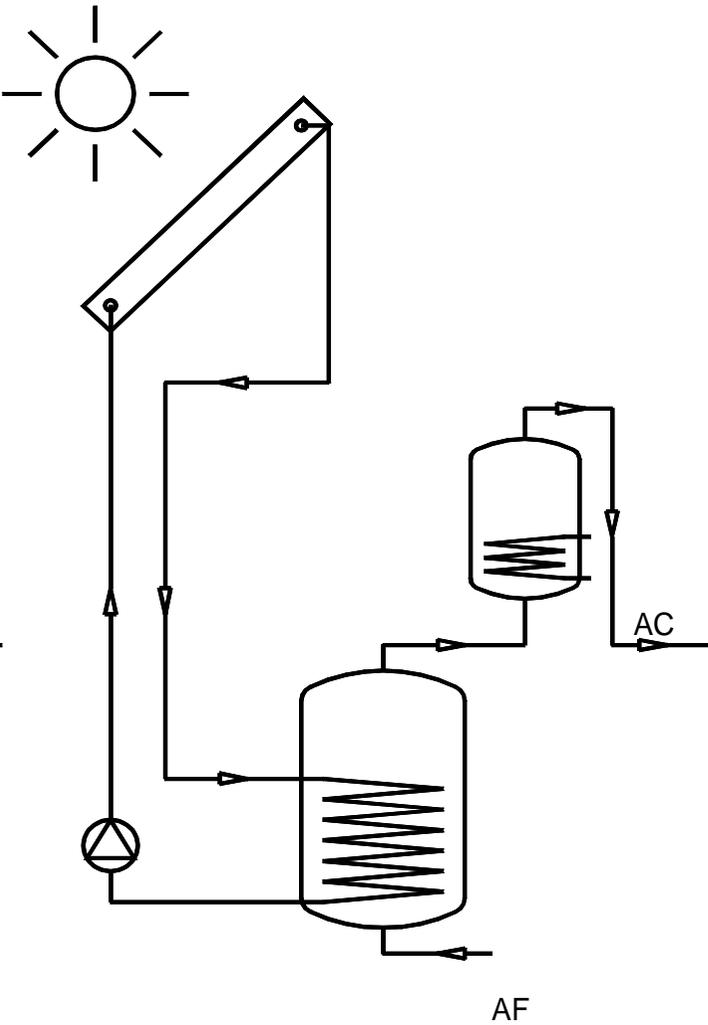
EQUIPOS E INSTALACIONES



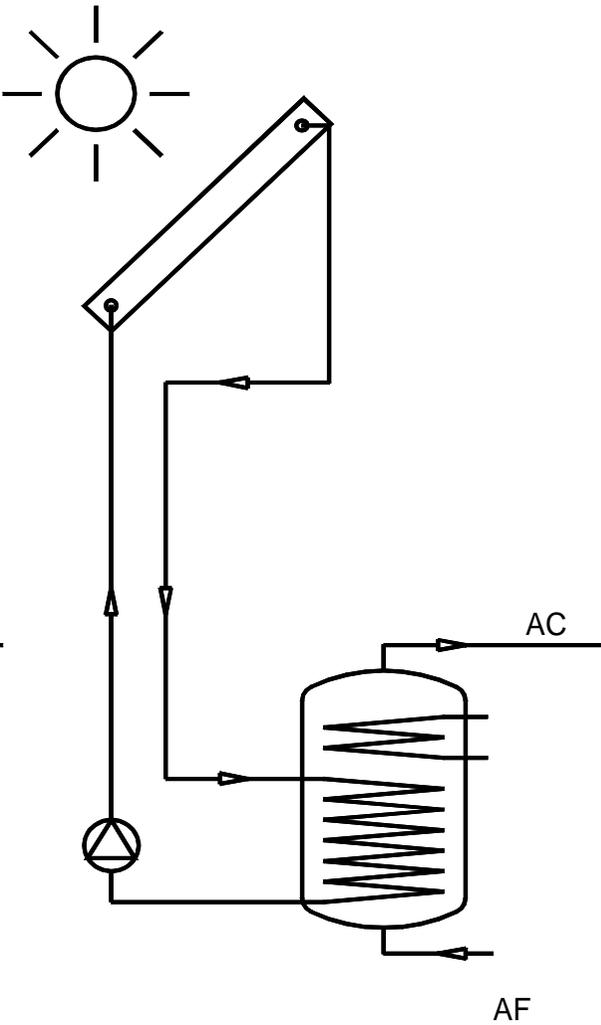
SOLUCIONES DE COMPROMISO



INSTANTÁNEO



EN ACUMULADOR AUXILIAR



INCORPORADO

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

**JUAN CARLOS
MARTÍNEZ ESCRIBANO**
Ingeniero Consultor

juancarlosmartinezescribano@yahoo.es



LA DEMANDA DE ENERGÍA

Cálculo de la demanda de energía de una vivienda con 5 personas, un consumo de agua caliente por persona de 40 l/día a 45 °C y agua fría de 10 °C:

$$Q = 4.186 \cdot 200 \cdot (45 - 10) = 29.302 \text{ kJ/día} = \\ = 8,14 \text{ kWh/día}$$

Cálculo de la potencia instantánea para calentar un caudal de 10 l/m desde 15 a 40 °C sería necesario:

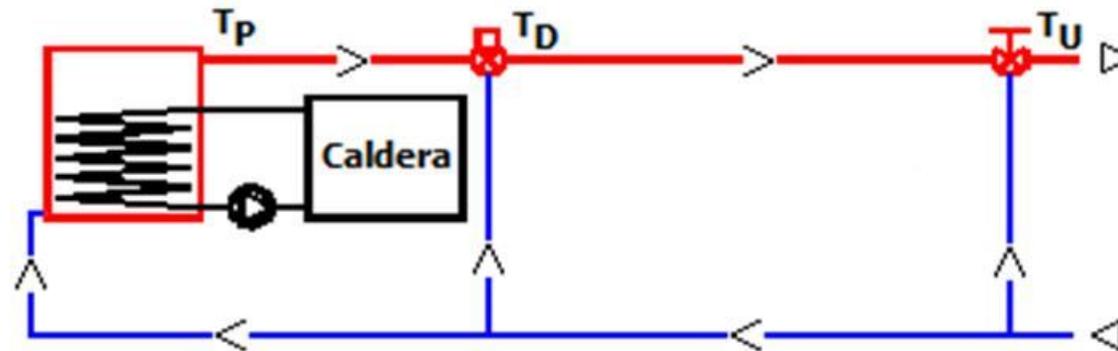
$$Q = 4.186 \cdot 10 \cdot (40 - 15) = 17,44 \text{ kW}$$

CAUDALES DE CONSUMO Y TEMPERATURAS

- Caudales de consumo y temperaturas:

- De preparación
- De distribución
- De uso

$$Q_{ACS}(T) = Q_{ACS}(45) \frac{(45 - T_{AF})}{(T - T_{AF})}$$



$$Q_{pre} \leq Q_{dis} \leq Q_{uso} \quad T_{pre} \geq T_{dis} \geq T_{uso}$$

- La demanda de energía no cambia - Si afecta al consumo de energía y al funcionamiento de las instalaciones

EL AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA EDIFICACIÓN

- Equipos convencionales de producción de ACS
 - Equipos con acumulación (Calefón eléctrico, Acumuladores con caldera, etc.)
 - Equipos instantáneos o en línea (Calentador de gas natural o GLP, caldera mixta, etc.)
- Redes interiores
 - La red de distribución interior
 - Abastecimiento de agua fría
- Los puntos de consumo
- La demanda y el consumo de energía

EQUIPOS CONVENCIONALES DE PRODUCCIÓN DE ACS

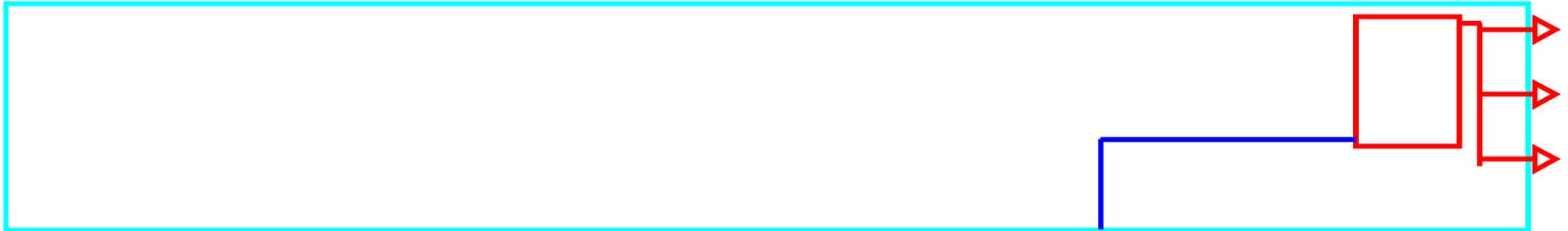
- Capacidad de suministro de agua caliente
 - Caudal de diseño a la temperatura de uso
 - Estabilidad de temperatura
- Potencia necesaria:
 - Sistemas instantáneos
 - Sistemas con acumulación
- Distintos modelos y condiciones de funcionamiento
- Importancia del consumo de energía asociado
- Normalmente, los equipos disponibles en instalaciones existentes, se utilizarán como sistemas de apoyo

CIRCUITO DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE

- Constituye la red interior de la vivienda que canaliza el agua caliente hasta los punto de consumo
- Están alimentados por agua fría que procede
 - De la red exterior de abastecimiento
 - De un grupo de presión interno
 - De un estanque elevado
- Importancia correcto dimensionado, diseño y montaje:
 - Las longitudes de recorrido (hasta 10-12 metros) y evitar circuitos de recirculación
 - Los diámetros necesarios ajustados
 - El espesor y acabado del aislamiento térmico

PÉRDIDAS TÉRMICAS ASOCIADAS A LA DEMANDA

CASO 1 - PT alimentación



CASO 2 - PTali + PT distribución



CASO 3 - PTali + PTdis + PT recirculación



DEMANDA BRUTA DE ENERGÍA TÉRMICA

Representa la energía térmica realmente consumida para la producción de acs:

$$CE_{ACS} = DE_{ACS} + PT_{DEM} =$$
$$DE_{ACS} + PT_{ALI} + PT_{DIS} + PT_{REC} + PT_{ACU}$$

Pérdidas térmicas asociadas a la demanda:

- PT_{ALI} pérdidas de agua y energía de la red de alimentación del interior de la vivienda o del centro de consumo
- PT_{DIS} pérdidas de la red de distribución que incluye todos los circuitos de impulsión de agua caliente.
- PT_{REC} pérdidas térmicas del circuito de recirculación (junto con PT_{DIS} constituyen las pérdidas por disponibilidad)
- PT_{ACU} pérdidas térmicas del acumulador de ACS del sistema de apoyo

IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA ACS

Estadísticas del año 2006 de Uruguay proporcionan, entre otros datos, lo que representa el consumo de energía para ACS en relación con el total del edificio:

- Edificios de salud (hospitales y clínicas): 33,6%
- Sector hotelero: 31,8%
- Otros (cuarteles, centros de rehabilitación, centros deportivos, etc.): superiores al 25%
- Sector residencial: 18,1%

MEDIDAS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

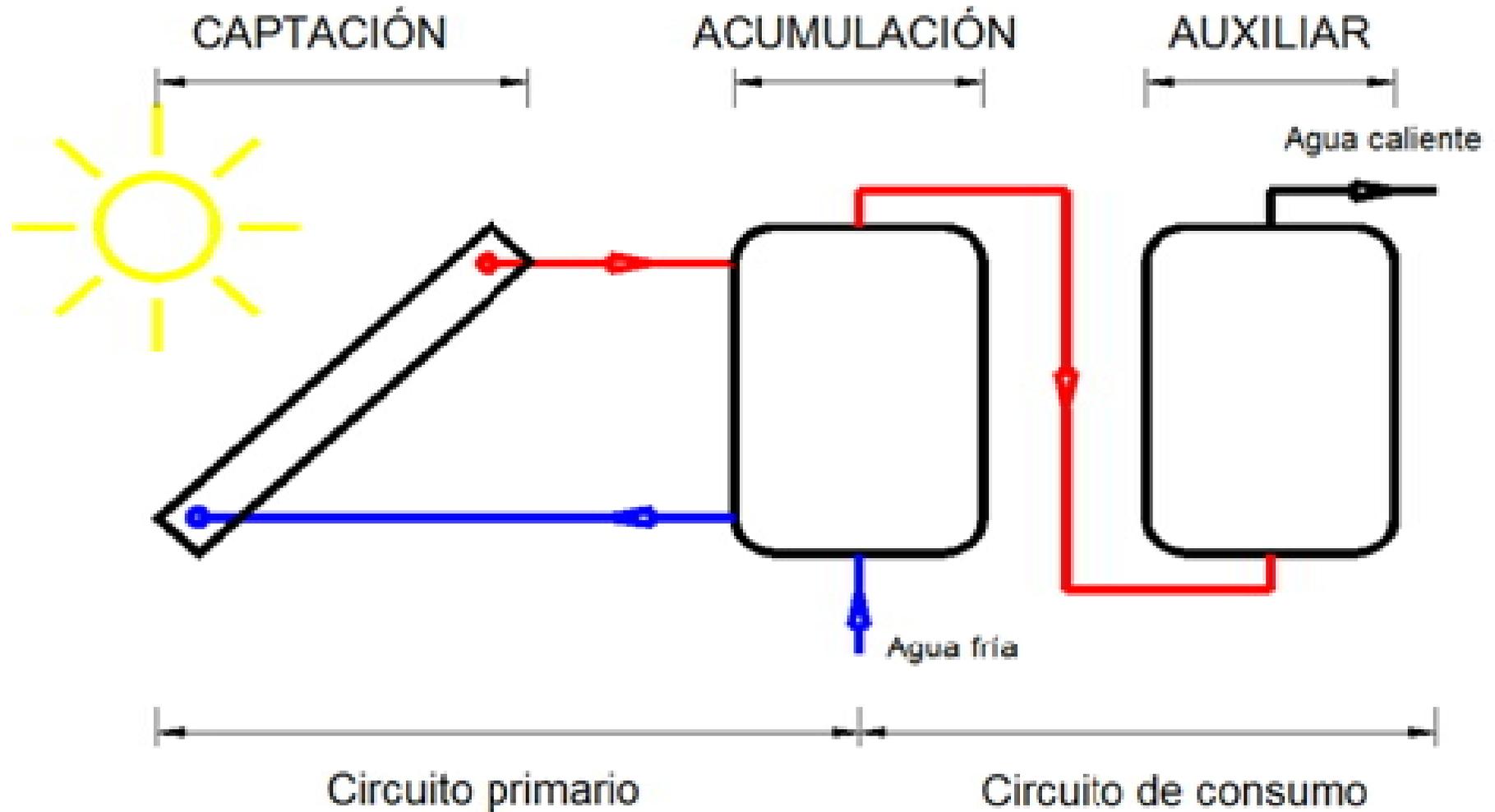
1. Demanda racional de agua caliente

- No dejar grifos abiertos
- Consumos en ducha frente a baño
- Seleccionar temperaturas ajustadas
- Evitar y controlar goteos y fugas
- Colocar reductores, cabezales de bajo consumo, etc.

2. Uso de componentes y equipos eficientes

3. Utilizar la energía solar

ESQUEMA BÁSICO DE LOS SST

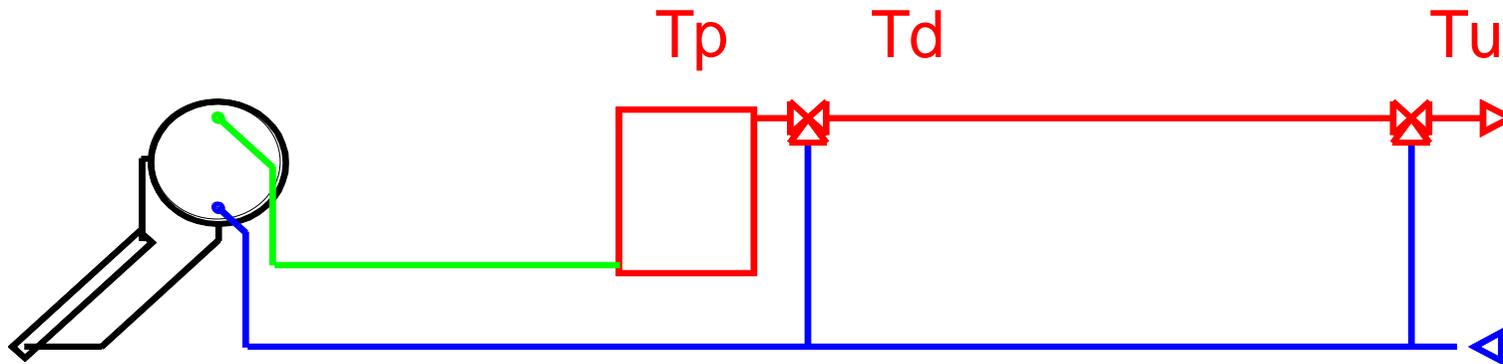


CAUDALES DE CONSUMO Y TEMPERATURAS

- Caudales de consumo y temperaturas:

- De preparación
- De distribución
- De uso

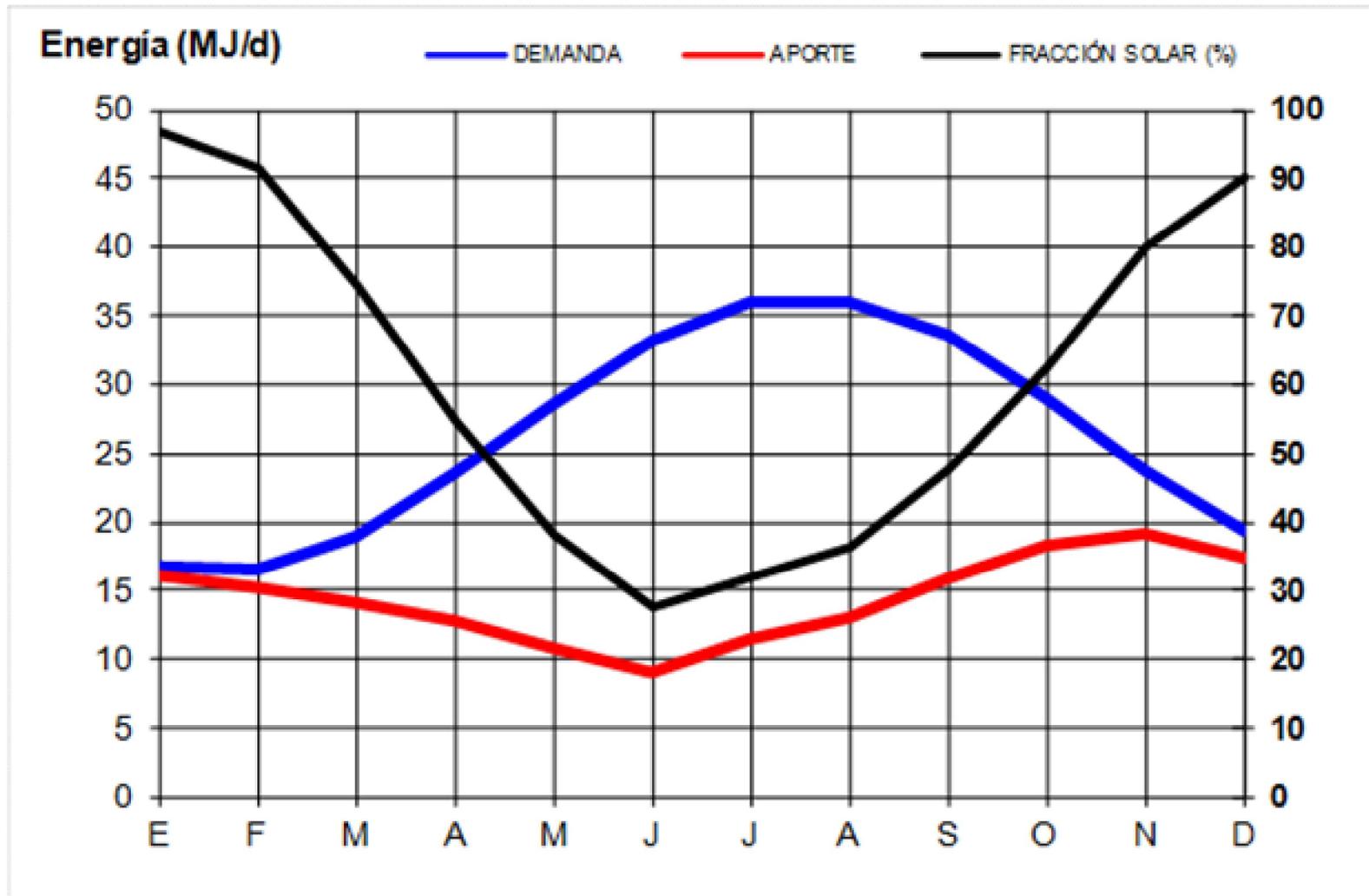
$$Q_{ACS}(T) = Q_{ACS}(45) \frac{(45 - T_{AF})}{(T - T_{AF})}$$



$$Q_{pre} \leq Q_{dis} \leq Q_{uso} \quad T_{pre} \geq T_{dis} \geq T_{uso}$$

- La demanda de energía no cambia - Si afecta al consumo de energía y al funcionamiento de las instalaciones

DEMANDA DE ENERGÍA PARA ACS Y APOORTE SOLAR



CONCEPTOS SOBRE PRESTACIONES DE LOS SST

Referido a un periodo de tiempo (día, mes o año):

- Demanda neta de energía DE
- Pérdidas térmicas asociadas a la demanda PT
- Demanda bruta DB y consumo de energía CE_{AUX}
- Aporte solar AS
- Fracción solar (cobertura o contribución solar)

$$f = 1 - CE_{AUX} / DE = AS / DE$$

- Rendimiento

$$\eta_{med} = AS / RAD$$

COMPARACIÓN APLICACIONES ST Y FV

CRITERIO	SOLAR TÉRMICA BAJA TEMPERATURA	SOLAR FOTOVOLTAICA
Producción de Efecto	calor hasta 100 °C invernadero	directa de electricidad fotovoltaico
Denominación	Colectores solares (captadores)	Paneles fotovoltaicos (placas)
Denominación	Depósitos, tanques o acumuladores	Baterías o acumuladores eléctricos
Circuitos de	Tuberías con aislamiento térmico	Cables o conductores eléctricos
Rendimiento medio	entorno al 40-50%	entorno al 10-15%
Seguimiento al sol	Colectores siempre estáticos	Paneles pueden orientarse
Las sombras afectan	globalmente	global y puntualmente
La suciedad tiene	Influencia no significativa	Elevada importancia

CAPÍTULO 2

COMPONENTES

**JUAN CARLOS
MARTÍNEZ ESCRIBANO**
Ingeniero Consultor

juancarlosmartinezescribano@yahoo.es



COMPONENTES DE LOS SST

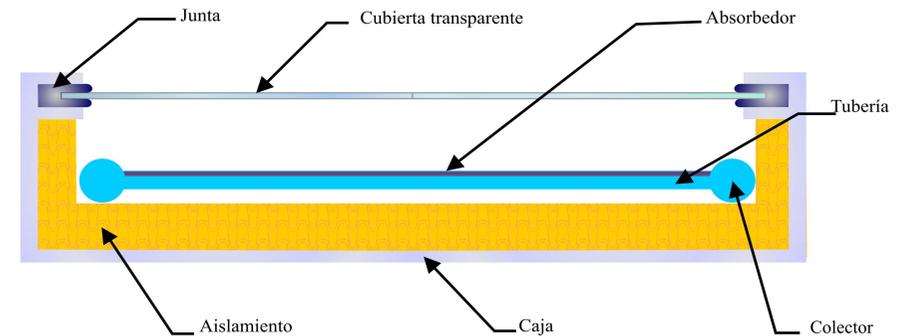
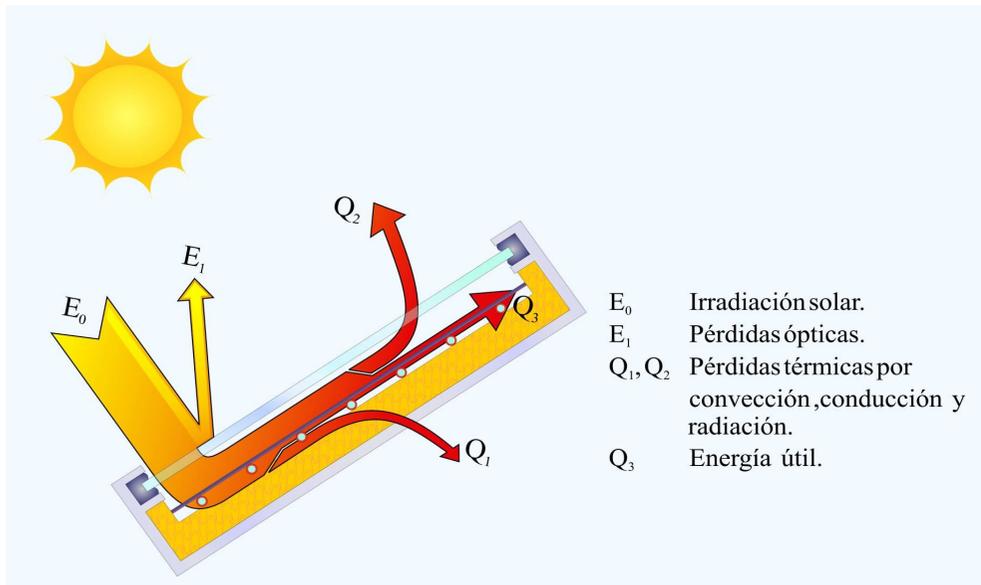
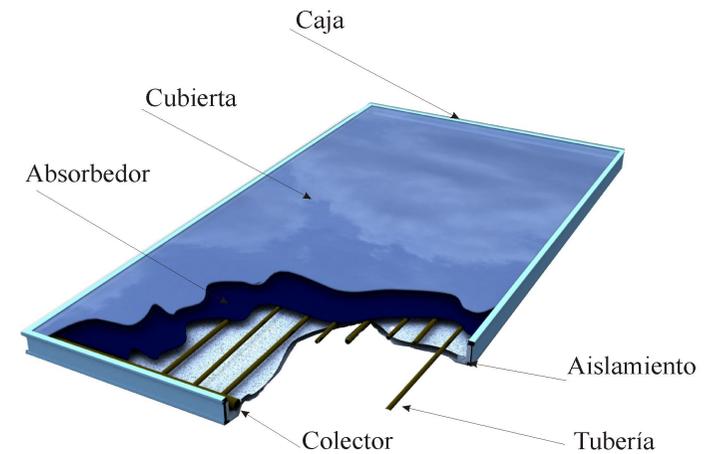
- El colector solar
 - Elementos principales del colector solar
 - Otros tipos de colectores
 - Características de funcionamiento
 - Criterios de selección del colector
- El acumulador solar
 - Características constructivas y funcionales
 - Tipos de acumuladores
 - Criterios de selección de acumuladores
- Otros componentes de las instalaciones

COMPONENTES DE LOS SST

- El colector solar
 - fundamental, específico y diferenciador
- Resto de componentes
 - elementos comunes a otras instalaciones térmicas
 - condiciones derivadas de la fuente de energía
 - importancia del rendimiento global de la instalación

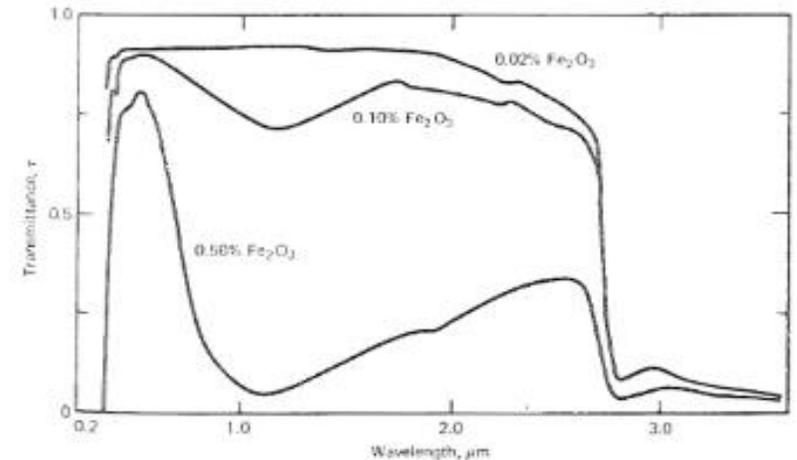
ELEMENTOS PRINCIPALES DEL COLECTOR SOLAR PLANO

- Cubierta
- Absorbedor
- Aislamiento
- Carcasa



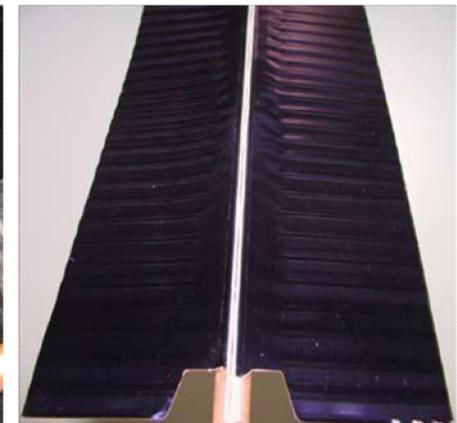
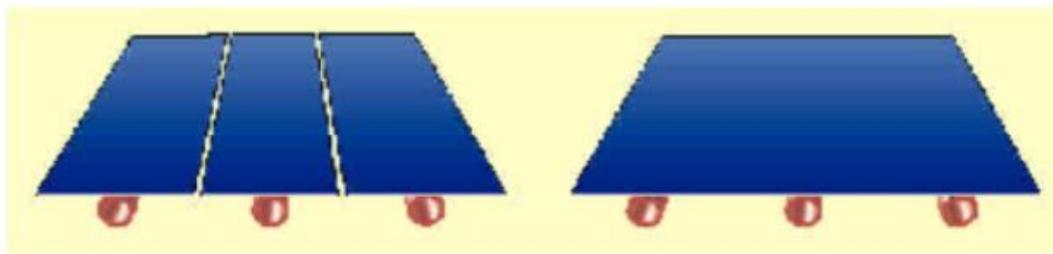
CUBIERTA TRANSPARENTE

- Efecto invernadero:
 - Transparente a la radiación solar
 - Pérdidas por radiación
- Pérdidas por convección
- Materiales:
 - Vidrio (de 3-4 mm, bajo contenido Fe, templado)
 - Algunos plásticos (acción UV, dilataciones)
- Asegura la estanqueidad (con junta elástica)



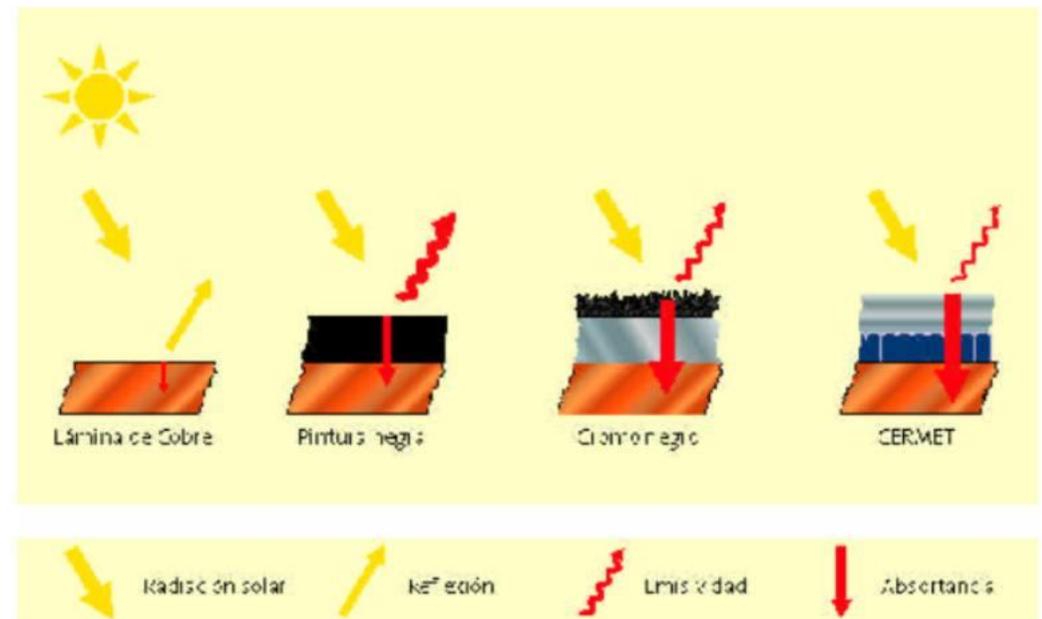
ABSORBEDOR DEL COLECTOR SOLAR

- Superficie metálica plana (en una lámina entera o en bandas) con un circuito adosado:
 - Absorbedor es normalmente de cobre, a veces, de aluminio y esporádicamente, de acero u otros materiales.
 - Circuito del absorbedor, casi siempre, con tuberías de cobre
- Características importante para evacuación de calor:
 - Conductividad y espesor de la lámina
 - Contacto térmico de la unión lámina-tubería



TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL ABSORBEDOR

- Comportamiento del absorbedor:
 - Absortancia: capacidad de absorber radiación
 - Emisividad: capacidad de emitir radiación
- Tipos de tratamientos superficiales:
 - Negro
 - Selectivo



CIRCUITO HIDRAÚLICO DEL ABSORBEDOR

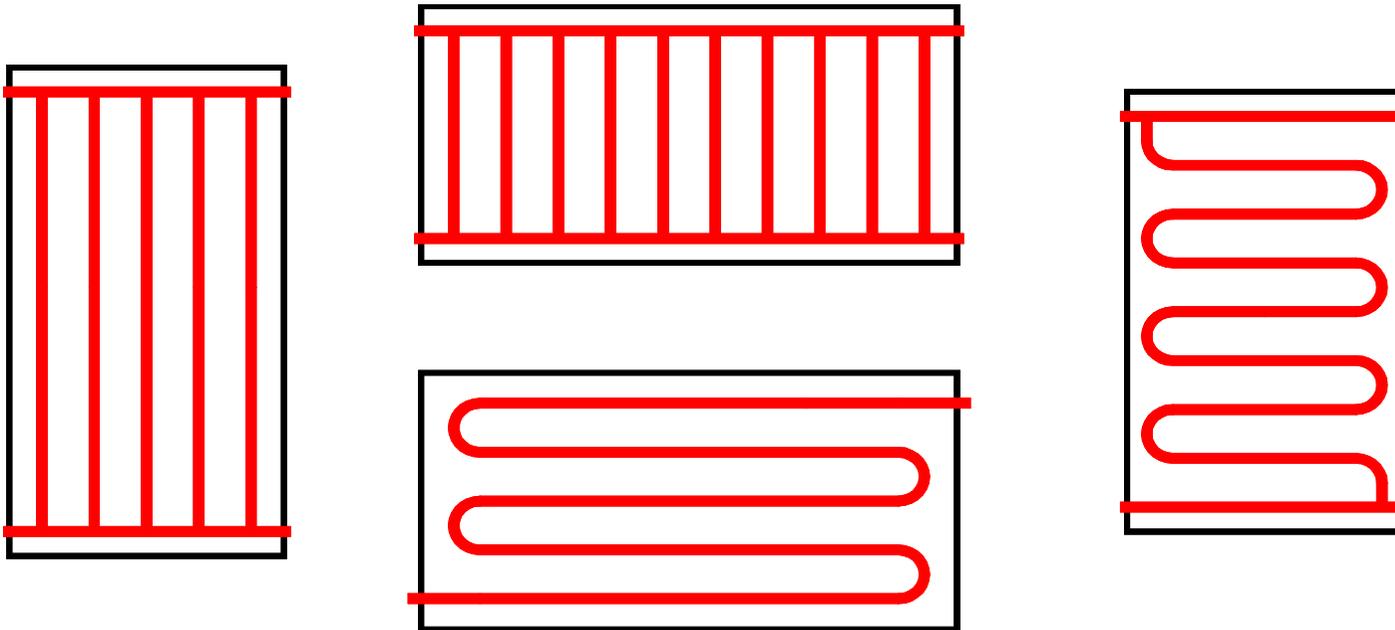
Al circular el fluido de trabajo para evacuar el calor:

- Las características constructivas deben garantizar la mejor transmisión térmica desde cualquier punto del absorbedor al circuito
- La superficie de contacto del circuito hidráulico con el absorbedor debería ser lo más grande posible
- El equilibrado hidráulico interior debe garantizar que no haya diferencias de caudal en el circuito pues el rendimiento global disminuiría
- La circulación del fluido en régimen turbulento favorece significativamente la transferencia de calor

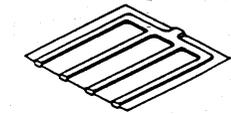
CIRCUITO HIDRÁULICO DEL ABSORBEDOR

Los más habituales:

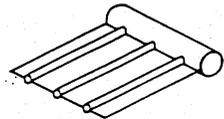
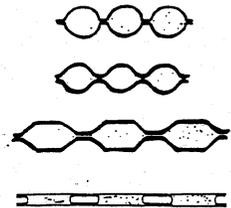
- Tipo parrilla o tipo serpentín
- Vertical u horizontal



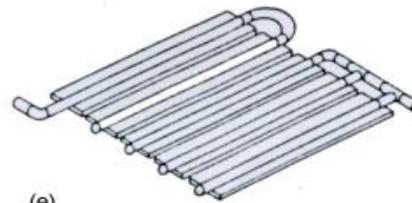
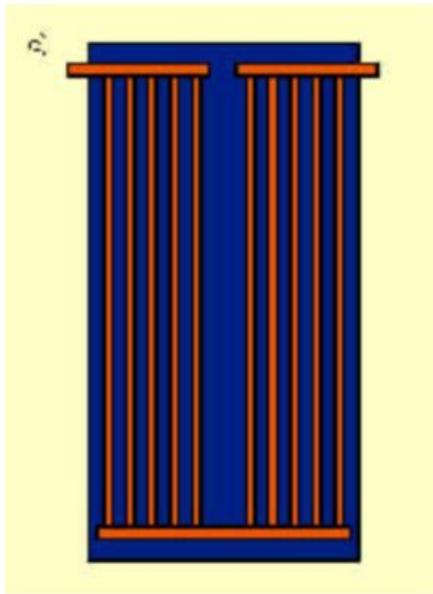
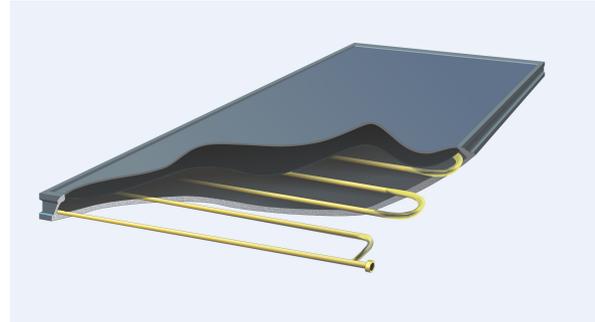
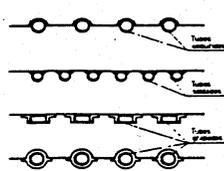
OTROS TIPOS DE CIRCUITOS DEL ABSORBEDOR



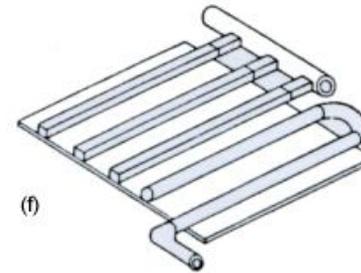
CHAPAS CONFORMADAS Y SOLDADAS



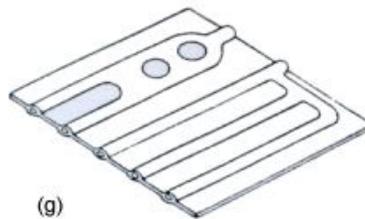
PARRILLAS DE TUBOS Y ALETAS



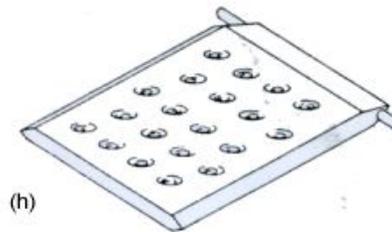
(e)



(f)



(g)



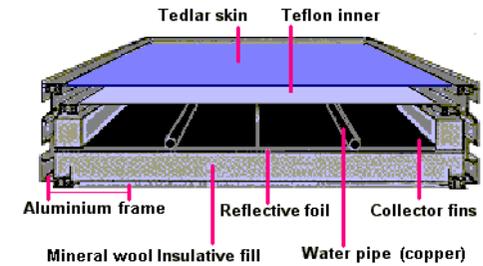
(h)

OTROS TIPOS DE COLECTORES SOLARES PLANOS

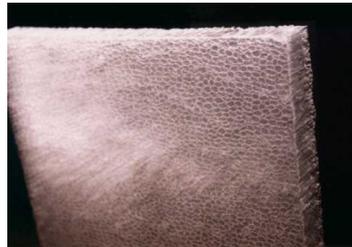
Sin cubierta



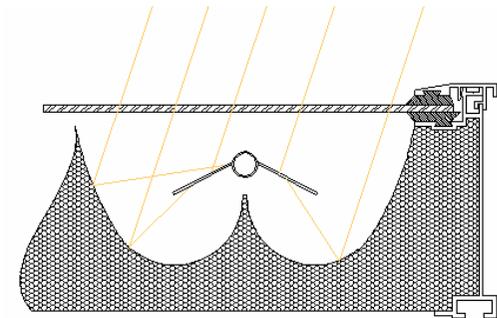
Con varias cubiertas



Con cubierta TIM



Tipo CPC



De vacío



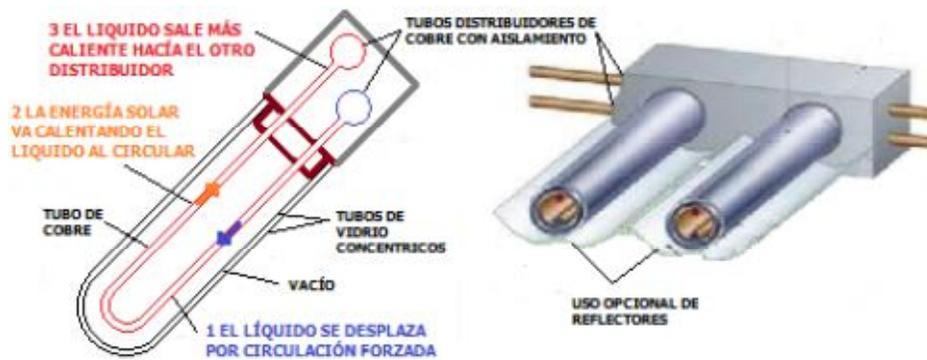
A medida

COLECTORES SOLARES DE TUBOS DE VACÍO

- De tubos de calor



- De tubo en U



- De flujo directo

CARACTERIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

La potencia útil captada por el colector es:

$$P_{\text{COL}} = m_{\text{COL}} \cdot c_p \cdot (T_S - T_E) = \eta \cdot A \cdot G_t$$

m_{COL} : el caudal másico que circula por el colector

c_p : el calor específico a presión constante del fluido

T_S : la temperatura de salida del colector (°C)

T_E : la temperatura de entrada del colector (°C)

η : el rendimiento del colector

A_{COL} : la superficie o área útil del colector (m²)

G_t : la irradiancia total sobre la superficie del colector (W/m²)

FUNCIÓN DE RENDIMIENTO DEL COLECTOR

El rendimiento se suele expresar como una función cuadrática:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot (T_E - T_{AMB})/G_t - a_2 \cdot (T_E - T_{AMB})^2/G_t$$

o lineal: $\eta = F_R \cdot (\tau\alpha) - F_R \cdot U_L \cdot (T_E - T_{AMB})/G_t$

Siendo Factor óptico o factor de ganancia: η_0 ó $F_R \cdot (\tau\alpha)$

Factores de pérdidas: a_1 y a_2 ó $F_R \cdot U_L$

Todos los factores de la función de rendimiento están relacionados:

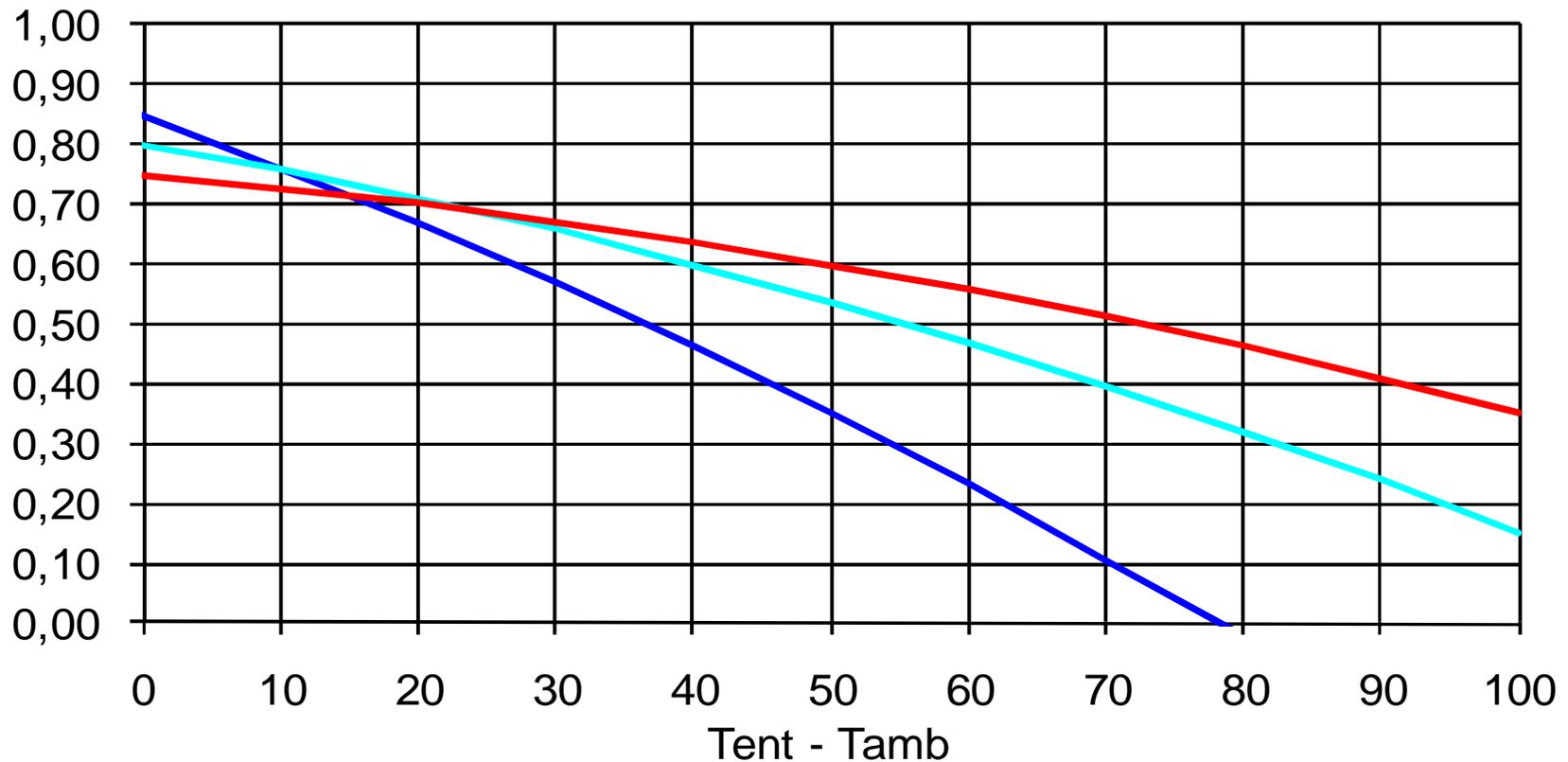
- Con un área de referencia (normalmente apertura)
- Con un caudal de funcionamiento (por defecto, 0,02 l/s.m²)

RENDIMIENTO DE DISTINTOS COLECTORES

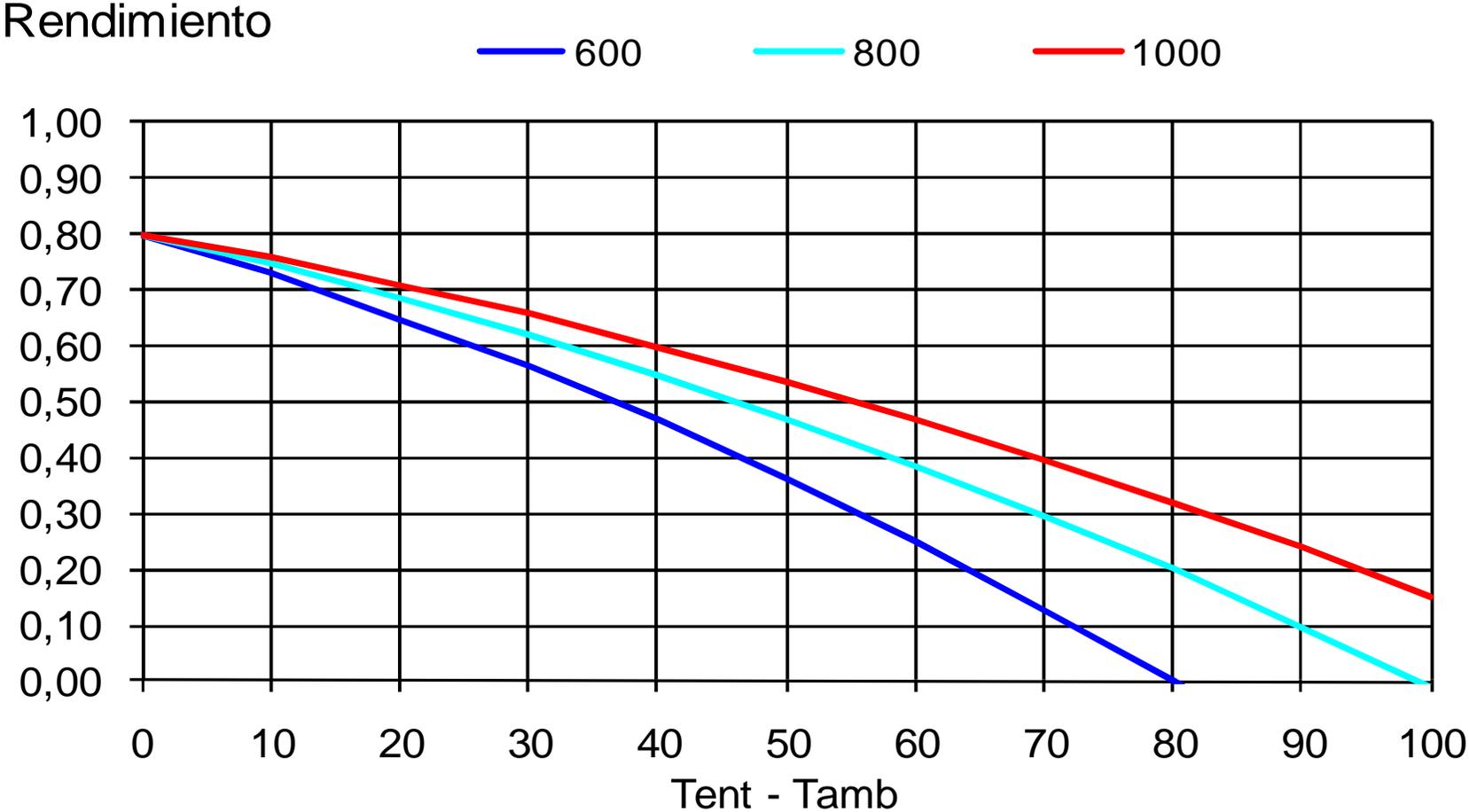
	η_0	k_1	k_2
CS1:	0,85	8,50	0,030
CS2:	0,80	4,00	0,025
CS3:	0,75	2,00	0,020

Rendimiento

— CS1 — CS2 — CS3



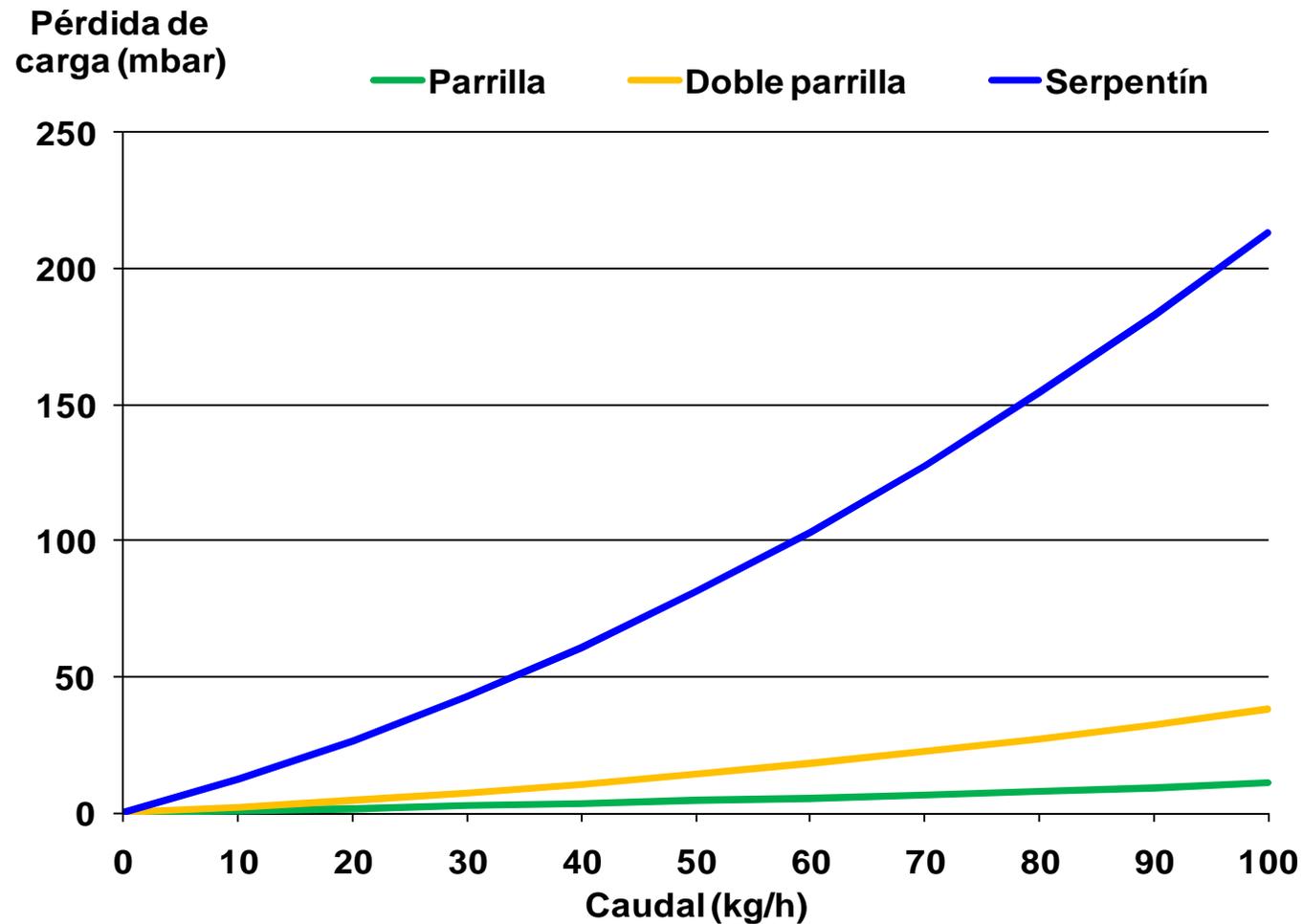
RENDIMIENTO CON DISTINTAS IRRADIANCIAS



Irradiancia solar G_t en W/m^2

PÉRDIDA DE CARGA DEL COLECTOR SOLAR

$$PC_{COL} = a_1 \cdot m_{COL} + a_2 \cdot m_{COL}^2$$



TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO DEL COLECTOR

- Cuando no circula fluido por el colector solar:
 - La radiación solar sigue introduciendo energía,
 - Aumenta la temperatura del absorbedor, y
 - Aumentan las pérdidas térmicas
- Se alcanza el equilibrio térmico cuando:
 - Las pérdidas térmicas compensan a la radiación incidente
 - Se ha alcanzado la temperatura de estancamiento
- Según UNE-EN 12975 la temperatura de estancamiento está referida a una irradiancia incidente de 1000 W/m^2 y a una temperatura ambiente de $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

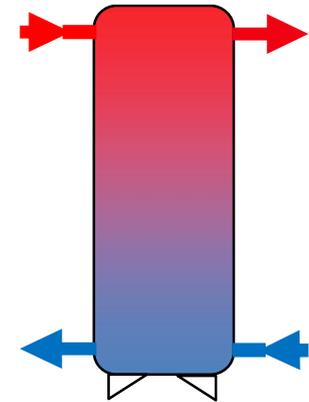
ACUMULADOR SOLAR

- Almacena la energía solar como calor sensible hasta que se precise su uso. Exactamente igual que los de una instalación de producción de ACS con calderas.
- Características constructivas y funcionales
 - Material en contacto que mantenga calidad sanitaria del agua
 - Resistencia y durabilidad
 - Estratificación: una mejor estratificación colabora en el buen rendimiento de la instalación
 - Pérdidas térmicas: minimizarlas colabora con el buen rendimiento de la instalación

CLASIFICACIÓN DE ACUMULADORES

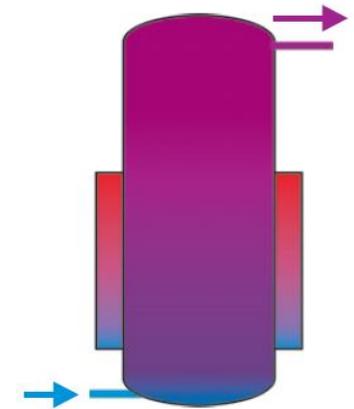
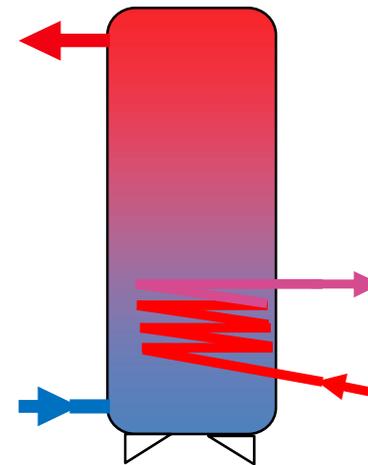
- Por su disposición:

- Vertical
- Horizontal



- Por la posición y tipo del intercambiador:

- Interno de calentamiento o de consumo
- Interno de serpentín, doble envolvente, etc.
- Externo



RESISTENCIA Y DURABILIDAD DEL ACUMULADOR SOLAR

- Soportar las condiciones extremas:
 - de presión
 - de temperatura
- Protección contra la corrosión interna. Se pueden utilizar equipos de protección catódica permanente o ánodos de sacrificio recambiables
- Protección contra las condiciones climáticas exteriores que afectan a las pérdidas térmicas y a la corrosión externa

ESTRATIFICACIÓN EN EL ACUMULADOR SOLAR

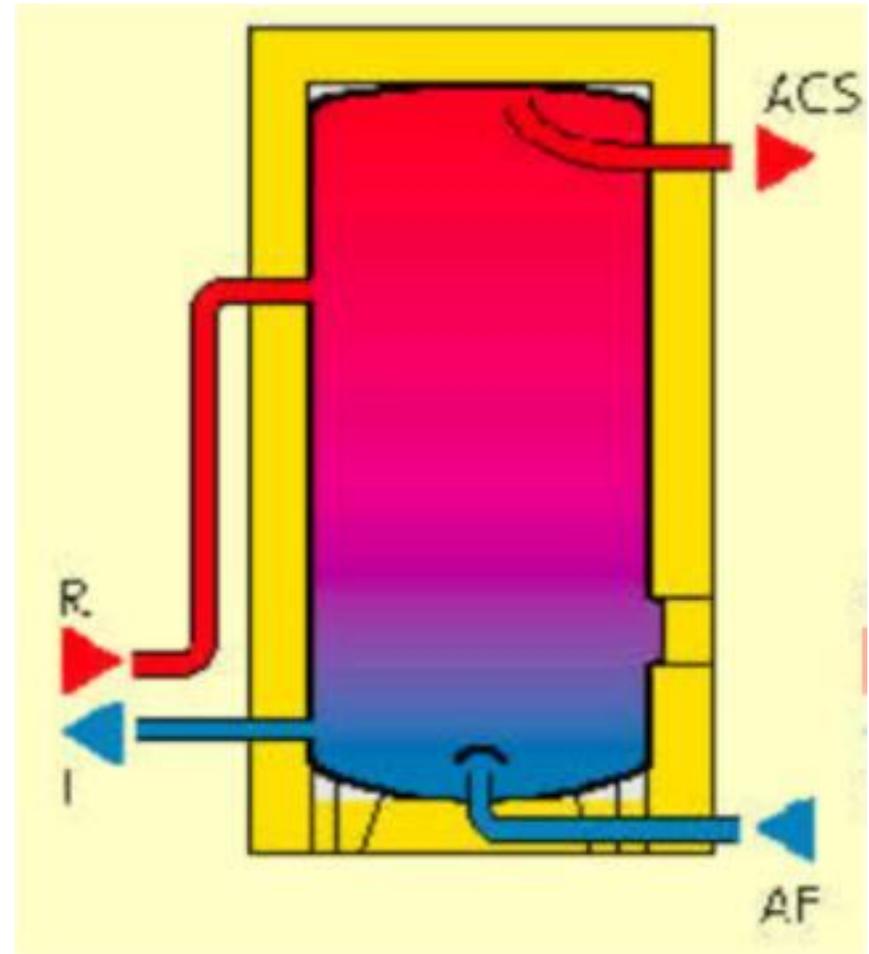
Para mejorar la estratificación se deben incorporar medidas que la favorezcan y evitar, o reducir, los efectos que la destruyen:

- Utilizar la disposición vertical
- Definir adecuada posición de las conexiones de entrada y salida
- Reducir volúmenes “no útiles” en los fondos del acumulador.
- Evitar mezcla con la entrada de agua fría (reducir velocidad aumentando los diámetros de entrada y utilizar deflectores y difusores).
- Disponer la tubería de salida hacia el consumo con la toma de agua de la parte superior del acumulador pero la boca de salida en el lateral para evitar que el agua de la tubería de salida, cuando se enfría porque no hay consumo, vuelva al acumulador rompiendo la estratificación

POSICIÓN DE LAS CONEXIONES DEL ACUMULADOR

En relación con la altura total del acumulador:

- Retorno del intercambiador: entre el 50% y el 75%
- Ida al intercambiador: entre el 5% y el 10%.
- Entrada de agua fría: máximo el 10% y deflector
- Salida de agua caliente: entre el 90% y el 100% de



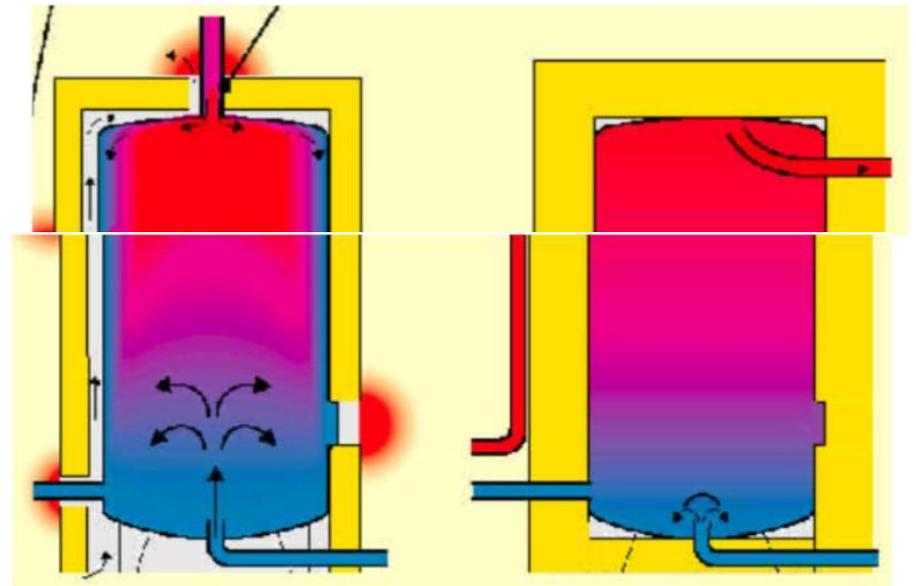
MATERIALES Y PROTECCIONES INTERNAS

1. Cobre.
2. Acero negro con revestimiento plástico (resinas epoxi): se obtienen por mezcla de dos componentes y se adhiere internamente al acero para separarlo del agua. Pueden resistir adecuadamente hasta temperaturas de 80/90°C.
3. Acero negro vitrificado: recubrimiento inorgánico a partir de boroaluminio-silicatos que se funden a alta temperatura sobre el acero en una o varias capas. Aunque soporta hasta 800°C, se recomienda limitar a unos 120°C por las dilataciones del acero.
4. Acero inoxidable: hay que tener mucha precaución con la calidad del acero y de las soldaduras de unión. Soportan temperaturas de hasta 200°C sin ningún tipo de problemas

AISLAMIENTO Y PROTECCIONES EXTERNAS

Para reducir las pérdidas térmicas, toda la superficie exterior del acumulador, cañerías, bocas de conexión y registro deben estar cubiertas con material aislante adecuado y correctamente sellado

Para soportar la humedad y la radiación solar el aislamiento debe disponer de algún tipo de recubrimiento exterior resistente a estos factores (aluminio, inoxidable, acero lacado, poliéster, etc.)



OTROS COMPONENTES

- Intercambiador
- Bomba de circulación
- Vaso de expansión
- Componentes hidráulicos
 - Tuberías y aislamiento
 - Válvulas
 - Sistemas de purga
 - Sistema de llenado
- Equipos de medida y control



CRITERIOS DE SELECCIÓN DE TODOS LOS COMPONENTES

- Soportar las condiciones de presión y temperatura extremas a las que pueden estar sometidos.
- Expresamente diseñados para resistir las condiciones exteriores a las que vayan a estar expuestos: rayos UV, oxidación por acción combinada de agua y aire, etc.
- Ser compatibles con los fluidos de trabajo con los que puedan estar en contacto (especial precaución con ACS)
- Aportar las condiciones funcionales y de rendimiento que les sean requeridas.
- Sin modificaciones en terreno (por ejemplo, protección de la estructura)

...EXPRESAMENTE DISEÑADOS PARA EXTERIORES

