

La energía solar térmica en instalaciones con ACS y piscina

*Noelia Olmedo Torre, Jordi Ivern Cacho,
Oscar Farrerons Vidal y Ramón Montojo*



Barcelona, junio 2015

Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona.
Consorti Escola Industrial de Barcelona.
C/ Comte d'Urgell 187. BARCELONA 08036.
Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona TECH.
Departament Expressió Gràfica a l'Enginyeria
Teléfono [+34] 93 413 73 76, Fax [+34] 93 413 74 01
olmedo@ege.upc.edu



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorti Escola Industrial de Barcelona

SUMARIO

INTRODUCCIÓN	3
1. REQUISITOS BÁSICOS	4
1.1 SEGURIDAD	4
1.2 LICENCIA ADMINISTRATIVA.....	4
1.3 NORMATIVA APLICABLE	5
2. DIMENSIONADO DE LAS INSTALACIONES	7
2.1 ELECCIÓN DE COLECTORES SOLARES	7
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	8
2.2.1 Circuito ACS.....	8
2.2.2 Circuito piscina	10
2.2.3 Demanda energética	11
2.2.4 Circuito ACS.....	11
2.2.4 Piscina.....	13
2.2.5 Aporte solar para ACS.....	15
2.2.6 Aporte solar para piscina	17
3. SUPERFICIE DE CAPTACIÓN	20
3.1 CONEXIONADO DE LOS COLECTORES	21
3.2 INCLINACIÓN Y PÉRDIDAS DE LOS COLECTORES	23
3.2.1 Pérdidas por inclinación e orientación	23
3.2.2 Pérdidas de radiación solar por sombras	24
3.3 ANCLAJE DE LOS COLECTORES	24
3.4 VOLUMEN DE ACUMULACIÓN	25
3.5 SISTEMAS DE TERMOTRANSFERENCIA	26
3.6 ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE PROTECCIÓN	26
3.6.1 Aislamiento	26
3.6.2 Válvulas de paso.....	27
3.6.3 Válvula de seguridad	27
3.6.4 Válvulas antirretorno.....	27
3.6.5 Válvulas de equilibrado.....	27
3.6.6 Grifo de vaciado	27
3.6.7 Sistema de llenado.....	28
3.6.8 Purgadores.....	28
3.7 CIRCUITO HIDRÁULICO DE CAPTACIÓN	28
3.8 DIMENSIONADO DE LOS CIRCUITOS DE CAPTACIÓN	30
3.8.1 Instalación ACS.....	30
3.8.2 Instalación Piscina	31
3.9 DIMENSIONADO DE LOS CIRCUITOS SECUNDARIOS	33
3.9.1 Instalación ACS.....	33
3.9.2 Instalación piscina	34
3.10 GRUPOS DE PRESIÓN	35
Para ACS. Tabla 22	35
3.11 SISTEMA DE ENERGÍA CONVENCIONAL	35
3.11.1 Circuito de ACS	36
3.11.2 Circuito para piscina	37
3.12 REGULACIÓN SOLAR Y SISTEMA ELÉCTRICO.....	37
4. MANTENIMIENTO	39
5. BIBLIOGRAFÍA	41

INTRODUCCIÓN

El objetivo es el dimensionado, cálculo de las prestaciones energéticas y la descripción de las condiciones técnicas y reglamentarias que se tomaran en la ejecución de las instalaciones y el empleo de los materiales para la climatización de una piscina y para ACS.

1. Requisitos básicos

1.1 Seguridad

Los requisitos de seguridad vienen dados por las normativas aplicables a zonas deportiva, tanto nacional, autonómica o local, teniendo en cuenta la localización de las instalaciones y de uso.

Los aspectos más importantes son:

- La temperatura de almacenamiento del agua caliente de sistemas centralizados debe ser como mínimo de 55°C, siendo recomendable alcanzar 60°C.
- La temperatura del agua de distribución no podrá ser inferior a 50°C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno a la entrada en el depósito.
- Los depósitos estarán fuertemente aislados para prevenir el descenso de la temperatura hacia el intervalo de máxima multiplicación de legionela.
- Los depósitos acumuladores estarán dotados de una boca de registro y de conexiones para la válvula de vaciado y se situarán de manera que se faciliten las operaciones de vaciado y limpieza.
- El aislamiento de las tuberías de agua caliente sanitaria se resuelve con coquilla de espuma elastomérica con clasificación de reacción al suelo M-1 según UNE 23727.
- La seguridad de utilización, de tal forma que su uso normal no suponga riesgo de accidente para las personas.

1.2 Licencia administrativa

La licencia administrativa se aplicará según el artículo 6: Requisitos para incorporar a las licencias de obras o de actividad, de la ordenanza municipal, "Model d'ordenança reguladora de la incorporació de sistemes de captació d'energia solar per a la producció d'aigua calenta en edificis y construccions". Elaborada a propuesta del Grupo de Trabajo de Energía y Cambio Climático

de la Red de Ciudades y Pueblos hacia la Sostenibilidad, aprobada el 26 de mayo del 2009.

Se entrega el proyecto de la instalación solar al Ayuntamiento correspondiente con los cálculos analíticos para justificar el cumplimiento de esta ordenanza. Se deberá entregar también la solicitud y licencia de obra junto a la licencia ambiental.

Para obtener la licencia municipal para la apertura de la propia actividad necesitamos:

- Certificado final de puesta en funcionamiento de la instalación suscrito por el instalador y el técnico director de la instalación según el modelo del anexo IV de la ordenanza.
- Contrato de mantenimiento de la instalación solar para un mínimo de 3 años que cumpla con los requerimientos establecidos en los artículos 8 y 9 de esta ordenanza.

1.3 Normativa aplicable

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
DB-SE. Seguridad Estructural.
DB HS Salubridad/DB HE Ahorro de Energía. Parte II. Documento Básico HS y HE. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda. Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.
Documento Básico HE4 (Contribución Solar Mínima de Agua Caliente Sanitaria) del CTE.
- Real Decreto 1027/2007 sobre el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) del Ministerio de la Presidencia.
- Real Decreto 865/2003 en el cual se establecen los criterios higiénicos y sanitarios para la prevención y control de la legionelosis del Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Real Decreto 2060/2008, Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Real Decreto 140/2003, Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, de 7 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

- Norma UNE 94002, sobre instalaciones solares térmicas por producción de agua caliente sanitaria.
- Plan de Ordenación urbanística municipal

Las medidas adoptadas para la prevención de la legionela vienen dadas por las normativas UNE 100-030 (Acciones Preventivas en el diseño y montaje) y por el Decreto 173-2000 (Condiciones higiénico sanitarias).

2. Dimensionado de las instalaciones

Se dimensionará la instalación de energía solar térmica de un polideportivo para la producción de agua caliente sanitaria y la climatización de una piscina cubierta.

Los pasos que tendremos que tener en cuenta serán:

- Datos meteorológicos (temperaturas exteriores y radiación solar).
- Consumo y necesidades del consumo de agua caliente sanitaria.
- Instalación actual (fuente energética utilizada, calderas de calefacción, así como sistemas de acumulación e intercambio térmico).
- Instalación solar propuesta (colectores solares, circuito primario solar, intercambiadores, circuito secundario y sistemas de acumulación).
- Ubicación de los elementos de la instalación solar.
- Balance energético (demanda energética total).

Se proveerá al sistema del número suficiente de colectores para poder captar la energía necesaria, asimismo debemos elegir la inclinación idónea para aprovechar la máxima cantidad de energía solar disponible en cada mes. También será preciso regular la captación de esta energía para que realmente ser convertida en energía útil.

2.1 Elección de colectores solares

Este tipo de instalación nos ofrece diferentes posibilidades en cuanto a la elección del tipo de colectores. Los más importantes son los colectores de tubo de vacío y los planos. Los tubos de vacío, en comparación con los colectores planos, suponen un avance en la captación de calor en condiciones desfavorables. No obstante el elevado precio de esta tecnología se hace recomendable en lugares con climas muy extremos o cuando no se disponga

de un sistema de energía auxiliar. Los colectores de tubos de vacío tienen un mayor rendimiento ya que se producen menos pérdidas por convección y radiación. Desde otro punto de vista, una ventaja añadida de los tubos es su mayor versatilidad de colocación donde pueden tolerar grandes variaciones de inclinaciones sobre la inclinación idónea sin pérdida de rendimiento lo que permite adaptarlos a la gran mayoría de las edificaciones existentes. Para climas más benignos, la solución es instalar colectores planos pues son mucho más económicos y aunque no ofrezcan un rendimiento mayor que los de tubo de vacío funcionan bastante bien.

2.2 Descripción de la instalación

En este tipo de instalaciones disponemos de diferentes modalidades a la hora de elegir el funcionamiento y su utilidad en función de las distintas aplicaciones. En nuestro caso se diseñarán dos sistemas de captación solar independientes, la de agua caliente sanitaria y la piscina. Ambas son diferentes y se opta por diversificar la instalación. Cabe destacar que el esquema que representa la instalación para la piscina es indirecto, es decir, la energía térmica obtenida en el colector es cedida a la piscina por medio de un intercambiador de placas. Se ha optado por esta solución ya que la piscina es interior y debe estar climatizada todo el año. El uso de colectores planos debe limitarse a situaciones en las que la misma superficie de captación debe utilizarse para varias aplicaciones o aquellas que se prolonguen a lo largo de todo el año, como es nuestro caso.

A continuación se detallan los diferentes elementos que forman el sistema de energía solar tanto para agua caliente sanitaria como para la piscina.

2.2.1 Circuito ACS

El sistema dispondrá de un circuito primario de captación solar, un secundario en el que se acumulará la energía producida por el campo de captadores en forma de calor y un tercer circuito de distribución del calor solar acumulado a los puntos de consumo. En el circuito primario los colectores a instalar se conectarán en paralelo. El circulador proporcionará el caudal y la presión necesarios para hacer efectivo la circulación forzada para obtener el flujo de cálculo y vencer la pérdida de carga.

Para la producción de ACS, se efectúa el intercambio de calor del circuito primario al secundario mediante un intercambiador de placas. La energía producida por los captadores servirá para elevar el agua de la red hasta el mayor nivel térmico posible y esta se almacenará en el acumulador solar. El agua calentada en este depósito servirá como agua precalentada para el acumulador de cabecera sobre el que trabajará el equipo complementario para elevar su temperatura, si fuera necesario, hasta la temperatura de consumo prefijada. Entre el depósito solar y el acumulador de cabecera está prevista la instalación de una bomba de trasvase, la función de esta bomba será trasvasar el agua caliente precalentada desde el acumulador solar hasta el acumulador de cabecera cuando la temperatura en el acumulador solar sea superior a la del acumulador de ACS.

Se podrá realizar un choque térmico en el sistema de acumulación (solar y ACS), si puntualmente se eleva la consigna de acumulación en el depósito de ACS hasta los 70°C y simultáneamente se activa la bomba de trasvase, de esta forma el equipo complementario elevará la temperatura de ambos depósitos hasta los 70°C. Para garantizar el suministro de ACS a la temperatura operativa, el sistema dispondrá de un equipo complementario de apoyo con caldera de condensación Thermosystem Condens que terminará de preparar el agua precalentada por el campo de captadores, si fuera necesario hasta el nivel térmico.

El circuito secundario debe ser totalmente independiente de modo que el diseño y la ejecución impidan cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos, el del primario (captadores) y el de ACS del acumulador solar. Dado el cambio de temperaturas que se producen en estas instalaciones, el circuito primario solar estará protegido mediante la instalación de vaso de expansión cerrado y válvula de seguridad. La regulación del circuito primario estará gestionada por un control diferencial de temperatura que procederá a la activación de la bomba cuando el salto térmico entre captadores y la parte fría del circuito de distribución permita una transferencia energética superior al consumo eléctrico de la bomba.

A continuación se representa el esquema básico de ACS en la Figura 1.

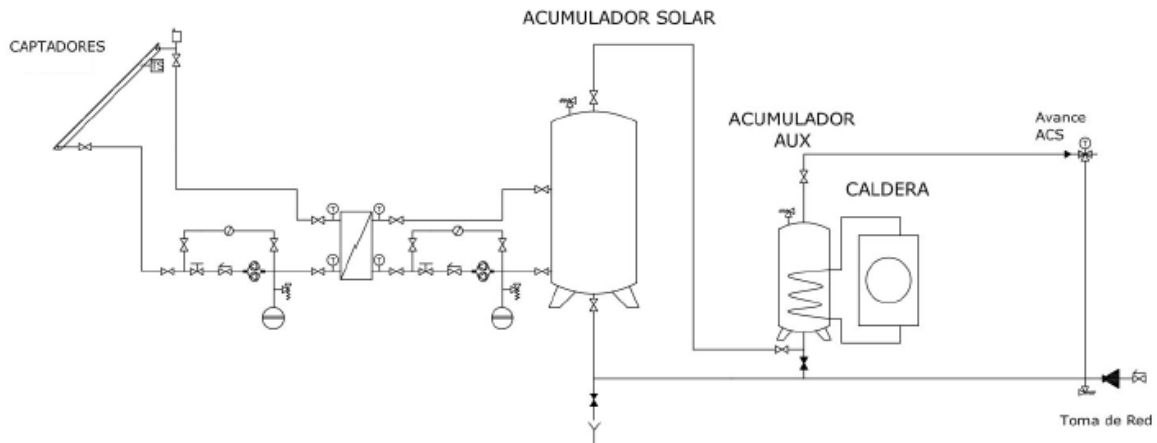


Figura 1. Esquema hidráulico ACS

2.2.2 Circuito piscina

El circuito hidráulico de la piscina será calentado por el campo de captadores, para ello cuando el control de la instalación estime oportuno activará una válvula desviadora de tres vías que enviará todo el caudal procedente del campo de captadores hacia el intercambiador de placas. La instalación de los captadores solares se proyecta con circulación forzada mediante grupo de bombeo en el circuito primario.

El esquema propuesto para climatizar la piscina es indirecto, es decir que la energía obtenida en el colector es cedida a la piscina por medio de un intercambiador de placas. Además es un sistema que permite el uso de cualquier tipo de captador. Dado que el fluido primario sobrepasará fácilmente los 60°C , y que el secundario se proyecta para impedir que el agua caliente sanitaria sobrepase una temperatura de 60°C conforme a normativa vigente, este nivel térmico impide el uso de tuberías de acero galvanizado en toda la instalación. Dado el cambio de temperaturas que se producen en estas instalaciones, el circuito primario solar estará protegido mediante la instalación de vaso de expansión cerrado y válvula de seguridad.

La regulación del circuito primario estará gestionada por un control diferencial de temperatura que procederá a la activación de la bomba cuando el salto térmico entre captadores y la parte fría del circuito de distribución permita una transferencia energética superior al consumo eléctrico de la bomba, marcándose un diferencial de temperatura máximo y mínimo, según características de la instalación, para la activación y parada de la bomba. Figura 2.

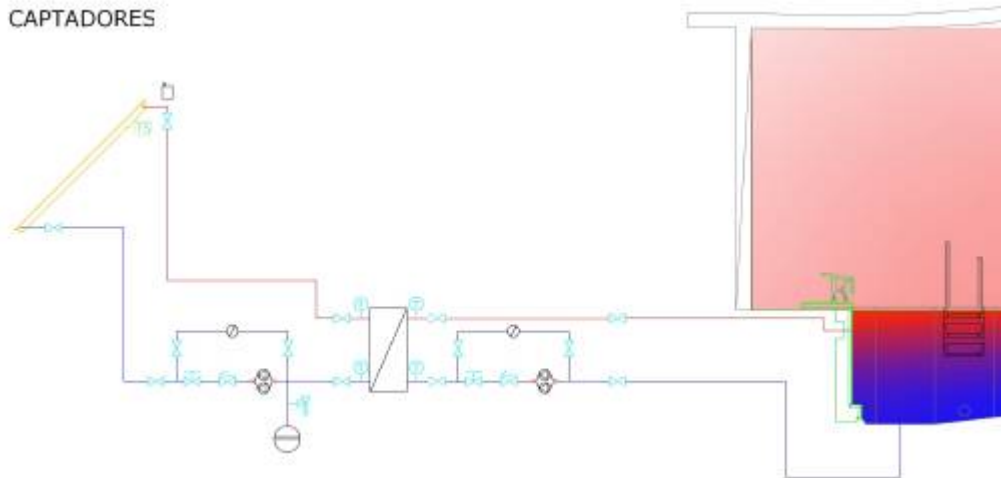


Figura 2. Esquema hidráulico piscina

2.2.3 Demanda energética

En este apartado se determinará la demanda necesaria de la instalación solar para garantizar las necesidades básicas para que su funcionamiento sea óptimo. Los datos de radiación solar global incidente, así como la temperatura ambiente media para cada mes se han tomado de la base de datos meteorológicos del IDAE o en su defecto de datos locales admitidos oficialmente. Tabla 1.

Tabla 1. Datos meteorológicos de IDAE

Zona	Baix Camp
Latitud	41,1
Zona climática	IV
Radiación solar	$15,1 < H < 16,6 \text{ MJ / m}^2$

2.2.4 Circuito ACS

Según el CTE, para vestuarios y ducha colectivas los niveles mínimos de agua caliente sanitaria por servicio son de 15 litros/día. No obstante para lavabos y otros servicios se estimará un tiempo de uso de unos 20 minutos.

$$V = Q \cdot t \cdot 60 = 2,77 \cdot 20 \cdot 60 = 3323 \text{ litros}$$

V = Volumen del depósito

T= Tiempo estimado (en minutos)

Q= Caudal máximo simultáneo

A partir de este dato y considerando que todos los meses tienen una ocupación al 100% se implementa la Tabla 2.

Tabla 2. Demanda energética ACS

	Ocupación (%)	Consumo (l/mes)	Consumo (l/día)	Demanda (kWh)
Enero	100	103230	3330	6483,36
Febrero	100	93240	3330	5747,49
Marzo	100	103230	3330	6123,17
Abril	100	93240	3330	5693,27
Mayo	100	103230	3330	5762,99
Junio	100	93240	3330	5460,89
Julio	100	103230	3330	5522,96
Agosto	100	103230	3330	5642,92
Septiembre	100	93240	3330	5577,08
Octubre	100	103230	3330	5883,05
Noviembre	100	93240	3330	5925,65
Diciembre	100	103230	3330	6483,36

Con otra representación, se muestra la Figura 3:

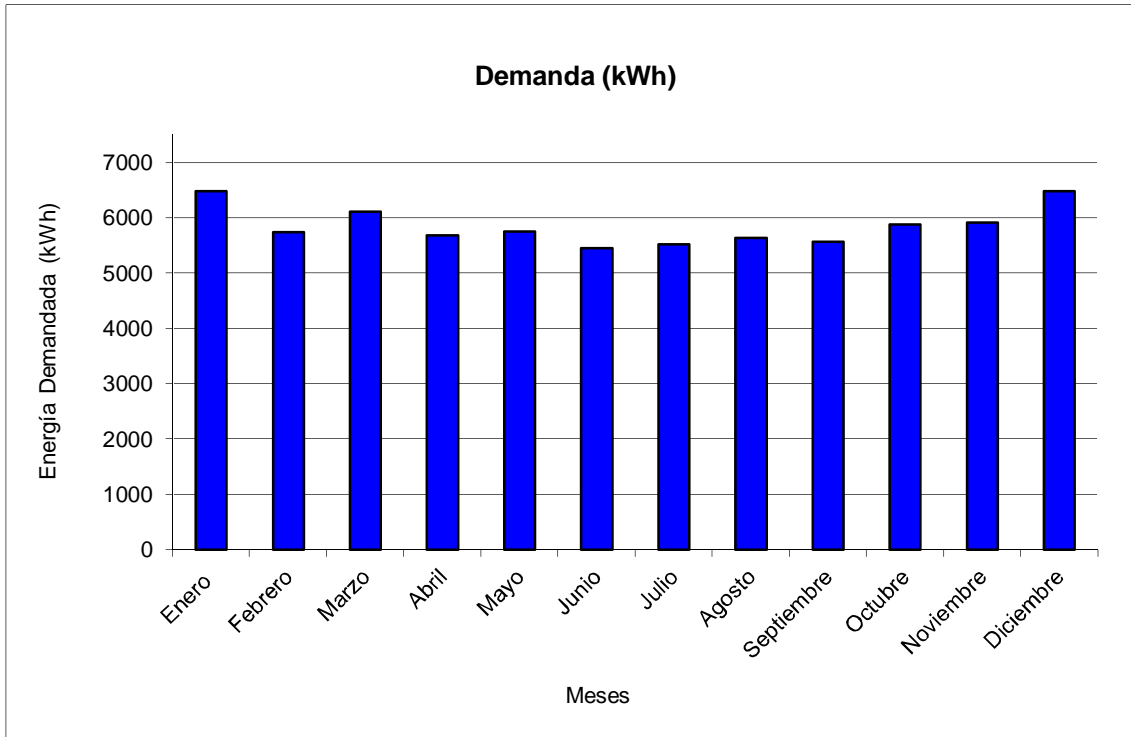


Figura 3. Representación por meses *demanda ACS*

Se puede observar como la demanda energética requerida varía según el consumo necesario y según la temperatura media mensual de la red. Por lo tanto en estos meses en el que el consumo de agua caliente sanitaria es menor y a la vez la radiación solar máxima, el aporte de los captadores será lo suficientemente elevado para satisfacer las necesidades del complejo. En caso de que no se alcancen los niveles necesarios la caldera de apoyo cubrirá el aporte de calor suficiente para la instalación.

2.2.4 Piscina

En la demanda de la piscina se tendrá en cuenta el volumen de la misma, la utilización y la situación geográfica. La superficie de la piscina es de 350 m² y se considera una temperatura media de utilización de 26°C. Se aconseja mantener el funcionamiento de la piscina durante el año.

$$V = 350 \times 2,1 = 750 \text{ m}^3 = 750.000 \text{ litros}$$

Considerando que todos los meses tienen una ocupación del 100% se implementa la Tabla 3.

Tabla 3. *Demanda energética de la piscina*

	Demanda (kWh)
Enero	21286,6
Febrero	19016,9
Marzo	20589,9
Abril	19476,2
Mayo	19893,2
Junio	19026,8
Julio	19428,7
Agosto	19661
Septiembre	19251,5
Octubre	20125,5
Noviembre	19925,7
Diciembre	21286,6
	TOTAL
	238968,6 KW/h

Esta es su correspondiente representación en la Figura 4.

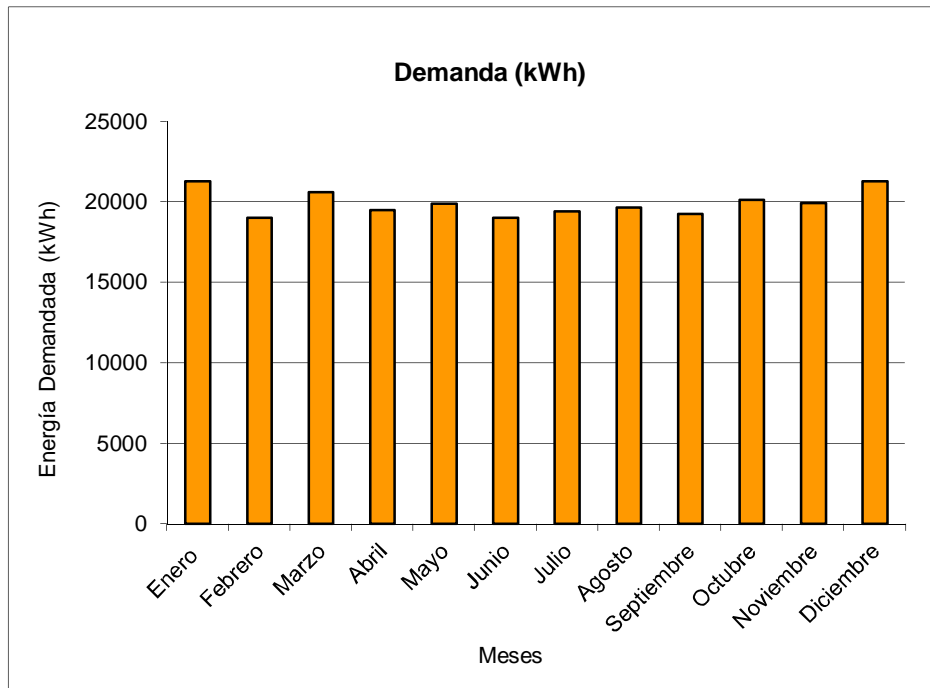


Figura 4. Representación por meses demanda piscina

Se obtendrá un consumo inferior en los meses de verano en el que la radiación solar y el aporte de los colectores es máximo.

2.2.5 Aporte solar para ACS

A continuación se presentan los datos de aporte solar mensual para agua caliente y para la climatización de la piscina así como una gráfica en la que se representa la necesidad mensual de energía y el aporte solar.

En la Tabla 4 se muestra el aporte solar por meses que nos ofrecen 20 captadores planos SRV 2.3 y la representación del aporte solar para ACS en la Figura 8.

Tabla 4. Cobertura solar para ACS

	Consumo (l/día)	Agua de red (°C)	Demanda (kWh)	Producción (kWh)	Cobertura (%)
Enero	3330	6	6483,36	3038	46,9
Febrero	3330	7	5747,49	3265,6	56,8
Marzo	3330	9	6123,17	4018,7	65,6
Abril	3330	11	5693,27	4092	71,9
Mayo	3330	12	5762,99	4304,8	74,7
Junio	3330	13	5460,89	4142,4	75,9
Julio	3330	14	5522,96	4194,2	75,9
Agosto	3330	13	5642,92	4068,9	72,1
Septiembre	3330	12	5577,08	3609,4	64,7
Octubre	3330	11	5883,05	3201,6	54,4
Noviembre	3330	9	5925,65	2625,7	44,3
Diciembre	3330	6	6483,36	2557,4	39,4

APORTE SOLAR A.C.S.

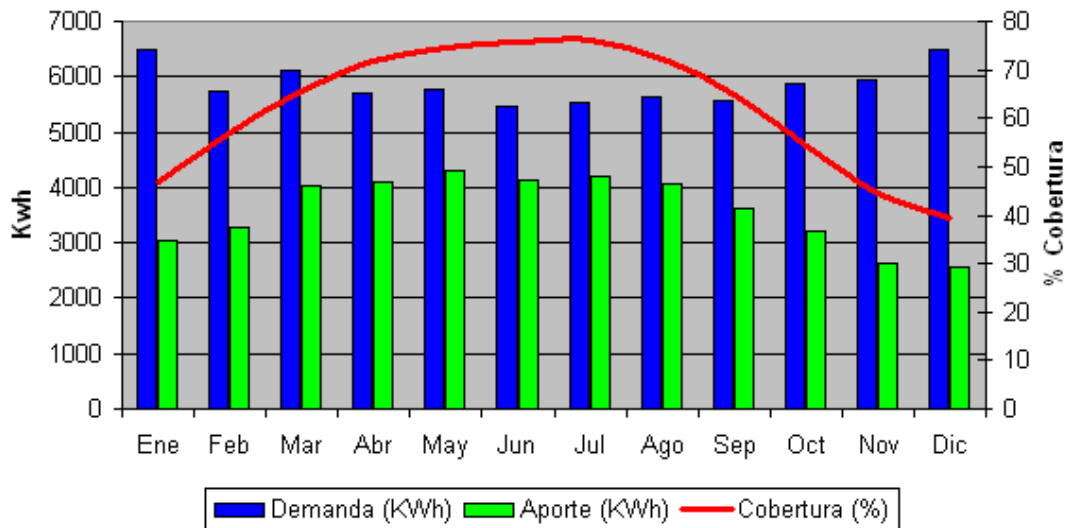


Figura 8. Representación aporte solar para ACS

Para ACS vemos que el aporte es mayor en los meses de verano por la gran radiación y por lo tanto se deberá tomar medidas para prevenir un sobrecalentamiento. En verano el sol luce más horas y con más fuerza y, por otro lado, las necesidades de energía para calentar el agua disminuyen ya que usamos menos agua caliente y la temperatura del agua de la red es más alta. Esta situación puede llevar a que, en determinadas latitudes, se produzca un sobrecalentamiento del agua acumulada en nuestro sistema hasta los 80°C. Para evitar quemaduras debemos contar con un mezclador termostático que mezcle agua fría para conseguir una temperatura en los grifos de agua caliente de 50-55°C.

Así mismo, y en función de la superficie de paneles que dispongamos, debemos tener otros sistemas de seguridad para evitar o disipar el exceso de producción en los días muy soleados:

- Centralita de control con circulación nocturna. (Se usan los paneles para disipar calor por la noche).
- Tapado parcial del campo de captadores.
- Instalación de disipadores estáticos o aerotermos.
- Sistemas "drain back" que vacían la superficie de captadores de líquido cuando existe riesgo de sobrecalentamientos en el colector solar.

En cambio en los meses que hay menos radiación solar la cobertura que se ofrece es baja y por lo tanto se requerirá bastante del aporte de los correspondientes sistemas de energía convencional. Se podría conseguir prácticamente un aporte del 100 % si se colocaran los suficientes colectores para garantizarlo, no obstante supondría una inversión y una superficie de captación muy elevada.

2.2.6 Aporte solar para piscina

En la Tabla 5 se muestra el aporte solar por meses que nos ofrecen 80 captadores planos SRV 2.3. La Figura 9 muestra la representación del aporte solar para una piscina.

Tabla 5. Cobertura solar para piscina

	Consumo (l/día)	Agua de red (°C)	Demanda (kWh)	Producción (kWh)	Cobertura (%)
Enero	3330	6	21286,6	10879,4	51,1
Febrero	3330	7	19016,9	12116,0	63,7
Marzo	3330	9	20589,9	15642,5	76
Abril	3330	11	19476,2	16592,4	85,2
Mayo	3330	12	19893,2	17930,4	90,1
Junio	3330	13	19026,8	17520,9	92,1
Julio	3330	14	19428,7	17710	91,2
Agosto	3330	13	19661	16790,8	85,4
Septiembre	3330	12	19251,5	14640,5	76
Octubre	3330	11	20125,5	12654,1	62,9
Noviembre	3330	9	19925,7	9813,2	49,2
Diciembre	3330	6	21286,6	9100,6	42,8

APORTE SOLAR PISCINA

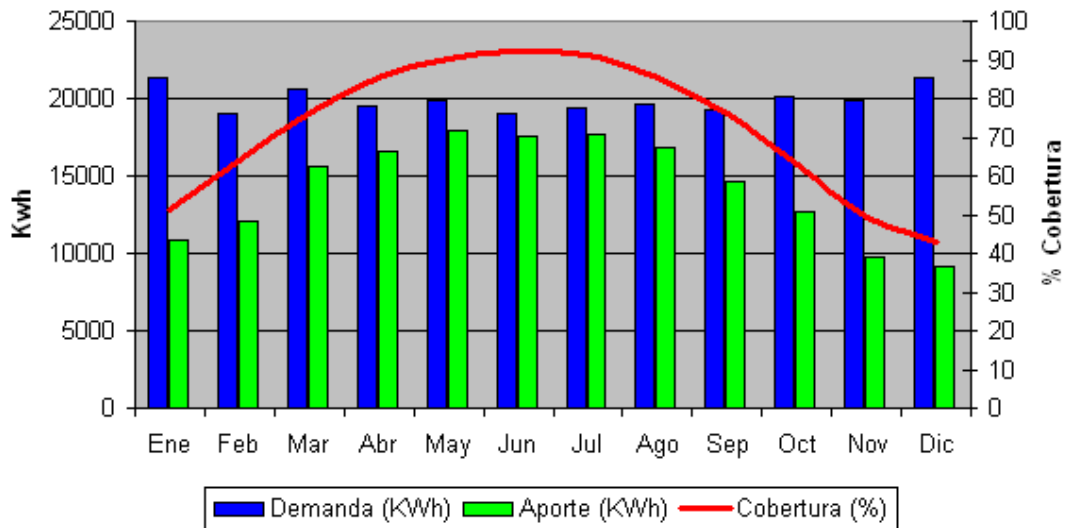


Figura 9: Representación aporte solar para piscina

En este caso, para generar un buen sistema de calefacción para la piscina, vemos que espacio disponemos, y a partir de aquí se encuentra el aporte que nos ofrece el mayor número de placas colocadas sobre la superficie. Para la piscina se han de tomar las mismas medidas preventivas que para ACS.

3. Superficie de captación

Extraemos de las tablas el aporte mínimo que ha de garantizar el sistema de captadores de la piscina que es de 60% al estar en zona climática IV. El número de captadores se ajusta de forma que se obtenga una configuración homogénea y equilibrada del campo de los mismos, lo más cercana posible en número a la superficie que cubra el requisito de demanda solar. Así que se determinarán la cantidad de captadores necesarios para satisfacer la demanda necesaria cubriendo gran parte del aporte solar, teniendo en cuenta que el aporte en los meses de menos radiación será menor. Se ha optado por utilizar colectores planos que sirven para conseguir temperaturas de corriente de salida relativamente bajas para el calentamiento del agua de ACS, pero no para temperaturas muy superiores ya que el rendimiento disminuye demasiado y supone una necesidad de área colectora excesiva.

Para el caso en el que se precisen temperaturas de la corriente de salida superior, sobre todo en sistemas de apoyo a climatización, se deben emplear colectores de vacío que ofrecen rendimientos superiores a las temperaturas precisadas. La instalación de agua caliente sanitaria se ha dimensionado para 20 captadores, una cantidad suficiente para garantizar la cobertura anual del 60%. Para la instalación para la piscina se ha optado por colocar 80 captadores solares al requerir más demanda que energía térmica con la misma cobertura. Se instalarán válvulas de corte a la entrada y salida de cada batería, a fin de poder aislarla del resto para posibles mantenimientos o reparaciones. Se preverán también purgadores, válvulas de seguridad y válvulas para llenado y vaciado del circuito. Los colectores solares utilizados serán captadores solares SRH 2.3 de la marca Saunier Duval, colectores de alto rendimiento que se adaptan perfectamente a nuestros requerimientos, ya que sus campos de aplicación fundamentales son la generación de ACS y climatización de piscinas.

Estas son sus características, como muestra la Tabla 6.

Tabla 6. Características SAUNIER DUVAL

Superficie externa (m)	2,51
Superficie apertura (m)	2,352
Superficie absorbente (m)	2,33
Longitud (mm)	2.033
Ancho (mm)	1.233
Profundidad (mm)	80
Peso en vacío (kg)	38
Contenido líquido (L)	1,85
Tubo absorbente Cu (diam en mm)	15
Presión máxima de prueba	0,4
Absorbente Cu selectivo (mm)	0,4
Factor de absorción (%)	95
Factor de emisión (%)	5
Pérdida de carga (mbar)	100
Resistencia térmica máxima (°C)	210
Presión de régimen admisible (bar)	10
Caudal recomendado (l/h)	40
Conexiones (g)	-

3.1 Conexionado de los colectores

A continuación se muestran una serie de particularidades que debe cumplir el sistema de captación propuesto.

Se debe prestar especial atención a la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador. Las filas de captadores se conectarán en paralelo debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc. La conexión entre captadores y filas se realizará de manera

que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.

Se debe dotar a la instalación de un elemento que registre los valores indicados por el punto 3.3.8 del HE-4 del CTE. La distancia entre las distintas filas será de 5 metros y cumple con la distancia mínima exigida. No obstante, se elige una distancia entre filas mayor que la obtenida para obtener un ángulo de acimut más bajo y por lo tanto tener menos pérdidas por sombras.

Cada fila, según nos indica el fabricante, tendrá como máximo 8 colectores que se ha optado por colocarlos en la cubierta del edificio, próxima en la zona de la sala de máquinas y la piscina, siguiendo la siguiente disposición, como muestran las Tablas 7 y 8:

Tabla 7. *Distribución colectores para ACS*

	Colectores ACS
Primera Fila	7
Segunda Fila	7
Tercera Fila	6

Tabla 8. *Distribución colectores para piscina*

	Colectores piscina
Primera Fila	6
Segunda Fila	6
Tercera Fila	6
Cuarta Fila	6
Quinta Fila	6
Sexta Fila	6
Séptima Fila	6
Octava Fila	6
Novena Fila	6
Décima Fila	2
Undécima Fila	2
Duodécima Fila	2

3.2 Inclinación y pérdidas de los colectores

En la sección HE 4 del código técnico de la edificación se establece que las pérdidas debidas a sombras en instalaciones térmicas no deben superar el 10% para el caso general. Para ello se ha hecho un estudio de sombras para el día del año con menor altura solar (peor día del año). Los captadores se colocarán en la cubierta del edificio quedando orientados con una desviación de 0° con respecto al Sur y con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal. Nos podemos encontrar con pérdidas por orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles y pérdidas por sombras.

3.2.1 Pérdidas por inclinación e orientación

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- a) Ángulo de inclinación (β): definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.
- b) Ángulo de acimut (α): definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar.

Los valores típicos son:

- 0° para módulos orientados al sur
- 90° para módulos orientados al este
- + 90° para módulos orientados al oeste

Según la carta cilíndrica de la trayectoria solar (diagrama de trayectorias del sol), una vez introducidos todos los puntos de los perfiles de los obstáculos que están situados en torno al campo de colectores, estos producen unas pérdidas por sombreado a lo largo de todo el año.

3.2.2 Pérdidas de radiación solar por sombras

Se describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna. El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol.

Los pasos a seguir son los siguientes:

Según el tipo de instalación de captadores la instalación cumple con lo establecido en la tabla 2.4 del apartado 2.1.8 del CTE. Tabla 9.

Tabla 9. Representación de pérdidas por orientación y sombras

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración	40%	20%	50%

3.3 Anclaje de los colectores

La estructura soporte de los captadores se compone de perfiles prefabricados de aluminio. La colocación de estos dependerá del ángulo de inclinación de los paneles que optimizan el rendimiento, la latitud del lugar y la aplicación que se quiera dar. Definiendo el plano de apoyo donde se quiera colocar los colectores, en nuestro caso el tejado, se fijan las placas de anclaje teniendo cuidado en respetar la dimensión función del ángulo de inclinación. Las placas deben ser ancladas entre si y el apoyo debe ser lo bastante sólido en consideración al empuje que tenga el viento.

Las chavetas deben estar reforzadas de forma que queden bien apretadas debiendo ser un montaje de abajo-arriba si es vertical. Terminando el montaje de la estructura soporte en los extremos de todos los tubos que deben colocar tapones de plástico con objeto de evitar la entrada de agua o elementos extraños dentro de los mismos. La estructura de soporte de los módulos requerirá una cimentación que asegure la resistencia a los esfuerzos provocados por el viento y otras incidencias meteorológicas.

3.4 Volumen de acumulación

El acumulador es el sistema de acumulación de agua, constituido por un depósito que almacena agua hasta que esta sea demandada. Los acumuladores utilizados en las instalaciones solares térmicas son similares a los empleados para producción de agua caliente sanitaria en sistemas convencionales. Los materiales que generalmente se utilizan son acero galvanizado, acero vitrificado, acero con tratamiento superficial y acero inoxidable. La acumulación de agua caliente sanitaria procedente de la aportación solar se realizará mediante sistema de acumulación centralizado de 3000 litros de capacidad total, que servirá para hacer frente a la demanda diaria y otro de 500 litros que irá destinado para grandes consumos que se realizan en poco tiempo como es el caso de las duchas.

El C.T.E., en su documento básico HE, exigencia básica HE4, contribución solar mínima de agua caliente sanitaria establece que para la aplicación de ACS el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo:

- A la suma de las áreas de los captadores [m²];
V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Tabla 10. Acumulador SL500

Capacidad del acumulador (l)	500
Altura del acumulador (mm)	1940
Diámetro (mm)	850
Potencia de funcionamiento a caudal continuo 45°C (kW)	34,3
Índice de potencia 60°C	6,7
Potencia de mantenimiento (kwh/24h)	3,48

Tabla 11. Acumulador SL3000

Capacidad del acumulador (l)	3000
Altura del acumulador (mm)	2300
Diámetro (mm)	1660
Ancho (mm)	665
Largo (mm)	1570
Peso (kg)	1460
Potencia de funcionamiento a caudal continuo 45°C (kW)	390
Índice de potencia 60°C	210
Potencia de mantenimiento (kwh/24h)	1,34

3.5 Sistemas de termotransferencia

La misión de un intercambiador es la de ceder al agua, el calor captado por el colector solar. Por su posición en la instalación, los intercambiadores pueden ser interiores o exteriores. Los parámetros que definen a un intercambiador son básicamente el rendimiento y la eficacia de intercambio. Para realizar el intercambio de la energía absorbida por el líquido caloportador en los captadores solares al agua caliente sanitaria acumulada en el depósito, se hace uso de un intercambiador de placas de alta eficiencia. Para el calentamiento del agua caliente para los servicios se ha diseñado un intercambiador de placas de acero inoxidable AISI 316 de potencia de intercambio 42 kW situado en la sala de máquinas. Para el calentamiento la piscina se ha diseñado un intercambiador de placas de acero inoxidable AISI 316 de potencia de intercambio 72 kW situado también en la sala de máquinas.

3.6 Elementos hidráulicos de protección

A continuación se definen los elementos que formalizan nuestro esquema solar tanto para ACS como para la piscina.

3.6.1 Aislamiento

Es un elemento fundamental en la instalación cuya finalidad es la disminuir las posibles pérdidas caloríficas tanto en los colectores, el acumulador y las conducciones. Los valores más importantes para la elección apropiada del aislamiento son: el coeficiente de conductividad, la gama de temperaturas, su

resistencia, su fácil colocación y el coste. Cada tubería de agua caliente, tanto para el circuito primario como secundario, han de estar bien aislados.

3.6.2 Válvulas de paso

Son los elementos encargados de interrumpir total o parcialmente el paso del fluido a través de las conducciones. En nuestro caso las válvulas de paso son de asiento.

3.6.3 Válvula de seguridad

Su función es la de limitar la presión en el circuito y así proteger los componentes del mismo. En nuestro caso los puntos más delicados son el campo solar y el vaso de expansión, por lo que se debe de marcar a una presión inferior a la máxima soportada por los citados elementos. Se utilizarán válvulas de seguridad taradas a 6 kg/cm^2 para el circuito primario y de 8 kg/cm^2 para el circuito de consumo. El fluido evacuado por la válvula de seguridad irá conducido hacia un tanque que almacenará el propilenglicol y así evite posibles accidentes. En el circuito primario es necesario colocar una por batería.

3.6.4 Válvulas antirretorno

Son las encargadas de permitir el paso del fluido en un sentido e impedirlo en el contrario. En nuestro caso serán del tipo de clapeta.

3.6.5 Válvulas de equilibrado

Se montarán válvulas de equilibrado en la impulsión de la bomba y en las baterías de captadores si no se ha usado retorno invertido como método de equilibrado.

3.6.6 Grifo de vaciado

Su uso se pone de manifiesto cuando es necesario vaciar el circuito, ya sea el primario o el secundario por labores de mantenimiento o reposición del algún elemento del circuito.

3.6.7 Sistema de llenado

Puede ser manual o automático. En el segundo caso, se propone un sistema de llenado automático compuesto por una bomba de multietapa regulada por dos presostatos (uno de mínima y otro de máxima) los cuales presurizarán el circuito hidráulico en caso de vaciado.

3.6.8 Purgadores

El purgador tiene como función evacuar los gases contenidos en el fluido caloportador, los cuales pueden dar lugar a la formación de bolsas que impiden la correcta circulación del fluido, además de provocar corrosiones. Para su correcto funcionamiento hay que colocar el purgador en el punto más alto de la instalación. Es imprescindible prever purgas de aire al punto más alto del circuito, para evitar que las burbujas de aire puedan impedir o dificultar la circulación. La temperatura mínima histórica en el Baix Camps es de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, por tanto se considera zona con riesgo de heladas. El porcentaje en peso de propilenglicol que debe tener el fluido caloportador será del 25%, el cual se mezclará con agua desionizada.

3.7 Circuito hidráulico de captación

El trazado de tuberías del circuito primario va desde los colectores solares ubicados en la cubierta del edificio hasta el intercambiador de placas ubicado junto al depósito acumulador, en un local destinado a tal fin, donde se ubican los distintos elementos de la instalación (bomba, vaso de expansión, regulador...) El dimensionado de los componentes del circuito primario se realiza para un caudal unitario de diseño de 50 l/h y metro cuadrado de superficie de captación, lo que significa un caudal total de 117,6 l/h por cada metro cuadrado de captador.

Para ese caudal la pérdida de carga será inferior a 40 mmca/m en las tuberías que circulan por el exterior y 20 mmca/m para las tuberías que circulan por el interior, la velocidad ha de ser inferior a 2 m/s. Las tuberías del circuito primario serán de cobre con las uniones soldadas por capilaridad. En la unión de materiales distintos, para evitar la corrosión, se instalarán manguitos antielectrolíticos (mediante accesorios de PPR u otros materiales). El aislamiento de las tuberías que discurren por el exterior se realizará con coquilla de lana de vidrio, recubierto con chapa de aluminio, para evitar su degradación, debido a la exposición a los agentes exteriores.

Para la instalación para ACS se debe instalar un vaso de expansión cerrado, adecuado para el uso con mezcla anticongelante de las características de la Tabla 12.

Tabla 12. *Vaso de expansión*

Capacidad	121	l
Presión máxima	6,0	bar
Presión del gas	1,50	bar
Presión de llenado	2,00	bar

Para proteger la membrana de temperaturas excesivas así como de la entrada de fluido caloportador en fase vapor se debe de instalar un vaso amortiguador de temperatura en serie con el vaso de expansión, según la Tabla 13.

Tabla 13. *Vaso amortiguador*

Capacidad	80	l
-----------	----	---

Para la piscina se debe instalar un Vaso de Expansión cerrado, adecuado para el uso con mezcla anticongelante de las siguientes características. Tabla 14.

Tabla 14. *Vaso de expansión*

Capacidad	291	l
Presión máxima	6,0	bar
Presión del gas	1,50	bar
Presión de llenado	2,00	bar

Para proteger la membrana de temperaturas excesivas así como de la entrada de fluido caloportador en fase vapor se debe de instalar un vaso amortiguador de temperatura en serie con el vaso de expansión. Tabla 15.

Tabla 15. Vaso amortiguador de temperatura

Capacidad	> 100	I
-----------	-------	---

3.8 Dimensionado de los circuitos de captación

3.8.1 Instalación ACS

Circuito de agua fría. Tabla 16.

Tabla 16. Dimensionado de tuberías circuito agua fría

Número de tramos	Longitud	Caudal	Velocidad	Diámetro	Pérdida de carga (mca)		
	(m)	(l/s)	(m/s)	(") Cobre	Metro	Tramo	Acumulado
1	16,7	0,65	0,6	1 1/4 "	15	0,25	0,25
2	2,9	0,20	0,65	3/4 "	25	0,07	0,32
3	11,5	0,46	0,7	1"	25	0,29	0,61
4	0,37	0,23	0,7	3/4 "	30	0,01	0,62
5	10,21	0,23	0,7	3/4 "	30	0,31	0,93

Circuito de agua caliente. Tabla 17.

Tabla 17. Dimensionado de tuberías circuito agua caliente

Número de tramos	Longitud	Caudal	Velocidad	Diámetro	Pérdida de carga (mca)		
	(m)	(l/s)	(m/s)	(") Cobre	Metro	Tramo	Acumulado
1	9,6	0,20	0,65	3/4 "	25	0,24	0,24
2	0,58	0,23	0,7	3/4 "	30	0,02	0,26
3	10,25	0,42	0,7	1"	20	0,21	0,46
4	0,58	0,23	0,7	3/4 "	30	0,02	0,48
5	17	0,65	0,6	1 1/4 "	15	0,26	0,73

El caudal de agua fría que entra es igual al que sale de agua caliente 0,65 l/s. La pérdida de carga total será la que tenemos por 1,20 más 6 metros de altura que tiene la cubierta, que sale unos 8,31 m.c.a para agua fría y 8,08 m.c.a para agua caliente.

3.8.2 Instalación Piscina

Circuito de agua fría. Tabla 18.

Tabla 18. Dimensionado de tuberías circuito agua fría

Número de tramos	Longitud	Caudal	Velocidad	Diámetro	Pérdida de carga (mca)		
	(m)	(l/s)	(m/s)	(") Cobre	Metro	Tramo	Acumulado
6	20	1,96	0,85	2"	18	0,36	0,36
7	2,46	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	0,42
8	8	1,76	1,1	1 1/2 "	35	0,28	0,70
9	2,46	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	0,76
10	8	1,57	1,2	1 1/2 "	30	0,24	1,00

11	2,46	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	1,06
12	8	1,37	1,1	1 1/2 "	25	0,20	1,26
13	2,46	0,07	0,35	1/2 "	15	0,04	1,30
14	6,18	1,31	1	1 1/2 "	30	0,19	1,49
15	0,85	0,07	0,35	1/2 "	15	0,01	1,50
16	5,8	1,24	0,9	1 1/2 "	20	0,12	1,62
17	2,25	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	1,67
18	7,13	1,05	0,85	1 1/4 "	35	0,25	1,92
19	2,25	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	1,98
20	7,13	0,85	0,85	1 1/2 "	30	0,21	2,19
21	2,25	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	2,25
22	7,13	0,65	0,65	1 1/4 "	15	0,11	2,35
23	2,34	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	2,41
24	7,97	0,46	0,8	1"	30	0,24	2,65
25	2,34	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	2,71
26	7,97	0,26	0,5	1"	15	0,12	2,83
27	2,34	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	2,89
28	8,73	0,07	0,35	1/2 "	15	0,13	3,02

Circuito de Agua Caliente. Tabla 19.

Tabla 19. Dimensionado de tuberías circuito agua caliente

Número de tramos	Longitud	Caudal	Velocidad	Diámetro	Pérdida de carga (mca)		
	(m)	(l/s)	(m/s)	(") Cobre	Metro	Tramo	Acumulado
6	9,89	0,20	0,65	3/4 "	25	0,25	0,25
7	2,8	0,20	0,65	3/4 "	25	0,07	0,32
8	11,61	0,39	0,7	1"	25	0,29	0,61

9	2,8	0,2	0,65	3/4 "	25	0,07	0,68
10	3,64	0,59	0,6	1 1/4 "	15	0,05	0,73
11	2,8	0,07	0,35	1/2 "	15	0,04	0,77
12	7,75	0,66	0,7	1 1/4 "	20	0,16	0,93
13	3,27	0,07	0,35	1/2 "	15	0,05	0,98
14	7,96	0,72	0,8	1 1/2 "	25	0,20	1,18
15	3,27	0,20	0,65	3/4 "	25	0,08	1,26
16	7,96	0,92	0,95	1 1/4 "	30	0,24	1,50
17	3,27	0,20	0,65	3/4 "	25	0,08	1,58
18	7,96	1,11	1,1	1 1/4 "	40	0,32	1,90
19	3,27	0,20	0,65	3/4 "	25	0,08	1,98
20	10,61	1,31	1	1 1/2 "	30	0,32	2,30
21	2,58	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	2,36
22	7,07	1,51	0,8	1 1/2 "	20	0,14	2,50
23	2,58	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	2,57
24	7,07	1,70	0,9	1 1/2 "	25	0,18	2,75
25	2,58	0,20	0,65	3/4 "	25	0,06	2,81
26	3,8	1,90	1,2	1 1/2 "	30	0,11	2,92
27	2,58	0,07	0,35	1/2 "	15	0,04	2,96
28	34	1,96	0,85	2"	18	0,61	3,57

El caudal de agua fría que entra es igual al que sale de agua caliente 1,96 l/s. La pérdida de carga total será la que tenemos por 1,20 más 6 metros de altura que tiene la cubierta, que sale unos 10,82 m.c.a para agua fría y 11,49 para agua caliente. Las pérdidas de carga son elevadas y se deberá instalar tanto para el circuito de ACS como para el de la piscina un grupo de presión que supere estas pérdidas de carga y esta altura de 6 metros.

3.9 Dimensionado de los circuitos secundarios

3.9.1 Instalación ACS

Para la instalación de ACS tenemos dos acumuladores solares en el que una vez definido el sistema de captación solar por el circuito de acumulación o secundario circulará aproximadamente el mismo caudal para que la transferencia en el intercambiador sea la idonea. Tabla 20.

Tabla 20. Dimensionado tuberías circuito secundario

Número de tramos	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Diámetro (") Cobre	Pérdida de carga (mca)	
					Metro	Tramo
Ida Acumuladores	6	0,71	0,6	1 1/4 "	15	0,09
Vuelta Acumuladores	6	0,71	0,6	1 1/4 "	15	0,09

3.9.2 Instalación piscina

Para el circuito de la piscina toda el agua calentada por el intercambiador de placas se acumulará en el vaso de la piscina.

Las pérdidas de carga no son elevadas no obstante se deberá instalar tanto para el circuito de ACS como para el de la piscina un grupo de presión que supere estas pérdidas de carga y haga recircular el fluido por los intercambiadores de calor correspondientes. Tabla 21.

Tabla 21. Dimensionado tuberías circuito secundario

Número de tramos	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Diámetro (") Cobre	Pérdida de carga (mca)	
					Metro	Tramo
Ida Acumuladores	6	1,96	0,85	2"	18	0,11
Vuelta Acumuladores	8	1,96	0,85	2"	18	0,14

3.10 Grupos de presión

Para el circuito de captación solar se ha de elegir un grupo de bombeo para cada una de las dos instalaciones. Para la elección de la bomba se ha de tener en cuenta que el edificio está a 6 metros de altura por lo tanto se habrá de instalar un grupo de bombeo que pueda superar esta altura más las pérdidas de cargas de las tuberías más la adicionales por accesorios, tuberías etc.

Para ACS. Tabla 22.

Tabla 22. Grupos de presión para ACS

Circuito Primario		Circuito Secundario	
Pérdidas de carga (m.c.a)	Caudal (l/s)	Pérdidas de carga (m.c.a)	Caudal (l/s)
13,00	0,65	0,22	0,71
UPS 40-120 F		UPS 32-60 F B	

Para piscina. Tabla 23.

Tabla 23. Grupos de presión para piscina

Circuito Primario		Circuito Secundario	
Pérdidas de carga (m.c.a)	Caudal (l/s)	Pérdidas de carga (m.c.a)	Caudal (l/s)
18,91	1,96	0,30	2,00
UPS 40-120 F		UPS 32-60 F B	

Las pérdidas de carga suman las de las tuberías para agua caliente como para agua fría ya que se tiene en cuenta todo el recorrido de circulación del fluido.

3.11 Sistema de energía convencional

Se prevé la utilización de dos sistemas de energía convencional, uno para ACS y otro para la piscina, que complementarán a las instalaciones solares

en los periodos de baja radiación solar o de alto consumo. Para ambos circuitos, según el CTE 3.3.6, el equipo complementario deberá disponer de un equipo de energía convencional complementario que debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- No se podrá conectar el equipo complementario en el circuito primario de captadores.
- Se deberá dimensionar como si no se dispusiera del sistema solar.
- Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.
- Debe disponer de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención.
- En el caso de que el sistema de energía convencional complementario sea instantáneo, el equipo será modulante, es decir, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente con independencia de cuál sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.
- En el caso de climatización de piscinas, para el control de la temperatura del agua se dispondrá una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor.
- La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10°C mayor que la temperatura máxima de impulsión.

3.11.1 Circuito de ACS

El sistema auxiliar está compuesto por apoyo con caldera de condensación Thermosystem Condens que calentará el ACS a través de un intercambiador de placas, siendo almacenada esta energía en depósito acumulador.

Se debe disponer un by-pass hidráulico del agua de red al sistema convencional para garantizar el abastecimiento de agua caliente sanitaria en caso de una eventual desconexión de la instalación solar por avería, reparación o mantenimiento. A la salida del depósito ACS, se instalará una válvula termostática, con el fin de evitar sobretemperaturas en la instalación.

El equipo complementario conectado mediante un intercambiador de placas al depósito solar, solamente aportará al agua procedente de dicho depósito, la cantidad de energía necesaria para llegar a la temperatura de confort. Se utilizará un sistema Thermosystem Condens F 45/3 de 45 kW suficientes para abastecer la instalación de ACS en caso de que se requiera aporte energético auxiliar.

3.11.2 Circuito para piscina

Para aquellos periodos en que el aporte solar no sea suficiente debido a una baja radiación solar, es preceptiva la utilización de una caldera de condensación para el calentamiento final del vaso de la piscina. La conexión hidráulica se realiza de manera que el agua de la piscina es calentada mediante un intercambiador de placas montado hidráulicamente en paralelo al del calentamiento solar.

El equipo complementario conectado en paralelo con el vaso de la piscina, solamente aportará al agua procedente de la piscina, la cantidad de energía necesaria para llegar a la temperatura de confort. Se utilizará un sistema Thermosystem Condens F 80/3 de 80 kW suficientes para abastecer la instalación de la piscina en caso de que se requiera aporte energético auxiliar.

3.12 Regulación solar y sistema eléctrico

El funcionamiento de cada una de las instalaciones vendrá controlado por la centralita de control que comparará las sondas de temperatura y actuará sobre las bombas y válvulas correspondientes. La centralita comandará la instalación mediante un control diferencial que actuará poniendo en funcionamiento las bombas de circulación cuando el salto de temperatura entre la salida del campo de captadores y la sonda del agua de retorno del vaso de la piscina o de ACS sea superior a 5°C. Hay que asegurar que las sondas de temperatura en el retorno de la piscina o en el acumulador (en el caso de ACS) y en el circuito solar estén afectadas por el calentamiento. Para ello la ubicación de las sondas se realizará de forma que se detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en

el interior de vainas, que se ubicarán en la dirección de circulación del fluido y en sentido contrario (a contracorriente).

La precisión del sistema de control asegurará que las bombas estén en marcha con saltos de temperatura superiores a 7°C y paradas con diferencias de temperatura menores de 2°C. El sistema de control asegurará, mediante la parada de las bombas, que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales y componentes. El cuadro eléctrico dispondrá de selectores para controlar el funcionamiento de las bombas con conmutación automática y manual de parada y marcha. Se colocarán elementos de señalización para visualizar el estado de funcionamiento de las bombas y protecciones eléctricas (interruptores magnetotérmicos y diferenciales) adecuadas a cada elemento de la instalación.

Cabe destacar que para la instalación solar de ACS se incorporará un contador de agua caliente solar situado en el circuito primario que cuantifique la energía producida por la instalación solar. Este contador estará constituido por los siguientes elementos:

- Contador de agua.
- Dos sondas de temperatura.
- Un microprocesador electrónico (en algunos casos irá conectado a la propia centralita).

4. Mantenimiento

El titular es el responsable de llevar a término las funciones de mantenimiento de la instalación solar que no puede ser substituida por la garantía de la empresa instaladora a partir de la puesta en marcha y la recepción provisional.

El mantenimiento ha de incluir un plan de vigilancia y un plan de mantenimiento preventivo. Las operaciones de mantenimiento y la frecuencia mínima de cada una son las indicadas en el punto 4 del DB HE 4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" del CTE. También se han de cumplir la IT 3 y IT 4 del Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. *Intervalos de mantenimiento*

	Intervalos de mantenimiento
Acumulador	
Comprobar la estanqueidad de las conexiones	Anual
Captador	
Comprobar el estado de los captadores: suciedad, golpes, conexiones, soportes y nivelado de los captadores	Anual
Circuito Solar	
Comprobar el nivel de llenado del líquido solar	Anual
Renovar el líquido del circuito solar con una concentración mínima del 30% del líquido anticongelante	1 vez cada 3 años
Tuberías	
Comprobar el estado de los aislamientos	Anual
Comprobar la estanqueidad de la instalación	Anual

Para tener en cuenta el coste del mantenimiento se hace una estimación del coste de cada material e instalación en 10 años. Seguidamente se encuentra el coste aproximado por cada año. El encargado de mantenimiento se encargará de limpiar los captadores periódicamente, no tendrá barreras a la hora de manipularlos y se dejará el suficiente espacio entre filas para que pueda maniobrar bien. Se instalará un grifo al exterior para la limpieza de la misma.

5. Bibliografía

GARCÍA-BADELL, Jose Javier. "Cálculo de la Energía Solar". Bellisco Ediciones. 1ª edición. 2003

JUTGLAR, Lluís. "Energía Solar". CEAC. 1ª edición. 2004

SORIANO, Albert. Instalaciones de fontanería doméstica y comercial. Barcelona. 2008.

Código Técnico de la Edificación. Instituto de Ciencias de la Construcción del Ministerio de Fomento.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.