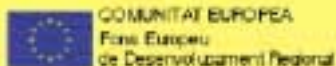


**QUADERN PRÀCTIC
PER A INSTAL·LADORS**

*Energia Solar
Tèrmica*

Amb el suport de:



Generalitat de Catalunya
Institut Català d'Energia

**QUADERN PRÀCTIC
PER A INSTAL·LADORS**

Documentació de base
per a cursos de formació

Energia Solar ***Tèrmica***



Generalitat de Catalunya
Institut Català d'Energia

Direcció: Albert Milià i Sarvisé
Autors: Intiam Ruai, S.L.
Pere Soria Albazar
Antonio José Ruiz Alcalá
Arnau Pijuan Canadell
Institut Català d'Energia
Nuria Red Olano
Salvador Salat Mardaras

Primera edició: Juny 2003
Tiratge: 2.000

GENERALITAT DE CATALUNYA
Departament de Treball, Indústria, Comerç i Turisme
Institut Català d'Energia

Disseny: Victòria Comunicació

Preimpresió:

Fotolettra

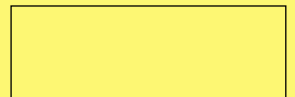
Impressió:

Minerva, SA

Dep. Legal:

B-18612-03

Biblioteca de Catalunya - Dades CIP:



INDEX

- | | |
|---|--|
| 1 | INTRODUCCIÓ A L'ENERGIA SOLAR |
| 2 | RADIACIÓ SOLAR |
| 3 | ELEMENTS D'UNA INSTAL·LACIÓ
SOLAR TÈRMICA |
| 4 | CONFIGURACIONS BÀSIQUES
DE SISTEMES |
| 5 | DIMENSIONAMENT D'INSTAL·LACIONS |
| 6 | MUNTATGE I MANTENIMENT D'INSTAL·LACIONS |
| 7 | DOCUMENTACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ |
| 8 | CONSELLS PRÀCTICS D'ESTALVI |
| | ANNEXES |

1	INTRODUCCIÓ A L'ENERGIA SOLAR	
1	Energia	3
1.1	Energia. Concepte i tipologies	3
1.2	Energies d'stock	3
1.3	Energies de flux	5
2	Consum energètic actual	7
2.1	Situació energètica actual mundial	7
2.2	Situació energètica a Europa	8
2.3	Situació energètica a Catalunya	9
3	Impacte ambiental	10
3.1	L'efecte hivernacle i el canvi climàtic	10
3.2	Dades d'emissions a escala mundial	10
3.3	Perspectives de futur	11
4	Aplicacions de l'energia solar tèrmica	12
4.1	Producció d'aigua calenta sanitària	12
4.2	Suport a la calefacció	14
4.3	Escalfament de piscines	15
4.4	Refrigeració amb energia solar	16
5	Resum i conclusions	17
5.1	L'energia solar tèrmica a Catalunya	18

1. Energia

1.1. Concepte i tipologies

Habitualment es defineix l'energia com la capacitat que té un sistema per realitzar treball. Dit d'una altra manera, per fer qualsevol cosa que impliqui un canvi (un moviment, una variació de temperatura, una transmissió d'ones,...), cal la intervenció de l'energia.

Les unitats en el Sistema Internacional són el joule (J) per a l'energia i el watt (W) per a la potència.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \times 1 \text{ s}$$

L'energia es pot manifestar de maneres molt diverses: l'energia cinètica (la que conté un cos pel fet d'anar a una certa velocitat), la tèrmica o la potencial.

Totes les activitats que podem imaginar tenen un denominador comú, requereixen aportació d'energia per tal que es puguin dur a terme. En funció de les seves característiques, les fonts d'energia es poden agrupar en dos tipus: energies d'estoc i energies de flux.

1.2. Energies d'estoc

Són les que provenen de recursos energètics emmagatzemats al nostre planeta, que romanen en una certa quantitat a la Terra (reserves), que no es regeneren o que si ho fan és amb nivells de regeneració molt més baixos que el seu ritme de consum.

Exemple:

De la mateixa manera que un cotxe necessita gasolina per funcionar, les persones necessiten menjar i beure per moure'ns i treballar, els aparells necessiten corrent elèctric per funcionar, etc. Aquests són exemples quotidians en què l'energia o un bescanvi energètic són presents.

Actualment s'estan explotant diverses fonts d'energia de les que podríem considerar com energies d'estoc. Les més usades són el petroli, el carbó o el gas natural, anomenades també combustibles d'origen fòssil, ja que s'han anat formant per processos de fossilització al llarg de milers d'anys. Dins d'aquest grup també trobem l'urani com a combustible principal de les centrals nuclears.

Taula 1.- Anàlisi de les particularitats de les principals fonts d'energia d'estoc:

Petroli	És el combustible fòssil més emprat actualment a escala mundial, el 38,5% de l'energia consumida l'any 2001, amb un creixement del 2'3%, respecte de 1999, ha arribat a 3.510,6 milions de tones a un ritme aproximat de 75,3 milions de barrils diaris. És el combustible més emprat en el sector del transport. Les reserves provades l'any 2001 eren de poc més d'1 bilió de barrils de petroli (1 barril de petroli són 159 litres).
Carbó	És el principal combustible fòssil pel que fa a reserves (aproximadament 984.000 milions de tones). La seva utilització a escala mundial ha passat del 60% al 24,7% del total de consum des de l'any 1950 al 2001. La producció l'any 2001 va ser l'equivalent a 2.248,3 milions de tones de petroli.
Gas Natural	És el combustible fòssil més emprat en el món industrial suposa ja el 23,7% del consum mundial d'energia, l'any 2001 amb un creixement del 4,3% respecte el 1999; ha arribat a 2.164,3 milions de tones equivalents de petroli. Hi ha reserves aproximades de 155 trillions de metres cúbics, que equivalen aproximadament a 138.000 milions de tones equivalents de petroli (TEP) dels quals més del 70% resten a l'antiga Unió Soviètica i a l'Orient Mitjà.
Urani	És el principal combustible dels processos de fissió nuclear. A finals de l'any 2001 al món funcionaven 435 reactors nuclears amb una potència total instal·lada de 348 GW que van produir l'equivalent a 601,2 milions de tones de petroli el que suposa un augment del 2,8% respecte a l'any 2000.

Font: Statistical Review of World Energy: BP, 2002;
i Signes vitals 2001: World Watch Institute, 2001.

Taula 2.- Problemàtica de les principals energies d'estoc

Petrolí	Causant de l'escalfament del planeta, de la contaminació per ozó, és el combustible que més substàncies cancerígenes produeix. Concentració de les reserves en mans de pocs països: OPEP, Rússia i EUA. Elevat risc de contaminació per accidents en el procés d'extracció i en el transport. El petrolier Erika va naufragar davant les costes de Normandia, al desembre 1999 i en va vessar 30.000 tones i el petrolier Prestige a les costes gallegues l'any 2002 va provocar un desastre ecològic, turístic i comercial. Inestabilitat de preus elevada. El preu del cru va pujar de 10 \$ a 35 \$ per barril durant el 2000.
Carbó	Dificultat per a l'extracció. Causant del 55% de l'escalfament del planeta i del 64% de la contaminació per metalls pesants. Dificultat per al transport a causa del volum i el pes. Accidents a la mineria subterrània amb cost de vides. Gran despesa pública per al manteniment de les mines no competitives però que donen feina en àrees poc desenvolupades.
Gas Natural	Transport i tractament complicat, costós i perillós. Manipulació i ús final amb cert risc d'explosió. Cost d'extracció i manipulació superior a la resta de combustibles fòssils.
Urani	Emissió de radioactivitat en el seu entorn en funcionament normal, tant en fàbriques d'enriquiment, com en centrals i plantes de tractament de residus. Producció continua de residus perillosos i de fins a 10.000 anys activitat. Risc elevat de contaminació d'àmplies zones en cas d'accident, com el succeït a Txernòbil. Són instal·lacions considerades objectiu estratègic militar i, de fet, generen la matèria primera més emprada en la fabricació d'armament nuclear, el plutoni.

Font: Impactos ambientales de la producción de la energía eléctrica: AUMA, 2000; i Signes vitals 2001: World Watch Institute, 2001.

Taula 3.- Tendències actuals

Petrolí	Augment dels preus a causa de l'esgotament de les reserves més fàcils d'explotar. Campanyes per promoure'n la disminució del consum per problemes mediambientals, com ara l'escalfament global del planeta.
Carbó	Retirada de les subvencions estatals a Europa. Estantament en la producció. Implantació de noves tecnologies de combustió més eficients i netes, com per exemple el llit fluiditzat.
Gas Natural	Augment constant del consum en les properes dècades, ja que serà el substitut del petrolí en la indústria, el sector terciari i la generació d'electricitat. Augment de la xarxa de gasoductes que connecten el món industrial amb els països productors. Increment progressiu de les centrals tèrmiques de cicle combinat.
Urani	Allargament de la vida del parc de centrals existents. Hi ha països on s'estan fent centrals recentment tot i que , en d'altres, s'estan tancant. Les empreses dedicades a l'enginyeria nuclear estan diversificant les seves activitats a altres energies.

Figura 1.-Petroquímica



1.3. Energies de flux

Són aquelles que circulen o que es generen a partir de recursos amb cicles curts de renovació, de manera que la seva utilització no en redueix la disponibilitat futura.

Exemple:

Quan bufa el vent els aerogeneradors produeixen electricitat, aquest fet no provoca l'esgotament del recurs energètic que tornarà a estar disponible quan les condicions meteorològiques tornin a ésser favorables.

Podem definir quatre grups d'energies de flux actualment en explotació al nostre entorn. Totes provenen de recursos renovables, és a dir, recursos nets. Aquests grans grups són: l'energia solar, l'eòlica, la hidràulica, la biomassa i la geotèrmica.

Taula 4.-Anàlisi de les particularitats dels diferents tipus d'energia de flux

El sol (energia solar)

És la principal font energètica que arriba a la Terra.

Pot ser aprofitat de diverses maneres però principalment n'hi ha dues de directes: la tèrmica i la fotovoltaica.

A Catalunya funcionaven a finals de l'any 2000 més de 30.000 m² de captadors solars tèrmics per a aigua calenta sanitària (ACS), calefacció i climatització de piscines i a Espanya hi ha prop de 400.000 m².

Pel que fa a la solar fotovoltaica, Catalunya té una potència instal·lada de 1.2MWp i a l'Estat espanyol es totalitzen poc més de 12.000 kWp. Pel que fa al món, l'any 2000 es van fabricar 288 MWp, que significa un augment en la producció de cèl·lules solars del 43% respecte del 1999.

No es generen contaminants en la seva utilització.

El vent (energia eòlica)

És la font d'energies renovables que està creixent més ràpidament en potència instal·lada i rendibilitat econòmica.

Espanya és el tercer país eòlic del món, amb una potència instal·lada de 2.268 MW a finals del 2000. Catalunya disposa de 84MW eòlics instal·lats.

A finals del 2000 al món ja hi havia en funcionament 18.100 MW amb un creixement mitjà del 30% en la darrera dècada en potència anual instal·lada. Hi ha pronòstics d'arribada al 2010 amb 60 GW a Europa, de manera que se subministri el 10% de l'electricitat mundial.

L'aigua (energia hidràulica)

L'energia hidràulica és una de les formes més econòmiques i netes de produir energia elèctrica.

Els petits salts hidràulics són coneguts com a energia minihidràulica si els salts són de potència menor a 10 MW i microhidràulica per als de potència menor a 100 kW.

A Catalunya l'any 2000 hi havia en funcionament 319 centrals minihidràuliques amb una potència total instal·lada de 267,5 MW.

La matèria orgànica (biomassa)

El terme biomassa inclou tota la matèria viva que existeix en un instant de temps a la Terra.

Pot ser aprofitada energèticament de moltes maneres a partir de diferents processos termoquímics (combustions o gasificacions), físicoquímics i bioquímics.

Actualment a Catalunya funcionen força plantes de valorització energètica de la biomassa, que impliquen un aprofitament de 222,3 kTEP l'any 2000. A Espanya aquests aprofitaments suposen més de 3,5 milions de TEP.

El recurs està dispers en el territori, el que complica la seva valorització.

Font: Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010: ICAEN, 2001; Boletín núm. 3: IDAE, octubre 2001; Signes vitals 2001: World Watch Institute; i Informe EWEA: 2001.

Taula 5.- Inconvenients principals de les energies de flux

Energia solar	L'energia solar arriba a la Terra amb poca densitat i de forma discontinua. Alguns equips per a l'aprofitament de l'energia solar es fabriquen amb caràcter comercial des de fa només dues dècades, per tant, encara són força cars i en alguns casos tecnològicament immadurs. Necessiten d'una altra font energètica de suport si es vol assegurar el subministrament continu i el nivell de consum actual.
Energia eòlica	L'energia del vent no es homogènia en el territori, cal aprofitar-la en llocs ventosos (serralades, litorals, etc.) i transportar l'energia elèctrica produïda als centres de consum a través de les xarxes elèctriques. Hi ha molt debat social sobre l'impacte visual, l'avifauna i respecte a les infraestructures necessàries.
Energia hidràulica	Les obres de construcció poden provocar impactes al riu. Sempre han de mantenir un cabal mínim al riu. Les centrals poden patir els efectes de les crescudes o quedar fora de servei en èpoques de sequera extrema.
Biomassa	És una forma d'energia poc densa i variada, per tant difícil d'estandarditzar. La societat té poc coneixement de la seva utilització i això pot originar un sentiment de rebuig en relacionar-la amb els residus. Els cultius energètics competeixen en terres i aigua amb els conreus alimentaris.

Font: Intiam Ruai SL.

Taula 6.- Tendències actuals

Energia solar	Augment de les vendes mundials amb caràcter exponencial, 40% anual en fotovoltaica. Pel que fa a Catalunya, el Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010 situa objectius de 500.000 m² de captadors solars tèrmics i de 23,3 MWp de fotovoltaica. Aquests valors formaran part dels 4,8 milions de metres quadrats de captadors tèrmics i dels 143,7 MWp de potència fotovoltaica que preveu el Pla de foment a l'Estat espanyol per a l'any 2010. L'energia solar fotovoltaica és la base dels futurs projectes d'electrificació rural. Tot i mantenir les instal·lacions solars autònomes, les connectades a la xarxa agafaran més rellevància. Apareixen normatives que "obliguen" a la incorporació d'energia solar tèrmica, o la promouen, en les noves edificacions, com ara les ordenances municipals de Barcelona, Sant Joan Despí, Esplugues del Llobregat, Cardedeu, Terrassa, Montcada i Reixac, Sabadell i Sant Cugat del Vallès.
Energia eòlica	Augment de la potència instal·lada anual amb caràcter exponencial, augment de la competitivitat entre empreses i consolidació de grups inversors. Previsió d'assolir a l'Estat espanyol al 2010 els 8.974 MW segons indica el Pla de foment. D'aquesta potència 1.000 MW corresponen a Catalunya, tal com indica el Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010 (offshore). Maduresa tecnològica amb màquines que aprofiten vents de baixa velocitat i evolució a la baixa dels costos. Augment de la potència dels aerogeneradors per sobre dels 2,5 MW en parcs eòlics dins del mar.
Energia hidràulica	Modernització i automatització de les centrals que són majoritàriament telegestionades. Aprofitament energètic en les obres civils de regulació de cabals, abastiment d'aigua i reg. El Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010 té per objectiu assolir 155 MW més i el Pla de foment de les energies renovables preveu arribar a 2.230 MW instal·lats el 2010 al territori de l'Estat.
Biomassa	Augment progressiu de les instal·lacions que utilitzen biomassa, especialment en zones amb pocs recursos energètics convencionals. El Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010 preveu que el 2010 aquestes aplicacions puguin substituir prop de 340.000 tones equivalents de petroli. Millora d'algunes tecnologies, combustió en llit fluiditzat, gasificació, biocombustibles, etc. Aparició de normatives que obliguen a tractar els residus i que en promouen la valorització.

Font: Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010: ICAEN, 2001; Butlletí núm. 3: IDAE, octubre 2001; i Intiam Ruai SL.

2. Consum energètic actual

2.1. Situació energètica actual mundial

En la majoria de països industrialitzats existeix una xarxa complexa de conduccions i línies que aporten tota l'energia necessària per a la vida quotidiana amb un nivell de confort força elevat (societat del benestar) sense adonar-nos ni del seu origen ni de les conseqüències del seu consum i la seva producció.

Si observem el món com un tot, ens adonarem que aquest consum desenfrenat i irracional és totalment desigual i desproporcionat. A més, ens condueix a una insostenibilitat irreversible del planeta.

Exemple:

Aproximadament una quarta part de la població mundial (Japó, EUA i Europa) consumeix tres quartes parts del total d'energia que es comercialitza al món.

Aquest plantejament inicial ens permet arribar a la conclusió que, per tal de preservar el medi ambient i afavorir un repartiment més just dels recursos, cal una política d'estalvi energètic i l'ús racional de l'energia.

Taula 7. Distribució mundial del consum d'energia l'any 2002.

Consum	MTEP
Amèrica del Nord	2.639,6
Europa	1.894,6
Antiga Unió Soviètica	949,4
Amèrica Llatina	451,8
Àfrica	280,6
Àsia-Pacífic	2.511,7
Orient Mitjà	397,2

Font: Statistical Review of World Energy: BP, 2002.

Taula 8.- Distribució d'energia comercialitzada al món l'any 2002.

Font d'energia	Total (MTEP)
Carbó	2.255,1
Petroli	3.510,6
Gas natural	2.164,3
Nuclear	601,2
Hidràulica	594,5
Total	9.124,8

(*) Inclou la biomassa, la hidràulica, l'eòlica, la geotèrmica i la solar. Font: Statistical Review of World Energy: BP, 2002.

Tendències en l'ús d'energia per fonts

Els nivells de creixement en el consum energètic assolits en el darrers cinc anys, d'economia expansiva, han demostrat la inviabilitat de la dependència dels combustibles fòssils.

Un cop d'ull a l'evolució de cada font energètica demostra que, cada cop més, s'està conformant una nova economia energètica basada en les energies renovables amb capacitat per establitzar aquesta situació.

Així, mentre que el consum del carbó en el darrer quinquenni ha disminuït un 1,6% anual i el petroli ha augmentat només un 1,7% anual, l'energia solar fotovoltaica ha augmentat més d'un 30% cada any i l'electricitat generada pel vent ha crescut a un ritme superior al 25% anual.

Si bé encara és minsa l'aportació energètica d'aquestes dues fonts renovables, la tendència és que experimentaran un creixement molt ràpid i que es poden convertir en una peça clau en l'economia energètica mundial durant les properes dècades, especialment la biomassa. Així ho reflecteixen documents com el Llibre verd de la Unió Europea de 1997 i també queda quantificat en la Directiva europea de 2001 sobre aportació de les energies renovables en la producció d'electricitat als països membres.

Taula 9.- Variació anual mitjana del creixement de les diverses fonts energètiques comercialitzades a escala mundial (1995-2000)

Font energètica	Variació anual mitjana (1995 - 2000) [%]
Solar fotovoltaica	30,1
Eòlica	25,4
Geotèrmica	3,1
Gas natural	1,9
Petroli	1,7
Hidràulica	1,6
Nuclear	0,5
Carbó	- 1,6

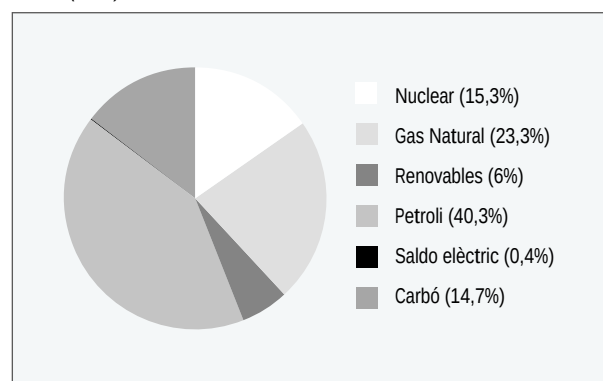
Font: Signes vitals 2001: World Watch Institute, 2001.

2.2. Situació energètica a Europa

A la Unió Europea el petroli és la font energètica principal, amb el 40% del total del consum. La tendència és intentar disminuir aquesta dependència per tal de millorar l'estabilitat en els costos energètics.

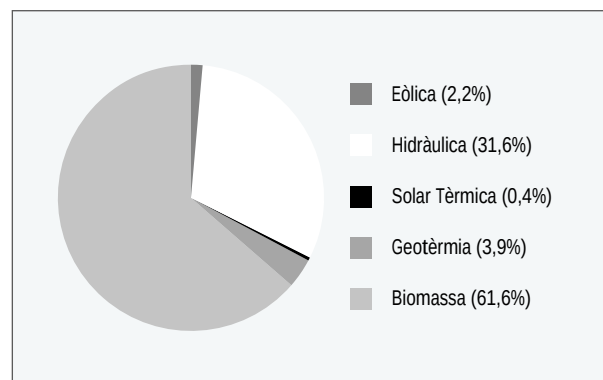
Tot i que encara la biomassa i la hidràulica sumen la majoria de l'aportació de les renovables, l'eòlica proporciona un 2,2%.

Figura 2.- Distribució del consum d'energia primària a la UE (2000)



Font: Energy Balance Sheets: Eusostat, 1999-2000.

Figura 3.- Distribució de les energies renovables a la UE (2000)



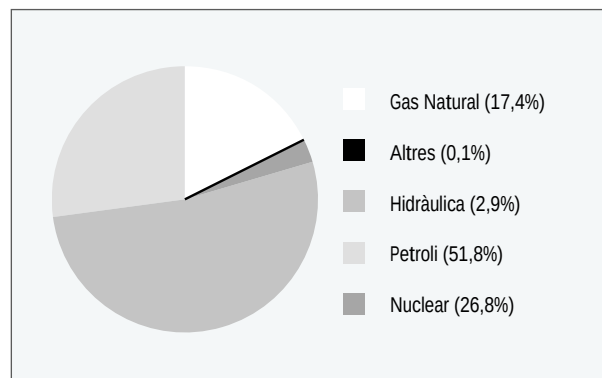
Font: Energy Balance Sheets: Eusostat, 1999-2000.

2.3. Situació energètica a Catalunya

A Catalunya, la dependència del petroli és molt acusada, ja que arriba al 51% del total del consum. Els objectius marcats en el Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010 són disminuir aquesta dependència i fer una aposta ferma per l'eficiència energètica, l'ús racional i la diversificació.

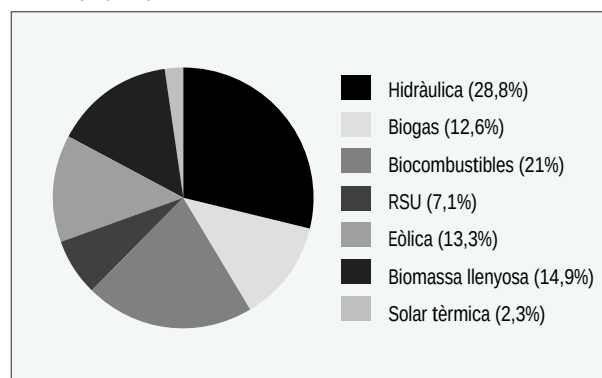
Actualment, la hidràulica és l'energia renovable majoritària a Catalunya. El Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010 preveu un creixement més fort de la resta d'energies renovables que equilibrarà la producció.

Figura 4.- Distribució del consum d'energia primària a Catalunya (2000)



Font: Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010: ICAEN, 2001.

Figura 5.- Estructura del consum d'energies renovables a Catalunya (2010)



Font: Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010: ICAEN, 2001.

3. Impacte ambiental

Qualsevol utilització d'energia és, per lògica, una explotació dels recursos naturals. Si aquesta explotació es fa per sobre de les capacitats de recuperació tal com es fa actualment amb els combustibles fòssils, apareixen dos fenòmens:

- El ritme desenfrenat d'extracció de reserves fòssils, a un nivell de 100.000 vegades més ràpid que la seva capacitat de regeneració, fa que es precipiti l'esgotament dels recursos a curt termini.
- El consum irresponsable i exagerat de combustibles fòssils provoca que s'emetin a l'atmosfera gasos contaminants (compostos químics) que provoquen o participen de forma directa en fenòmens com ara la pluja àcida o smog fotoquímico i que, de forma indirecta, contribueixen a augmentar l'efecte hivernacle amb el consegüent escalfament global del planeta.

Exemple:

Les reserves econòmicament explotables de petroli quedaran exhaurides al ritme actual de consum d'aquí a menys de mig segle.

3.1. L'efecte hivernacle i el canvi climàtic

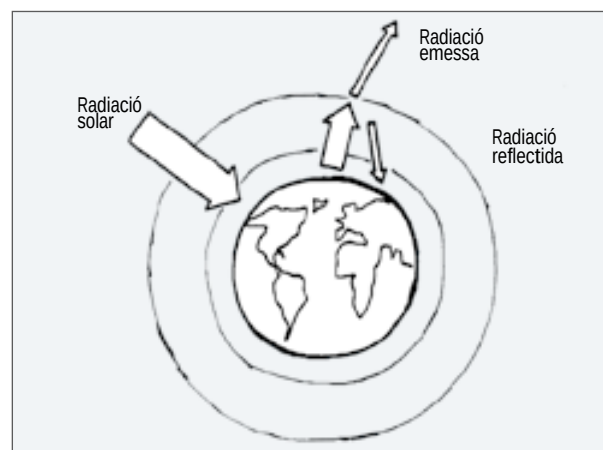
L'efecte hivernacle és el fenomen natural que es produeix perquè l'atmosfera no té el mateix comportament per a totes les radiacions.

La radiació solar, d'altres freqüències, que prové d'una font a temperatura elevada, pot travessar l'atmosfera amb relativa facilitat, és a dir, que l'aire que ens envolta és transparent al sol.

La radiació terrestre de baixes freqüències, a causa de la menor temperatura de la Terra, té dificultats per travessar l'atmosfera de retorn cap a l'espai, degut a la concentració de determinats gasos que la componen (principalment el CO₂). A mesura que augmenta la concentració d'aquests gasos podem dir que l'atmosfera es fa més opaca a la radiació que surt.

D'aquesta manera, si la radiació solar continua arribant a la Terra però aquesta no pot eliminar

Figura 6.- Representació gràfica de l'efecte hivernacle atmosfèric



Font: Panell Intergovernamental pel Canvi Climàtic (IPCC)

l'escalfor que li sobra a les nits, el resultat és un augment progressiu de la temperatura mitjana, és a dir, un escalfament global que està lligat a un més que probable canvi climàtic del planeta.

3.2. Dades d'emissions a escala mundial

A títol informatiu es presenten una sèrie de dades que ens poden ajudar a situar l'escenari energètic mundial.

Taula 10.- Situació de les emissions de CO₂ a causa de l'ús dels combustibles fòssils

País	Emissions		
	total (milions de tones)	per persona (tones)	per dòlars de PIB (t/milió de dòlars)
EUA	5.300	19,674	706
Xina	3.363	2,729	949
Rússia	1.579	10,681	----
Japó	1.167	9,284	389
Índia	997	1,050	652
Alemanya	861	10,514	499
Regne Unit	557	9,532	472
Canadà	409	13,669	622
Itàlia	403	7,029	349
Ucraïna	397	7,751	3.441
Espanya	212	6,183	382

Font: 2000-2001 Report: World Resources Institute, 2001.

3.3. Perspectives de futur

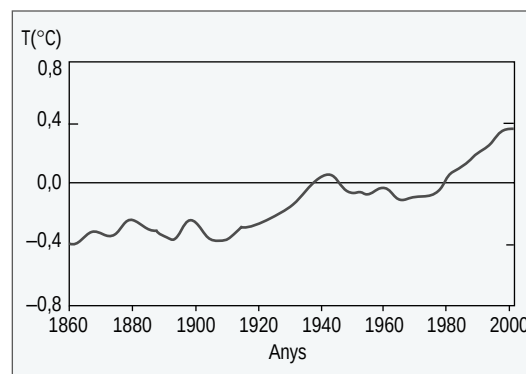
L'any 2001 es va publicar el tercer informe del grup de científics del Panell Intergovernamental pel Canvi Climàtic (IPCC). Les conclusions van ser prou significatives:

- L'escalfament global és ja una evidència científica.
- Les previsions actuals superen les que s'havien fet fa només cinc anys.
- L'acció de la societat industrial està influint en aquest procés.

Aquest informe ha reforçat la postura de la Unió Europea vers la defensa de la ratificació per part del major nombre de països dels acords de Kyoto amb un únic objectiu: aturar el creixement d'emissions per intentar estabilitzar el clima.

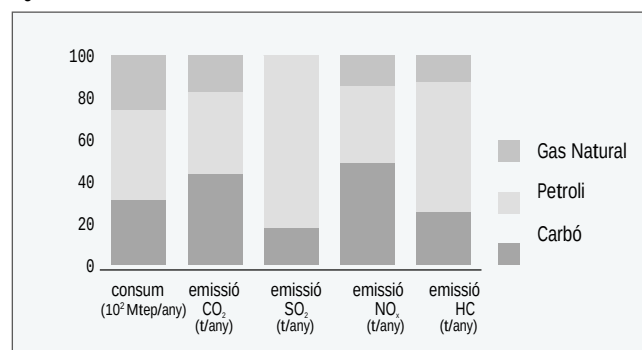
Com hem vist en la taula 10 les emissions de CO₂ emeses corresponien als més de 7.000 milions de TEP combustibles fòssils. Si es volguessin reduir les emissions fins que poguessin ser absorbides pels mars i els oceans del planeta, hauríem de reduir aquesta xifra a 1.000 - 2.000 milions de TEP, és a dir, un 80% menys que l'estat actual. Les energies renovables i l'eficiència energètica poden ser una contribució a aquest repte.

Figura 7.- Evolució de la temperatura mitjana de la Terra.



Font: Technical summary of the working group I report: IPCC, 2001.

Figura 8.- Relació entre combustibles fòssils i emissions



Font: 2000-2001 Report: World Resources Institute, 2001.

4. Aplicacions de l'energia solar tèrmica

L'energia solar tèrmica consisteix en l'aprofitament directe, en forma d'escalfament o energia calorífica, de la radiació solar incident.

Generalment, es distingeix entre els aprofitaments anomenats passius i actius. El primers corresponen a les accions de disseny en l'arquitectura que permeten que els edificis utilitzin millor els recursos energètics, tant per augmentar la temperatura interior a l'hivern com per refrigerar-se a l'estiu.

Quan es parla d'aprofitaments actius de l'energia solar tèrmica es fa referència a sistemes basats en la captura de la radiació solar per part d'uns col·lectors, mitjançant un fluid, que després transfereixen l'escalfor generada a un sistema d'utilització o d'emmagatzematge.

A diferència de l'energia solar fotovoltaica per a la producció d'electricitat, en els aprofitaments tèrmics de l'energia no hi ha conversió energètica en altres formes diferents a la transferència de calor.

Exemple:

Un finestral orientat al sud es pot considerar un element de captació solar a l'hivern. En canvi, si aquest finestral està ubicat a la part alta, és ombrejat i és practicable pot ésser també un element de ventilació a l'estiu.

Les aplicacions d'energia solar tèrmica activa es poden classificar en dos grans tipologies:

- Temperatura baixa (els captadors treballen per sota de 100°C).
- Temperatura mitjana (els captadors treballen per sobre dels 100°C)

Les aplicacions de temperatura alta (superiors als 500°C) queden restringides a centrals termosolars i no són l'objecte d'estudi d'aquesta publicació.

De les tipologies enumerades anteriorment, són les de temperatura baixa les que s'apliquen en un 90% dels projectes. Tant per climatitzar una

piscina com per produir aigua calenta sanitària i/o donar suport a un circuit de calefacció, els sistemes emprats no superen els 100°C de temperatura en el camp de captadors en funcionament estable, tot i que en moments puntuals aquest valor es pot superar per aturades del circuit o manca de consums.

4.1 Producció d'aigua calenta sanitària

La producció d'aigua calenta sanitària és l'aplicació de l'energia solar tèrmica més comuna, donada la seva bona rendibilitat. En tractar-se d'un consum regular al llarg de l'any i a una temperatura mitjana d'entre 38°C i 40°C, la producció d'ACS (aigua calenta sanitària) és perfectament compatible amb l'aprofitament de la radiació solar.

La tecnologia emprada en aquesta utilització gira entorn de l'anomenat captador de placa plana format per un absorbidor, generalment una graella de tubs amb aletes, dins d'una capsa estanca amb una coberta de vidre que a l'interior produeix l'efecte hivernacle. Tot i això, en el mercat també hi ha captadors amb absorbidor de panell i sense coberta.

Figura 9.- Captadors solars plans sobre teulada plana.



Font: Les energies renovables a Catalunya: ICAEN, 1997.

Aquests captadors, a diferència dels de piscina, treballen habitualment a temperatures superiors a les ambientals i arriben amb facilitat als 50 - 60°C. Les temperatures assolides pels captadors permeten emmagatzemar l'energia captada en acumuladors d'aigua que després és subministrada cap als consums.

Un bon aïllament de l'acumulador i de les canonades permet conservar l'escalfor durant la nit, de manera que es gaudeix d'aigua calenta encara que no faci sol.

Actualment, s'instal·len captadors solars per a la producció d'aigua calenta en multitud de sectors: habitatges unifamiliars, blocs comunitaris, hotels, càmpings, centres d'esport, edificis sanitaris, indústries, etc.

En habitatges unifamiliars es poden emprar els anomenats "compactes", que consisteixen en un únic equip format per captadors, acumulador i la valvuleria necessària. Aquests equips són la manera més senzilla i econòmica de produir aigua calenta, ja que només cal col·locar-los i connectar-los a la presa d'aigua. Aquests equips són de cost i manteniment força assequibles, entre 1.500 i 2.250 euros.

Les instal·lacions solars amb captadors plans no tenen límit pel que fa a les dimensions, ja que és un sistema modular que permet ampliacions i/o modificacions afegint més captadors i/o volum d'acumulació.

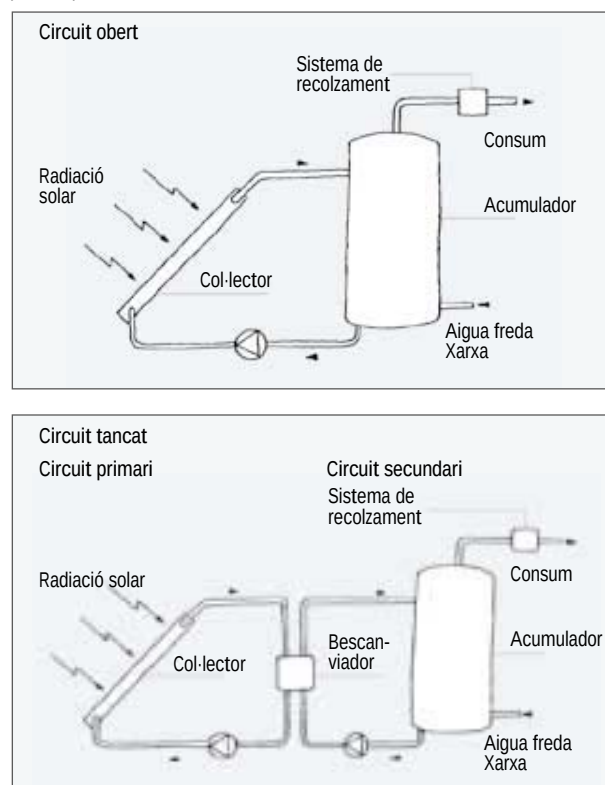
Com a valor orientatiu, una família de quatre membres que tingui un consum mitjà d'aigua calenta necessita un equip de 2 a 4 m² i un acumulador d'entre 150 i 300 l. Aquest equip proporcionarà aproximadament un 60 - 70% del consum d'ACS anual. La resta del consum subministrat per un sistema convencional de suport.

Les instal·lacions solars per a la producció d'aigua calenta tenen actualment una bona relació preu/qualitat/servei, ja que permeten reduir una part molt important de la despesa energètica convencional, que pot significar un estalvi econòmic significatiu. Un equip com el descrit en l'apartat anterior pot tenir un cost entre 1.800 i 3.000 euros.

Els costos associats a l'obra o a la instal·lació es poden reduir força quan l'equip és col·lectiu i es munta en el moment de fer l'edificació, de manera que queda reduït a menys de 1.650 euros/habitatge.

Un altre mètode d'avaluar econòmicament el cost de les instal·lacions solars és el cost per unitat de superfície de captació. D'aquesta manera podem dir que actualment el cost se situa entre els 540 i 900 euros/m².

Figura 10.- Esquemes d'instal·lacions solars per a la producció d'ACS.



Font: Intiam Ruai, SL.

4.2. Suport a la calefacció

La calefacció d'un habitatge presenta peculiaritats que fan que, tot i que resulti possible tècnicament, requereixi una anàlisi més complexa. En primer lloc, cal destacar l'estacionalitat del consum (hivern), d'altra banda la gran demanda puntual que es pot necessitar (punts de consum) i, finalment, el sistema emissor utilitzat per escalfar les cambres.

1.- L'estacionalitat de la demanda pot provocar una utilització anual baixa del sistema solar, ja que només funcionarà a ple rendiment els mesos d'hivern, 2 o 3 mesos en la franja costanera i fins a 8 mesos a la Catalunya central i als Pirineus. Aquesta característica es pot minimitzar dimensionant la instal·lació per tal de cobrir només una petita part de la calefacció (15 - 25%) i dedicant el sistema durant la resta de l'any a la producció d'aigua calenta sanitària.

La resta de necessitats per a calefacció les proporciona el sistema convencional de suport. Una instal·lació encara més ben adaptada seria aquella que combinés calefacció a l'hivern amb escalfament del vas d'una piscina a l'estiu i la producció d'ACS durant tot l'any. Un equip amb aquestes prestacions podria arribar a cobrir el 60% de tot el consum energètic per a ús tèrmic d'un edifici (habitatge, hotel, hospital, etc.)

2.- Pel que fa a les puntes de consum, l'equip solar es dimensiona sempre tenint en compte unes necessitats energètiques mitjanes, de manera que es cobreixen els dèficits puntuals amb una aportació major del sistema convencional de suport.

3.- Com que els captadors solars plans, tecnologia emprada en la majoria d'instal·lacions solars per a calefacció, treballen a temperatures baixes, és important que el disseny del sistema d'emissors de calor de l'edifici estigui pensat per transmetre l'escalfor a aquest rang de temperatura.

En aquests casos els sistemes més emprats són:

- Terra radiant.

Principalment emprat en obra nova i en rehabilitacions integrals on calgui substituir o modificar els paviments.

- Radiadors sobredimensionats.

Molt adients per a espais de serveis amb amplis passadissos, corredors, escales, etc.

- Convectors forçats "fan-coil".

Ideals per a espais d'ús intermitent, com ara oficines.

D'altra banda, com ja s'ha comentat, per millorar l'aportació solar en l'edifici cal tenir en compte alguns criteris:

1. Disseny arquitectònic de l'edifici adaptat a la zona geogràfica, això significa considerar els aspectes següents: ubicació, entorn, forma de l'edifici, pell i detall de superfícies, caracterització de l'interior, etc.

2. Aïllament de l'exterior i sistema de ventilació.

Si un projecte contempla el màxim aprofitament dels recursos climàtics de la zona i utilitza un sistema solar de baixa temperatura com a sistema de suport auxiliar a la calefacció, la utilització de captadors solars pot cobrir una part molt important del consum energètic, entre el 25% i el 40% de la demanda global.

4.3. Escalfament de piscines

La majoria de piscines descobertes s'utilitzen durant uns pocs mesos a l'any a causa, principalment, del refredament de l'aigua. A principis de la temporada estival i al final la temperatura de l'aigua de la piscina és massa baixa per poder-ne gaudir.

Una forma eficient, neta i econòmica escalfar l'aigua de les piscines per assolir temperatures agradables és mitjançant l'energia solar. Amb la utilització de captadors senzills es pot aconseguir augmentar la temperatura de l'aigua fins als 23°-28°C (rang de confort).

Les instal·lacions de climatització de piscines amb energia solar utilitzen una tecnologia força simple i comprovada en multitud d'instal·lacions escampades per tot Europa. La gran fiabilitat i durabilitat d'aquests sistemes, la quasi nul·la necessitat de manteniment i el fet que aprofitin una font energètica gratuïta són les raons que fan que sigui un sector en fort creixement.

El fet que les temperatures de treball siguin baixes i l'època de l'any d'ús molt favorable facin possible que els captadors solars emprats en l'escalfament de piscines siguin el model més senzill del mercat: els captador amb absorbidor de materials plàstics no vidriats.

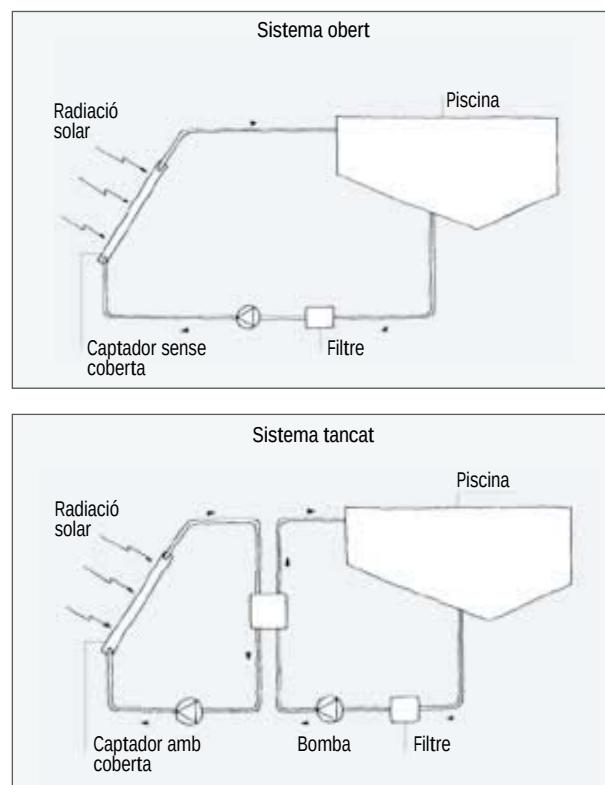
Un sistema dissenyat per uns captadors de plàstic (polipropilè, cautxú, etc.) que permeten el pas pel seu interior de l'aigua de la piscina, intercalats en el circuit dels filtres de depuració i algunes vàlvules de regulació, aconsegueix augmentar la temperatura fins a l'òptima confortable.

D'altra banda, cal remarcar que RITE (Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis), la referència de RD 1751/1998 a tot l'Estat indica textualment:

ITE 10.2.1

El consum d'energies convencionals per a l'escalfament de piscines està permès només quan estiguin ubicades en locals tancats. Queda prohibit l'escalfament directe de l'aigua d'una piscina descoberta a partir d'una caldera.

Figura 11.- Esquemes d'instal·lacions solars per a piscines.



Font: "Les energies renovables a Catalunya", ICAEN, 1997.

La superfície de captació necessària es pot calcular en funció de la superfície de la piscina a escalfar i de la zona climàtica on estigui ubicada, ja que és per l'obertura del vas per on l'aigua intercanvia calor amb el medi.

En les nostres latituds cal muntar captadors amb una superfície de captació aproximadament del 30 al 50% de la superfície de la piscina, depenent de si la instal·lació està situada en una zona càlida (litoral) o freda (Catalunya central).

El manteniment d'aquest tipus d'instal·lació es resumeix normalment a tasques molt senzilles que realitza l'usuari: verificació del funcionament correcte de les vàlvules i buidat del circuit de plaques a l'hivern, en aturar la piscina per evitar danys en cas de risc de glaçades.

El cost d'aquests equips pot oscil·lar depenent del tipus de muntatge que es faci i varia principalment en funció de tres paràmetres (tecnologia emprada, ubicació dels captadors i sistema de regulació). A títol orientatiu, el cost per a una piscina de 25 m² pot estar entre 900 i 2.100 euros.

En el cas de piscines cobertes, d'ús continu durant tot l'any, o de piscines públiques amb força usuaris, on cal assegurar unes temperatures, s'han d'utilitzar sistemes més complexos que generalment combinen l'escalfament de la piscina amb d'altres aplicacions tèrmiques, com ara la preparació d'ACS amb l'incorporació de fonts d'energia de suport.

Arreu de Catalunya hi ha bons exemples d'instal·lacions esportives que, entre altres consums, aporten climatització de piscines cobertes (Club Natació Mataró, Club Natació Terrassa, Poliesportiu de Can roca a Castelldefels, Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat, Poliesportiu Francesc Calvet, Poliesportiu de Mollet, etc.)

4.4. Refrigeració amb energia solar

Encara que aquesta és una aplicació de l'energia solar que encara no s'ha estès, cal tenir en compte les seves possibilitats, i per tant un fort desenvolupament en els propers anys.

La refrigeració presenta la màxima demanda d'energia en les èpoques de l'any amb més radiació solar, fins i tot en les hores que més energia es rep.

Els sistemes actualment en demostració són la combinació d'un camp de col·lectors solars que funcionen a temperatures elevades, al voltant dels 85-90°C en combinació amb una màquina de cicle d'absorció, generalment de bromur de liti-aigua.

Aquestes instal·lacions troben la màxima rendibilitat en funcionament reversible, refrigeració a l'estiu i calefacció a l'hivern.

Per tal de poder treballar a aquestes temperatures els captadors emprats són els de tubs de buit o, els recentment introduïts en el mercat del tipus CPC, on uns reflectors cilíndric-parabòlics concentren la radiació solar sobre l'absorbidor.

5. Resum i conclusions

El recurs energètic més emprat avui, el petroli, es bombat a un ritme elevat (més de 72 milions de barrils al dia), fet que provocarà en menys de 10 anys problemes en el preu del petroli, més que d'esgotament.

Taula 11. Reserves provades de gas en el món

Àrees geogràfiques	10 ¹² m ³
Amèrica del Nord	7,55
Amèrica Llatina	7,16
Europa	4,86
Antiga Unió Soviètica	56,14
Àfrica	11,18
Àsia-Pacífic	12,27
Orient Mitjà	55,91

Font: BP Statistical Review of World Energy: 2002

- El 65% de les reserves de petroli són al golf Pèrsic, fet que comporta gran part dels conflictes sociopolítics del Pròxim Orient.
- A Catalunya, el 69,3% del consum d'energia primària prové de combustibles fòssils. Tanmateix, els recursos fòssils disponibles a Catalunya són molt lluny de satisfer les seves necessitats energètiques i per tant actualment la dependència d'importacions exteriors d'aquests combustibles supera el 90%.
- Des del punt de vista mediambiental, la producció amb energies renovables evita l'emissió a l'atmosfera d'unes 22.000 tones l'any de diòxid de sofre, un dels agents causants de la pluja àcida, i d'uns dos milions de tones de CO₂, el responsable principal de l'efecte hivernacle.
- L'energia solar és la que arriba a la Terra procedent de la radiació del sol. Sigui aprofitada o no, aquesta energia continuarà arribant de la mateixa manera.

- En el decurs d'aquests quinze anys les energies renovables han experimentat un desenvolupament important a l'Estat espanyol. Així, l'any 2000, la producció energètica amb fonts d'energia renovables va ser superior als 4 milions de TEP, xifre que equival al 5,6% del consum d'energia primària.
- Ara bé, tot i augmentar la producció amb energies renovables, si el consum energètic continua creixent el percentatge d'aportació de les renovables difícilment arribarà al 12%, objectiu establert al Llibre blanc de la Unió Europea.
- Per fonts d'energia, l'energia hidràulica i la biomassa són les que tenen un pes més important dins de l'estructura de producció a partir de recursos renovables. A Catalunya, per exemple, la producció de les centrals microhidràuliques suposa un 31% de l'energia elèctrica produïda amb fonts renovables.
- El paper de l'energia solar fotovoltaica, solar tèrmica i eòlica és, de moment, molt inferior a la resta de recursos pel que fa a la producció energètica. Cal insistir que la seva aportació no es pot valorar únicament des de el punt de vista quantitatiu, ja que, per exemple, la fotovoltaica, contribueix de forma important a l'equilibri territorial, perquè permet que moltes famílies que viuen aïllades en el medi rural puguin disposar d'energia elèctrica.

Figura 12.- Instal·lació solar fotovoltaica.



Font: El recorregut de l'Energia: ICAEN, 2001.

Figura 13.- Aerobomba.



Font: El recorregut de l'Energia: ICAEN, 2001.

5.1. L'energia solar tèrmica a Catalunya

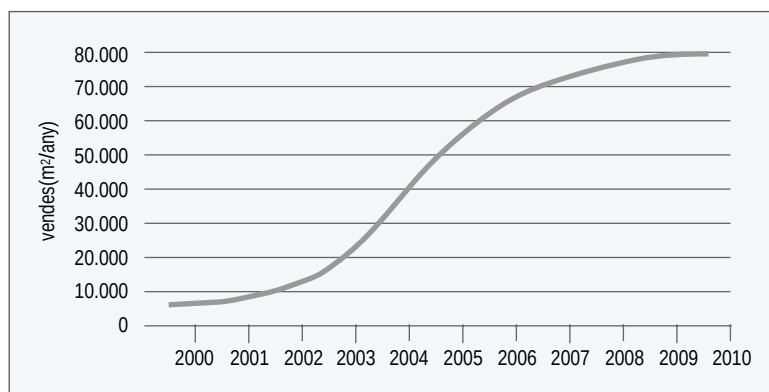
Catalunya és troba en una zona privilegiada pel que fa a la presència de recursos naturals com ara el sol, el vent, l'aigua o la biomassa, i l'aprofitament d'aquests recursos podria satisfer gran part del seu consum d'energia primària. El sector solar tèrmic va iniciar-se a Catalunya a començaments dels anys setanta i es va concentrar principalment en instal·lacions particulars en que, mica en mica, es van anar afegint instal·lacions en altres sectors d'activitat: hotels, càmpings, poliesportius, escoles, etc.

En un principi, el fet que les instal·lacions fossin mancades de suficient experiència tècnica i d'un servei acurat de manteniment i seguiment va provocar que moltes no donessin els resultats esperats i que es perdés la confiança en l'energia solar tèrmica.

Actualment, de la difusió que s'està fent de l'energia solar tèrmica, sumat a l'increment constant del preu de les energies convencionals, la concienciació social i la tasca de millora de la qualitat que fan entitats com APERCA (Associació de Professionals d'Energies Renovables de Catalunya) i l'Administració, fa que l'augment del nombre d'instal·lacions realitzades es manté força constant.

L'any 2000 a Catalunya hi havia una superfície instal·lada amb energia solar tèrmica en funcionament de 30.000 m². Més de tres quartes parts del total de superfície instal·lada corresponen a habitatges particulars. Només l'any 2000 es van instal·lar més de 5.000 m² i l'any 2001, entre 7.000 i 10.000 m². A finals del 2002 ja existia ordenança solar a vuit municipis catalans (Barcelona, Sant Joan Despí, Esplugues, Montcada i Reixac, Cardedeu, Terrassa, Sabadell i Sant Cugat). Aquest creixement be donat per la sensibilització ciutadana i la voluntat de l'Administració per promoure l'ús d'energies renovables.

Figura 14.- Evolució de l'energia solar tèrmica instal·lada a Catalunya.



Font: Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010: ICAEN, 2001. Solar tèrmica a Catalunya.

Índex d'ANNEXES

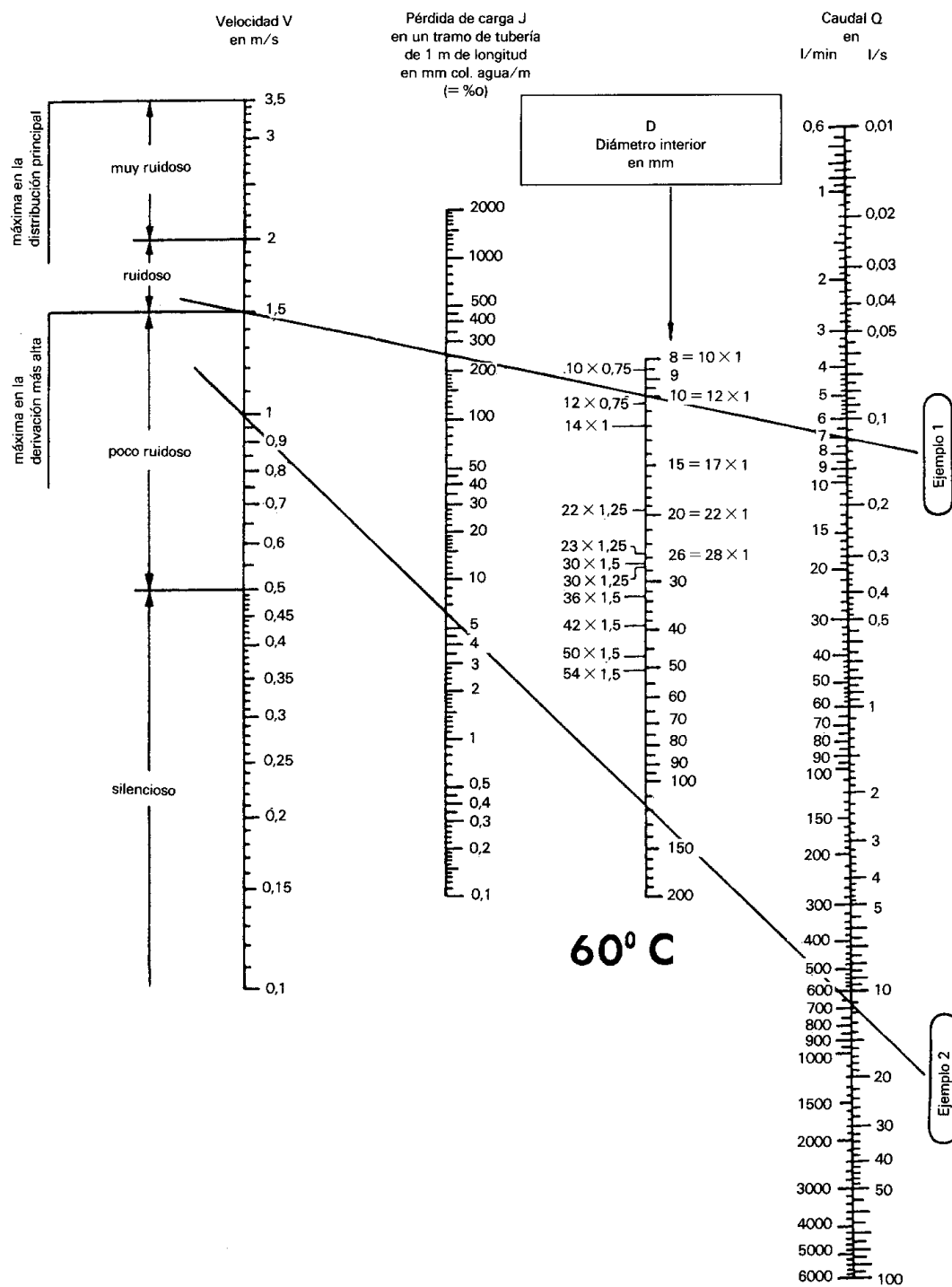
ANNEX 1	Taula de coordenades solars	2
ANNEX 2	Àbac de càlcul de canonades	3
ANNEX 3	“Espessors mínims d’aïllament tèrmic” del RITE	4
ANNEX 4	Longituds equivalents per les pèrdues de càrrega en accessoris de canonades	6
ANNEX 5	Normativa aplicable	7
ANNEX 6	Ordenances solars municipals a Catalunya	8
ANNEX 7	Model de certificat d'obra	12
ANNEX 8	Magnituds i unitats	13
ANNEX 9	Glossari i Acrònims	14
ANNEX 10	Simbologia	17
ANNEX 11	Programes de càlcul	18
ANNEX 12	Guia d'empreses a Catalunya	20
ANNEX 13	Bibliografia	28

Taula de coordenades solars a Catalunya (graus)

Hora	Gener		Febrer		Març		Abril		Maig		Juny		Juliol		Agost		Setembre		Octubre		Novembre		Desembre	
*	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H
0	0	27	0	35	0	46	0	58	0	67	0	71	0	70	0	62	0	51	0	39	0	29	0	25
1	16	26	18	33	21	44	26	55	33	64	38	68	36	66	29	59	23	49	19	37	16	28	15	23
2	30	21	34	29	39	38	48	48	57	56	63	59	60	58	52	52	43	42	36	32	31	23	29	19
3	43	15	48	21	55	30	64	39	73	46	78	48	76	47	68	42	58	34	50	25	44	17	42	13
4	54	6	60	12	67	20	76	29	85	35	89	37	87	36	80	32	71	24	62	15	56	8	53	4
5			71	2	78	9	87	18	95	23	99	26	97	25	91	20	82	13	73	5				
6							97	6	104	12	108	15	106	14	101	9	92	2						
7									114	2	117	5	116	4										

A: Azimut.
H: Alçada Solar.

ÀBAC de càlcul



Espesors mínims d'aïllament tèrmic

Apèndix 03.1 del Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios

1. Generalidades

Los componentes de una instalación (equipos, aparatos, conducciones y accesorios) dispondrán de un aislamiento térmico con el espesor mínimo abajo reseñado cuando contengan fluidos a temperatura:

- Inferior a la del ambiente.
- Superior a 40 °C y estén situados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar los patinillos, galerías, salas de máquinas y similares.

Los componentes que vengán aislados de fábrica tendrán el nivel de aislamiento marcado por la respectiva normativa o determinado por el fabricante.

En ningún caso el material podrá interferir con partes móviles del componente aislado.

Los espesores son válidos para un material con conductividad térmica de referencia [ref igual a 0,040 W/(m · K) a 20 °C]. Si se emplean materiales con conductividad térmica distinta a la de referencia, el espesor e (mm) se determinará aplicando las fórmulas siguientes (siendo e_{ref} el espesor mínimo de las tablas):

- para superficie plano paralelas: $e = e_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$
- para superficies de sección circular de diámetro interior D_i (mm):

$$\frac{\ln \frac{D_i + 2 \cdot e}{D_i}}{\lambda} = \frac{\ln \frac{D_i + 2 \cdot e_{ref}}{D_i}}{\lambda_{ref}}$$

$$\text{de la cual se deduce: } e = \frac{D_i}{2} \cdot \left[\text{EXP} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D_i + 2 \cdot e_{ref}}{D_i} \right) \right]$$

Nota: EXP es el número neperiano e (igual a 2,7183) elevado a...

2. Espesores mínimos

2.1 En interiores

Los espesores, expresados en mm, serán los indicados en los siguientes apartados.

- Tuberías y accesorios

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior ⁽¹⁾ mm	Temperatura del fluido ⁽²⁾ C°			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

Diámetro exterior ⁽¹⁾ mm		Fluido interior frio			
		Temperatura del fluido ⁽²⁾ C°			
		-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
D	≤ 35	40	30	20	20
35	< D ≤ 60	50	40	30	20
60	< D ≤ 90	50	40	30	30
90	< D ≤ 140	60	50	40	30
140	< D	60	50	40	30

1. Diámetro exterior de la tubería sin aislar
2. Se escoge la temperatura máxima en la red.
3. Se escoge la temperatura mínima en la red.

• Conductos y accesorios

Aire	Espesor
Calent	20
Fred	30

En caso de conductos fabricados con planchas aislantes se admitirá el espesor de material determinado por el fabricante.

• Aparatos y depósitos

Superficie m ²	Espesor
≤ 2	30
> 2	50

2.2 En exteriores

Cuando los componentes estén instalados al exterior, el espesor indicado en las tablas anteriores será incrementado, como mínimo, en 10 mm para fluidos calientes y 20 mm para fluidos fríos.

2.3 Condensaciones

Cuando el fluido esté a temperatura menor a la del ambiente se deberá evitar la formación de condensaciones superficiales e intersticiales.

2.4 Tuberías enterradas

Para redes de tuberías enterradas podrá justificarse en proyecto una solución diferente a la aquí exigida.

Longitud equivalents de canonada. Pèrdua de càrrega dels accessoris.

Element	(polzades) (mm)	Diàmetre interior de la canonada							
		3/8 10	1/2 15	3/4 20	1 25	1 1/4 32	1 1/2 40	2 50	2 1/2 65
 manegot d'unió		0,00	0,00	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,12
 reducció		0,28	0,42	0,70	0,91	1,19	1,40	1,82	2,80
 colze de 45°		0,28	0,48	0,60	0,66	0,78	0,98	1,16	1,40
 corba de 90°		0,25	0,46	0,63	0,84	1,18	1,34	1,78	2,07
 colze de 90°		0,53	0,70	0,88	1,06	1,41	1,85	2,39	2,72
 te de 45°		1,43	1,18	1,26	1,34	1,68	2,1	2,52	2,94
 te arcada (pantalons)		2,1	2,35	2,52	2,69	3,36	4,20	5,04	5,88
 te amb pas recte		0,14	0,21	0,28	0,42	0,56	0,70	1,12	0,98
 te amb derivació		2,52	3,50	4,20	5,04	5,74	6,44	7,00	7,70
 vàlvula de retenció batent		0,28	0,42	0,77	1,05	1,61	2,10	2,66	3,71
 vàlvula de retenció pistó		1,86	2,38	3,25	3,99	5,21	6,54	8,05	9,67
 vàlvula de comporta oberta		0,20	0,25	0,29	0,36	0,50	0,62	0,77	0,97
 vàlvula de pas recte i seient inclinat		1,54	1,88	2,44	3,19	4,05	4,84	6,34	7,71
 vàlvula d'escaire		2,66	3,57	4,69	6,02	7,84	9,59	12,04	15,54
 vàlvula de seient de pas recte		—	4,76	5,04	6,30	7,91	11,34	12,60	—
 bescanviador		—	—	—	2,94	7,00	17,5	18,48	19,88
 caldera		3,50	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,05	9,10
 caldera amb vàlvules		5,25	6,16	7,35	8,40	9,45	10,5	15,96	17,78
 comptador general col·lectiu comptador individual o divisionari		4,5 (m c.d.a.) 10 (m c.d.a.)							

Normativa aplicable

- **RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios)**

- ITE 02.4: Disseny de sistemes de climatització.
- ITE 02.8: Disseny de canonades i accessoris.
- ITE 02.13: Disseny de comptabilització de consums.
- ITE 02.15: Requisits de seguretat.
- ITE 03.12: Càlcul d'aïllaments tèrmics de les instal·lacions.
- ITE 10.1: Producció d'ACS amb sistemes solars actius.
- ITE 10.2.1: Disseny d'acondicionadors de piscines.

- **INTA (Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales)**

- INTA 610001. Assaig de col·lectors solars tèrmics
- INTA 610002. Assaig de resistència i durabilitat de col·lectors solars plans.

- **UNE (Una Norma Espanyola)**

- 94.101: Col·lectors solars tèrmics. Definicions i característiques generals.
- 100.155: Climatització. Càlcul de vasos d'expansió.
- 100.157: Climatització. Disseny de sistemes d'expansió
- 9100-86: Calderes de vapor. Vàlvules de seguretat
- 100.030: Prevenció de la legionel·la en instal·lacions d'edificis.

- **UNE-ENV (Norma Europea Experimental) referents als bescanviadors de calor.**

- 247-93: Terminologia.
- 305-93: Definicions dels rendiments dels bescanviadors de calor i procediment general d'assaig per a establir el rendiment de tots els bescanviadors de calor.
- 306-93: Mètode de mesura dels paràmetres necessaris per a establir el rendiment.
- 307-93: Directrius per a elaborar les instruccions d'instal·lació, operació i manteniment, necessàries per a mantenir el rendiment de cada un dels tipus de bescanviadors de calor.
- 308-93: Procediments d'assaig per a determinar les prestacions dels recuperadors de calor aire-aire i aire-gasos de combustió.
- 327-93: Procediments d'assaig per a determinar la capacitat o potència dels aerocondensadors de convecció forçada.
- 328-93: Procediments d'assaig per a determinar el rendiment dels enfriadors per aire de convecció forçada.

- **RAP (Reglamento de Aparatos de Presión)**

- **REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) i les corresponents Instruccions Tècniques Complementàries, MI.BT.**

- **RD 909/2001, de 27 de juliol, pel que s'estableixen els criteris higiènic-sanitaris per a la prevenció i control de la legionel·losis**

- **NBE-CPI. Norma Bàsica de l'Edificació – Condicions de Protecció contra Incendis.**

- **NIA. Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua.**

- **OSHT. Ordenances de Seguretat i Higiene en el Treball**

- **Ordenances solars municipals:** Barcelona, Sant Joan Despí, Esplugues de Llobregat, Montcada i Reixach, Terrassa, Cardedeu, Sant Cugat, Sabadell

Ordenances solars municipals de Catalunya

Les ordenances solars municipals es promouen amb la finalitat de regular la incorporació de sistemes d'aprofitament actiu d'energia solar tèrmica per a la producció d'aigua calenta sanitària i l'escalfament de l'aigua de piscines en edificacions de nova construcció o rehabilitacions situats als diferents termes municipals d'aplicació.

Les edificacions afectades per aquestes ordenances han de cobrir un percentatge mínim de l'energia consumida en la producció d'ACS o escalfament de la piscina mitjançant energia solar tèrmica.

Actualment a Catalunya existeixen un total de 8 municipis amb ordenança solar aprovada i un grup nombrós d'ajuntaments que l'estan elaborant o preparant. Existeix també, un bon nombre de municipis que sense la condició d'obligatorietat han introduït bonificacions fiscals per a les edificacions que incorporin un sistema solar tèrmic.

• **Barcelona, Juliol de 1999**

Va suposar la primera norma d'obligatorietat en l'àmbit municipal, fet que li ha suposat el reconeixement internacional a través de diferents premis, així com haver estat referència de consulta en la redacció d'ordenances posteriors.

Les determinacions d'aquesta ordenança són d'aplicació als supòsits en els que concorren conjuntament les següents circumstàncies:

- Realització de noves edificacions, rehabilitació integral o canvi d'ús de la totalitat de l'edifici o construccions existents, tant si són de titularitat pública com privada. Hom inclou els edificis independents que pertanyen a instal·lacions complexes.
- Quan sigui previsible un volum de demanda d'aigua calenta sanitària, el calentament del qual comporti una despesa energètica diària superior als 292 MJ útils, en càlcul de mitjana anual. O bé quan calgui escalfar l'aigua d'una piscina de volum superior als 100 m³.

Aquesta ordenança va incorporar com clàusula transitòria una carència d'aplicació d'un any per tant, la seva aplicació efectiva s'inicià el juliol de 2000.

Per més informació: www.mediambient.bcn.es/cat/web/contleganexmedi.htm

Boletín Oficial de la Província de Barcelona n.º 181, pàg. 25, 30 de juliol de 1999.

• **Sant Joan Despí, Novembre de 1999**

L'ordenança solar de Sant Joan Despí ha estat la primera en ser aplicada donat que tot i ser aprovada amb posterioritat a la de Barcelona, no inclou cap clàusula de període de carència.

Les determinacions d'aquesta ordenança són d'aplicació als supòsits en els que concorren conjuntament les següents circumstàncies:

- Realització de noves edificacions, rehabilitació integral o canvi d'ús de la totalitat de l'edifici o construccions existents, tant si són de titularitat pública com privada. Hom inclou els edificis independents que pertanyen a instal·lacions complexes.
- Quan sigui previsible un volum de demanda d'aigua calenta sanitària, el calentament del qual comporti una despesa energètica diària superior als 105 MJ útils, en càlcul de mitjana anual. O bé quan calgui escalfar l'aigua d'una piscina de volum superior als 100 m³.

Per a ampliar aquesta informació al telèfon de l'ajuntament; Tel. 93 480 60 00.

Boletín Oficial de la Província de Barcelona n.º 271, pàg. 85, 12 de novembre de 1999.

- **Montcada i Reixach, Febrer de 2001**

L'ordenança de Montcada i Reixach va ésser una de les primeres que es van aprovar un cop es van conèixer els primers resultats positius d'aplicació de les ordenances solars de Barcelona i Sant Joan Despí.

Les determinacions d'aquesta ordenança són d'aplicació als supòsits en els que concorrin conjuntament les següents circumstàncies:

- a) Realització de noves edificacions, rehabilitació integral o canvi d'ús de la totalitat de l'edifici o construccions existents, tant si són de titularitat pública com privada. Hom inclou els edificis independents que pertanyen a instal·lacions complexes.
- b) Quan sigui previsible un volum de demanda d'aigua calenta sanitària, el calentament del qual comporti una despesa energètica diària superior als 292 MJ útils, en càlcul de mitjana anual. O bé quan calgui escalfar l'aigua d'una piscina de volum superior als 100 m³

Per més informació al telèfon de l'Ajuntament: Tel. 93 572 64 74

- **Esplugues de Llobregat, Novembre de 2001**

L'ordenança solar d'Esplugues de Llobregat va adaptar a la seva tipologia constructiva les ordenances anteriorment aprovades, com a conseqüència el límit mínim de consum per a que les edificacions estiguin obligades a incorporar energia solar tèrmica es va situar molt proper al consum d'un habitatge amb perfil d'utilització de 4 persones.

Les determinacions d'aquesta ordenança són d'aplicació als supòsits en els que concorrin conjuntament les següents circumstàncies:

- a) Realització de noves edificacions, rehabilitació integral o canvi d'ús de la totalitat de l'edifici o construccions existents, tant si són de titularitat pública com privada. Hom inclou els edificis independents que pertanyen a instal·lacions complexes.
- b) Quan sigui previsible un volum de demanda d'aigua calenta sanitària, el calentament del qual comporti una despesa energètica diària superior als 20 MJ útils, en càlcul de mitjana anual. O bé quan calgui escalfar l'aigua d'una piscina de volum superior als 100 m³.

Per més informació al telèfon de l'Ajuntament: T. 93 572 64 74

Boletín Oficial de la Provincia de Barcelona n.º 267, pàg. 32, 7 de novembre de 2001.

- **Terrassa, Març de 2002**

L'ordenança solar de Terrassa, incorpora a més dels conceptes reguladors d'aplicació de l'energia solar tèrmica per a la producció d'aigua calenta sanitària i escalfament de piscines, tota una sèrie de prescripcions tècniques sobre la tipologia i configuració del sistema a adoptar.

Les determinacions d'aquesta ordenança són d'aplicació als supòsits en els que concorrin conjuntament les següents circumstàncies:

- a) Realització de noves edificacions, rehabilitació integral o canvi d'ús de la totalitat de l'edifici o construccions existents, tant si són de titularitat pública com privada. Hom inclou els edificis independents que pertanyen a instal·lacions complexes.
- b) Quan sigui previsible un volum de demanda d'aigua calenta sanitària, el calentament del qual comporti una despesa energètica diària superior als 160 MJ útils, en càlcul de mitjana anual. O bé quan calgui escalfar l'aigua d'una piscina de volum superior als 100 m³

Aquesta ordenança inclou una clàusula transitòria que indica que durant el primer any de vigència només serà d'aplicació quan sigui previsible un volum de demanda diària d'aigua calenta sanitària l'escalfament del qual comporti una despesa superior a 280 MJ útils en càlculs de mitjana anual.

Per més informació: www.terrassa.org/mediambient/estalvi/ordenanca/ordenanca.htm

Boletín Oficial de la Província de Barcelona n.º 69, pàg. 97, 21 de març de 2002.

- **Cardedeu, Maig de 2002**

L'ordenança solar de Cardedeu és la primera d'aquestes normatives que no indica cap límit de consum energètic en la preparació d'aigua calenta sanitària a partir del qual és obligatori cobrir un mínim del 60 % mitjançant energia solar tèrmica.

Les determinacions d'aquesta ordenança són d'aplicació als supòsits en els que concorrin conjuntament les següents circumstàncies:

- a) Realització de noves edificacions, rehabilitació integral o canvi d'ús de la totalitat de l'edifici o construccions existents, tant si són de titularitat pública com privada. Hom inclou els edificis independents que pertanyen a instal·lacions complexes.
- b) Quan sigui previsible la necessitat de producció d'aigua calenta sanitària o bé quan calgui escalfar l'aigua d'una piscina de volum superior als 100 m³.

Sens perjudici de l'exposat anteriorment, restaran obligats a la instal·lació del sistema objecte en aquesta Ordenança les obres estructurals i funcionals d'edificis que originalment disposin de sistema de distribució d'aigua potable partint aquesta de la coberta de l'edifici.

Per més informació: www.Cardedeu.org/ajuntament/energia%20solar-definitiva.doc

Boletín Oficial de la Província de Barcelona n.º 267, pàg. 32, 7 de novembre de 2001.

- **Sant Cugat del Vallès, Desembre de 2002**

Aquesta ordenança no només regula i obliga a la incorporació de sistemes d'energia solar tèrmica per a usos d'aigua calenta sanitària i escalfament de piscines sinó que inclou l'escalfament d'aigua industrial de procés.

Les determinacions d'aquesta ordenança són d'aplicació als supòsits en els que concorrin conjuntament les següents circumstàncies:

- a) Realització de noves edificacions, rehabilitació integral o canvi d'ús de la totalitat de l'edifici o construccions existents, tant si són de titularitat pública com privada. Hom inclou els edificis independents que pertanyen a instal·lacions complexes.
- b) Quan es tracti d'edificis residencials amb més de 8 habitatges o d'edificacions o construccions per a altres usos en què es prevegi un volum de demanda diària d'aigua calenta sanitària (ACS) l'escalfament del qual comporti una despesa superior a 160 MJ útils en càlculs de mitjana, piscines de més de 100 m³, en usos industrials si cal aigua calenta per al procés.

Per més informació: www.santcugatobert.net

- **Sabadell, Desembre de 2002**

Cal indicar que és l'ordenança solar de més ampli abast ja que no imposa limitacions mínimes per a ser aplicada en el sector d'habitatge ni en l'escalfament de piscines i inclou l'escalfament de fluids de processos industrials.

Les determinacions d'aquesta ordenança són d'aplicació als supòsits en els que concorrin conjuntament les següents circumstàncies:

- a) Realització de noves edificacions, rehabilitació integral o canvi d'ús de la totalitat de l'edifici o construccions existents, tant si són de titularitat pública com privada. Hom inclou els edificis independents que pertanyen a instal·lacions complexes.
- b) Quan sigui previsible la necessitat de producció d'aigua calenta sanitària o bé quan calgui escalfar l'aigua d'una piscina, en usos industrial tant si cal aigua per a dutxes de personal com per a l'escalfament de fluids per al procés.

Per més informació: Tel. 93 745 31 84

Serà d'aplicació a partir del Maig de 2004.

Model de certificat d'obra

APERCA Certificat d'obra (maig del 2009)

Data: Registre n°:

amb adreça a: com a soci d'APERCA,
i telèfon:

PRESENTO EL DOCUMENT SEGUENT

CERTIFICAT DE QUALITAT I ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES

De la instal·lació d'energia solar tèrmica:

Situada a:

El sotassinat, responsable de l'execució de la instal·lació d'energia solar especificada,

CERTIFICA:
1r. Que aquesta instal·lació solar citada, ha estat realitzada respectant els CRITERIS DE QUALITAT I DISSENY aprovats per APERCA.
2n. Que el client n'ha acceptat la instal·lació, i que les dades i els components que s'hi identifiquen són els mateixos que figuren en el projecte i/o memòria tècnica de la instal·lació.

Característiques tècniques principals de les dades i els components

1r. **Dades de partida i demanda energètica:**
Demanda mensual i anual: en pàgina 4 i 4
Tipologies: A.C.S. ☐ Calefacció ☐ Piscines ☐
Cobertura estimada: %

2n. **Captació:**
Superfície de captació (útil): m²
Disposició: sèrie ☐ paral·lel ☐
Fabricant del captador, model:
Núm. d'homologació:

3r. **Configuració bàsica:**
Directa ☐ Termosifó ☐ Circulació forçada: ☐
Orientació i inclinació dels captadors

Pàgina 1 / 4

APERCA Certificat d'obra (maig del 2009)

4r. **Acumulador/s:**
Fabricant: Model i unitats:
Litres A.C.S.: Litres / m² captador:

5è. **Bescanviador/s:**
- Interioris incorporats,
Doble camisa: Superfície d'intercanvi, m²:
Serpentí i tubs: Superfície d'intercanvi, m²:
Plaques: Superfície d'intercanvi, m²:
- Exterioris,
Plaques: Superfície d'intercanvi, m²:
Fabricant: Model:

6è. **Bombes:**
Circuit primari
Fabricant: Model:
Cabal (l/s) i pèrdua (m.c.a.) de disseny:
Circuit secundari
Fabricant: Model:
Cabal (l/s) i pèrdua (m.c.a.) de disseny:

7è. **Sistema de control:**
Fabricant: Model:

8è. **Canonades, fluid de treball:**
Material:
Diàmetre interior primari: Longitud:
Diàmetre interior secundari: Longitud:
Fluid de treball primari:

Pàgina 2 / 4

APERCA Certificat d'obra (maig del 2009)

9è. **Aïllaments, protecció a l'exterior:**
Fabricant: Denominació:
Coeficient de conductivitat tèrmica: W / m °C (a 20 °C)
Protecció a l'exterior:

10è. **Monitorització:**

11è **Garanties:**
Aquesta instal·lació d'energia solar té una garantia, que inclou:

1r. Un material mínim garantit, captadors solars (3 anys).
2n. Un servei d'assistència per a casos de mal funcionament no imputables a un mal ús o manipulació incorrecta (3 anys).
3r. Manteniment preventiu i correctiu de la instal·lació, segons el document específic de cada instal·lació.
4r. Es descriuran de forma detallada altres equips, components i serveis compresos gratuïtament en la garantia i el període de cada un d'ells.
5è
6è

Perquè consti als efectes de l'Assegurança de Qualitat de la instal·lació d'energia solar descrita.

El soci d'Aperca La propietat APERCA
Sr. Sr.

Pàgina 3 / 4

APERCA Certificat d'obra (maig del 2009)

Demanda energètica del projecte

Mensual,	A.C.S.	Calefacció	Suma mensual kWh
Gener			
Febrer			
Març			
Abril			
Maig			
Juny			
Juliol			
Agost			
Setembre			
Octubre			
Novembre			
Desembre			
	Suma anual (kWh)		
	Cobertura estimada		%

Notes

Qualsevol sistema o mètode no inclosos en els Criteris de Qualitat s'haurà de justificar mitjançant un projecte tècnic avalat per fabricant d'equips o per un tècnic qualificat.

Pàgina 4 / 4

Conversió d'unitats

Magnituds fonamentals		
Magnitud unitat	Símbol de la unitat	
Longitud (metre)	m	
Massa (quilogram)	kg	
Temps (segon)	s	
Intensitat de corrent elèctric (amper)	A	
Temperatura termodinàmica (kelvin)	K	
Intensitat lluminosa (candela)	cd	
Magnituds derivades		
Magnitud unitat	Símbol de la unitat	
Volum (Metre cúbic)	m³	
Força (Newton)	N	
Treball/Energia (Joule)	J	
Potència (Wat)	W	
Calor/Energia (Caloria)	cal	
Potencial elèctric (Volt)	V	
Resistència elèctrica (Ohm)	W	
Pressió (Pascal)	Pa	
Múltiples i submúltiples		
Valor	Prefix	Símbol
10 ¹²	Tera	T
10 ⁹	Giga	G
10 ⁶	Mega	M
10 ³	quilo	k
10 ⁻³	mili	m
10 ⁻⁶	micro	m
10 ⁻⁹	nano	n

Equivalència d'unitats	
Unitat inicial	Unitat final
1 cavall de vapor (HP)	735 W
1 galó	3,7854 l
1 kWh	3,6 MJ
1 kWh	860 kcal
1 barril de petroli	158,98 l
1 cal	4,184 J
1 J	0,24 cal
1 MJ	240 kcal
1 kg d'Urani	82 x 1012 J
1 kg d'Urani	2.500 Tn de carbó
1 m³ de gas de pirolissis de fusta	10.465 kJ
1 tep (tona equivalent de petroli)	4,2 x 1010 J
1 tep	107 kcal
1 tèrmia (th)	1.000 kcal
1 bar	1,09 atmosferes (atm)
1 bar	1,0197 kg/cm²
1 metre de columna d'aigua (m.c.d.a.)	0,1 atm

Exemple:

12 kWh = 12 *3,6 = 43,2 MJ.

1 Mtep = 10⁶ tep = 10¹³ Kcal.

15 atm = 15 atm* (1 bar/1,09 atm) = 13,76 bar.

250 W = 250 W* (1 CV/735 W) = 0,34 CV.

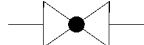
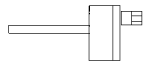
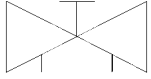
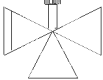
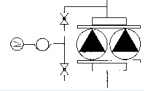
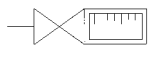
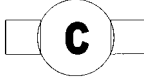
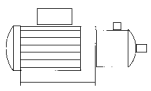
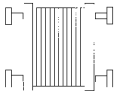
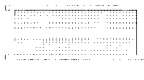
Glossari de terminologia: Acrònims

Àbac de càlcul	Taula gràfica o quadre sinòptic de quantitats segons uns sistemes figuratius codificats que permeten efectuar determinats càlculs numèrics.		
Absorbidor	Part del captador solar que capta la radiació solar que hi incideix en energia tèrmica interna, transmetent-la posteriorment al fluid calorportador.	Àtom	Sistema format per un determinat nombre de partícules elementals que, essent elèctricament neutre, posseeix intrínsecament les característiques d'un element químic i n'és la quantitat més petita que pot intervenir en una combinació química.
Absorció	Intercanvi de calor i de treball entre dos sistemes.	Azimut	És l'angle que forma la projecció dels raigs solars sobre el pla tangent a la superfície terrestre i el sud geogràfic.
Absorció de les radiacions	Pèrdua d'intensitat d'un feix de radiacions en travessar un medi absorbent.	Bany electrolític	Procés a que són sotmesos diferents materials metàl·lics que consisteix en sotmetre'ls a una cuba amb els materials líquids diluïts que es pretenen transferir al material metàl·lic.
Adiabàtic	Procés en el que no existeix una transferència de calor amb l'exterior.	Bescanviador de calor	Dispositiu on es produeix la transferència d'energia del circuit primari al circuit secundari.
Acer al carboni	Es consideren acers els aliatges de ferro amb un contingut de carboni comprès entre el 0,1 i l'1,76 %. Per obtenir acer cal descarburar el ferro colat que prové de l'alt forn. La descarburació consisteix a reduir el contingut de carboni. Aquest ferro colat també té un contingut massa elevat d'impureses que cal reduir, ja que li donen fragilitat (fòsfor) o li redueixen la mal-leabilitat (sofre).	Biomassa	Conjunt de la matèria orgànica renovable d'origen vegetal, animal o procedent de la seva transformació natural o artificial.
Acer galvanitzat	Procés que es realitza per protegir a l'acer de la corrosió. Si es realitza per immersió en bany electrolític es pot donar més o menys gruix a la capa de galvanitzat. És un procediment adequat per aquelles estructures que es trobin exposades continuament a agents meteorològics.	Bomba circuladora	Dispositiu electromecànic que produeix la circulació forçada del fluid a través d'un circuit.
Acer inoxidable	Aleació de Fe – C (entre 0.03% - 2%) i contingut en Crom inferior al 13%. Presenta una gran resistència a la corrosió i a les altes temperatures a la vegada que una gran duresa i fàcil polimerització. Requereix de baix manteniment i presenta una elevada resistència a la tracció.	By-pass	Circuit paral·lel a un circuit principal que permet derivar el fluid del circuit principal cap al by – pass si per qualsevol cosa interessa que no circuli pel circuit principal.
Acumulador solar	Dipòsit on s'acumula l'aigua escalfada per l'energia solar.	Calcificació	Procés de formació de carbonat de calci i fosfat de calci.
Afeli	Punt de l'òrbita d'un planeta quan aquest és més allunyat del Sol.	Calibrar	Establir una correspondència entre unes magnituds elegides com a patrons i unes altres magnituds a avaluar; mesurar.
Aïllament	Conjunt d'elements que contribueixen a aïllar una superfície.	Calor específic	Quantitat de calor necessària per augmentar la temperatura d'una unitat de massa un grau.
Alçada solar	És l'angle que formen els raigs solars amb l'horitzontal quan arriben a la superfície de la terra.	Calor latent	Calor associat al canvi d'estat d'una substància.
Aliatge	Substància metàl·lica composta de més d'un element.	Calor sensible	Calor associat al canvi de temperatura d'una substància.
Alumini anoditzat	Metall de baixa densitat i alta reactància obtingut a partir de recobrir l'alumini amb una pel·lícula d'òxid adherent i continua. Es troba en color mate i té una gran resistència a la corrosió.	Capacitat calorífica	Altrament dita massa tèrmica o inèrcia tèrmica. És una característica pròpia dels materials que indica la quantitat d'energia necessària que ha d'absorbir per incrementar la seva temperatura en un grau.
Ànode de protecció	Dispositiu dissenyat per evitar la corrosió que existeix entre els diferents metalls de l'acumulador. El material permet ser	Carcassa	Component del captador que en conforma la superfície exterior, fixa la coberta, conté i protegeix la resta de components i suporta els ancoratges.
		Cautxú	Elastòmer extret del làtex de diverses plantes, l'única de les quals que té

	<i>importància industrial és l'hevea (Hevea brasiliensis). Cautxú vulcanitzat, sintètic, ...</i>	Fluid termòfor	<i>Líquid que mentre circula pels captadors absorbeix l'energia, s'escalfa i la transporta per a transferir l'energia refredant-se mitjançant un bescanviador i escalfant un altre mitjà (normalment aigua, aire, terra, ...).</i>
Cavitació	<i>Conjunt de fenòmens relacionats amb l'aparició de cavitats a l'interior d'una massa líquida en moviment, quan la pressió ateny valors prou baixos.</i>	Galvanòmetre	<i>Medidor de la resistència elèctrica d'un material, és a dir, determina quant dificulta al pas del flux de corrent un cos.</i>
Cèl·lula solar calibrada	<i>Aparell de mesura de la radiació solar que parteix d'una relació proporcional entre radiació rebuda i producció elèctrica.</i>	Irradiancia	<i>Flux de radiació solar que incideix sobre una unitat de superfície per unitat de temps. Es tracta d'una densitat de potència.</i>
Coberta	<i>Element de material transparent a la radiació solar que cobreix l'obertura per tal de disminuir les pèrdues de calor i protegir l'absorbidor del medi ambient.</i>	Manòmetre	<i>Instrument utilitzat per a mesurar la pressió dels fluids, especialment dels gasos.</i>
Cobertura solar	<i>Percentatge de l'energia total necessària, que s'obté mitjançant la captació solar.</i>	Òrbita	<i>Trajectòria que descriu a l'espai un astre.</i>
Coefficient de dilatació tèrmica	<i>Paràmetre que determina la resistència que ofereix un material a dilatar-se en funció de la temperatura a que és sotmès. S'expressa en K^{-1}.</i>	Ordenança solar	<i>Normativa municipal que obliga a l'aplicació d'energia solar tèrmica en determinades edificacions segons consum.</i>
Coefficient de transmissió tèrmica	<i>Paràmetre que determina la resistència que ofereix un material al pas de calor per ell mateix. Determina quant de susceptible és el material a transferir calor pel seu cos.</i>	Periheli	<i>El punt de l'òrbita d'un planeta, d'un cometa o d'un asteroide més pròxim al Sol.</i>
Connexió mixta	<i>Forma d'unir els diferents captadors que combina connexions en sèrie i en paral·lel.</i>	Piranòmetre	<i>Instrument meteorològic destinat a la mesura de la radiació solar global, anomenat també solarímetre.</i>
Connexió paral·lel	<i>Forma de connexionat en la que es connecten totes les entrades dels diferents captadors i totes les sortides dels diferents captadors, resultant el mateix funcionament que un únic captador de dimensions més grans.</i>	Pla de l'Eclíptica	<i>Trajectòria aparent que descriu el Sol al llarg d'un any en el firmament dels estels fixos.</i>
Connexió sèrie	<i>Forma de connexionat en la que la sortida d'un captador es connecta a l'entrada del següent i així successivament.</i>	Plaques "electro-soldades"	<i>Procés de lligat per fusió a través d'una resistència elèctrica incorporada a un accessori.</i>
Convecció natural	<i>Transferència de calor que va acompanyada de desplaçament de matèria.</i>	Poliestirè expandit (EPS)	<i>Escuma polimèrica unicel·lular i rígida fabricada a partir del modelatge de perles preexpandides de poliestirè expansible o un dels seus copolímers, que presenta una estructura cel·lular tancada i plena d'aire. Popularment és conegut com suro blanc.</i>
	<i>Moviment del fluid per efectes de la diferència de temperatures. Ens referiríem a convecció forçada quan el moviment del fluid no es fes de forma natural sinó que fos necessària l'aportació d'un sistema extern al mateix sistema per impulsar el fluid.</i>	Polipropilè	<i>Polímer provinent de la Poliolefina sintètica del propè emprada en canonades.</i>
Data logger	<i>Dispositiu electrònic que permet emmagatzemar dades d'una instal·lació. Per exemple, temperatures, cabals, pressions, ...</i>	Potència d'irradiació	<i>Potència emesa per un cos en forma d'ones electromagnètiques.</i>
Deposicions electroquímiques	<i>Procés electroquímic que consisteix en la deposició de substàncies específiques en superfície de metalls per a dotar a la placa absorbidora del captador solar d'unes característiques de màxima absorció i mínima reflexió.</i>	Purgador d'aire	<i>Dispositiu que permet la sortida de l'aire acumulat en el circuit. Pot ser manual o automàtic.</i>
Eficiència	<i>En termodinàmica, s'entén com la fracció de la calor absorbida per una màquina tèrmica que és convertida en treball.</i>	Radiació	<i>Emissió i propagació d'energia sota la forma d'ones electromagnètiques.</i>
Electrovàlvules	<i>Vàlvules de pas regulades mitjançant sistemes elèctrics.</i>	Radiació difusa	<i>Radiació que arriba a un objecte havent estat reflectida per algun cos.</i>
Energia de suport	<i>Font energètica que complementa l'energia solar fins a cobrir les necessitats.</i>	Radiació directa	<i>Radiació que prové directament del sol sense resultar reflectida per cap altre cos.</i>
		Radiació solar global	<i>Suma de l'energia que prové del sol més la radiació difusa celeste i la radiació solar reflectida, que incideix sobre una superfície.</i>
		Sonda d'immersió	<i>Sonda de temperatura dissenyada especialment per a col·locar-la submergida en dipòsits o volums d'acumulació.</i>

Sonda de temperatura	Extensió capaç de mesurar una temperatura del fluid, detectar increments o decrements de temperatures.	Vidre opac	comunicació amb l'atmosfera.
Superfície selectiva	Superfície amb propietats diverses segons la longitud d'ona. Poden ser: a) superfícies caracteritzades per tenir una gran absorptància per la radiació solar i una dèbil emitància per a les radiacions infraroges. de l'absorbidor. b) Cobertes que reflecteixen els raigs infrarojos de llarga longitud d'ona.	Viscositat	Resistència que ofereixen tots els fluids, i alguns sòlids, a canviar llur forma sota l'acció de forces exteriors.
Termosifó	Equip solar tèrmic compacte.	Vitrificat	Material o substància transformada en vidre per fusió.
Termòstat	Aparell electromecànic que s'acciona en funció d'una ordre rebuda d'un termòmetre.	Watt	Unitat internacional de potència, de símbol W, equivalent a un joule per segon.
Termòstat diferencial	Aparell electromecànic que s'acciona segons una diferència de temperatures donada per dues sondes col·locades al circuit.	ACS	Aigua Calenta Sanitària.
Terra radiant	Sistema de climatització d'habitatges en el que la transmissió de calor s'esdevé mitjançant un seguit de tubs en serpenti extesos al llarg del sòl.	APERCA	Associació de Professionals d'Energies Renovables a Catalunya .
Transmissivitat	Relació entre l'energia transmesa i la incident en un feix d'ones electromagnètiques.	BP	British Petroleum.
Unions per termofusió	Unió de dos conductes mitjançant l'escalfament i la posterior fusió del material del conducte.	CIEMAT	Centro de Investigaciones Medio ambientales.
Vàlvula antiretorn	Dispositiu que permet la circulació del fluid de treball en un sol sentit.	EWEA	Associació Europea d'Energia Eòlica.
Vàlvula de tall	Dispositiu que permet interrompre el pas del fluid en un circuit.	ICAEN	Institut Català d'Energia.
Vàlvula mescladora	Tipus de vàlvula capaç de barrejar els fluids provinents de dos conductes diferents.	ICP	Interruptor de Control de Potència.
Vàlvula	Dispositiu que serveix per a regular el flux d'un líquid, d'un gas, d'un corrent d'electrons, etc, o que els permet de circular en un determinat sentit d'una conducció, tot impedit-los de fer-ho en el sentit contrari.	ID	Interruptor diferencial.
Vàlvules de seguretat	Dispositiu que limita la pressió màxima del circuit.	IPCC	Panell Intergovernamental de Científics pel Canvi climàtic.
Vas d'expansió	Dispositiu que permet absorbir les variacions de pressió en un circuit tancat produïdes per les variacions de temperatura del fluid de treball. Pot ser obert o tancat, segons estigui o no en	IPPC	Panell Intergovernamental de Científics pel Canvi Climàtic.
		ITE	Instrucción Técnica.
		NBE	Normativa bàsica de l'edificació.
		OPEP	Organització de Països Productors de Petrolí.
		PIB	Producte Interior Brut.
		RAP	Reglamento de Aparatos de Alta presión.
		RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación.
		RSU	Residus Sòlids Urbans.
		TEP	Tonelada Equivalent de Petrolí.
		TD	Termostat Diferencial.
		UNE	Una norma espanyola.
		WWI	World Watch Institute.

Simbología

	Col·lector solar		Vàlvula
	Col·lector solar		Termòstat d'inmersió
	Purgador		Vàlvula de 3 vies, zona motoritzada
	Vàlvula d'equilibrat		Vàlvula de seguretat amb monòmetre
	Vàlvula mescladora de 3 vies		Vas d'expansió tancat
	Bomba simple		Bomba doble
	Caldera mural mixta		Calentador instantani de gas
	Cablímetre		Comptador
	Controlador solar		Dipòsit
	Desaigua		Interacumulador de serpenti
	Vàlvula antiretror		Termòmetre
	Anticorrosiu		Vàlvula de seguretat
	Bomba d'aspiració		Bescanviador de plaques
	Vàlvula monotoritzada 2 vies		Col·lector solar tèrmic sense coberta

Programes de càlcul

Al capítol 5 del Quadern s'han esmentat diversos procediments de càlcul útils per a realitzar dimensionaments bàsics amb energia solar.

En el mercat es troben disponibles diferents paquets informàtics (software) per al dimensionat d'instal·lacions solars tèrmiques, des de senzills fulls de càlcul a veritables simuladors del funcionament estacionari de les més complexes instal·lacions.

A continuació es descriuen alguns dels més emprats:

- **TRNSYS**

Aquest és un paquet informàtic d'alta capacitat en la resolució d'equacions algebraïques i diferencials que incorpora una llibreria amb els sistemes més emprats en instal·lacions tèrmiques, tant solars com convencionals i dissenyat especialment per a la realització de simulacions transitòries. Aquestes simulacions poden durar doncs, des de varies hores a només uns segons.

Cada un dels elements de la instal·lació han d'ésser descrits per separat mitjançant una rutina informàtica anomenada TYPE, això permet l'anàlisi del conjunt del sistema o també de parts del mateix. Aquest tipus de programa està indicat en el disseny i simulació de sistemes de mitja i gran envergadura.

Per a més informació: www.aiguasol.com

- **SIMCAD**

Simcad és un programa de dibuix informàtic que ofereix totes les eines típiques per a dibuixar, visualitzar, imprimir i exportar plànols en dues i tres dimensions. La virtut d'aquest programa és la possibilitat que ofereix de convertir la geometria dels edificis dibuixats a dades útils en la simulació dinàmica del comportament tèrmic del mateix.

Un cop que l'edifici objecte del projecte ha estat creat amb Simcad, la generació del fitxer de descripció d'edifici compatible amb TRNSYS (format BU) es realitza de forma senzilla. Aquest fitxer es processa posteriorment dins el mòdul d'edificació. Es poden alhora definir tots els paràmetres com guanys interns, infiltració, ventilació, calefacció, controls domòtics i regulació.

- **CENSOL**

Censol és el programa de càlcul dissenyat per CENSOLAR, empresa pionera en la formació a distància d'instal·ladors amb energia solar, és en realitat un full de càlcul que reuneix les fórmules bàsiques del dimensionat de captadors emprant els rendiments mitjos diaris de captadors.

Permet l'elaboració de petits informes per adjuntar al pressupost de la solució adoptada. Idioma castellà.

Per a més informació: www.censolar.es

- **PC-Solar 2.0**

Aquest és un programa gràfic multifuncional, que permet calcular i visualitzar diverses variables directament relacionades amb l'energia solar i el disseny d'edificacions.

Les seves eines abarquen, des del càlcul d'ombres d'un edifici, al guany solar i també inclou una funció de dibuix de trajectories solars. Aquest paquet és gratuït per als alumnes de CENSOLAR.

- **T-SOL**

Aquest és un programa informàtic per al disseny i simulació d'instal·lacions solars tèrmiques per a escalfament d'aigua, climatització de piscines i calefacció que utilitza un entorn visual gràfic fàcil i ràpid d'utilitzar.

El programa permet fer el càlcul de rendibilitat dels muntatges, inclou dades meteorològiques de l'estat espanyol i dades de funcionament d'un ampli ventall dels col·lectors disponible al nostre mercat. Permet l'elaboració d'informes i està disponible en castellà.

Per a més informació: www.valentin.de/englisch/startseite-e.htm

- **F-CHART**

Programa de càlcul per a instal·lacions solar de producció d'aigua calenta que segueix l'anomenat mètode de les "corbes F" que permet la parametrització de funcionament de les instal·lacions solars tèrmiques a partir de l'anàlisi complet d'uns casos exemplars.

Aquest programa permet l'optimització del dimensionat de superfície de col·lectors en funció de criteris econòmics o de productivitat.

Per a més informació es pot visitar el lloc d'Internet: www.fchart.com

- **POLYSUN**

Eina per al dimensionament d'instal·lacions inclosa en el CD-Rom "SPF info-CD 2001 ", aquest programa utilitza un entorn gràfic molt agradable i complet amb possibilitat de variar tots els paràmetres de funcionament del sistema i comparar d'aquesta forma els resultats obtinguts.

El programa està en Alemany i Anglès i incorpora una extensa base de dades amb els resultats dels assatjos a captadors realitzats per l'Institut Solar SPF a Alemanya. El programa genera informes en diversos idiomes inclòs el Castellà.

Per més informació sol·licitar el CD-Rom contactar amb enertc@ctv.es

- **SOLAR TOOLS**

Aquest és un paquet informàtic que compren diferents eines relacionades amb l'energia solar, com el traçat de la trajectòria solar, la longitud de les ombres, disseny de paràbols concentradores i càlcul d'instal·lacions solars per a la producció d'aigua calenta sanitària.

És un programa basat en un full de càlcul que determina el dimensionat de camp de captadors solars tèrmics a partir del funcionament estacionari mig diari dels diferents mesos de l'any. És una eina simple que pot servir alhora per definir elements del sistema. Aquest programa està disponible en Català.

Per més informació: www.solartools.net

Guia d'empreses

ABROsol Equipos Solares

Dos de Maig, 222 4rt 4a.
08013 Barcelona
Tel. 93 2466843
Fax. 93 2466843
ABROSOL@telefonica.net

AGEC SL / Ingenu

Crta. Manresa km 49.5
Pl Pronisa
25280 Solsona
Tel. 973 480365
Fax. 973 480642
ingenu@cetim.ictnet.es

AIGUASOL Bioco, S.L.

C/ Palau, 4 2n. 2a.
08002 Barcelona
Tel. 93 3424755
Fax. 93 3424756
infoaiguasol@aiguasol.com
www.aiguasol.com

Alter. Solar "Ondasolar"

Safa, 6 Po1. Ind. Estació nau 26
17300 Blanes
Tel. 972 330 450
Fax. 972 337395
info@ondasolar.com
www.ondasolar.com

Altersun, S.L.

C/ València, 15 - 21
08110 Montcada i Reixac
Tel. 93 564 15 62
Fax. 93 564 16 74
altersun@altersun.com
www.altersun.com

Ambiental de Serveis

Pol. Ind. Tapies nau 5
43890 Hospitalet Infante
Tel. 977 820838
Fax. 977 823493
ecabellos amentamail.net

Aplicacions Solars, SCCL

C/ Sant Magí, 4 ent. 2n
08240 Manresa
Tel. 93 8745658
Fax. 93 8745658
aplicasolars@eresmas.com

ATESA S.A.

Pol. La Seu Ind. C/ B. Nau 17 / 9
25700 La Seu d'Urgell
Tel. 973 354101
Fax. 973 360692
soporte@atesa-solar.com
www.atesa-solar.com

B.V.GAS, S.L.

C/ Aymeric, 1 baixos
08190 Sant Cugat
Tel. 93 6756606
Fax. 93 5900662
bvgas@telefonica.net

BCN Cambra Lògica Proj.

BCN Solaring Materiales, SL

Sant Joan, 8
08629 Torrelles de Llobregat
Tel. 93 6890136
Fax. 93 6890545
bcn@bcnprojectes.es
www.bcnprojectes.es

Calefaccions Pradell

Passeig de la Generalitat, 32
08500 Vic
Tel./Fax. 93 8851197
jpradell@infonegocio.com

CAPTA RENOVABLES, SL

C/ D'en Xammar, 13
08301 Mataró
Tel. 93 7909006
Fax. 93 7909045
mons.ideas@teleline.es

Comercial TECCA S.A.

Teixidors, 1
17820 Banyoles
Tel. 972 575216
Fax. 972 573904
tecca@gic.es

Chromagen

Prolongación Av. Arrahona 41/43
Pol. Ind. Santiga
08210 Barberà del Vallès
Tel. 93 7181500
Fax. 93 7180103
acorral@chromagen.es
www.chromagen-espana.com

DIASOLAR

Parc Tecnològic del Vallès centre d'empreses
08290 Cerdanyola
Tel. 93 5820242
Fax. 93 5801354
diasolar@diasolar.com
www.diasolar.com

Dominnova, SL

C/ Camp d'Or, 16 2n. 1 a.
17007 Girona
Tel. 972 215805
Fax. 972 225172
dominnova@dominnova.com
www.dominnova.com

Ecoclima SL

Av. Catalunya, 52 6è 4a.
43002 Tarragona
Tel. 977 249862
lmgr@tinet.fut.es

Ecoinnova Group

Violante de Hongria, 120-126
08028 Barcelona
Tel. 93 5325555
Fax. 93 4090032
iker@ecoinnova.com

Elèctrica Pintó

C/ Major, 8
08259 Fonollosa
Tel. 93 8366011
Fax. 93 8366031
energiesrenovables@ ??????capinto.com

Enecsolrel

Ctra. San Feliu, 73
08480 L'ametlla del Vallès
Tel. 651 63 89 94

Energia Solar Tècnica SCP

Sant Jordi, 21
25100 Almacelles
Tel. 654331472
Fax. 973 748 079
654331472@amena.com

Energie Solaire Hispano Swiss SA

C/ Cantir 24 Nau 13 Pol. Ind. Magarola
08292 Esparreguera
Tel. 93 7776430
Fax. 93 7795021
energie.solaire@adam.es
www.energie-solaire.com

Enersoft

Casp, 46 Sè. G
08010 Barcelona
Tel. 93 3171827
Fax. 93 3171635
enersoft@menta.net
www.tecsol.fr/enersoft

ENERSOL Energia Solar

Av. Sant Bernat Calbó, 39
43205 Reus
Tel. 977 753292
Fax. 977 753292
intiam@ctv.es

Enwesa Solar

C/ Barcelona, 14 Crta. Nac. 340
43892 Miami Playa
Tel. 977 172849
Fax. 977 172847
mplaza@enwesa.com
www.enwesa.com

EPROAMB, SLL

Ctra. Montcada, 184
08223 Terrassa
Tel. 93 7830740
Fax. 93 7311628
eproamb@eproamb.com
www.euproamb.com

ERG Solar Lleida, SL

Avda. Tarradellas, 45-47
25001 Lleida
Tel. 973 216052
Fax. 973 206672
erg@ergsolar.com
www.ergsolar.com

Erich Schlauer

Las Dos Tartanas
43890 Hospitalet Infante
Tel. 606 238 511
Fax. 977 172724
eschlauer@hotmail.com

Ermont

Cardenal Vidal Barraquer, 5
43550 Ulldesona
Tel. 977 721016
Fax. 977 721016
ermont@retemail.es

Estudi d'Enginyeria del Vallès, S.L.

Advocat Cirera, 25, 2n
08201 Sabadell
Tel. 93 727 83 10
Fax. 93 727 48 37
fgatell@eic.ictnet.es

E.Z. Enginyeria

Sant Pau, 10, 1 º 4º
08201 Sabadell
Tel. 93 745 98 14
Fax. 93 723 17 18
ez.ingenieria@teleline.es

Factor 4 Instal·lacions, S.L.

C/ Carena de Mas Bellver, 97
08224 Terrassa
Tel. 93 7337070
Fax. 93 7337071
factor4@cecot.es
www.factor4instal.com

Frigicoll S.A.

Blasco de Garay, s/n
08960 Sant Just Desvern
Tel. 93 4803322
Fax. 93 4803323
A.acondicionado@frigicoll.es

G.A.E., S.L.

Diagonal, 465 pral. 2 A
08036 Barcelona
Tel. 93 3630488
Fax. 93 3221836
gaenergias@yahoo.es

G.C.A. Eng. Associats S.A.

Ausias Marc, 92 esc. C ent. 3ª
08013 Barcelona
Tel. 93 2462909
Fax. 93 2317961
gca@wanadoo.es

Giordano Solar S.L.

C/ Joaquin Vayreda, s/n Nau 3
08911 Badalona
Tel. 93 3899037
info@giordanosolar.com
www.construnario.es/giordanosolar

Girtec Serveis SLL

Campcardos, 76
17005 Girona
Tel. 972 249256
Fax. 972 249257
girtec@gesmedia.com
www.girtec.com

Grupo Ind. DISOL, S.A.

Passeig de Gràcia, 21 lr.
08007 Barcelona
Tel. 93 4671310
Fax. 93 4883108
bcn@energiadisol.com
www.energiadisol.com

Hernandez Sierra SL

Vidal i Barraquer, 4t. 3a.
43005 Tarragona
Tel. 977 241260
Fax. 977 241260

Hospisol

Passatge Rectoria, 8
08901 Hospitalet del LL.
Tel. 93 337 14 36
Fax. 93 337 89 49
hospisol@hotmail.com

Ibersolar S.A.

Port Ginesta, local 516
08860 Castelldefels
Tel. 93 6350440
Fax. 93 6654510
ibersolar@ibersolar.com
www.ibersolar.com

IMMOSOLAR, S.L.

C/ Escoles Pies, 8
08870 Sitges
Tel. 93 8113700
Fax. 93 8113701
hafermann@immosolar.com
www.immosolar.com

IMPAC 3, S.L.

Avd. Meridiana, 442
08030 Barcelona
Tel. 93 3455704
Fax. 93 3455761
impac3@impac3.com
www.impac3.com

Inalco S.L.

Santa Caterina, 16
08930 Sant Adrià
Tel. 93 4621664
Fax. 93 3818149
inalco@wanadoo.es

Ind. REHAU S.A.

P Ind. Camí Ral
C/Miquel Servet 25
08850 Gava
Tel. 93 6363500
Fax. 93 6353502
Victor.Galarza@rehau.es
www.rehau.es

INNOVA SCCL

C/ Cooperativa, 67 baixos
08302 Mataró
Tel. 93 7554283
Fax. 93 7554282
renovables@innova.coop
www.innova.coop

Insol 3 XXI S.L.

Pere Costa, 9 baixos
08024 Barcelona
Tel. 93 4500232
Fax. 93 4552561
acerinstal@hotmail.com

Inst. Carrilet S.L.

Constitución, 19 Bl 13 n°1
08014 Barcelona
Tel. 93 3321812
Fax. 93 4211804
solar@inscarrilet.com
www.inscarrilet.com

Inst. Patel S.L.

Passeig de la Riera, 61 lr.la.
08191 Rubí
Tel. 93 5888136
Fax. 93 5888136
fototerm@terra.es

InstalacionesVilellas,SL (ESOLTEF)

C/ Trinquet, 32
08034 Barcelona
Tel. 93 2047416
Fax. 93 2053948
esoltef@esoltef.com
www.esoltef.com

Instal Art

C/ Elisi, 32
08014 Barcelona
Tel. 93 4263891
angel.lapaz@yahoo.es

Instal·lacions Gener

Plaça Amadeu Borràs, 72 bja dr
08440 Cardedeu
Tel. 93 8711123
Fax. 93 8711498
igener@telefonica.net

Instal·lacions Segarra S.L.

Pere Grau, 72
08320 El Masnou
Tel. 93 5402875
Fax. 93 5402875
inst_segarra@hotmail.com

Instal·lacions SERCOM SL

Pintor Torres, 135
08224 Terrassa
Tel. 93 7892069
Fax. 93 7894448
pablo@instal-sercom.com

Instal·lacions Tonva S.L.

Passeig de la Sort, 25 L 5
43830 Torredembarra
Tel. 977 640798
Fax. 977 643919
motoges@retemail.es

Intiam Ruai S.L.

R. de Joan Miró s/n, edif. Rubí + D
08191 Rubí
Tel. 93 5813902
Fax. 93 5886195
consultas@intiam.com
www.intiam.com

Inygen S.L.

Numància, 111 Local A
08029 Barcelona
Tel. 93 4307254
granell.inygen@terra.es

LKN Sistemes

Pol.Industrial Congost
Mas Pujols nau G
08520 Les Franqueses
Tel. 93 8402 933
Fax. 93 8402942
lknsolar@cetib.ictnet.es
www.lknsistemes.com

Mastilfels SL

Almogàvars, 66, 1er B
08018 Barcelona
Tel. 93 300 39 90
Fax. 93 3003990
mastilfels@arrakis.es

Miquel Pont Plana

Ricoma, 13
08400 Granollers
Tel. 666 01 77 3 8

M. Fuertes, S.A.

Sant Jaume, 7-9
08980 St. Feliu de Llobregat
Tel. 93 6665851
Fax. 93 6855405
m.fuertes@cambrabcn.es
www.mfuertes.com

Mina Pública d'Aigües de Terrassa

C/ Societat, 26
08221 Terrassa
Tel. 93 7362820
Fax. 93 7855168
sjane@aiguesdeterrassa.es
www.aiguesdeterrassa.es

Nueva Nuinsa S. L. (Solar)

Avda. Paral·lel, 51 Edif. ENDESA
08004 Barcelona
Tel. 93 5092593
Fax. 93 5092302
jjulibert@fecsa.es

Plàstics Tècnics

Avd. Maresme, 251
08301 Mataró
Tel. 93 7573025
Fax. 93 7572183
plastics@arrakis.es

Projec - Solar Instal·lacions

Salvador Espriu, 1, 1^{er} 5^a
08430 La Roca del Vallès
Tel. 610 60 10 05

RAELEC,SCCL

C/ Llenguadoc, 23 baixos
08207 Sabadell
670 294774
Fax. 93 7237383
ramon@raelec.es
www.raelec.es

Robert Bosch Junkers

Avda. Carrilet, 67
08902 L'Hospitalet
Tel. 93 5082697
Fax. 93 5082695
Ferran.Gonzalez@es.bosch.com
www.junkers.es

Schweizer

Mas Asperó, 3
08770 Sant Sadurní d'Anoia
Tel. 93 8183709
Fax. 93 8910259
schweizersolar@ole.com

SERINSA E.i Medi Amb.SA

Pol. Ind. Francolí Parc.22 Nau 8
43006 Tarragona
Tel. 977 529537
Fax. 977 553939
serinsa@tinet.fut.es
www.serinsa.com

Siemens Controlmatic, S.A.

La Plata, 183, Pol Industrial. Riu Clar
43080 Tarragona
Tel. 977 55 30 56
Fax. 977 55 05 07

Sistemes Energètics Solars SES

Coll i Vehi, 49
17100 La Bisbal
Tel. 972 640894
Fax. 972 641508
ses.com@ses-energia.com
www.ses.energia.com

Sistemes Manclima SL

Arcadi Balaguer, 51
08860 Castelldefels
Tel. 93 6366340
Fax. 93 6366340
al.solar@gmx.net

Solar Ingenieria 2000 S.A.

Avda. de la Pineda, 2
08860 Castelldefels
Tel. 93 6362112
Fax. 93 6360685
gerencia@solaring.es
www.solaring.es

Solar Maresme SCP

C/ Dinamarca 22-24 local
08303 Mataró
Tel. 93 7414948
Fax. 93 7414947
solarmaresme@terra.es
www.solarmaresme.com

Solar Point SCP

Rda. Sant Ramon, 72 1^{er} 2ⁿ.
08830 Sant Boi
Tel. 669 291 025
jordigallardo@wanadoo.es

Solartherm GK 2000 SL

Av. Vall d'Or, 74
08197 Valldoreix
Tel. 93 6742674
solartherm@jazzfree.com
www.solartherm.org

SOLE

San Sebastian, 24
43 892 Miami Playa
Tel. 977 810144
Fax. 977 810366

SOLnet 2000 SCP

C/ La Pau, 78 1r. 2n.
08240 Manresa
Tel. 687 719 591
info@ssolnet2000.com
www.solnet2000.com

SolSulet S.L.

C/ Majr, 93 3^a
08759 Vallirana
609 642424
Fax. 93 6833678
solar@solsulet.com
www.solsulet.com

Soltermia

C/Major, 7
08211 Castellar del Vallès
Tel. 93 7473200
Fax. 93 7144826
willforeman@hotmail.com

Sum. Inst. Man. MIMSA

C/ Iquique, 6
08918 Badalona
Tel. 93 4607703
Fax. 93 3876366
simsa2001@hotmail.com

TFM

Pol. Ind. Pla d'en Coll C/ Gaià, 5
08110 Montcada i Reixac
Tel. 93 5753666
Fax. 93 5650057
info@tfm.es
www.tfm.es

T.G. Estudis, Serveis i Promocions

Urbanístiques SL
Diputació 224 1er.
08011 Barcelona
Tel. 93 4126577/977 690525
Fax. 93 4126330
javiserentill@hotmail.com

Tomas Font S.L.

C/ Catalunya, 7
08225 Terrassa
Tel. 93 7884357
Fax. 93 7802391
tfont01@cecot.es

Trama Tecno Ambiental

Ripollès, 46
08026 Barcelona
Tel. 93 4463234
Fax. 93 4566948
tta@tramatecnoambiental.es
www.tramatecnoambiental.es

Viessmann, S.L.

C/Selva, 2 pla. 1a B1 edif. Geminis
08820 El Prat (Mas Blau)
Tel. 93 4785848
Fax. 93 4785911
lpm@viessmann.com
www.viessmann.com

VNG Estalvi Energètic, S.L.

C/Sant Pau, 28
08800 Vilanova i la Geltrú
Tel. 93 8146367
Fax. 93 8146367
estalvienergetic@eresmas.com

Wolf Igerica S.A.

Amadeu Torner, 70
08902 L'Hospitalet
Tel. 666 562 728
Fax. 93 7178173
antonio_fernandez@wolfiberica.com

Zeusolar S.L.

Roselló, 79
08029 Barcelona
Tel. 93 4100332
Fax. 93 5323330
info@zeusolar.com
www.zeusolar.com

Sant Jaume, 99
08150 Parets del Vallès
Tel. 93 5731199
Fax. 93 5621602
jm.ripolles@wanadoo.es

Crta. Sta Colamo, Km. 11
17410 Sils (Girona)
Tel. 972 168519
Fax. 972 168519
infoaiguasol@aiguasol.com

Agències d'energia locals a Catalunya

Agència Comarcal d'Energia (ACE)

Pg. Callao s/n
Edifici de Promocions Culturals
Tel. 93 7573003
Fax. 93 7572112
Abarca tot el Maresme

Agència d'Energia del Pirineu (ADEP)

Pg Joan Brudieu, 15
25700 La Seu d'Urgell
Tel. 973 353112
Fax. 973 352788
*Abarca: Alt Urgell, Pallar Sobirà, Cerdanya
i Valh Aran*

**Agència Local d'Informació i Serveis
Energètics de Terrassa**

Nord, 74
08221 Terrassa
Tel. 93 7844742

Barnagel (Ecoserveis)

Via Laietana, 15, 3r 4a
8003 Barcelona
Tel. 93 3193586
Fax. 93 3193586
ecoserv@eic.ictnet.es

Fundació Tàrraco Energia Local (TarracoEL)

Avda. Pau Casals, 17
43003 Tarragona
Tel. 977 225460
Fax. 977 240900

Guia de components

Acumuladors

ATESA (www.atesa-solar.com)
 CHROMAGEN
 (www.chromagen.co.il/general.htm)
 ESCOSOL (www.salvadorescoda.com)
 ISOFOTON (www.isofoton.es)
 KAYSUN (www.frigicoll.es)
 LKN (www.lknsistemas.com)
 MADE (91.383.62.40, Madrid)
 MEGASUN (www.megasun.de)
 NORDSOL (www.eproamb.es)
 ROCA (www.roca.es)
 SOLAHART
 (www.solarequip.com.au/solahart.htm)
 STIEBEL ELTRON (www.stiebel-eltron.de/index_g.html)
 WOLF (www.wolfiberica.com)

Calderes i grups tèrmics

FAGOR (www.faog r.com)
 FERROLI (www.ferroli.es)
 JUNKERS (www.junkers.com)
 SAUNIER DUVAL (www.saunierduval.es)
 VAILLANT (www.vaillant.com)
 VIESSMANN (www.viessmann.com)

Acumuladors

ACV (www.acv-world.com)
 EPROAMB (www.eproamb.com)
 IDROGAS (www.idrogassnc.com)
 LAPESA (www.lapesa.es)
 STIEBEL ELTRON
 (www.stiebel-eltron.de/index_g.html)
 VAILLANT (www.vaillant.com)
 VIESSMANN (www.viessmann.com)
 VITREX (www.vitres.es)

Bombes

ESPA (www.espa.com)
 GRUNDFOS (www.grundfos.com)
 WILO (www.wilo.de)

Altres accessoris

ALFA LAVAL (bescanviadors de plaques, ...)
 (www.alfalaval.com)
 DANFOSS (termòstats, ...) (www.danfoss.com)
 EKOPLASTIK (canonades de polipropilè, ...)
 (www.ekoplastik.cz)
 FRIGICOLL (màquines absorció,...)
 (www.frigicoll.es) HONEYWELL (termòstats,...)
 (www.honeywell.com)
 ISOCELL (Aïllaments tubulars, ...)
 (www.isocell.at)
 KAIMANNFLEX (Aïllaments, ...)
 (www.citisolanti.it/s3.htm)
 KAMSTRUP (Comptadors estàtics de calor,...)
 (www.kamstrup.com)
 SIEMENS (centraletes reguladores, ...) (w
 VIDOFLEX (Aïllaments, ...)
 (www.anavid.co.il/Products.asp)

Bibliografia

- *Energía solar tèrmica* (curs de formació, 2.002 ICAEN)
- *Apuntes de energía solar térmica* (Sotavent 1.995, J.Serrano Pujol i A. Ruiz Alcalà)
- *Manual de instalaciones de calefacción para agua caliente* (AMV ediciones 2.000, F. Martín Sánchez)
- *La energía solar, aplicaciones prácticas* (Censolar 2.001)
- *Instalaciones de energía solar, tomo 7, 2 i 3* (Censolar 1.994)
- *Energía solar térmica de baja temperatura* (ProgenSA 2.000, M. Castro Gil, A. Colmenar Santos)
- *Atlas de radiació solar a Catalunya* (ICAEN, 2.000)
- *Avances en energía solar, recopilación de artículos técnicos publicados en Era Solar* (ProgenSA, 1.998)
- *Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció* (APERCA, 1.999)
- *Cálculo y diseño de instalaciones de Agua Caliente Sanitaria* (Roca, 1.997)
- *Les energies renovables a Catalunya* (ICAEN, 1.997)
- *Esquemas hidráulicos de calefacción y agua caliente sanitaria* (Clima 1.999, J. García Pérez)
- *Calefacción y refrescamiento por superficies radiantes* (Paraninfo 2.001, M. Ortega Rodríguez, A. Ortega Rodríguez)
- *Enciclopedia de la climatización, Calefacción* (ed. CEAC 1.996, Martín Llorens)
- *Normas UNE incluidas en la RITE* (Ministerio de Fomento, Ministerio de Industria y energía, IDAE, Atecyr, 1.998)
- *Cálculo de la energía solar* (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 1.983, José Javier García - Badell)
- *Pliego de condiciones técnicas 2.002* (IDAE, 2.002)

8	CONSELLS PRÀCTICS D'ESTALVI	
1	La calefacció i l'aire condicionat	2
2	Els aparells domèstics	3
3	L'aigua calenta	4
4	Resum gràfic	5

Tal com s'ha comentat en capítols anteriors, especialment aquells on es feia referència a la relació entre l'instal·lador i l'usuari, s'ha destacat la importància de que el professional tingui la capacitat de transmetre a l'usuari la consciència sobre la relació entre estalvi d'aigua i energia i la satisfacció personal amb la instal·lació solar.

En aquest capítol farem un repàs d'alguns dels consells pràctics d'estalvi energètic i d'ús racional de l'energia més relacionats amb el consum d'ACS i l'escalfor als edificis.

1. La calefacció i l'aire condicionat

Sens dubte el tàndem d'aplicacions relacionades amb el confort tèrmic de les persones al llarg de l'any és el que més energia requereix i és, per tant, on cal donar més èmfasi en les recomanacions de sistemes eficients.

La temperatura i la humitat amb les que ens sentim còmodes varia, segons la nostra constitució física, la nostra edat i segons també determinats factors psicològics.

Caldrà remarcar doncs que, per aconseguir una sensació de confort i de benestar, durant l'hivern només cal que la temperatura sigui entorn a 20 °C, mentre que a l'estiu es pot estar còmodament amb una temperatura al voltant de 25 °C.

En aquest sentit, podem recordar a l'usuari que quan pugi o baixi la temperatura de consigna en un grau, el consum d'energia varia en un 8%. S'ha de recomanar la instal·lació de termòstats o rellotges programables per poder regular correctament la temperatura.

A l'hora de proposar la instal·lació d'un sistema per produir fred i/o calor en un habitatge o un equipament haurem de tenir en compte l'ús que se'n farà i les dimensions i les característiques dels espais a escalfar o refredar. El més important és que es tracti del tipus d'instal·lació que tingui el mínim consum i que els elements siguin homologats i tècnicament contrastats per poder tenir totes les garanties que funcionarà correctament.

Una bona eina per mostrar a l'usuari les qualitats d'eficiència de l'equipament proposat és l'etiquetatge energètic o les dades de rendiment que hi ha en el manual o catàleg tècnic, com també la referència de les normatives d'assaig que s'hagin emprat.

Caldrà donar les indicacions correctes a l'usuari de com ha de fer servir i mantenir el sistema o l'equipament instal·lat per tal de conservar-lo en bon estat i extreure-li el màxim rendiment.

Alguns consells que es poden donar

1. L'escalfor del sol a l'hivern i la ventilació natural a l'estiu són els sistemes més econòmics que hi ha per aconseguir escalfar o refredar els edificis.
2. Les finestres amb doble vidre i el passa-pas en el tancament de portes i finestres són dues bones solucions per evitar la pèrdua de calor.
3. Els tendals, les cortines, les persianes i els voladissos redueixen l'entrada de calor durant el dia.
4. A l'hivern, pujar les persianes i obrir les cortines, quan hi ha sol, proporciona llum i calor de franc. Durant la nit, tancant els porticons i baixant les persianes, permet reduir les pèrdues d'escalfor.
5. Si es disposa d'un sistema de calefacció a gas, cal que la caldera estigui equipada amb encesa electrònica i elements de regulació, com ara un termòstat programable. En aquest cas, és convenient que la caldera tingui modulació de potència per tal que es pugui adaptar a les diferents condicions de demanda.
6. Si existeix un sistema de calefacció elèctric, convé emprar sistemes per acumulació amb tarifa nocturna. No suposarà un estalvi net d'energia, però sí de diners.
7. La calefacció i l'aire condicionat poden ser proporcionats per un sol aparell, instal·lant una bomba de calor reversible.
8. Revisar i mantenir periòdicament els sistemes de climatització allarguen la vida dels equips i milloren tant la seguretat com el rendiment de les instal·lacions.

Un habitatge amb els sostres i les parets ben aïllades i amb finestres que tanquin adequadament, redueix els costos de calefacció fins a un 50%.

2. Els aparells domèstics

Els progressos tecnològics han posat al nostre abast un gran nombre d'aparells domèstics que ens faciliten la vida.

La cuina és el lloc de la casa on se n'hi concentren més. El seu consum pot representar més del 50% de la despesa energètica total de la llar.

És fonamental que en el moment de necessitar-ne un de nou informem bé a l'usuari de quin és el comportament energètic de l'aparell, ja que podem estalviar-li molts diners si la compra és encertada.

Durant la vida útil d'un aparell domèstic, l'energia consumida pot arribar a costar el doble del seu preu de compra. L'etiqueta informativa que porten els electrodomèstics els classifica de millor (A) a pitjor (G), segons sigui el consum energètic.

A més de l'elecció de l'aparell eficient podem suggerir alguns hàbits d'utilització que permetin potenciar l'estalvi i per tant la satisfacció del nostre client.

Alguns consells en l'ús del frigorífic i del congelador

1. La temperatura del frigorífic s'ha de mantenir entre els 3 i els 5°C; per cada grau més de fred, el consum augmenta un 6%. En el cas del congelador, no convé reduir la temperatura per sota dels -18°C.
2. El frigorífic i el congelador són els aparells que més energia consumeixen a la llar. Si obrim i tanquem la porta del frigorífic massa sovint, o si la porta tanca malament, hi haurà pèrdues importants de fred que faran incrementar el consum.
3. Els aliments s'han de deixar refredar abans de posar-los a la nevera i mai no s'han de col·locar amuntegats, sinó ordenats en els prestatges.
4. Convé mantenir el frigorífic i el congelador allunyats dels focus de calor com el forn, el sol o la calefacció.

Alguns consells en l'ús de la cuina, el forn i el microones:

1. La cuina de gas proporciona una cocció ràpida i és fàcil regular la potència del foc. Cal evitar que la flama sobresurti del recipient i que els líquids puguin apagar-la, si vessen.
2. La cuina de vitroceràmica elèctrica permet obtenir una temperatura constant i ben repartida. Convé fer servir recipients amb un fons gruixut i pla i apagar la placa uns minuts abans que s'acabin de coure els aliments, ja que així s'aprofita la calor residual.
3. Mentre dura el procés de cocció s'han de tapar els recipients per evitar les pèrdues i baixar el foc quan s'arribi a la temperatura.
4. Cada vegada que obrim la porta del forn perdem un 20% de la calor acumulada.
5. El microones és un bon substitut de la cuina i del forn per descongelar un aliment, escalfar líquids o cuinar certs tipus de menjars. La despesa energètica és menor.

Alguns consells en l'ús de la rentadora, el rentaplats, l'assecadora i la planxa:

1. Recomana rentadores, rentaplats i assecadores de baix consum i assessorar que es facin servir quan estiguin ben plenes ajuda a aconseguir millorar l'eficiència energètica i un estalvi per l'usuari.
2. Cal recomanar que es renti en fred. La rentadora és, després del frigorífic, l'electrodomèstic que més energia consumeix a la llar. El 90% de l'energia que fa servir és per escalfar l'aigua. Un programa a 90°C consumeix 4 vegades més energia que a 40°C.
3. Abans de fer servir l'assecadora, cal centrifugar la roba rentada per tal d'extreure el major volum possible d'aigua. L'escalfor del sol és sempre el millor sistema d'assecat.
4. Si es fa servir la planxa per a una sola peça de roba la resistència s'escalfa massa vegades i el consum d'energia és més elevat.

3. L'aigua calenta

Com a professionals hem de procurar a l'usuari o client la informació relativa als diferents sistemes de producció d'aigua calenta que es fan servir al bany, a la cuina o per rentar la roba, amb energia elèctrica, amb escalfadors de gas natural o d'altres combustibles. I tots aquests sistemes poden ser interconnectats amb captadors solars per tal de minimitzar el consum d'energia convencional.

Ara bé, sigui quin sigui el sistema escollit, és important conscienciar per consumir la menor quantitat d'aigua possible, ja que si es desaprofita no només s'està llançant aigua (el recurs), sinó també l'energia perduda i el cost.

Alguns consells:

1. Escollint la dutxa, en lloc del bany, es gasta una tercera part d'aigua i s'estalvia la mateixa quantitat d'energia. La dutxa consumeix uns 40 litres d'aigua calenta, mentre que el bany en consumeix uns 120.
2. L'acumulador o l'escalfador d'aigua ha d'estar situat al més a prop possible dels punts de consum per reduir al màxim les pèrdues d'energia quan l'aigua circula per les canonades.
3. Convé fer servir la rentadora i el rentaplats quan estiguin ben plens. Com en el cas de l'energia, la quantitat d'aigua consumida serà la mateixa, tant si estan plens com si estan buits.
4. Consells senzills que també serveixen per estalviar aigua:
 - no deixar mai les aixetes obertes
 - reparar les aixetes i cisternes que degotegin
 - instal·lar difusors que barregin l'aigua amb l'aire
 - reduir el volum de la cisterna del vàter
 - mantenir els jardins amb el mínim consum d'aigua per regada

4. Consells pràctics per a l'estalvi energètic i d'aigua a la llar



Aproveiteu la calor del Sol aixecant les persianes durant les hores de l'assolellada.
A la nit, en canvi, tanqueu-les, a fi que no es perdi calor a través dels vidres de les finestres. La calefacció solar es gratuïta, com també la llum natural.



Mireu de no obrir i tancar la porta de la nevera constantment. S'hi per molt fred.



Sempre que una bombeta hagi d'estar moltes hores funcionant, és molt millor treballar amb bombetes fluorescents compactes, duraran molt més!
De tota l'energia que gasta una bombeta normal, només el 5% és llum, la resta és calor. Amb les bombetes d'estalvi, al voltant del 30% és llum i duren molt més.



Aproveiteu sempre que sigui possible la llum natural.
És millor per a la vista i no us ho carregaran en el rebut de l'electricitat.



Els captadors solars són una bona solució per a obtenir aigua calenta i calefacció.
Una instal·lació de 2-3 metres quadrats de captadors solars pot produir la major part de l'aigua calenta sanitària necessària per un habitatge familiar, amb un estalvi de 15.000 a 20.000 pessetes l'any.



No feu servir la rentadora ni el rentavaixelles fins que no siguin ben plens, ja que consumeixen pràcticament la mateixa electricitat tant si són plens com buits.



Per no perdre la calor que hem aconseguit, instal·lem tires de passapas a les juntes i esclotxes de les finestres: a més a més, estalviareu d'un 5 a un 10% de l'energia emprada per escalfar o refredar.



Valoreu també la possibilitat d'instal·lar mòduls solars fotovoltaics per a produir energia elèctrica. Poden ésser connectats a la xarxa o aïllats



Eviteu que hi hagi llum encesos inútilment.



Tingueu present que un bany consumeix 3 cops més energia que una dutxa i a més amb un bany es gasta entre 4 i 5 cops més aigua.



A l'hivern, mantenir una temperatura de 19-20°C és suficient per gaudir d'un confort adient. Reduir la temperatura un grau suposa un estalvi d'energia del 8%.

19-20°



Netegeu les bombetes. D'aquesta manera n'augmentareu la llum i us duraran més. Feu-ho quan estigui apagades i fredes.



Repareu les aixetes que degotin. Una gota cada segon suposa un consum mensual de 1.000 litres. Una cisterna que degota pot perdre fins a 150 litres d'aigua diaris.
No deixeu l'aixeta oberta en rentar-vos les dents o quan us ensaboneu a la dutxa ...



A l'estiu, amb una temperatura de 25°C estaràs prou bé i no consumiràs amb excès.

25°



Utilitzeu el servei públic: el metro, l'autobús o el tren per desplaçar-vos, o bé utilitzeu la força locomotriu de les cames.

7	DOCUMENTACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ	
1	Pressupost de la instal·lació	2
1.1	Condicions prèvies a la instal·lació	4
1.2	Línies d'ajuts, bonificacions i campanyes de promoció	4
2	Contracte de disseny i d'execució de la instal·lació	5
3	Document de resultats	6
4	Document de recepció provisional i final de la instal·lació	8
4.1	Garanties de la instal·lació	8
5	Contracte de manteniment	9

En aquest capítol farem una descripció dels diferents documents relacionats amb les instal·lacions solars tèrmiques. Aquests són el reflex de la relació entre l'empresa i el client i, en cas de divergència de criteris, són els que certificaran el disseny, el material i compromisos adquirits.

1. Pressupost de la instal·lació

Sens dubte, el pressupost és un dels documents més importants ja que en moltes ocasions és el que permet prendre una decisió o un altre.

La complexitat dels pressupostos pot diferir moltíssim en funció de la dimensió de la instal·lació. Així, en una instal·lació de grans dimensions el pressupost pot tenir partides semblants als pressupostos de construcció. En canvi, el pressupost d'una instal·lació compacta unifamiliar pot ser desenvolupat ràpidament coneixent tan sols tres o quatre paràmetres del que es vol aconseguir.

Sigui com sigui, un pressupost ha de detallar molt bé què és el que inclou: el transport, únicament el material, si hi ha inclosa la mà d'obra, manteniment, etc.

En general, ha de contenir com a mínim els conceptes següents:

- Cost dels materials:
 - col·lectors
 - acumulador
 - bescanviador
 - vas d'expansió
 - canonades i accessoris
 - cost de l'aïllament
 - cost de l'anticongelant

- Cost del sistema elèctric i de control
- Cost de construcció de l'estructura de suport i/o d'altres accions d'obra civil requerides
- Cost del transport del material i la descàrrega a l'obra.
- Cost de la mà d'obra de la instal·lació, per separat o inclòs en les partides anteriors
- Cost de les proves de funcionament
- Impostos i taxes aplicables (tipus d'IVA, permisos, legalitzacions, etc.)

En instal·lacions amb superfícies de captació superiors a 10 m² aproximadament o en els casos que l'usuari ho requereixi, caldrà afegir al pressupost les partides següents:

- Seguretat i higiene (2%)
- Direcció tècnica facultativa d'obra (3%)

Tot i que no formi part de la fase executiva de la instal·lació, és convenient afegir al pressupost el cost dels conceptes que repercutiran en l'explotació posterior de la instal·lació, com ara:

- Contracte de manteniment.
- Pòlissa d'assegurances.

És important que totes les partides del pressupost quedin ben definides i que, en la mesura del possible, es lliuri tancat.

Exemple de pressupost d'una instal·lació solar tèrmica per ACS en un habitatge unifamiliar individual.

Sistema d'energia solar tèrmica per a ACS				
Codi	Descripció tipus d'obra ²	Unitat/metres	Preu unitari (euros)	Preu total (euros)
1.1	Col·lector solar model ZZZ de la firma XXX	2	606,17	1.212,34
1.2	Central de control solar	1	151,15	151,15
1.3	Canonada PPR 25 mm PN-20 exterior	30 m	26,61	798,38
1.4	Vas d'expansió tancat circuit solar	1	87,69	87,69
1.5	Regulador de cabal circuit primari solar	1	37,26	37,26
1.6	Líquid anticongelant circuit solar	1	39,97	39,97
1.7	Sistema de circulació i seguretat tipus XXX	1	215,16	215,16
1.8	Sistema d'acumulació i bescanvi S2-300	1	1.905,32	1.905,32
1.9	Comptador d'aigua en línia d'ACS	1	50,78	50,78
1.10	Instal·lació elèctrica associada	1	292,09	292,09
	Sistema d'energia solar per a ACS			4.790,14
	IVA (7% ¹)			335,31
	Pressupost total			5.125,45

(1) L'IVA aplicat en aquest pressupost és del 7 % en cas de facturació a promotors i del 16 % per a la resta de situacions

(2) En aquest pressupost el cost de cada partida inclou la ma d'obra i les tasques complementàries requerides. Unitat d'obra totalment instal·lada.

1.1. Condicions prèvies a la instal·lació

Una informació que cal afegir al pressupost són les condicions sota les quals és o no vàlid el cost detallat, per evitar males interpretacions. És important indicar les partides i/o accions que no quedin incloses en el pressupost presentat, sense esperar a que l'usuari hagi d'intuir-les.

Algunes d'aquestes partides poden ser:

- Ajudes de paleta.
- Lloguer d'estructures auxiliars en el muntatge.
- Lloguer de grues i/o d'altres elements d'elevació.
- Control de qualitat en obra per part de laboratoris especialitzats.
- Legalització de projectes.
- Retocs sobre elements constructius que es puguin veure afectats en el procés de muntatge, com per exemple retocs de pintura.

També caldrà indicar en el mateix document de pressupost o d'oferta com s'ha de trobar l'obra per tal d'iniciar el muntatge dels equips que integren el sistema d'aprofitament solar.

Tot i que en petites instal·lacions aquest aspecte és menys complexe, és recomanable incloure en la documentació de l'oferta un cronograma de les accions principals que s'han de realitzar.

1.2. Línies d'ajuts, bonificacions i campanyes de promoció

En la mesura de les possibilitats de disponibilitat d'informació per part del professional, és interessant incloure en el document d'oferta de la instal·lació quines són les línies d'ajuts a l'abast de l'usuari per tal d'accedir-hi, si convé.

En aquest sentit, és convenient adreçar l'usuari a les agències locals de l'energia, l'ICAEN i/o la Secretaria d'APERCA per tal que pugui completar i ampliar la informació referent a possibilitats, condicions, terminis de presentació i documentació requerida.

Els ajuts principals per a les instal·lacions solars tèrmiques disponibles són:

- Reducció de l'impost municipal de llicència d'obres per part d'alguns municipis de Catalunya.
- Subvencions a fons perdut a escala local, regional i estatal.
- Línia de finançament FITA SOLAR per a instal·lacions col·lectives solars tèrmiques i fotovoltaïques per part de l'ICF (Institut Català de Finances) en col·laboració amb l'ICAEN.
- Desgravació de l'impost de societats de les inversions en estalvi energètic i energies renovables del Ministeri d'Hisenda de l'Estat per a petites i mitjanes empreses.

2. Contracte de disseny i d'execució de la instal·lació

Històricament, i en petites instal·lacions, el contracte o l'acceptació de l'oferta era habitualment verbal. Aquest fet va suposar un problema a l'hora de poder resoldre conflictes de funcionament, disseny o manteniment posteriors.

Per evitar malentesos, discussions i altres problemes, el més recomanable és proposar la signatura d'un contracte que inclogui disseny, subministrament, execució i manteniment de la instal·lació solar en el que s'expliciti de forma clara i concisa aspectes com:

- L'objecte del contracte, el tipus d'instal·lació i el lloc de realització.
- Les dades d'identificació del comprador i de l'empresa o empreses instal·ladores.
- El tipus de documentació presentada: aspectes tècnics, pressupost, condicions, resultats esperats, etc. sota el que es regirà el contracte.
- El disseny i el dimensionament de la instal·lació solar.
- L'energia tèrmica prevista i la fracció solar.
- L'esquema general de la instal·lació.
- Les condicions modificades o modificables en el període d'execució.
- El termini de temps o de durada del present contracte.
- Les obligacions i els drets tant de l'empresa com de l'usuari.
- Les condicions d'anul·lació de contracte per part d'ambdues parts.
- La forma de pagament.
- Els documents que s'expediran a la finalització dels treballs, com ara el certificat de recepció d'obra, etc.

3. Document de resultats

És interessant facilitar a l'usuari quins són els resultats de la instal·lació i quin és també l'estalvi energètic i ambiental resultant de la instal·lació solar tèrmica. Pot reflectir, per exemple, quina quantitat de petroli o gas natural s'ha estalviat, quantes tones de CO₂ s'eviten emetre a l'atmosfera, etc. A més, és atractiu presentar l'estalvi econòmic anual que representa la instal·lació i quin és el període aproximat d'amortització.

A continuació, es mostra una manera de presentar els resultats previstos de la instal·lació.

Cal indicar també els paràmetres climàtics que s'han tingut en compte en el dimensionament i producció tèrmica, fent esment de la font de procedència.

- Radiació solar global (kWh/ m² dia)
- Temperatura exterior mitjana (°C)
- Temperatura de l'aigua de xarxa (°C)

Dades d'entrada:

Consum diari estimat (l):	_____
Persones/llits/...:	_____
Ocupació (% , dies,...):	_____
Temperatura de servei (°C):	_____
Captador solar utilitzat:	_____
Equació de rendiment:	_____
Inclinació captador:	_____
Orientació captador:	_____

Aquestes dades han d'anar sempre acompanyades de la font d'informació emprada: Atles de radiació solar a Catalunya, Institut Català de Meteorologia, companyia local d'aigües, ordenança solar, etc.

Dades de sortida

Mes	Demanda energètica (kWh/mes)	Energia solar produïda (kWh/mes)	Energia auxiliar necessària (kWh/mes)	Fracció solar(%)
Gener				
Febrer				
Març				
Abril				
Maig				
Juny				
Juliol				
Agost				
Setembre				
Octubre				
Novembre				
Desembre				
Total anual				

És habitual i molt útil incloure en el document de resultats previstos per la instal·lació solar tèrmica dissenyada una taula resum de les dades més significatives:

Resum final de dades

Núm. de captadors solars:	
Superfície de captació instal·lada:	
Volum d'acumulació solar:	
Tipus d'aplicació:	
Sistema convencional auxiliar:	
Demanda energètica total prevista:	
Demanda auxiliar requerida:	
Producció d'energia solar prevista:	
Fracció solar:	
Estalvi energètic:	
Estalvi econòmic anual:	
Període de retorn de la inversió:	
Cost de la instal·lació:	
Estalvi d'emissions de CO ₂ :	

És interessant també acompanyar els resultats amb una representació gràfica de la demanda energètica com la producció solar al llarg de l'any. En aquest sentit, és important, aclarir que en cas de variacions importants respecte a les dades de partida es produiran variacions en la producció solar i, per tant, en la fracció d'energia convencional estalviada.

4. Document de recepció provisional i final de la instal·lació

Aquest document actua com a certificat de conformitat de l'usuari o receptor de la instal·lació conforme el disseny, els materials i els treballs executats s'ajusten al que es va contractar en el seu moment.

També és convenient incloure un llistat de materials en forma de taula amb una casella de validació, és a dir, una columna on es pugui indicar de forma manual el vist-i-plau o la disconformitat amb cada un dels elements principals de la instal·lació.

El document pot tenir el format semblant o igual al *Certificat de qualitat i especificacions tècniques d'APERCA*, en el qual queden reflectides les característiques principals de cada un dels elements que integren la instal·lació disponible a l'Annex 7 i al CD-Rom.

En el document és convenient indicar les normes, els reglaments i/o els manuals que s'han considerat en el disseny i l'execució de la instal·lació, com també si hi ha hagut direcció d'obra o intervenció de laboratoris o d'altres entitats de control i verificació.

Per tal de donar validesa a aquest document, igual que a la resta de la documentació de la instal·lació, cal que sigui signat per l'usuari, el receptor de la instal·lació i per l'instal·lador i l'executor del muntatge, en totes les planes i, especialment, en la plana final, on constaran els noms complets dels signants. Per ser conseqüents, el bon funcionament de la instal·lació no es pot avaluar de manera automàtica, per tant, aquest document o certificat s'haurà de signar després d'un temps suficient de funcionament, definit prèviament.

4.1. Garanties de la instal·lació

En el document de garanties de la instal·lació s'especificarà amb detall quins són els materials subjectes a garantia, quin és el període de vigència i quins conceptes cobreix.

En cada cas caldrà deixar ben explicitat si el concepte de garantia comporta i inclou:

- Despeses de desplaçament del personal tècnic a la instal·lació.
- Substitució i/o reparació dels elements que presentin mal funcionament.
- Despeses d'enviament d'aquests materials a l'origen, al fabricant o als distribuïdors amb servei tècnic oficial.
- Mà d'obra corresponent a les tasques realitzades en la reparació.

Alhora, caldrà deixar explicitat per escrit quines són les condicions que invaliden la garantia, com per exemple la manipulació o el mal ús de l'equip per part de l'usuari o d'altres persones alienes a l'empresa instal·ladora. També caldrà que el document identifiqui si el concepte de garantia va o no lligat a l'existència d'un contracte de manteniment i quin tipus d'empreses estan qualificades per portar a terme aquesta tasca, en el cas de no coincidir amb la mateixa empresa instal·ladora.

Pel que fa als captadors, cal que es traspassi amb cura el concepte de garantia que dóna directament el fabricant, fent especial atenció a trencaments deguts a accions vandàliques i/o fenòmens atmosfèrics excepcionals. En aquest sentit, caldrà aclarir si el concepte de garantia obliga o no a l'existència d'una pòlissa d'assegurances i quins termes ha d'establir.

5. Contracte de manteniment

El contracte de manteniment lliga la propietat de la instal·lació i l'empresa que ha de realitzar les tasques de manteniment per tal d'assegurar el funcionament correcte de l'equipament solar instal·lat.

Com a contracte que és, ha d'incorporar almenys les clàusules o els apartats següents:

- La identificació de les parts contractants, la propietat i l'empresa mantenidora.
- L'objecte del contracte.
- La durada del contracte i la fórmula de renovació escollida, automàtica o renegociable.
- L'abast de les tasques de manteniment a realitzar, on ha de quedar clar el número de visites anuals de manteniment preventiu, com també el temps màxim de resposta davant d'avaries funcionals.
- El cost del servei i els conceptes inclosos. Per exemple, pot estar inclosa la mà d'obra emprada en les visites preventives però facturar-se a part la corresponent a reparacions correctives de mal funcionaments o d'avaries.
- Cal especificar els materials de substitució inclosos en el preu del contracte, per exemple la substitució del líquid termòfor del circuit primari cada 3 o 5 anys, la substitució de l'ànode de sacrifici dels acumuladors cada 5 anys, etc.

Com que les instal·lacions solars tèrmiques estan, generalment, integrades en el sistema de producció de calor de l'edifici, caldrà especificar la interrelació entre sistemes i contractes de manteniment complementaris en cas que existeixin. Per exemple, l'usuari pot tenir un contracte de manteniment per a la seva caldera de gasoil. Si és possible, s'ha d'oferir un contracte global de manteniment que permeti una rebaixa econòmica a l'usuari ja que suposa més rendibilitat per a l'empresa mantenidora evitant interferències possibles entre accions de personal d'altres empreses.

En aquests casos caldrà amollar les tasques de manteniment preventiu del conjunt d'elements inclosos en el contracte; generalment això comporta fer totes les feines aprofitant la posada en marxa hivernal del sistema de calefacció i l'aturada a la primavera.

6	MUNTATGE I MANTENIMENT D'INSTAL·LACIONS	
1	Planejament de la instal·lació	2
2	El material a l'obra	3
3	Criteris de muntatge	4
3.1	Muntatge de la instal·lació. Criteris generals	4
3.2	Muntatge de les estructures i els col·lectors	4
3.3	Muntatge de l'acumulador	4
3.4	Muntatge del bescanviador de calor	5
3.5	Muntatge de la bomba	5
3.6	Muntatge de canonades i accessoris	5
3.7	Muntatge de l'aïllament	5
3.8	Muntatge dels comptadors d'energia	5
4	Posada en marxa de la instal·lació	6
4.1	Operacions de posada en marxa	6
5	Proves funcionals dels equips en la recepció d'obra	8
5.1	Proves d'estanqueïtat	8
5.2	Proves de funcionament o escalfament	8
5.3	Proves de circulació del fluid	8
5.4	Proves d'accessoris	8
5.5	Lliurament de la instal·lació	9
6	Manteniment de la instal·lació	10
6.1	Operacions de manteniment més usuals	11
6.2	Altres operacions de manteniment	12
6.3	Programa de manteniment	12

1. Planejament de la instal·lació

Un dels aspectes previs al muntatge de la instal·lació és que el pressupost que s'ha presentat al propietari reflecteixi clarament el contingut complet de la instal·lació i s'hagi aprovat. Això implica que, durant la primera visita a la instal·lació, s'ha d'haver pres tota la informació que li permeti redactar un pressupost desglossat i fiable. Cal:

- Definir el recorregut de les canonades i les longituds.
- Definir l'ubicació dels captadors i el sistema d'ancoratge a la coberta o el suport.
- Definir el lloc on ubicar el dipòsit i interconnexió amb el sistema auxiliar.
- Determinar quin tipus de mitjans d'elevació cal (bastides, grues, etc.) per muntar les canonades, els captadors, etc.
- Determinar ajudes de paleta, si calen, per ubicar els captadors als seu lloc.
- Estimar el temps de muntatge dels diferents apartats.

Si existís algun apartat de la instal·lació pendent d'avaluar econòmicament per aspectes aliens a la pròpia instal·lació, per exemple obres en l'edifici, això ho haurem de reflectir en el pressupost per tal que el propietari sigui conscient que el preu final pot variar en relació a l'oferta inicial.

Tot això evitarà els malentesos que podrien haver en les instal·lacions, entre l'instal·lador i el propietari.

A vegades, durant la primera visita a l'obra per tal de fer el pressupost, la pressa és la causa de no parar atenció en detalls que tenen certa importància. Això ens causarà maldecaps a l'hora de muntar la instal·lació que s'han d'evitar.

Alguns aspectes importants a considerar podrien ser:

- L'orientació dels captadors.
- No estudiar detalladament el sistema de fixació dels captadors a la coberta específica de l'habitatge.
- No parar atenció als accessos per ubicar els equips, per exemple el dipòsit solar proposat té unes dimensions que no permeten passar per la porta d'accés de la sala.
- Suposar un recorregut de canonades que en la realitat s'haurà de variar per raons inherents a l'obra; aquesta variació i el sobrecost que suposa, qui l'assumeix?

Un altre aspecte a tenir en compte és la coordinació del personal que treballa en la instal·lació, sobretot quan realitzen obres de construcció. Aquest aspecte permet optimitzar el temps i la previsió de variants respecte del cronograma original.

2. El material a l'obra

Es presenta resumidament com s'ha de manipular el material durant la provisió i durant l'etapa d'instal·lació i es fan algunes recomanacions:

- A l'obra, és important disposar d'un magatzem o d'algun lloc on es pugui emmagatzemar el material que es va duent sense que quedi a la intempèrie i on s'eviti al màxim que es pugui malmetre en manipular altres elements.
- Cal anar en compte a l'hora de transportar el material fins a l'obra. Existeixen assegurances de transport per a material fràgil que cobreix possibles accidents o ruptures del material.
- Tant bon punt es rebí el material a l'obra és important comprovar-ne l'estat i que no té cap desperfecte. És un aspecte important per evitar possibles confusions i malentesos posteriors.
- L'emmagatzematge i el transport dels col·lectors requereix una manipulació acurada per la fragilitat del vidre. Les connexions dels col·lectors també són punts febles i per tant s'han de protegir. Els col·lectors han d'estar correctament protegits amb materials amortidors o amb fustes.
- Si s'ha d'ajornar alguna etapa de la instal·lació per inclemències del temps és important retirar tots els materials que estiguin a la intempèrie a la vegada que retirar els elements que puguin desprendre's o que no s'hagin acabat d'instal·lar. Tenen una importància especial els elements elèctrics o electromecànics, com ara bombes circuladores, reguladors electrònics, cables, etc., ja que l'aigua (sigui de pluja o de l'obra) els pot malmetre. Com a criteri es recomana que aquests elements estiguin en un lloc sec i protegit de la humitat, la pols i els cops per evitar també corrosions.
- Pel que fa als col·lectors, tant durant l'emmagatzematge, com el transport o si han de quedar a la intempèrie durant un període de temps llarg, convé protegir-los dels efectes dels raigs solars per evitar que l'absorbidor, en absència d'aigua, assoleixi temperatures elevades per a ell mateix i a l'hora de manipular-lo.
- Tots els muntatges que es puguin fer al taller en lloc de a la mateixa instal·lació és recomenable per una qüestió simplement de comoditat i de facilitat. Per exemple, el quadre elèctric del control solar sovint és un element estàndard i es pot muntar al taller, això estalvia temps a l'hora del muntatge elèctric en la instal·lació.

En general, les instal·lacions solars tèrmiques tenen parts dels circuits bastant repetitives, això ens permet estandarditzar els material i/o els elements necessaris, qüestió que ens facilita portar a terme el muntatge.

3. Criteris de muntatge

3.1. Muntatge de la instal·lació. Criteris generals

A continuació, es presenten una sèrie de recomanacions per al muntatge de la instal·lació:

- És molt important tenir en compte tota la normativa vigent. Cal tenir en compte els reglaments vigents i les recomanacions dels fabricants.
- Cal utilitzar materials i procediments que garanteixin les exigències de servei, durabilitat i manteniment.
- Cal anar amb molt de compte amb el transport i la manipulació dels elements per tal de no malmetre les juntes, les connexions, etc.
- És recomanable que lluminàries, equips de mesura i altres mecanismes fràgils o delicats es protegeixin degudament en la instal·lació. Si es produeixen rascades o altres fets que puguin malmetre la instal·lació és aconsellable aplicar una capa de pintura rica en zinc o altres materials equivalents.
- Una neteja correcta abans, durant i després de la instal·lació pot evitar problemes d'oxidació o malgastament prematur de l'obra. Ara bé, no tampoc s'ha de fer molt periòdicament.
- És convenient mirar-s'hi en centrar els eixos de les canalitzacions amb els de les peces de connexionat sense haver de recórrer a forçar els materials, les canonades...
- Convé que la instal·lació hagi estat dissenyada de tal manera que es pugui accedir còmodament a tots els elements de la instal·lació per a possibles reparacions.
- Resulta molt útil deixar les plaques de característiques dels elements de la instal·lació a la vista.
- Els circuits de distribució d'ACS s'han de protegir contra la corrosió.
- És interessant fer el disseny pensant en la possibilitat de poder buidar l'aigua de tota la instal·lació.

3.2. Muntatge de les estructures i els col·lectors

- Cal conèixer amb exactitud les càrregues a què estaran sotmeses les estructures per tenir-ho en compte a l'hora de dissenyar la instal·lació.
- La subjecció dels col·lectors a les estructures s'ha de fer pensant que hauran de suportar les càrregues de vent i de neu, però a la vegada que no han de permetre la transmissió dels esforços de dilatació dels col·lectors a les estructures. A més, la subjecció ha de ser fàcilment desmuntable per si cal desmuntar-la en casos de ruptura, etc.
- La canonada de connexió entre els col·lectors i les vàlvules de seguretat hauria de tenir la longitud mínima possible i no posar-hi entremig vàlvules o claus que puguin obstruir-se per brutícia, etc.
- És recomanable que els col·lectors, durant el muntatge, quedin exposats al sol el mínim de temps possible. Si no es pot evitar, les vies d'entrada i sortida dels col·lectors han d'estar totalment obertes. Aquesta recomanació és aplicable fins que el sistema estigui en funcionament.
- La connexió entre canonada i captador s'ha de realitzar amb molta cura i revisar al cap d'uns dies (entre 10 i 15) de la posada en marxa.

3.3. Muntatge de l'acumulador

- Aquesta és una etapa del muntatge complexa i que, en tots els casos, ha d'estar sotmesa a la normativa vigent.
- En acumuladors grans (més de 1.000 l) cal tenir en consideració les estructures de fixació i disseny dels edificis i la instal·lació hauran d'anar a càrrec d'un professional.

3.4. Muntatge del bescanviador de calor

- Cal seguir les especificacions del fabricant.
- S'ha de preveure l'accessibilitat del bescanviador per a operacions posteriors de substitució.

3.5. Muntatge de la bomba

- Les bombes en línia s'instal·laran amb l'eix de rotació horitzontal i amb espai suficient per tal que es puguin desmuntar.
- El diàmetre de les canonades d'acoblament no pot ser mai inferior al diàmetre de la boca d'aspiració de la bomba.
- La connexió de les canonades a les bombes no pot provocar esforços recíprocs, per això és aconsellable fixar bé les canonades abans i després de la bomba.

3.6. Muntatge de canonades i accessoris

- És aconsellable repassar tot el material abans de començar la instal·lació per assegurar-se que no existeixen canonades doblegades, fissurades, oxidades, etc.
- Cal tenir en compte el lloc on es guarden, ja que les canonades es poden danyar amb el sol o si estan a la intempèrie.
- Per fer un ús millor del material, la instal·lació de les canonades ha d'estar pensada en tres eixos perpendiculars i s'ha d'adequar l'estructura de l'edifici. Es recomana deixar un mínim de 5 cm de separació entre la canonada i l'element estructural (paret, sostre...) per a possibles manipulacions.
- Si les canonades han d'anar paral·leles a línies elèctriques, les canonades han d'anar sempre per sota.
- Cal evitar els esforços mecànics en les connexions de les diferents canonades.

- Les connexions de components al circuit han de ser fàcilment desmontables per brides o ràcords.
- Per evitar la formació de les bosses d'aire dins les canonades, cal instal·lar en els trams horitzontals una petita pendent ascendent en el sentit de circulació.
- És important compensar les dilatacions degudes als canvis de temperatura del fluid, que normalment es produeixen en les unions entre canonades i aparells, per evitar que es trenquin.

3.7. Muntatge de l'aïllament

- L'aïllament no pot quedar interromput en travessar elements estructurals de l'edifici. Així, cal dissenyar els passamurs amb una amplada de 3 cm.
- Tampoc no pot quedar interromput l'aïllament en els suports de les conduccions.
- L'aïllament no hauria de cobrir els instruments de mesura i de control, com tampoc les vàlvules que haurien de quedar, com ja hem comentat, a la vista.
- L'aïllament no pot tapar, tampoc, els elements distintius que es posin a les canonades per diferenciar el tipus de fluid, la direcció, etc.

3.8. Muntatge dels comptadors d'energia

- Cal seguir les instruccions que subministri el fabricant.
- S'han d'instal·lar sempre entre dues vàlvules de tall per tal de facilitar-ne el desmuntatge
- Si es preveu que l'aigua pot arrossegar partícules sòlides en suspensió, és aconsellable posar un filtre de malla abans del comptador.

4. Posada en marxa de la instal·lació

La instal·lació solar tèrmica s'ha de lliurar als propietaris en funcionament; les proves d'ajust dels equips i la posada en marxa de la instal·lació són responsabilitat de la persona o empresa instal·ladora.

Així, l'instal·lador ha de lliurar la instal·lació amb tots els elements plens del fluid corresponent i apunt per ser utilitzats.

D'altra banda, segons on es realitzi la instal·lació, pot ser que hi hagi alguna normativa que demani una inspecció prèvia a la utilització de l'equip o unes proves de recepció i/o comprovació del muntatge i funcionament correctes.

4.1. Operacions de posada en marxa

Es podria definir un protocol amb un seguit de passos per fer la posada en marxa de la instal·lació de forma ordenada:

1. Omplir i drenar la instal·lació

Aquestes dues accions van molt lligades, i és que és convenient realitzar una primera omplerta i un drenatge de la instal·lació per netejar-la de possibles encenalls, brutícia... que han aparegut durant el muntatge. A la vegada es poden detectar i corregir, si cal, possibles fuites.

Cal fer aquesta operació des de la cota més baixa de la instal·lació fins a la més alta per evitar la formació de bosses d'aire, i amb els purgadors oberts fins que en surti aigua. Es pot fer posant una vàlvula que ompli en el punt més baix de la instal·lació.

Un cop omplerta, es mantindrà en circulació un cert temps per fer córrer les partícules de brutícia que hi pot haver.

Després es buidarà, es faran les correccions pertinents i s'omplirà definitivament amb l'aigua i l'anticongelant, igual com s'ha fet la primera vessada. És recomanable que es faci la barreja fora del circuit.

Cal tenir un dipòsit auxiliar per poder buidar el fluid termòfor, si calgués. Cal conèixer si l'anticongelant que hem posat és contaminant o no, per tal de tractar-lo d'una forma o un altre.

Pel que fa al circuit secundari, aquest queda pressuritzat directament per la xarxa de subministrament d'aigua.

2. Comprovació elèctrica de la instal·lació

Cal posar tots els elements de la instal·lació en funcionament manualment i aleshores s'ha d'anar comprovant tots els elements un per un.

- Les bombes s'arrencaran de manera independent, es comprovarà el gir i la tensió del motor.
- Les vàlvules es comprovaran mesurant el senyal que els arriba procedent dels controladors.
- Si el sistema auxiliar és a base de resistències, s'accionaran una per una.
- El funcionament correcte dels comptadors d'energia i la seves sondes de temperatura.

3. Regulació del cabal dels circuits

En les instal·lacions que duen incorporada una bomba hidràulica aquesta ha de dur un parell de manòmetres en la impulsió i en l'expulsió, o bé un manòmetre diferencial, regulats amb un rang semblant al de la bomba.

Per facilitar la selecció del cabal desitjat, és convenient seleccionar una bomba amb diferents posicions de velocitat o, si no pot ser, col·locar un bypass que permeti desviar cap a l'entrada de la bomba part del cabal.

Quan tinguem una bomba amb diferents posicions de velocitat, la regularem al cabal mínim i aleshores mesurarem la diferència de pressions que ens donen els manòmetres. Amb aquest valor buscarem a la corba d'actuació de la bomba facilitada pel fabricant. Si el cabal és suficient, el circuit ja estarà regulat; si no, augmentarem una posició el cabal de la bomba. I així fins que la posició de regulació de la bomba proporcioni un cabal més semblant al de disseny.

4. Equilibrat dels circuits

Per aconseguir un bon funcionament de la instal·lació, és convenient equilibrar les longituds dels circuits d'entrada i sortida dels col·lectors per tal que el recorregut del fluid sigui el mateix i d'aquesta manera funcionin en les mateixes condicions de pèrdua de càrrega i, en conseqüència, dels cabals adients.

Una altra opció, cada vegada més estesa, és la utilització de reguladors de cabal o vàlvules d'equilibrat hidràulic. Aquests elements faciliten l'equilibrat dels circuits i redueixen el temps de muntatge de la instal·lació, ja que substitueixen el sistema de retorn invertit. També simplifiquen el procés de regulació del cabal mitjançant el gràfic de velocitat de la bomba.

5. Proves funcionals dels equips en la recepció d'obra

L'objectiu de realitzar aquestes proves és comprovar que la instal·lació executada està d'acord amb els serveis contractats i que s'ajusta, element per element per separat i en conjunt, a l'especificat. Per fer-les, és convenient que la instal·lació estigui totalment acabada i que s'hagin corregit totes les anomalies detectades durant la posada en marxa i en els primers dies de funcionament de la instal·lació en període de proves.

5.1. Proves d'estanqueïtat

Abans de col·locar l'aïllant a les canonades i de cobrir-les, encimentar-les, etc., cal comprovar l'estanqueïtat correcta de totes les canonades i els accessoris integrants del sistema.

Aquestes proves s'han de fer segons indica la normativa UNE 100.151 "Proves d'estanqueïtat en xarxes de canonades", on provarem les canonades amb una pressió hidrostàtica mínima d'1,5 vegades la pressió nominal del circuit.

Cal tenir en compte, però, que la pressió a la que s'està provant no ha de ser superior a la pressió de tarat de la vàlvula de seguretat.

5.2. Proves de funcionament o escalfament

A diferència de les proves d'estanqueïtat, per a les proves d'escalfament no existeix cap normativa que la legisli. Per comprovar el funcionament i l'escalfament de la instal·lació, cal tan sols verificar que en un dia assolellat les bombes es posen en funcionament de bon matí i que s'aturen al capvespre.

Cal comprovar, també, que la temperatura de l'aigua i l'acumulador ha assolit el nivell desitjat.

5.3. Proves de circulació del fluid

La prova consisteix a alimentar elèctricament les bombes. Això es pot fer directament o amb l'accionament manual, si n'hi ha.

Posteriorment, cal comprovar si l'accionament de la bomba respon al funcionament i si, a la vegada, l'increment de pressió indicat pels manòmetres és el que correspon segons la corba de treball de les bombes facilitades pel fabricant.

5.4. Proves d'accessoris

És necessari comprovar que les vàlvules de seguretat funcionin i que les canonades de connexió a l'atmosfera no estiguin obstruïdes. Aquesta prova es pot realitzar alhora que es realitza la prova de pressió del circuit.

Així, per exemple, es pot incrementar la pressió davant de la vàlvula de seguretat fins assolir un valor de 1,1 vegades la pressió de tarat i comprovar que la vàlvula s'obre.

Cal comprovar que totes les vàlvules (de tall, de buidatge, d'omplerta, de purga, etc.) actuen correctament.

5.5. Lliurament de la instal·lació

Un cop acabades les proves funcionals dels diferents elements, es passa ja a la darrera fase de la instal·lació, que és la de cobrir totes les canonades i accessoris que estan a la intempèrie amb aïllaments i pintures especials o amb recobriments protectors d'alumini. Si tot funciona correctament, es procedirà a una neteja general de la instal·lació, retirant les restes de materials que hagin quedat.

Abans del lliurament cal tenir en compte que es compleixin tots els permisos legals i les normatives vigents.

És convenient que, amb el lliurament de la instal·lació, s'adjuntin tots els documents relacionats amb la instal·lació i que poden ser útils per a l'usuari més endavant:

- Un llistat de tots els equips utilitzats amb la marca, el model, les característiques i les garanties.
- Els plànols i els esquemes facilitats pels fabricants dels diversos elements i els documents de garantia degudament complimentats i segellats.
- Un esquema de la instal·lació on es pugui distingir fàcilment cada equip i element.

- Les instruccions concretes de manipulació i de seguretat dels equips.
- Les instruccions clares i concises sobre les operacions de conservació i manteniment de la instal·lació.
- Les recomanacions i els consells per utilitzar correctament la instal·lació, fent especial atenció als consells sobre criteris de modificació i/o selecció d'elements de consum d'alta eficiència en la utilització de l'aigua calenta, com ara aixetes termostàtiques, airejadors o rentadores. En el capítol 8 d'aquest quadern es fa una descripció d'aquestes mesures i s'inclou un cartell gràfic que es pot afegir a la documentació lliurada a l'usuari.

La recepció definitiva de la instal·lació serà quan es consideri que està funcionant a ple rendiment. Molt sovint, als 10-15 dies de la posada en marxa es fa una revisió de bon funcionament del material i els equips que componen la instal·lació.

6. Manteniment de la instal·lació

Un manteniment correcte de la instal·lació és molt important per garantir-ne la durabilitat. Així, hi ha un seguit de passos i d'inspeccions que s'han d'anar fent de manera regular per assegurar que la instal·lació solar tèrmica funcionarà en perfectes condicions més temps.

Si la instal·lació està ben dissenyada, els passos que s'han de realitzar són pocs. D'altra banda, si la instal·lació ha estat mal dissenyada o mal instal·lada, poden ser moltes les fonts d'errors que caldrà anar tenint en compte durant la vida útil de la instal·lació.

El manteniment rutinari de la instal·lació està determinat pel manteniment de tots els equips que en formen part, com també pel control de l'aigua que circula pel circuit secundari i també per l'efecte dels factors climàtics de cada zona sobre la instal·lació.

Per tant, un manteniment i un control bàsic de la instal·lació consistirien principalment a procurar

que la instal·lació estigui ben plena d'aigua i ben purgada. A la vegada, si la instal·lació és per bombeig, caldria mirar que estigui ben calibrada i, si es troba en un lloc amb un clima generalment fred i propens a gelades, caldria controlar l'estat de l'anticongelant.

Durant el manteniment és molt important la inspecció visual i el control rutinari de tots els elements a fi de preveure com més aviat millor possibles avaries a llarg termini.

6.1. Operacions de manteniment més usals en un sistema d'ACS

A continuació exposem un pla tipus de treball per al manteniment preventiu d'una instal·lació d'energia solar tèrmica. La freqüència de realització del manteniment de la instal·lació que es proposa pot variar considerablement en funció del tamany, de la complexitat i del lloc on s'ubica la instal·lació.

Taula 1.- Taula de manteniment més usals en un sistema de ACS.

Element	Manteniment a realitzar	Responsable	Freqüència
Col·lector	Inspecció visual de l'estanqueïtat i la integritat.	Professional	Semestral
Placa absorbidora	Comprovar l'existència de fugues, deformacions i/o taques.	Mantenidor	Anual
Vidre	Inspecció visual (esquerdes...).	Mantenidor	Anual
Carcassa	Inspecció visual (deformacions, estat de la pintura protectora...).	Mantenidor	Anual
Connexions	Inspecció visual de la possible aparició de fugues.	Mantenidor	Semestral
Neteja	Neteja del vidre en hores de baixa irradiació (aquesta tasca és opcional en cas que els captadors siguin fàcilment accessibles).	Usuari	Aleatòria
Estructura	Comprovar si presenta corrosió i reparar-la amb mini i pintura antioxidant.	Mantenidor	Anual
Vàlvules de seguretat	Comprovar-ne el funcionament correcte (accionament manual...).	Mantenidor	Semestral
Vàlvules de tall	Obrir-les i tancar-les diversos cops per evitar que es bloquegin.	Mantenidor	Semestral
Purgadors	Comprovar-ne el funcionament.	Mantenidor	Semestral
Canonades	Comprovar possibles fuites.	Mantenidor	Semestral
Aïllament	Inspecció visual.	Mantenidor	Anual
Circuit primari	Comprovar la pressió de treball del circuit en fred.	Usuari	Setmanal
Vas d'expansió tancat	Comprovar la pressió d'omplerta d'aire.	Mantenidor	Semestral
Vas d'expansió obert	Comprovar el nivell de l'aigua.	Usuari	Semestral
Bescanviador de calor	Inspecció i neteja en cas necessari.	Mantenidor	Anual
Electrobomba	Comprovar-ne l'estanqueïtat.	Mantenidor	Semestral
Termòstat diferencial	Inspecció visual del funcionament correcte.	Usuari	Mensual
Sondes de temperatura	Inspecció visual de la ubicació correcte del sensor.	Mantenidor	Semestral
Quadre elèctric	Verificar el funcionament correcte de l'interruptor magnetotèrmic, dels diferencials, del cablejat...	Mantenidor	Anual

6.2. Altres operacions de manteniment

Les operacions de manteniment explicitades en el quadre anterior fan referència als processos de manteniment realitzat en els elements principals de la instal·lació.

A continuació s'exposa un llistat d'operacions que convé remarcar o detallar més:

- Control anual de l'anticongelant: Cal controlar que la proporció d'anticongelant en el sistema és l'adequada i, si cal, reomplir-lo. Es pot fer de dues maneres: mesurant la densitat del sistema (comprovant que no difereix més d'un 20% de la inicial) o es pot fer per inspecció visual, comparant el color de la barreja amb el color d'una barreja que contingui les proporcions exactes.
- Calibratge del sistema de control: Cal comprovar que l'interval entre el punt de tall i l'activació del sistema de control dels sensors de calent i fred coincideix amb la diferència prevista de temperatures.
- Inspecció visual detallada dels col·lectors, comprovant l'estanqueïtat del col·lector en l'aigua de pluja, la ruptura de la junta de vidre del col·lector, l'estat de les juntes de les sortides i entrades del col·lector, etc..

El RITE i el RD909/2001 estableixen els treballs de manteniment per els sistemes d'aigua sanitària calenta i freda de consum, aquells que fan referència a les revisions, neteges i desinfeccions.

6.3. Programa de manteniment

Segons el dossier *Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció*, aquest manteniment es pot estructurar en tres tipus diferents d'actuacions periòdiques:

- la vigilància
- el manteniment preventiu
- el manteniment correctiu

La vigilància és una actuació feta pel mateix usuari i està destinada a la inspecció dels paràmetres funcionals principals que determinaran el funcionament correcte de la instal·lació.

El manteniment preventiu englobaria totes aquelles accions per mantenir el funcionament, les prestacions i la protecció mínima de la instal·lació per tal d'assegurar-ne la durabilitat. El manteniment preventiu, inclou totes les operacions de manteniment i substitució necessàries per assegurar el bon funcionament del sistema durant la seva vida útil.

Finalment, el manteniment correctiu consisteix en aquelles accions que s'han de dur a terme quan, a partir d'algunes de les accions anteriors, s'ha detectat algun funcionament incorrecte i cal pal·liar-lo.

5	DIMENSIONAMENT D'INSTAL·LACIONS	
1	Establiment del consum energètic	2
2	Avaluació de l'energia solar disponible	5
3	Càlcul de l'energia aprofitada per l'equip solar	8
4	Dimensionament de la superfície de captació solar tèrmica	10
	4.1 Energia aprofitada pel sistema	10
	4.2 Càlcul de la superfície de captació	11
	4.3 Elecció de la superfície de captació	12
	4.4 Fracció solar	13
5	Elecció del volum d'acumulació	14
6	Programes de càlcul	14
7	Resum de càlculs	15

El dimensionat acurat d'una instal·lació solar tèrmica que dona servei a un edifici d'ús col·lectiu, com ara un edifici d'habitatges, un hotel, un polisportiu o un càmping, ofereix un nivell de dificultat elevat, coneixements tècnics importants i eines informàtiques de disseny.

A continuació es presenta una metodologia simplificada que permet fer el dimensionat de petites instal·lacions per a la producció d'ACS en habitatges unifamiliars, col·lectius, petits centres esportius, etc.

El dimensionament d'una instal·lació s'inicia en l'avaluació energètica del consum requerit, després s'analitza la radiació solar disponible, s'apliquen els rendiments oportuns i es prenen les decisions en funció de criteris de disseny com: la fracció solar, el cost, l'autonomia, etc.

1. Establiment del consum energètic

Pel que fa a l'aigua calenta sanitària, l'avaluació energètica del consum passa per conèixer els litres d'aigua consumida al dia pels usuaris de l'edifici en qüestió a partir de les opcions següents:

- Treballar sobre mesures realitzades en l'edifici
- Fer una previsió dels consums a partir de dades estadístiques

La segona opció és la més habitual, ja que en pocs edificis es fa la comptabilització del consum d'ACS. En la taula 1 es proposen uns consums mitjans d'aigua calenta sanitària per a cada tipus d'edifici.

Taula 1.- Consums mitjans diaris d'ACS en diferents aplicacions.

Aplicació	Consum tipus
Dutxa equipament esportiu	30 l/usuari
Consum mitjà domicilis col·lectius	35 l/persona
Consum mitjà cases unifamiliars	55 l/persona
Pensions, hostals i albergs	60 l/client
Càmpings	60 l/plaça
Hotels de tres i quatre estrelles	90 l/client
Hotels de luxe	150 l/client
Restaurants	10 l/àpat
Cafeteries	2 l/servei
Gimnasos	40 l/usuari
Hospital i clíniques	60 l/lit
Residències geriàtriques	40 l/persona
Escoles	5 l/alumne
Fàbriques i tallers	20 l/treballador

En edificis d'habitatges col·lectius cal tenir en compte un factor de simultaneïtat, perquè a mesura que augmenta el número d'habitatges també ho fa el de deshabitats o ocupats per poca gent:

Taula 2.- Factors de simultaneïtat per a edificis col·lectius d'habitatges.

$f = 1$	Per a edificis de menys de 10 habitatges
$f = 0,9$	Per a edificis de 10 a 15 habitatges
$f = 0,8$	Per a edificis de 15 a 25 habitatges
$f = 0,7$	Per a edificis de més de 25 habitatges

El càlcul del volum d'ACS d'un edifici col·lectiu resultaria d'aplicar l'expressió següent:

$$V = f \times N_{\text{habitatges}} \times n_{\text{usuaris}} \times v$$

On: V és el volum total de consum de l'edifici

f és el factor de simultaneïtat

v és el volum diari de consum d'ACS per usuari

N és el nombre total d'habitatges de l'edifici

n és el nombre d'usuaris mitjà de cada habitatge

Exemple:

Càlcul del volum d'ACS consumit per un edifici de 20 habitatges amb una ocupació mitjana de 3 usuaris per habitatge

$$V = f \times N \times n = 0,8 \times 20 \text{ habitatges} \times 3 \text{ usuaris/habitatge} \times 35 \text{ l/usuari}$$

$$V = 1.680 \text{ l/dia}$$

Un cop tenim determinat el volum d'aigua que consumiran els usuaris de la instal·lació caldrà calcular l'energia que s'ha d'aportar per aconseguir augmentar la temperatura de l'aigua de xarxa fins a la de servei. Per fer aquest càlcul primer trobarem el salt tèrmic mitjançant l'expressió:

$$\Delta t = (t_{\text{servei}} - t_{\text{xarxa}})$$

On: t_{servei} És la temperatura de l'aigua calenta de consum, normalment prendrem 45 °C .

t_{xarxa} És la temperatura a la que arriba l'aigua freda de la xarxa de distribució. Aquest valor pot ser subministrat per la companyia local i en cas de no disposar-ne es pot fer servir la taula 3 de temperatures mitjanes mensuals provincials. Alguns processos de càlcul prenen per defecte el valor de 10 °C com a valor mitjà anual.

Taula 3.- Temperatura mitjana mensual de l'aigua freda de xarxa a les províncies de Catalunya (°C).

	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre	mitjana
Barcelona	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12
Girona	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10
Lleida	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	8
Tarragona	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10

Un cop coneixem el volum diari d'aigua a escalfar i el salt tèrmic necessari calculem l'energia diària requerida mitjançant l'expressió:

$$Q = V \delta c_e \Delta t$$

On: Q és la quantitat de calor necessària (kcal)

V és el volum diari de consum (litres)

δ és la densitat de l'aigua (1kg/l com a valor de referència)

c_e és la calor específica de l'aigua (1 kcal/kg °C)

Δt és l'increment de temperatura (°C)

Exemple:

Càlcul de la quantitat de calor necessària per escalfar 100 l d'aigua a Barcelona al mes de juny fins a una temperatura de servei de 45°C

$$Q = V \delta c_e \Delta t = 100 \text{ l} \cdot 1 \text{ kg/l} \cdot 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} (45 - 15) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 3.000 \text{ kcal} = 12,56 \text{ MJ} = 3,49 \text{ kWh}$$

A l'exemple anterior s'ha fet un càlcul energètic per a l'escalfament d'un volum concret d'aigua d'un mes específic en una instal·lació per a la producció d'ACS. Aquest càlcul es pot fer a partir de valors de volum d'aigua i de salts tèrmics específics per a cada mes de l'any tal com mostra l'exemple i taula següent.

Exemple: Cas pràctic

Càlcul de la quantitat de calor necessària per produir l'ACS d'una família formada per tres persones que viuen en una masia a prop de la ciutat de Manresa durant tot l'any amb un consum d'aigua de 40 l/usuari.

Demanda energètica anual:
5.998,34 MJ = 1.666,20 kWh

Donada la importància que té la demanda d'ACS en el procés de càlcul de la instal·lació és interessant fer propostes d'estalvi d'aigua com ara:

- La col·locació d'airejadors
- Els reductors de pressió.

A més, una reducció del volum d'aigua comporta un doble estalvi energètic, el tractament en la xarxa i l'escalfament.

Un altre aspecte a considerar en el càlcul de la demanda és l'existència d'electrodomèstics amb utilització d'aigua preescalfada com rentadores o rentaplats. Aquests aparells que habitualment treballen amb programes de rentat que poden arribar als 55 o 65 °C suposen una part important del consum energètic de les llars, el fet de poder subministrar-los directament l'aigua calenta solar suposa un gran estalvi d'energia a l'usuari.

Manresa	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
Vol. ACS = 120												
T xarxa*	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
T servei = 45 °C												
Δt	37	36	34	32	31	30	29	30	31	32	34	37
Energia												
Kcal/dia	4440	4320	4080	3840	3720	3600	3480	3600	3720	3840	4080	4440
MJ/dia	18,58	18,07	17,07	16,06	15,56	15,06	14,56	15,06	15,56	16,07	17,07	18,58
KWh/ dia	5,16	5,01	4,74	4,46	4,32	4,18	4,04	4,18	4,32	4,46	4,74	5,16

*S'ha agafat la temperatura d'aigua de xarxa de Barcelona

2. Avaluació de l'energia solar disponible

L'energia disponible en un emplaçament determinat la podem avaluar a partir de:

- Mesures de radiació en el propi lloc de la instal·lació.
- Valoració de la radiació a partir d'altres instal·lacions properes.
- Valors estadístics basats en mesures d'estacions meteorològiques.

Per disponibilitat i fiabilitat, les dades de radiació que utilitzem en els nostres càlculs són les de l'Atlas de radiació solar a Catalunya, editat per l'Institut Català d'Energia del Departament de Treball, Indústria, Comerç i Turisme.

L'Atlas de radiació solar a Catalunya ofereix dades d'irradiació solar global diària sobre superfícies inclinades i amb diferents orientacions en determinades estacions.

Taula 4.- Taula de radiació solar global diària sobre superfícies inclinades ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dia}$) a Manresa per a azimuth 0

Inclinació	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Des.	Anual
0°	6,34	9,35	13,78	18,64	22,48	24,29	23,56	20,44	15,86	11,02	7,22	5,50	14,90
5°	7,16	10,23	14,62	19,26	22,83	24,49	23,83	20,96	16,66	11,91	8,07	6,28	15,55
10°	7,95	11,06	15,38	19,79	23,05	24,53	23,95	21,36	17,35	12,73	8,89	7,02	16,11
15°	8,69	11,82	16,05	20,21	23,12	24,42	23,92	21,64	17,94	13,48	9,65	7,72	16,58
20°	9,37	12,50	16,62	20,50	23,05	24,17	23,75	21,82	18,43	14,15	10,35	8,38	16,94
25°	10,00	13,11	17,09	20,67	22,90	23,77	23,47	21,87	18,80	14,72	10,99	8,98	17,22
30°	10,57	13,64	17,46	20,71	22,62	23,32	23,09	21,79	19,05	15,21	11,56	9,53	17,40
35°	11,07	14,09	17,71	20,63	22,21	22,73	22,58	21,57	19,18	15,60	12,06	10,02	17,47
40°	11,50	14,44	17,86	20,42	21,66	22,00	21,93	21,22	19,20	15,89	12,48	10,44	17,43
45°	11,86	14,71	17,90	20,08	20,98	21,14	21,15	20,74	19,10	16,09	12,82	10,80	17,29
50°	12,13	14,88	17,82	19,62	20,18	20,15	20,24	20,13	18,88	16,18	13,08	11,08	17,04
55°	12,33	14,95	17,64	19,05	19,25	19,05	19,21	19,40	18,54	16,17	13,26	11,29	16,68
60°	12,45	14,93	17,34	18,36	18,21	17,86	18,07	18,56	18,09	16,06	13,34	11,43	16,23
65°	12,49	14,82	16,94	17,56	17,11	16,67	16,93	17,61	17,53	15,84	13,34	11,50	15,70
70°	12,45	14,61	16,43	16,66	15,97	15,38	15,70	16,55	16,87	15,53	13,26	11,49	15,07
75°	12,32	14,31	15,83	15,66	14,73	14,01	14,38	15,47	16,10	15,12	13,09	11,40	14,37
80°	12,12	13,92	15,13	14,59	13,42	12,57	12,99	14,30	15,24	14,61	12,83	11,24	13,57
85°	11,83	13,44	14,34	13,47	12,04	11,12	11,54	13,05	14,29	14,02	12,49	11,01	12,71
90°	11,47	12,87	13,46	12,28	10,61	9,74	10,15	11,74	13,25	13,34	12,07	10,71	11,80

Font: Atlas de Radiació Solar ; ICAEN, 2001

A partir d'aquestes taules s'observen dues dades que cal tenir en compte a l'hora d'escollir el valor de radiació adient:

1. *La inclinació dels captadors.* En les taules apareixen dades de radiació per a superfícies inclinades de 0° a 90° amb intervals de 5°. Per escollir la inclinació òptima seguirem els criteris següents en funció de l'estació de l'any de màxima utilització de la instal·lació:

Instal·lacions d'ús estival: Inclinació de captadors = [Latitud del lloc – 10 °] A Catalunya això suposa 30° – 35°

Instal·lacions d'ús hivernal: Inclinació de captadors = [Latitud del lloc + 10 °] Per a Catalunya, 50° – 55 °.

En instal·lacions d'ús continu al llarg de l'any muntarem els captadors amb inclinació similar a la de l'hivern perquè és l'època més desfavorable donada la baixa radiació disponible.

2. *El mes de l'any.* A les taules apareixen dades de radiació global del dia mitjà de cada un dels dotze mesos de l'any, per tant la millor opció és fer un càlcul de necessitats i de superfície de captadors per a cada un dels mesos i després escollir la superfície més interessant a efectes tècnics i econòmics.

Cal tenir en compte que la radiació solar que hi ha a les taules de l'Atlas solar corresponen a mesures realitzades amb aparells de precisió. La instal·lació solar no pot aprofitar el 100 % d'aquesta radiació, ja que el vidre de la coberta del captador pla té un índex de reflexió de la radiació en funció de l'angle d'incidència.

Aquest efecte fa que la radiació solar de primeres i darreres hores del dia sigui reflectida quasi totalment. La majoria dels processos de càlcul han establert en un 6 % el valor mig de radiació no aprofitable pels captadors solars a causa d'aquest efecte.

Exemple: Cas pràctic

Determinació de la radiació solar en una masia propera a la ciutat de Manresa en la que es vol instal·lar un equip solar per a la producció d'aigua calenta d'ús continu durant tot l'any. Es considera l'azimut 0.

Inclinació de captadors: 50 °

A partir de la taula 4 obtenim els valors següents de radiació global diària a 50° d'inclinació:

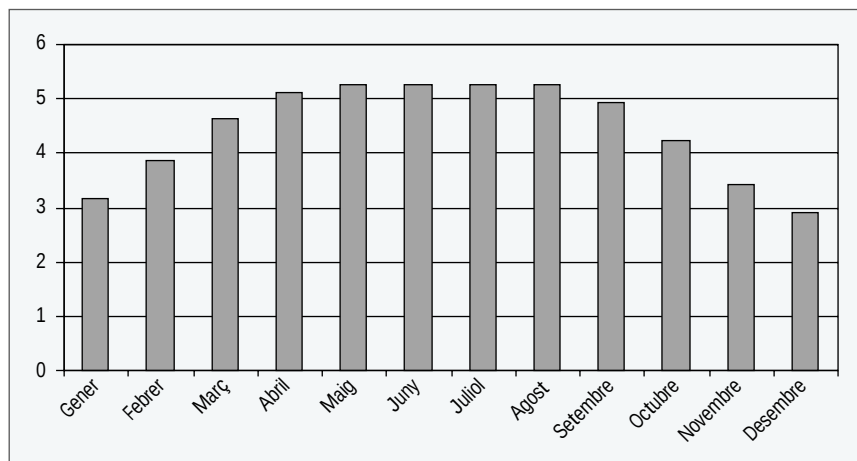
Mes	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
Radiació MJ/m²dia	12,13	14,88	17,82	19,62	20,18	20,15
KWh/m²dia	337	4,13	4,95	5,45	5,60	5,59
Mes	Juliol	Agost	Setem.	Oct.	Nov.	Des.
MJ/m²dia	20,24	20,13	18,88	16,18	13,08	11,08
KWh/m²dia	5,62	5,59	5,24	4,94	3,63	3,08

Si apliquem una reducció del 6 % sobre la radiació global corresponent a les hores del dia (sortida i posta del sol) amb valors de radiació inferiors als mínims aprofitables pels captadors obtenim els valors següents:

Mes	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
Radiació aprofitable kWh/m²dia	3,17	3,88	4,65	5,12	5,27	5,26
Mes	Juliol	Agost	Setem.	Oct.	Nov.	Des.
Radiació aprofitable kWh/m²dia	5,28	5,25	4,93	4,22	3,41	2,89

Per tal d'apreciar millor la variació de la radiació aprofitable al llarg de l'any és molt útil fer una representació gràfica.

Figura 1.- Representació gràfica de la radiació solar aprofitable.



3. Càlcul de l'energia aprofitada per l'equip solar

De l'energia que conté la radiació neta o aprofitable en un emplaçament l'equip solar només n'aprofita una part. Aquesta fracció està determinada pel rendiment i es deu principalment a les característiques del captador i a les pèrdues de calor en els elements que formen el circuit.

Del total de radiació que arriba al captador, una part és perduda per reflexió i absorció en el vidre de la coberta i la resta és captada. L'energia captada per l'absorbidor en produeix l'escalfament i per tant una part d'aquesta energia és reemesa cap a l'ambient en forma de radiació.

La proporció de radiació aprofitada pel captador respecte de la radiació aprofitable queda definida pel rendiment del captador.

El rendiment del captador no és un valor fix, ja que depèn de factors que varien durant el seu funcionament: la temperatura mitjana del captador, la temperatura ambient i la intensitat de radiació solar. Habitualment, per calcular el rendiment s'utilitza una expressió matemàtica, la correlació d'una recta que té com expressió:

$$\eta = 0,94b - \frac{m(t_m - t_a)}{I}$$

On: η És el rendiment expressat en tant per un.

b És el factor de guanys del captador, que ha de ser subministrat per assaig del fabricant, és un valor adimensional.

Aquest paràmetre està afectat per un coeficient 0,94 que corregeix l'efecte de la variació de l'angle d'incidència de la llum solar en el captador al llarg del dia, l'envelliment de la coberta i la brutícia del damunt. El valor de 0,94b s'anomena transmissància i dóna idea de l'eficiència de captació de la radiació del captador.

m És la pendent de la recta i representa el factor de pèrdues tèrmiques del captador, ha de ser subministrat per assaig del fabricant, les seves unitats són ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).

t_m És la temperatura mitjana del captador. Es proposen dues opcions:

- Escollir un valor constant al llarg de l'any, generalment el mateix valor que el fixat per a l'aigua de consum ($45 \text{ } ^\circ C$). Aquesta opció facilita el càlcul, tot i que introdueix un error en el rendiment hivernal.
- Prendre un valor diferent per a cada època de l'any, més baix a l'hivern ($35 \text{ } ^\circ C$) i més alt a l'estiu ($45 \text{ } ^\circ C$). Aquesta opció és la més recomanable, ja que permet un càlcul més exacte del rendiment.

t_a És la temperatura ambient mitjana diürna, durant les hores de sol. Cal consultar-la la taula 5.

I És la intensitat de radiació mitjana durant les hores de sol expressada en W/m^2 . Es calcula dividint la radiació solar global diària entre la quantitat d'hores de sol de la taula 6.

Taula 5. Temperatures mitjanes diürnes a Catalunya ($^\circ C$)

Mes	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Des.
Lleida	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8
Tarragona	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12
Girona	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10
Barcelona	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12

Font: Institut Català de Meteorologia.

Taula 6.- Hores de llum solar a Catalunya.

Mes	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Des.
Hores sol [h]	7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7

Font: Institut Català de Meteorologia.

Exemple:

Determinació de la radiació solar aprofitada per un captador solar pla amb els paràmetres de funcionament següents:

- Factor de guanys (b): 0,786
- Factor de pèrdues (m): 7,871 W/m² °C
- Temperatura mitjana captador: 35 °C (octubre-març)
45 °C (abril-setembre)
- Ubicació: Manresa
- Inclinació: 50°
- Orientació: Sud

En els resultats d'aquest exemple cal destacar les variacions del rendiment dels captadors previstes a l'hivern pel fet d'haver tingut en compte un valor de temperatura mitjana de treball en el captador de 35 °.

Els valors de rendiment del captador s'han expressat en tant per u, multiplicant per 100 obtenim valors percentuals.

Rendiment mitjà anual del captador: $0,421 \times 100 = 42,10 \%$

Cal tenir en compte que variant les característiques del captador escollit o de les condicions de funcionament es poden obtenir diferents valors de rendiment.

Mes	Radiació efectiva kWh/m ² dia	Hores de sol al dia	Intensitat mitjana de radiació W/m ² dia	Temperatura ambient mitjana	Rendiment captador	Radiació aprofitada pel captador kWh/m ² dia
Gener	3,17	7.5	422,66	11	0,29	0,92
Febrer	3,88	8	485,00	12	0,36	1,42
Març	4,65	9	516,66	14	0,42	1,95
Abril	5,12	9.5	538,94	17	0,48	2,44
Maig	5,27	9.5	554,73	20	0,53	2,77
Juny	5,26	9.5	553,68	24	0,58	3,06
Juliol	5,28	9.5	555,79	26	0,61	3,23
Agost	5,25	9.5	552,63	26	0,61	3,20
Setembre	4,93	9	547,77	24	0,58	2,86
Octubre	4,22	9	468,88	20	0,49	2,05
Novembre	3,41	8	426,25	16	0,39	1,32
Desembre	2,89	7	412,85	12	0,30	0,87

4. Dimensionament de la superfície de captació requerida per cobrir les necessitats

4.1. Energia aprofitada pel sistema

Del total de radiació que pot absorbir el captador només una part és aprofitada per l'usuari en forma d'ACS, la resta es perd en forma de calor residual a través de les parets de l'acumulador, les canonades, les vàlvules i la resta d'accessoris del circuit.

Avaluar amb exactitud aquestes pèrdues és molt complicat, perquè depenen de la temperatura del fluid, ACS en el secundari i fluid termòfor en el primari, com també de la temperatura ambient, la qualitat i el gruix dels aïllaments i la seva col·locació, etc.

Empíricament s'ha establert un valor de pèrdues generals del sistema que es correspon força amb la realitat de les instal·lacions en funcionament i que és del 10 al 15 % de l'energia obtinguda al captador.

Aquest valor es pot modificar fins al 8-10 % en instal·lacions on el consum està concentrat en hores de dia (instal·lacions esportives, etc.), com també en aplicacions estacionals no hivernals. També es pot ampliar fins al 20% en instal·lacions amb un desfasament horari elevat entre la producció i el consum (cases de caps de setmana, fàbriques o on no hi ha consum en tot el cap de setmana, etc...)

Aquest paràmetre ens obliga a fer una darrera operació per tal de trobar l'energia aprofitada pel sistema aplicant la reducció corresponent:

$$E_{\text{sistema}} = E_{\text{captador}} \times C_{\text{pèrdues}}$$

On:

$C_{\text{pèrdues}}$	0,90 – 0,85	en general
	0,92	en instal·lacions molt eficients
	0,80	per a instal·lacions amb desfasament

Exemple:

Determinació de la radiació solar aprofitada pel sistema a partir de les dades d'energia aprofitades del cas pràctic, tenint en compte que es troben en una instal·lació d'ACS domèstica a la ciutat de Manresa.

Factor de pèrdues considerat: 0,85

Mes	Radiació aprofitada [kWh/m² dia]	
	Captador	Sistema
Gener	0,92	0,79
Febrer	1,42	1,20
Març	1,95	1,65
Abril	2,44	2,07
Maig	2,77	2,36
Juny	3,06	2,60
Juliol	3,23	2,74
Agost	3,20	2,72
Setembre	2,86	2,43
Octubre	2,05	1,75
Novembre	1,32	1,12
Desembre	0,87	0,74
Mitjana anual	1,40	1,18

4.2. Càlcul de la superfície de captació

La superfície de captació per cobrir la totalitat de la demanda mensual prevista es limita a la realització d'un simple quocient.

$$S_{\text{captadora}} = \frac{E_{\text{de consum}}}{E_{\text{aprofitada pel sistema}}}$$

Exemple:

Càlcul de la superfície de captadors necessària per produir l'ACS d'una família formada per tres persones que viuen en una masia a prop de la ciutat de Manresa durant tot l'any amb un consum normal d'aigua segons les dades calculades en l'exemple.

Mes	Energia consum (kWh/dia)	Energia aprofitada pel sistema (kWh/m ²)	Superfície captadora (m ²)
Gener	5,16	0,79	6,56
Febrer	5,02	1,20	4,16
Març	4,74	1,65	2,86
Abril	4,46	2,07	2,15
Maig	4,32	2,36	1,83
Juny	4,18	2,60	1,61
Juliol	4,04	2,74	1,47
Agost	4,18	2,72	1,53
Setembre	4,32	2,43	1,77
Octubre	4,46	1,75	2,55
Novembre	4,74	1,12	4,22
Desembre	5,16	0,74	6,99

Aquesta dada ens permet conèixer la superfície que hauríem de tenir els captadors per tal de cobrir tota la demanda mes a mes. En aquesta taula de l'exemple s'observa com la coincidència entre màxima demanda i mínim aprofitament energètic en els mesos hivernals obligaria a la

instal·lació d'una superfície captadora triple del que es necessita per cobrir la demanda en els mesos d'estiu, on aquesta és inferior i pel contrari l'aprofitament solar és màxim.

A partir de l'anàlisi de les dades obtingudes en el càlcul mensual, el tècnic ha d'escollir la superfície òptima a instal·lar en funció de paràmetres tècnics i econòmics. Una eina d'ajuda és el càlcul de producció a partir de diferents superfícies de captació, tal com es mostra en l'exemple següent.

Exemple:

Càlcul de l'energia aprofitada per un sistema a partir de les dades anteriors per a superfícies de captació d'1, 2, 3 i 4 m².

Mes	Energia consums (kWh/dia)	Energia aprofitada pel sistema (kWh/m ²) amb superfície captadora de:			
		1 m ²	2 m ²	3 m ²	4 m ²
Gener	5,16	0,79	1,57	2,36	3,14
Febrer	5,02	1,20	2,41	3,61	4,82
Març	4,74	1,65	3,31	4,74	4,74
Abril	4,46	2,07	4,14	4,46	4,46
Maig	4,32	2,36	4,32	4,32	4,32
Juny	4,18	2,60	4,18	4,18	4,18
Juliol	4,04	2,74	4,04	4,04	4,04
Agost	4,18	2,72	4,18	4,18	4,18
Setembre	4,32	2,43	4,32	4,32	4,32
Octubre	4,46	1,75	3,49	4,46	4,46
Novembre	4,74	1,12	2,25	3,37	4,50
Desembre	5,16	0,74	1,47	2,21	2,95
Mitjana diària	4,57	1,85	3,31	4,02	4,17
Mitjana diària/m ²		1,85	1,65	1,34	1,04

Les xifres marcades simbolitzen la limitació en la producció que suposa el fet que no és possible produir més del que necessiten els consums.

4.3. Elecció de la superfície de captació

Els criteris següents serveixen d'ajuda per a l'elecció de la superfície òptima:

- Si es munten els captadors necessaris per cobrir els pitjors mesos de l'any, la instal·lació restarà sobredimensionada la resta de l'any. Això allargarà el termini d'amortització i provocarà sobreescalfaments que poden arribar a ser problemàtics.
- Si es munten els captadors justos per cobrir el millor mes de l'any durant la resta de mesos, l'aportació solar serà inferior a la demanda, de manera que alguns mesos d'hivern arribarà a ser testimonial i no assolirà el 60 % anual que exigeixen la majoria d'ordenances solars.

A més, caldrà emprar força energia de suport, per això, tot i tractar-se de l'opció òptima econòmicament, no sol ser l'escollida.

- Si s'analitzen els mesos és fàcil trobar un número de captadors lleugerament superior al d'estiu, que ens permet un funcionament 100 % solar durant 4 o 6 mesos l'any, mantenint una bona aportació d'energia a l'hivern i amb un risc mínim de sobreescalfament a l'estiu. Aquesta és l'opció sovint més raonable.

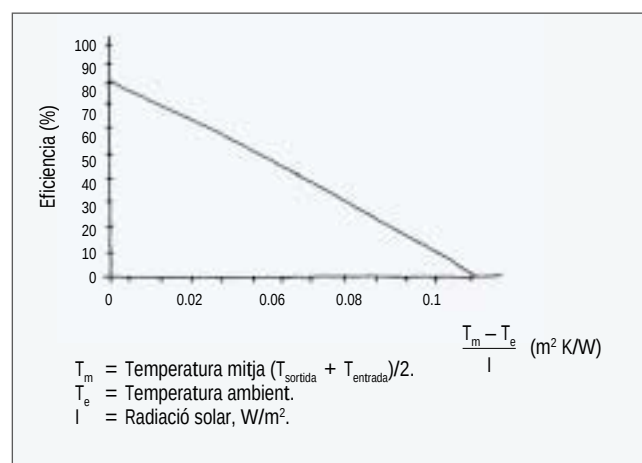
L'opció més eficaç és aquella en què tota l'energia solar produïble és consumida pels usuaris, que en el cas de l'exemple calculat seria d'1 m². Aleshores, la producció al llarg de l'any és màxima. Aquesta opció ofereix valors de cobertura solar baixos.

Continuant amb l'anàlisi de l'exemple anterior, l'elecció més correcta des del punt de vista tecnoeconòmic seria la d'una superfície de 2 a 3 m²; d'aquesta manera es poden assolir nivells elevats de fracció solar mantenint una bona eficiència. Aquests valors s'han de contrastar amb les superfícies dels models de captadors disponibles en el mercat.

Analitzant les dades de producció específica, per unitat de superfície, s'observa la pèrdua d'eficiència a partir de 3 m² de captadors on, l'augment de fracció solar no es justifica donat l'increment econòmic de la inversió.

Aquestes dades es poden apreciar millor en el gràfic de la figura 2.

Figura 2.- Gràfic de producció energètica en funció de la superfície de captació instal·lada



4.4. Fracció solar

Un cop decidida la superfície a instal·lar automàticament obtenim la producció diària de cada mes de l'any. A partir d'aquestes dades es pot calcular la proporció del consum que serà previsiblement coberta pel sistema solar, anomenada habitualment fracció solar.

$$F_{\text{solar}} = \frac{E_s}{E_c} \times 100$$

On: F_{solar} és la fracció solar

E_s és l'energia aportada pel sistema

E_c és l'energia de consum

El resultat d'aquesta operació és percentual. Aquest valor és sovint una dada orientativa de cara a l'usuari, tret de les instal·lacions ubicades en poblacions amb ordenança solar i en les que aquest valor ha de ser superior al que s'hi prefixa, generalment el 60 %.

Exemple:

Càlcul de la fracció solar mensual i de la mitjana anual per a un sistema a partir de les dades del cas en estudi.

Mes	Energia consums (kWh/dia)	Energia aprofitada pel sistema (kWh/m²) amb superfície captadora de:			
		1 m²	2 m²	3 m²	4 m²
Gener	5,16	15,23	30,46	45,69	60,92
Febrer	5,02	24,01	48,02	72,03	96,03
Març	4,74	34,90	69,80	100	100
Abril	4,46	46,42	92,85	100	100
Maig	4,32	54,51	100	100	100
Juny	4,18	62,25	100	100	100
Juliol	4,04	67,85	100	100	100
Agost	4,18	65,14	100	100	100
Setembre	4,32	56,29	100	100	100
Octubre	4,46	39,13	78,27	100	100
Novembre	4,74	23,70	47,41	71,11	94,81
Desembre	5,16	14,28	28,56	42,84	57,12
Fracció solar mitjana diària	4,57	41,90	74,60	85,90	92,40

- Les xifres marcades simbolitzen la limitació en la producció que suposa el fet que no és possible produir més del que necessiten els consums.
- En aquest exemple, 2 m² serien suficients per a superar el 60 % de fracció solar, que és el que solen demanar les ordenances solars municipals aprovades.

5. Elecció del volum d'acumulació

A partir de la superfície de captadors a muntar en una instal·lació podem escollir el volum òptim d'acumulació. Si no existeix una relació adient trobarem temperatures d'acumulació no desitjades (massa baixes per a acumuladors grans i massa elevades per a acumuladors petits).

La relació entre superfície de captadors i volum d'acumulació més apropiada per a la nostra latitud és d'entre 50 i 85 litres d'acumulador per cada m² de captador.

Recomanant els valors més baixos per als llocs on hi ha menys radiació (nord) o bé les instal·lacions amb necessitat de temperatures d'ACS elevades, utilització de rentaplats bitèrmics, i els valors més alts per als llocs més assolellats (costa i sud), i per a les instal·lacions amb necessitats d'ACS a baixa temperatura.

En instal·lacions on el consum estigui diferit de la utilització un període de temps superior a 24 h és recomanable treballar amb relacions de volum superiors, de l'ordre dels 100-125 l/m², ja que el període d'escalfament és més llarg i per tant la capacitat per escalfar aigua és superior.

Un cop definit el volum de l'acumulador, cal comprovar que no s'allunya de la recomanació que fa el RITE en la ITE 10.1.3.2, on indica que el volum d'acumulació és entre 0,80 i 1 del consum d'ACS diari previst.

6. Programes de càlcul

En el mercat hi ha una àmplia gamma de programes o paquets informàtics per al dimensionament d'instal·lacions solars tèrmiques, principalment adreçats a les aplicacions més freqüents, la producció d'ACS i la climatització de piscines.

Els programes més potents funcionen sota la filosofia de la simulació tèrmica, fan un càlcul inicial i posteriorment s'aproximen al disseny òptim a partir d'aplicar els resultats obtinguts en cada nou càlcul. Un dels més representatius és sens dubte el TRNSYS, emprat alhora en el disseny de sistemes de climatització d'edificis o en el funcionament de plantes tèrmiques industrials.

L'elevat cost i l'exigència d'ordinadors de prestacions elevades ha generat demanda suficient per a l'aparició d'altres línies de programari de menors prestacions, però totalment vàlids en el càlcul de sistemes d'aprofitament tèrmic de l'energia solar a baixa temperatura. En són una mostra T-SOL i F-CHART.

D'altres programes informàtics de càlcul, elaborats per entitats i/o empreses, es basen en un full de càlcul amb presentacions més o menys elaborades que segueix el procés de càlcul de balanç energètic diari estàtic, com el que s'ha presentat al llarg d'aquest capítol. Alguns d'aquests programes, com per exemple SOLAR TOOLS o CENSOL, han estat elaborats o adoptats pels centres de formació, perquè són senzills i econòmics.

7. Taula resum de càlculs

Exemple:

Determinació de l'equip a muntar per produir l'ACS d'una família formada per quatre persones que viuen en una masia a prop de la ciutat de Manresa durant tot l'any amb un consum normal d'aigua.

Mes	Gen.	Feb.	Mar.	Ab.	Maig	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Des.
Vol. ACS (l)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Tª xarxa	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
Tª servei	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
ΔT (°C)	37	36	34	32	31	30	29	30	31	32	34	37
Energia de consum (Kcal)	4440	4320	4080	3840	3720	3600	3480	3600	3720	3840	4080	4440
Energia de consum (MJ)	18,58	18,07	17,07	16,06	15,56	15,06	14,56	15,06	15,56	16,07	17,07	18,58
Radiació a 50° (MJ/m²)	12,17	14,48	17,66	19,62	20,28	20,42	20,65	20,77	19,77	17,09	13,71	11,55
Radiació efectiva (kWh/m²)	3,17	3,88	4,65	5,12	5,27	5,26	5,28	5,25	4,93	4,22	3,41	2,89
Hores de sol dia	7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7
Intensitat de rad. (W/m²)	422,66	485	516,66	538,94	554,73	553,68	555,79	552,63	547,77	468,88	426,25	412,85
Tª mitjana (°C)	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12
η captador	0,291	0,365	0,419	0,476	0,526	0,582	0,611	0,610	0,58	0,487	0,388	0,300
Rad. aprofitada pel captador	0,925	1,418	1,948	2,436	2,772	3,063	3,228	3,205	2,863	2,055	1,323	0,868
Radiació aprof. pel sistema	0,786	1,205	1,655	2,071	2,356	2,604	2,744	2,725	2,433	1,747	1,124	0,737
Superf. captadors (m²) per FS = 100%	6,561	4,162	2,864	2,153	1,834	1,606	1,473	1,535	1,775	2,555	4,216	6,995
RESULTATS FINALS	Superfície útil a muntar: 2 m²											
	Volum d'acumulador: 200 l											
	Fracció solar: 74,6 %											

4	CONFIGURACIONS BÀSIQUES DE SISTEMES	
1	Tipologies de connexió dels captadors	2
1.1	Connexió en sèrie	2
1.2	Connexió en paral·lel	3
1.3	Connexió mixta de captadors	4
1.4	Consideracions comunes	5
1.5	Equilibrat del camp de captació	5
2	Configuracions bàsiques de producció d'ACS	6
2.1	Termosifó en circuit directe	6
2.2	Termosifó amb doble circuit	9
2.3	Circulació forçada	11
3	Connexió dels sistemes de suport convencional	12
3.1	Connexió en sèrie	12
3.2	Connexió en paral·lel	15
4	Esquemes bàsics d'aplicacions tèrmiques de l'energia solar	17
4.1	Escalfament de l'aigua de piscina amb circuit obert	17
4.2	Escalfament de l'aigua de piscina amb circuit tancat	19
4.3	Producció d'aigua calenta sanitària en habitatges unifamiliars	21
4.4	Producció d'aigua calenta sanitària i climatització de piscina en habitatges unifamiliars	23
4.5	Producció d'aigua calenta sanitària, calefacció i climatització de piscina en habitatges unifamiliars	25
4.6	Producció d'aigua calenta sanitària col·lectiva amb acumulació distribuïda	27
4.7	Producció d'aigua calenta sanitària col·lectiva amb acumulació centralitzada	29

1. Tipologies de connexió dels captadors

En aquest capítol, hem fet una descripció dels elements bàsics que formen part d'una instal·lació solar tèrmica. Aquests elements es poden agrupar en els sectors o subsistemes següents:

- Camp de captació solar
- Acumulació de calor
- Sistema de suport
- Sistema de regulació i control

També es fa una descripció de les diferents possibilitats de configuració de sistemes solars per a la producció d'aigua calenta solar en funció dels subsistemes que l'integren, com també els elements que el formen.

Pel que fa al camp de captació d'una instal·lació solar tèrmica, l'aspecte més important a definir després de la seva superfície, és el tipus d'agrupació de captadors per poder dimensionar paràmetres com ara el cabal, el diàmetre de canonades, els suports, etc.

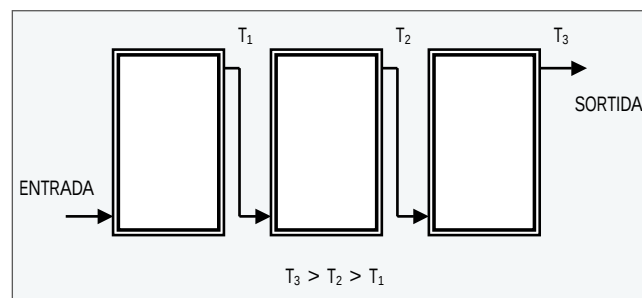
Existeixen dues opcions o tipologies bàsiques per agrupar dos o més captadors, en sèrie i en paral·lel. A més, és pot configurar un camp de captació combinant les dues agrupacions, és el que anomenem agrupacions o circuits mixtos.

1.1. Connexió en sèrie

En la connexió sèrie, la sortida del primer col·lector es connecta directament amb l'entrada del següent, i així consecutivament.

L'esquema de la figura 1 presenta aquesta configuració, la temperatura del fluid d'entrada en cada col·lector és superior a la del captador precedent, de manera que a la sortida de la bateria o grup de captadors podem obtenir temperatures més altes que si treballéssim amb el salt tèrmic d'un sol captador.

Figura 1.- Esquema d'una bateria de captadors connectats en sèrie.



Les fletxes indiquen el sentit del fluid termòfor. T1, T2 i T3 són les temperatures de sortida de cada captador.

Aquest tipus de connexió té un inconvenient: el rendiment dels col·lectors va disminuint proporcionalment amb l'augment de la temperatura de treball; per tant, aquesta tipologia de connexionat no s'acostuma a emprar, únicament s'utilitza en aplicacions molt particulars i, en cap cas, s'haurien de connectar més de 3 col·lectors en sèrie, segons dicta la ITE 10.1 del RITE.

De fet, el Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) indica textualment:

"ITE 10.1.3.1Dins de cada fila els col·lectors es connectaran en paral·lel. Només poden disposar-se en sèrie quan la temperatura d'utilització de l'aigua calenta sigui superior a 50 °C. No s'han de connectar en sèrie més de tres col·lectors ni més de tres files de col·lectors connectats en paral·lel."

1.2. Connexió en paral·lel

En la connexió en paral·lel, tant la sortida com l'entrada dels captadors estan connectades a punts d'entrada i sortida comuns a la resta de captadors.

Amb aquesta configuració, la temperatura del fluid d'entrada és la mateixa en tots els captadors i passa el mateix amb les temperatures de sortida, de manera que a la sortida de la bateria o al grup de captadors obtenim la temperatura com si treballéssim amb el salt tèrmic d'un sol captador. Per tant, tots els captadors treballen en el mateix punt de la corba de rendiment.

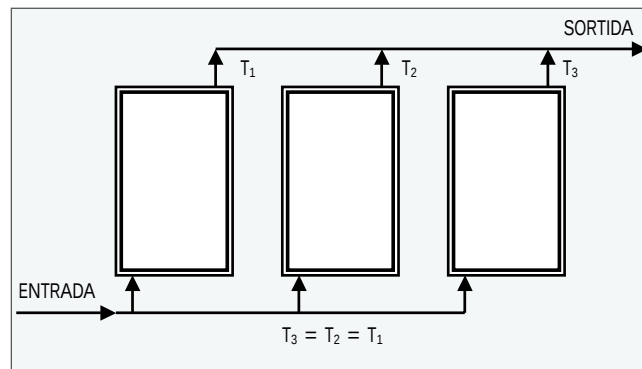
La connexió en paral·lel és la més habitual en les instal·lacions solars tèrmiques realitzades a Catalunya, ja que és la més eficient i rendible. De fet, la connexió en paral·lel és la indicada segons el RITE, en la ITE 10.1.3.

A partir dels esquemes reproduïts en les figures 2 i 3 es poden apreciar les diferències bàsiques en el connexionat de mòduls que integren una bateria de captadors connectats en paral·lel.

- Quan els captadors emprats només tenen dues preses, una d'entrada i l'altra de sortida, la connexió en paral·lel obliga a muntar dues canonades auxiliars, una d'anada i l'altra de retorn, que actuen com a col·lectors i als que es van connecten els captadors.

Aquesta tipologia comporta la utilització de més accessoris i més mà d'obra, per contra, és una tipologia que permet ajustar els captadors lateralment, fet que permet una millor integració, sempre que es doni una solució eficaç al recorregut de les canonades auxiliars.

Figura 2.- Esquema d'un camp de captadors connectats en paral·lel emprant captadors de 2 preses

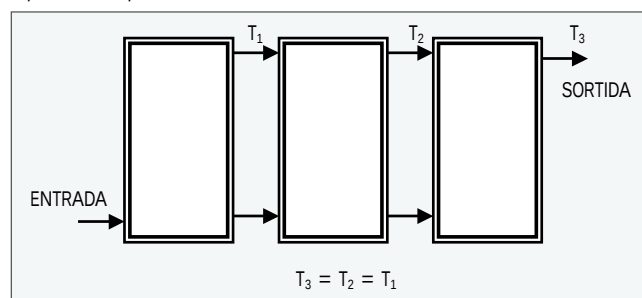


- Els captadors de quatre preses laterals, dues a cada banda, permeten la connexió en paral·lel aprofitant elements interns del propi captador com a canonada de distribució del fluid termòfor.

Aquesta opció estalvia materials i temps d'execució de la instal·lació, fet que ha portat a la majoria dels fabricants a emprar aquesta tipologia de captadors.

A més, al mercat hi ha cada cop més productes que permeten que el camp de captació sigui de fins a 10 m² en un sol element constructiu premuntat i connectat en fàbrica.

Figura 3.- Esquema d'un camp de captadors connectats en paral·lel emprant captadors de 4 preses laterals



1.3. Connexió mixta de captadors

En algunes ocasions, el volum dels captadors i/o la necessitat de temperatures més elevades dóna com a resultat instal·lacions que combinen la disposició en sèrie i en paral·lel. A aquesta tipologia l'anomenem mixta.

El RITE especifica que les instal·lacions mixtes poden estar formades per:

- Connexió en paral·lel de bateries formades per un màxim de tres captadors connectats en sèrie.
- Connexió d'un màxim de tres bateries en sèrie formades per captadors en paral·lel.

Figura 4.- Esquema d'un camp de captadors mixt format per 2 bateries en paral·lel de tres captadors connectats en sèrie cadascuna.

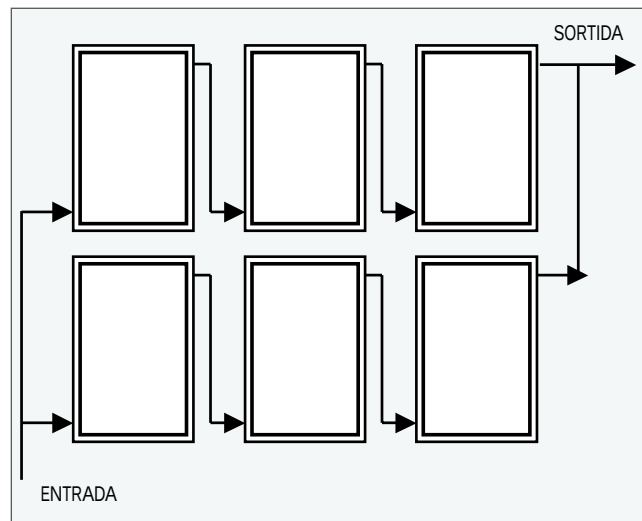
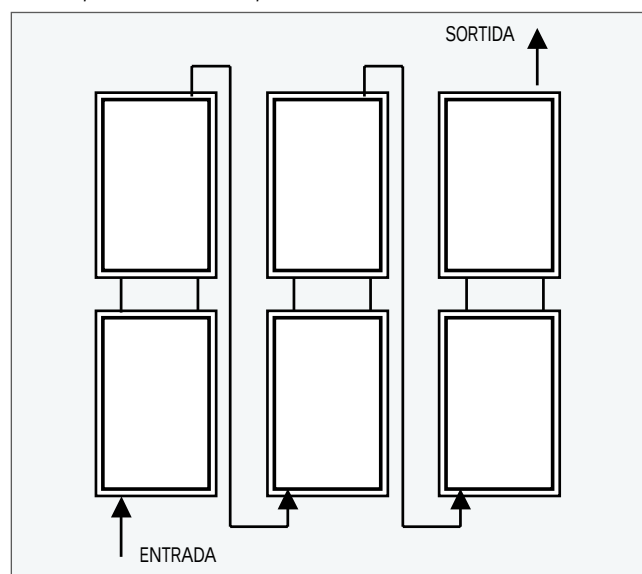


Figura 5.- Esquema d'un camp de captadors mixt format per 3 bateries en sèrie de dos captadors connectats en paral·lel cadascuna.



1.4. Consideracions comunes

Independentment de la solució adoptada pel que fa a la configuració del camp de captadors, hi ha una sèrie de consideracions a tenir en compte a l'hora de distribuir-los en bateries i de connectar-les entre si.

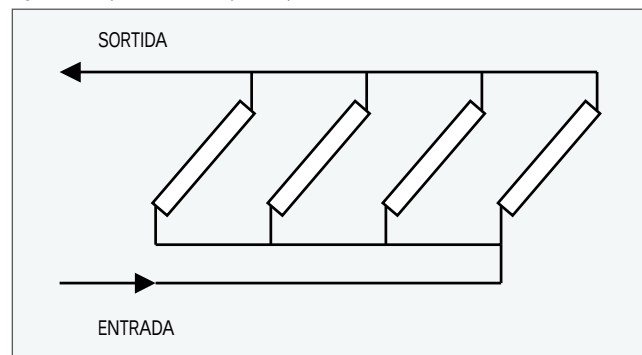
- La disposició dels col·lectors ha de facilitar les operacions de reparació i manteniment, com també el desmuntatge fàcil per a possibles substitucions.
- La longitud de les canonades ha de ser la més curta possible per tal d'evitar les pèrdues de càrrega i de calor.
- S'ha d'evitar la formació de bosses d'aire en el circuit, per això en els trams de canonada horitzontals es deixarà com a mínim una pendent de l'1 % i s'evitarà produir l'efecte sífó en trams molt sinuosos, tal com estableix el RITE.
- El camp de col·lectors haurà de tenir equilibrada la pèrdua de càrrega entre les diferents bateries de col·lectors de manera que el cabal circulanti sigui similar entre tots ells.

1.5. Equilibrat del camp de captació

Bàsicament, hi ha dues metodologies per aconseguir equilibrar el cabal de fluid termòfor en un camp de captadors:

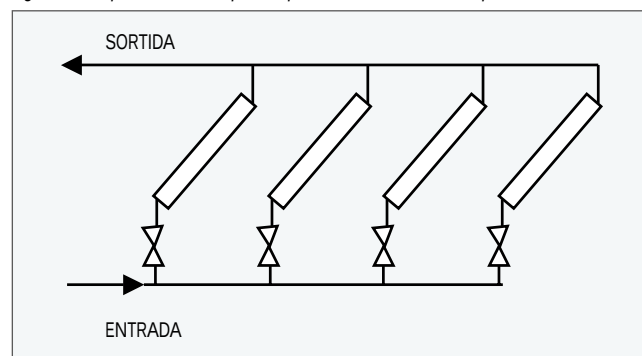
1. Igualant la longitud dels circuits. Això s'aconsegueix amb el que s'anomena retorn invertit. És a dir, igualar la longitud de canonades de connexió de tots els captadors per tal de que el fluid tingui la mateixa pèrdua de càrrega.

Figura 6.- Esquema d'un camp de captadors amb retorn invertit.



2. Inserint pèrdues de càrrega mitjançant la disposició de vàlvules d'equilibrat a l'entrada de les bateries de col·lectors. Així a menor longitud de circuit s'aplica més pèrdua de càrrega amb la vàlvula corresponent.

Figura 7.- Esquema d'un camp de captadors amb vàlvules d'equilibrat.



2. Configuracions bàsiques de producció d'aigua calenta sanitària (ACS)

L'aplicació principal dels sistemes solars tèrmics a baixa temperatura és la producció d'aigua calenta sanitària. Aquest fet està motivat per les raons següents:

- És l'aplicació tèrmica més estesa en el sector residencial i serveis.
- Es tracta d'una utilització amb consum continuat al llarg de l'any.
- Les temperatures de treball són assequibles per als captadors solars plans i permeten que treballin a un bon rendiment força mesos de l'any, tenint en compte el nostre clima.
- Les dimensions del sistema són fàcilment encabibles en l'estructura dels habitatges.
- Les ordenances solars que s'estan aprovant fan obligatòria la producció d'ACS amb energia solar sota certes condicions.
- No produeixen emissions de CO₂ a l'atmosfera.

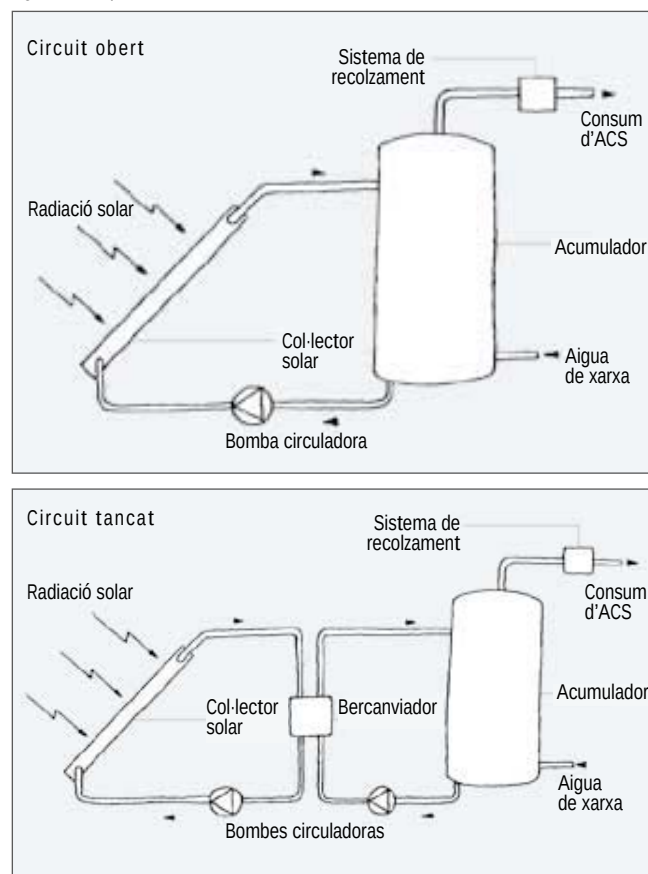
A continuació, es detallen les configuracions o les tipologies més bàsiques que poden tenir les instal·lacions solars per a la producció d'ACS en funció dels circuits primari i secundari.

2.1. Termosifó en circuit directe

La primera classificació d'aquests sistemes es pot fer a partir de com es tracta el fluid de consum, l'aigua. Existeixen dues possibilitats:

- Circuit directe o obert, on l'aigua de consum és el mateix fluid que circula per l'interior del captador.
- Circuit indirecte, tancat o doble, on l'aigua de consum s'escalfa per intercanvi de calor d'un fluid termòfor que circula pels captadors sense que es barregin ambdós fluids.

Figura 8.- Esquemes de flux de sistemes solars tèrmics: circuit obert i circuit tancat.

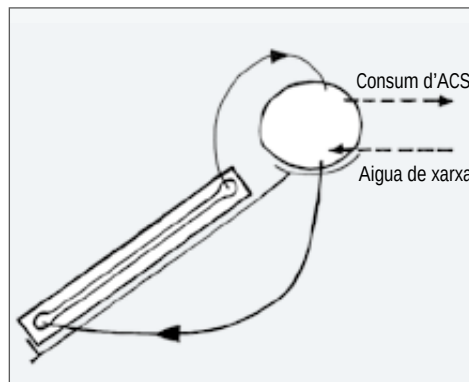


Els sistemes amb circuit obert tenen l'avantatge principal de presentar un esquema de muntatge més senzill, integrat per menys elements, la qual cosa el fa més econòmic i eficient. En no disposar d'intercanvi de calor s'eviten les pèrdues d'aquesta etapa. Aquests sistemes, però, presenten una sèrie de problemes que en limiten força l'aplicació, la corrosió, l'envelliment accelerat del captador, el risc de glaçades i el treball de tots els elements a pressió de xarxa.

Aquests sistemes oberts funcionen generalment amb circulació natural o termosifó, el pas de l'aigua entre els captadors i l'acumulador es fa aprofitant la convecció natural produïda per la diferència de temperatura entre l'aigua que hi ha als captadors i la que hi ha a l'acumulador. Perquè es produeixi aquesta circulació natural cal que l'acumulador estigui situat físicament en la part superior del circuit tal com es mostra en la figura 9.

Els fabricants han optat per construir aquests sistemes compactes o del tipus *kit*, en què tots els elements (captadors, acumulador i elements de connexió) són subministrats com un conjunt prefabricat i se situen sobre una mateixa estructura. Col·loquialment aquesta configuració també es coneix amb el nom d'equips amb motxilla, donada la ubicació a la part alta i posterior de l'acumulador, tal com es pot apreciar en la figura 10. En aquests casos l'acumulador sol ser horitzontal.

Figura 10. - Esquema de fluxos energètics d'un equip termosifó en circuit directe.

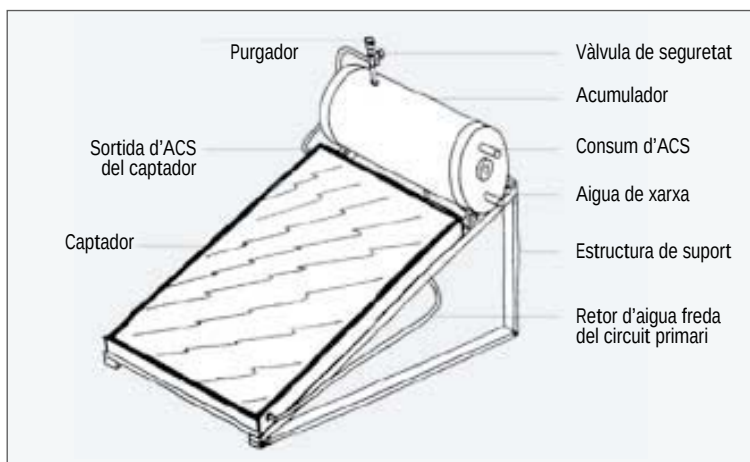


Funcionament del sistema termosifó

L'aigua que omple l'acumulador queda estratificada per temperatura, és a dir, la part superior és més calenta que la inferior. La part inferior de l'acumulador està hidràulicament connectada a la zona baixa del captador; per tant, aquesta aigua més freda del circuit també omple el captador.

Quan el sol incideix en el captador, l'aigua que conté s'escalfa i perd densitat. Aquest fluid lleuger puja cap a la part alta de l'acumulador i és reemplaçat per aigua freda que entra per la part baixa del captador.

Figura 9. - Equip de producció d'ACS del tipus termosifó compacte.



Aquesta circulació es produeix sempre que la radiació solar genera un gradient positiu de temperatura entre la part alta del captador i la part inferior de l'acumulador, a més salt tèrmic, més cabal circulant. És un equip que no requereix cap equip de control.

En els moments en què la radiació no pot generar el gradient de temperatura, de nit o amb núvols compactes, la circulació s'atura.

Quan es produeix aquesta aturada en la circulació l'aigua del captador es refreda. Existeix el risc que aigua calenta del dipòsit pugui entrar per la part alta del captador, circulació inversa, i això s'evita emprant dues tècniques:

- Mantenint una separació física entre la part superior del captador i la part inferior de l'acumulador (10 – 15 cm).
- Col·locant una vàlvula antiretorn en la canonada inferior de l'equip. Aquesta opció permet col·locar l'acumulador una mica més baix, de manera que es redueix l'impacte visual i la resistència al vent.

Característiques que han de complir els elements de la instal·lació

Captadors solars

En aquests sistemes la circulació de l'aigua a través del captador no és forçada per cap element mecànic, convé que la pèrdua de càrrega (resistència al pas de l'aigua) sigui mínima o, el que és el mateix, que els tubs que formen la graella siguin del màxim diàmetre possible.

Com que la circulació del fluid es deu al gradient tèrmic entre el captador i l'acumulador, funcionen millor els captadors anomenats verticals que no pas els horitzontals. (Vegeu el capítol 3).

Ara bé, per facilitar la integració arquitectònica i reduir l'impacte visual, alguns fabricants munten captadors plans horitzontals als seus equips compactes.

Acumulador

Tot i que tècnicament seria millor muntar acumuladors verticals, on l'estratificació de la temperatura és superior (fet que potencia la circulació per convecció), els criteris d'integració fan que la majoria dels equips del mercat incorporin acumuladors horitzontals que guarden millor simetria estètica amb el conjunt.

Una altra característica a tenir en compte és que les preses d'aigua siguin d'un diàmetre similar al de la canonada d'unió per tal d'evitar les pèrdues de càrrega que representen les reduccions i que, en cap cas, han de ser inferiors a 22 mm.

També és important que l'entrada d'aigua freda estigui a la part inferior del tanc per tal d'evitar que aquesta refredi la zona de calenta quan es produeix entrada d'aigua nova.

2.2. Termosifó amb doble circuit

El doble circuit o indirecte implica que l'aigua de consum és diferent de la que circula per l'interior dels captadors solars. Això ens permet:

- Estabilitzar la corrosió en els captadors
- Afegir additius anticongelants en el fluid termòfor del primari

Funcionament

Quan arriba prou radiació solar, valors superiors a 200 W/m^2 , el fluid que circula a través dels captadors augmenta de temperatura i cedeix aquesta escalfor a la camisa de l'acumulador, que funciona com a bescanviador, sense barrejar-se amb l'aigua de consum de l'interior tal com s'indica a la figura 11.

El funcionament en el circuit primari és per termosifó. La diferència de temperatura habitual en les boques del captador ($T_2 - T_1$) sol ser de 5 a 10°C depenent del nivell d'insolació.

A mesura que s'escalfa, l'aigua de l'acumulador s'estratifica per temperatura, és a dir, la part alta és ocupada per aigua calenta i en la part baixa queda l'aigua més freda. En acumuladors verticals aquest gradient de temperatures pot arribar a ser de 15°C . En acumuladors horitzontals aquest gradient baixa a només $4 - 5^\circ\text{C}$.

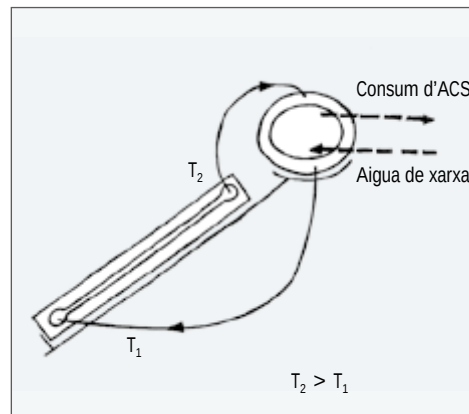
Característiques que han de complir els elements de la instal·lació

Captadors solars

En aquests sistemes, la circulació de l'aigua a través del captador no és forçada per cap element mecànic, per tant convé que la pèrdua de càrrega sigui mínima, és a dir, que els tubs que formen la graella siguin del màxim diàmetre possible (recomanem 22 mm per als tubs col·lectors i 12 mm per als tubs travessers).

La pressió del circuit primari és d'1 a 2 bars, per tant es poden emprar captadors dissenyats per a suportar pressions màximes de treball de 3 bars.

Figura 11.- Esquema de fluxos energètics d'un equip termosifó amb doble circuit. Primari tancat i secundari de consum.



Acumulador

L'acumulador emprat en els equips amb funcionament per termosifó en circuit indirecte sol ser de tipus doble envoltant.

En aquest tipus de muntatge el millor seria poder emprar acumuladors verticals per aprofitar l'estratificació de la temperatura, però els condicionants d'integració estètica fan que la majoria dels equips incorporin acumuladors horitzontals.

Una altra qualitat a considerar és que les preses d'aigua, dels components del circuit primari, siguin d'un diàmetre similar al de la canonada d'unió per tal d'evitar les pèrdues de càrrega que representen les reduccions.

És important també que l'entrada d'aigua freda estigui situada a la part inferior del tanc per tal d'evitar que aquesta refredi la zona d'aigua calenta quan es produeix entrada d'aigua nova.

Sistema de control

En els equips termosifònics no hi ha necessitat de col·locar elements de control de la circulació perquè l'impuls de l'aigua es realitza sense la intervenció de cap element electromecànic.

Ara bé, pel fet de tenir dos circuits separats cal preveure la incorporació dels elements de seguretat adients a cadascun:

- Circuit primari. Pel fet de ser un circuit tancat amb força contrast de temperatures en moments d'insolació o d'absència de radiació, cal incorporar un vas d'expansió, generalment tancat. A més, col·locarem una vàlvula de seguretat, normalment tarada a 3 bars. Caldrà tenir en compte que com que es tracta d'un circuit tancat ha d'anar provist d'un purgador en la zona més elevada.

Existeixen en el mercat uns equips que representen una variant del termosifó clàssic, es tracta dels anomenats termosifons de perfil baix. En aquests equips l'acumulador no està per sobre del captador sinó que està situat al seu darrere. Aquesta posició obliga a incorporar una vàlvula antiretorn per evitar la circulació inversa del fluid termòfor a la nit.

- Circuit secundari. Posarem una vàlvula de seguretat tarada a 7 bars de pressió. També caldrà avaluar la possibilitat d'incorporar una vàlvula de regulació de pressió a l'entrada de l'acumulador i una vàlvula mescladora a la sortida per tal d'estalviar aigua i energia.

2.3. Circulació forçada

En la majoria dels sistemes tèrmics d'energia solar muntats a Catalunya la ubicació dels captadors està a una cota superior a la de l'acumulador, per exemple: captadors a la teulada i acumulador dins de l'habitatge o camp de captadors al terrat i acumuladors distribuïts als safareigs d'habitatges col·lectius, etc.

En aquestes situacions l'aigua que circula entre els captadors i l'acumulador no ho pot fer per convecció natural, ja que la part més calenta (captadors assolellats) ja es troba al punt més alt de la instal·lació i no hi ha cap força natural que faci pujar l'aigua freda de l'acumulador que ja està en el punt més baix i és la més pesada. Per tant, caldrà forçar aquesta circulació del fluid.

Funcionament del sistema

L'aigua circula per l'impuls d'una bomba o un circulador elèctric des de la part inferior de l'acumulador —zona més freda— en direcció a la part baixa dels captadors, com il·lustra el diagrama de la figura 12. Aquest circulador ha de tenir potència suficient per aconseguir establir el cabal de disseny vencent les pèrdues de càrrega hidràulica del circuit primari.

Característiques que han de complir els elements de la instal·lació

Captadors solars

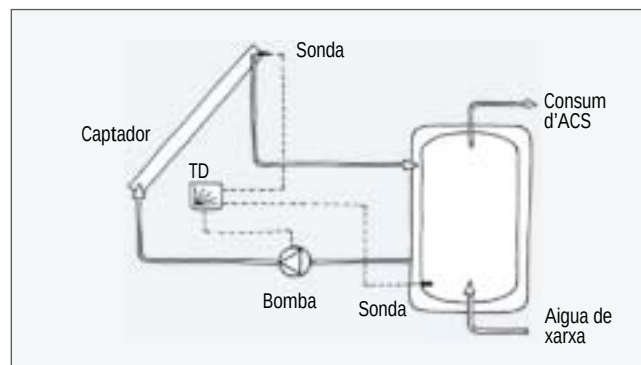
Els captadors solars i la valvuleria de connexió que formen el camp de captació d'una instal·lació forçada poden ser de diàmetres inferiors respecte als sistemes termosifònics sempre que la bomba circuladora sigui prou potent.

Com la circulació del fluid és forçada es poden utilitzar indistintament captadors verticals i/o horitzontals. No obstant això, en el mercat predominen els captadors verticals.

Acumulador

Aquest tipus de sistema permet la utilització de variants pel que fa a l'acumulador, ja que el circulador farà passar l'aigua a través d'ell directament o pel bescanviador que incorpori. El diagrama de fluxos de la figura 12 mostra un equip amb circulació forçada amb acumulador de doble envoltent.

Figura 12.- Diagrama de flux energètic d'un equip solar per a la producció d'aigua calenta sanitària (ACS) amb circulació forçada i doble circuit.



Com els sistemes amb circulació forçada solen ser amb circuit tancat, caldrà tenir en compte la purga d'aire de tots elements, incloent-hi el bescanviador, especialment si és integrat a l'acumulador.

Sistema de control

En els equips amb circulació forçada cal controlar i regular el funcionament de la bomba de manera que només impulsi l'aigua en els moments en què hi ha guany energètic, és a dir, aquells moments en què faci sol i que la temperatura de l'aigua dels captadors sigui superior a la de l'acumulador.

L'aparell encarregat de fer això és el termòstat diferencial, que compara les temperatures de plaques i acumulador, connectant o desconnectant la bomba en funció de quina és superior.

Existeixen, però, altres possibilitats de control que escollirem segons la complexitat i/o les funcions de la instal·lació:

- Utilització d'una fotocèl·lula que dona l'ordre de connexió de la bomba a partir d'una intensitat de radiació solar predeterminada, amb una cèl·lula de 200 W/m² és suficient.
- En instal·lacions complexes, amb diferents aplicacions de l'energia solar tèrmica, el control el pot fer un autòmat programable que decideix, en cada moment, si es posa en marxa o no la bomba, com també les diverses electrovàlvules del circuit, en funció no només de la radiació disponible sinó també de les temperatures d'acumulació i, fins i tot, basant-se en previsions de consums estacionals.

3. Connexió dels sistemes de suport convencional

La incorporació d'un equip convencional de suport permet al sistema solar de producció de calor assegurar el subministrament als usuaris en condicions de climatologia adversa o de consums més elevats dels previstos.

A continuació, es defineixen aquests equips, la millor manera d'integrar-los en el sistema i els paràmetres de regulació del seu funcionament.

3.1. Connexió en sèrie

Descripció

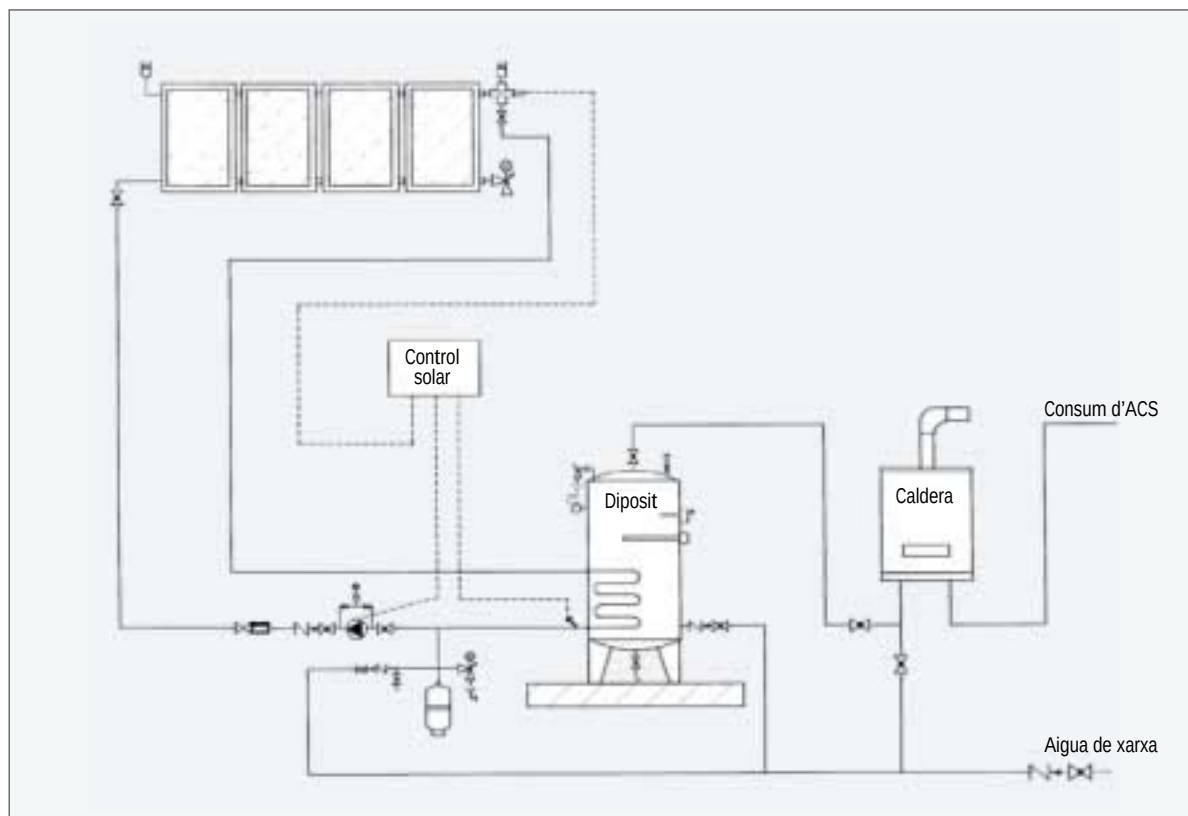
Els equips de suport connectats en sèrie aporten la seva energia a la sortida de l'acumulador solar. D'aquesta manera podem dir que el sistema està format per un preescalfament solar amb temperatura variable en funció de la insolació i del nivell de consum i, d'un sistema de preparació final amb la temperatura de consum establerta en el disseny del sistema.

Funcionament

El sistema solar escalfa l'aigua procedent de la xarxa augmentant la seva temperatura progressivament segons el nivell de radiació disponible. En el moment que es produeix una demanda per part dels diferents consums d'ACS del sistema es poden produir les situacions següents:

- Si l'aigua escalfada amb el sol està a una temperatura igual o superior a la prefixada en el sistema 50 - 55 °C, aquesta aigua se serveix directament als consums sense que s'activi el sistema convencional de suport. En aquests moments tota l'energia servida procedeix de l'aprofitament solar.
- Si l'aigua de l'interior de l'acumulador està a una temperatura inferior a la prefixada l'equip convencional s'activa aportant l'energia necessària per assolir la temperatura prefixada pel sistema. En aquests moments una part de l'energia servida procedeix de l'aprofitament solar i la resta és convencional.

Figura 13.- Esquema hidràulic d'una instal·lació solar per la producció d'ACS amb caldera de gas modular de suport acoblada



- En cas de climatologia adversa, si no hi ha escalfament solar, el sistema convencional de suport ha d'escalfar completament l'aigua de xarxa dins l'acumulador. En aquest cas tota l'energia servida és convencional.

Característiques dels equips convencionals

Per a una bona integració, una eficiència del sistema i una durabilitat dels equips convencionals acoblats en sèrie al sistema solar de producció de calor aquests han de tenir les característiques següents:

- Si l'equip convencional és de producció instantània, sense acumulació, aquest ha de ser capaç de modular la seva potència amb prou marge i velocitat per adaptar-se a les variacions de temperatura de l'aigua subministrada pel sistema solar.
- Tots els components de l'equip convencional de suport han d'haver estat dissenyats per mantenir llarga durabilitat rebent aigua preescalfada.
- La potència i la capacitat d'escalfament del sistema convencional ha de ser dimensionada per poder cobrir la totalitat del consum quan l'aportació solar sigui nul·la.

Regulació i control

El paràmetre principal que s'ha de regular en aquest tipus d'instal·lació és l'aportació energètica del sistema convencional o auxiliar i, el paràmetre de control és la temperatura final de l'aigua de consum.

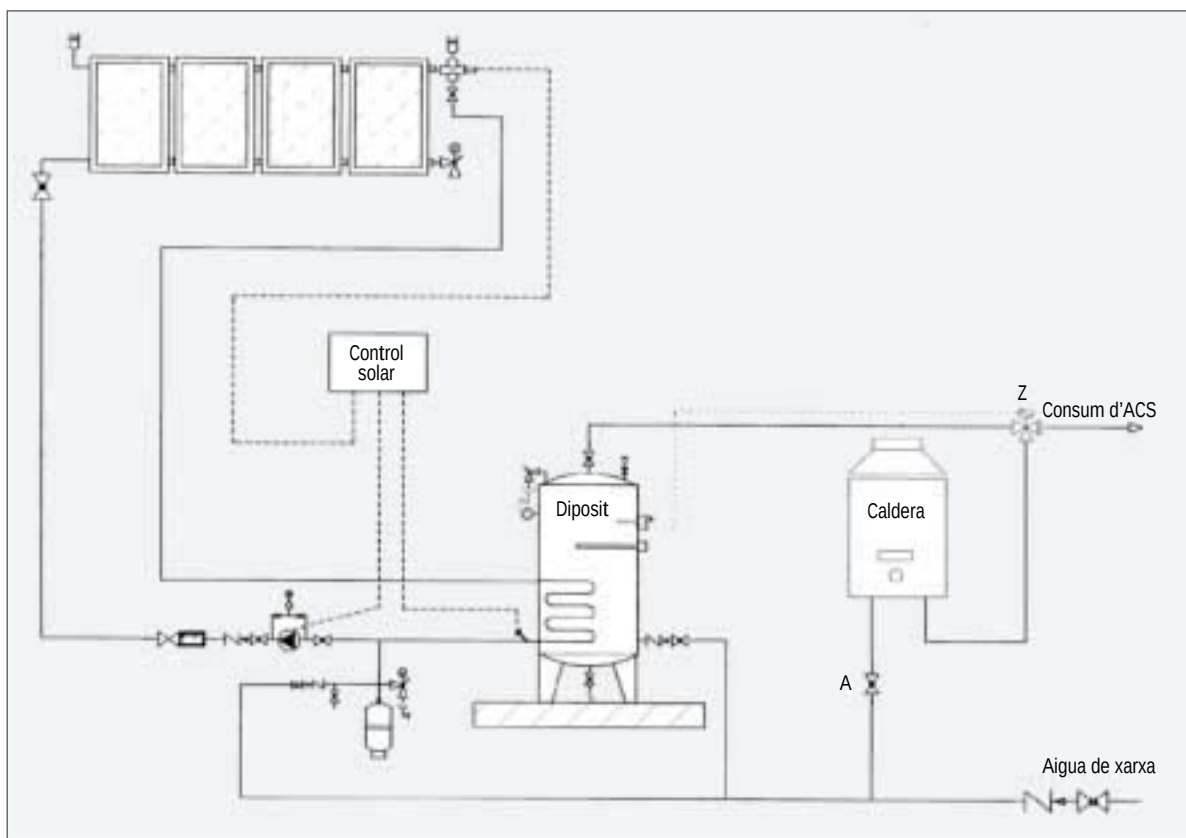
S'ha d'evitar que la temperatura de consum es dispari ja que es sumarien les aportacions de calor solar i dels sistema convencional, mantenint la premissa d'optimitzar l'estalvi d'energia convencional. Això ho aconseguim de maneres diferents depenent de l'equip de suport emprat:

- Si l'equip convencional és instantani, ha d'incorporar sensors de temperatura que informin al circuit de control per tal que aquest moduli la potència del cremador. En el mercat hi ha pocs equips que ho facin correctament, per tant caldrà demanar aquesta informació específica al subministrador abans d'escollir l'equip que s'ha de muntar.
- Si l'equip convencional no és instantani, és a dir, si suposa un segon acumulador que es manté a la temperatura de consum, simplement caldrà dissenyar-ho de manera que tingui capacitat de producció suficient per cobrir el 100 % del subministrament en moments de climatologia adversa. Caldrà tenir cura de no sobredimensionar aquest sistema per tal d'evitar pèrdues tèrmiques en el volum acumulat.

Exemple:

Un escalfador instantani de gas de potència fixa com a equip de suport en sèrie en un sistema de producció d'ACS solar podria donar temperatures a l'aigua de consum propera a 100 °C, quan rep aigua de l'acumulador solar a 60 o 70 °C, temperatures d'acumulació que són força habituals.

Figura 14.- Esquema hidràulic de la connexió en sèrie d'un escalfador de gas no modular com a equip convencional de suport.



3.2. Connexió en paral·lel

Descripció

Els equips de suport connectats en paral·lel fan una aportació energètica en el mateix punt del circuit que ho fa el sistema solar, és a dir a l'acumulador.

Funcionament

L'acumulador solar és escalfat pel camp de captació a través del bescanviador situat a la part inferior, part més freda. L'aigua escalfada té tendència a pujar i ocupar la zona més elevada del dipòsit, deixant el fluid més fred i pesat en la zona d'escalfament solar i permetent d'aquesta manera que els captadors treballin a bon rendiment.

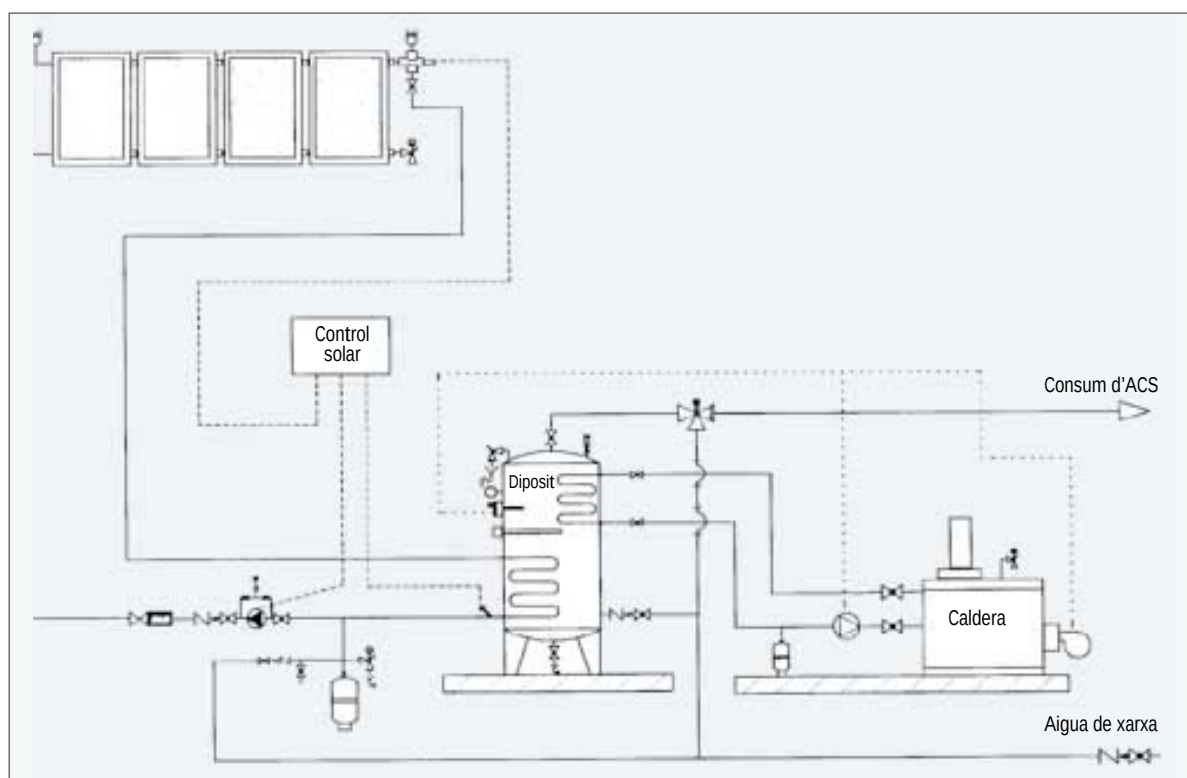
Paral·lelament, l'equip de suport escalfa la part superior de l'acumulador i aporta calor a través d'un segon bescanviador situat en aquesta zona, sempre que la temperatura sigui inferior a la prefixada. L'aigua escalfada per la caldera, com està més calenta, no baixa a la part inferior, per tant es crea una separació virtual dels sistemes, de manera que quasi podríem dir que l'aigua és preescalfada amb energia solar i posada en servei per la caldera.

Característiques del sistema

Les característiques principals d'aquest sistema són:

- L'acumulador ha de ser vertical per mantenir la màxima estratificació possible de temperatures i evitar que l'acumulador sencer pugui ser escalfat amb l'energia convencional. Cal evitar la utilització d'aquest sistema quan s'emprin acumuladors horitzontals on no hi ha marge per a l'estratificació.

Figura 15.- Esquema hidràulic d'una instal·lació solar amb suport d'una caldera en paral·lel.



- El bescanviador de la caldera ha de tenir potència suficient per poder preparar l'ACS demanada pels consums en absència d'aportació solar, en dies ennuvolats, en consums extraordinaris, en avaries, etc.
- L'equip convencional treballa a règim, fet que permet ajustar-lo a l'eficiència màxima.
- Es recomana incorporar aquesta tipologia de connexió de l'equip de suport en sistemes amb acumuladors de fins a 1.000 l de volum, tal com indica el document Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció, d'APERCA.

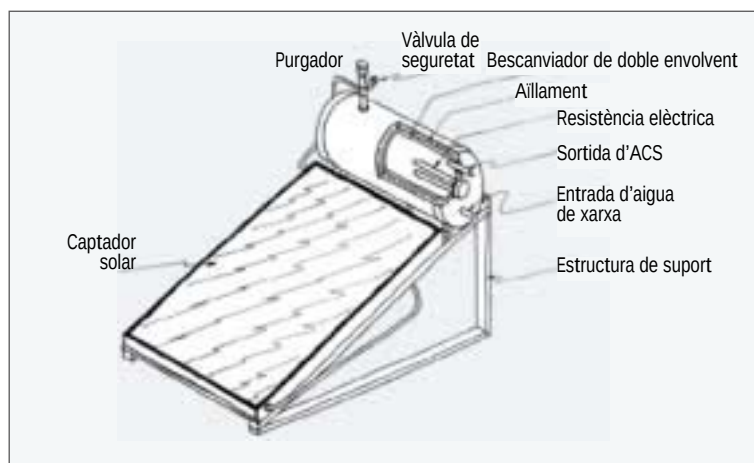
Regulació i control

La regulació de l'equip convencional es fa per termòstat amb sonda d'immersió, aquest s'ha d'ajustar a la temperatura correcta per subministrar l'aigua dels consums. És important limitar aquesta temperatura a valors de 55 °C per tal de reduir l'aportació del sistema convencional al mínim i garantir una fracció solar màxima.

D'altra banda, és molt important col·locar correctament les sondes d'immersió en l'acumulador. Zona superior de l'acumulador per a l'equip convencional i zona inferior per a la sonda d'acumulador del termòstat diferencial.

Aquesta tipologia s'adapta perfectament als procediments d'augment de la temperatura periòdics de fins a 70 °C durant 2 hores mitjançant l'aportació de calor de l'equip convencional tal com estableix el Reial Decret 909/2001 per al control de la legionel·la.

Figura 16.- Equip compacte amb escalfament elèctric de suport.



4. Esquemes bàsics d'aplicacions tèrmiques de l'energia solar

A continuació, farem una descripció breu dels sistemes emprats en les aplicacions més habituals d'aprofitament tèrmic de l'energia solar.

4.1. Escalfament de l'aigua d'una piscina amb circuit obert

Descripció

Com estableix el RITE, l'escalfament de piscines descobertes s'ha de fer a partir d'energies renovables. D'entre elles la solar tèrmica és la més estesa.

El sistema amb circuit obert utilitza l'aigua de la pròpia piscina en el camp de captació. Aquest fet, sumat a la baixa temperatura requerida per l'aplicació, sovint per sota de l'ambient, determina la tecnologia emprada.

Funcionament

En aquesta aplicació l'aigua de la piscina és impulsada per la bomba de l'equip de filtració, des dels *skimmers* i/o preses de fons i neteja fons. Un cop filtrada, l'aigua de la piscina passa pel camp de captació per tal d'absorbir l'escalfor procedent de la radiació solar i retornar al vas de piscina.

Característiques que han de complir els elements de la instal·lació

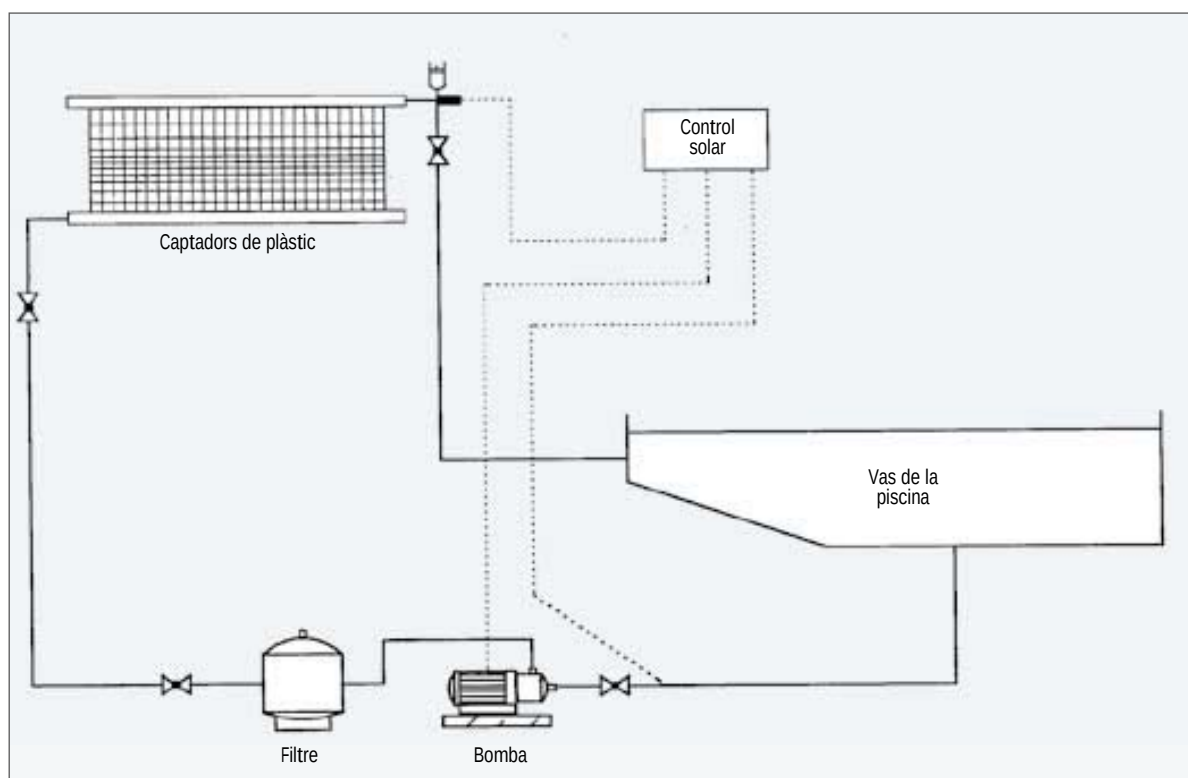
Captadors solars

El tipus de captadors emprats en circuits on només s'escalfa l'aigua de la piscina, com el representat en la figura 17, és l'anomenat no vidrat, sense coberta o de plàstic.

Les raons que fan recomanables aquests captadors són:

- Són captadors amb bona eficiència a temperatures de treball baixes.

Figura 17.- Esquema hidràulic d'una instal·lació solar per a escalfament de piscina descoberta amb circuit obert.



- Els materials emprats (cautxú, polipropilè, polietilè i altres plàstics) no reaccionen amb el clor de les piscines i per tant resisteixen bé els fenòmens de corrosió.

Acumulador

En aquest cas, l'acumulador és el vas contenidor de la piscina. El fet de que hi hagi contacte entre l'aigua i l'ambient li confereix també la propietat de vas d'expansió, per tant no hi haurà sobrepressions per efectes de la dilatació de l'aigua.

Sistema de control

En aquestes instal·lacions, on generalment prima l'economia i la simplicitat, sovint s'opta per no incloure cap equip de control diferencial de temperatures sinó un simple rellotge que posa en marxa la depuradora i, per tant, el circuit solar, a les hores del dia amb radiació.

Aquest sistema presenta un inconvenient. Si es fa funcionar la depuradora en hores de bany s'han d'emprar productes de depuració no agressius. Una variant consisteix a col·locar un bypass del camp de captadors que actua en les hores nocturnes, destinades només a depuració, on l'aigua es refredaria al camp de captació.

Normativa i documents de referència

La normativa que cal aplicar en dissenyar i executar aquest tipus d'instal·lacions és:

- Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) amb les instruccions tècniques complementàries corresponents.

El RITE especifica en la ITE 10.2.1.1 el següent:

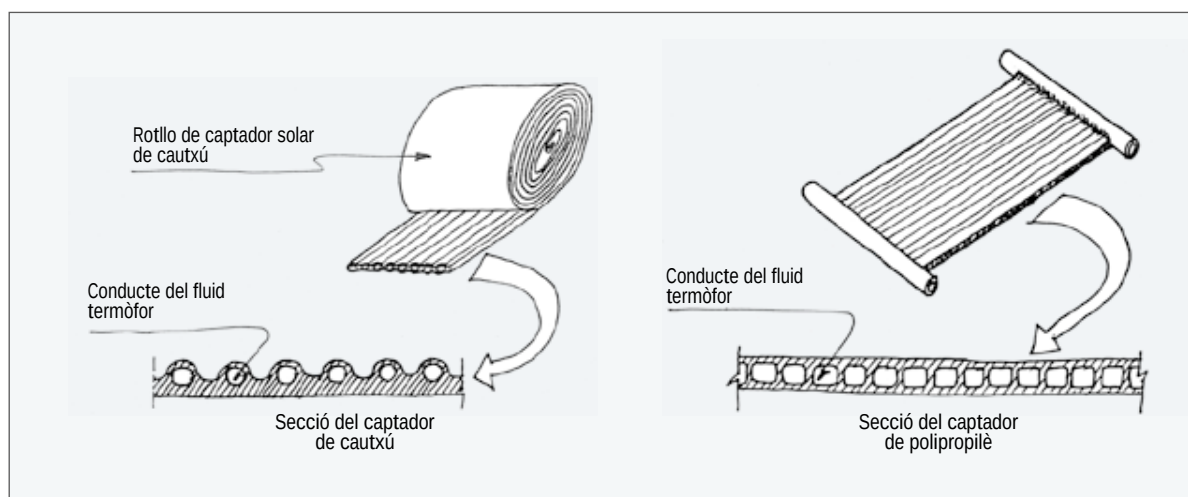
“Per al control de la temperatura de l'aigua es disposarà d'una sonda en el retorn i un termòstat de seguretat dotat de rearme manual en la impulsió que aturi el sistema de generació de calor. La temperatura de tarat del termòstat de seguretat serà, com a màxim de 10 °C superior a la temperatura màxima d'impulsió.”

- RD 909/2001, de 27 de juliol, per la prevenció de la legionel·la.
- Ordenança solar municipal aplicable, als municipis on s'ha aprovat.

Altres documents no normatius de referència:

- Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció (APERCA).
- Manuals tècnics de disseny i muntatge editats per fabricants i/o distribuïdors d'equips.

Figura 18.- Detall dels captadors no vidriats, material de cautxú i polipropilè.



4.2. Escalfament de l'aigua d'una piscina amb circuit tancat

Descripció

L'escalfament de piscines amb o sense coberta amb circuits tancats d'escalfament és una opció tècnicament molt interessant, sobretot en els casos següents:

- Piscines ubicades en zones amb força contrast de temperatures, en les que pot arribar a glaçar en nits de l'època d'utilització de la piscina. Per exemple en àrees de muntanya.
- Piscines d'utilització per a tot l'any.

El circuit tancat permet treballar amb fluids diferents en el circuit primari i en el circuit secundari. Aquest fet ens permet utilitzar anticongelants i altres additius inhibidors de corrosió que allarguen la vida de la instal·lació.

Funcionament

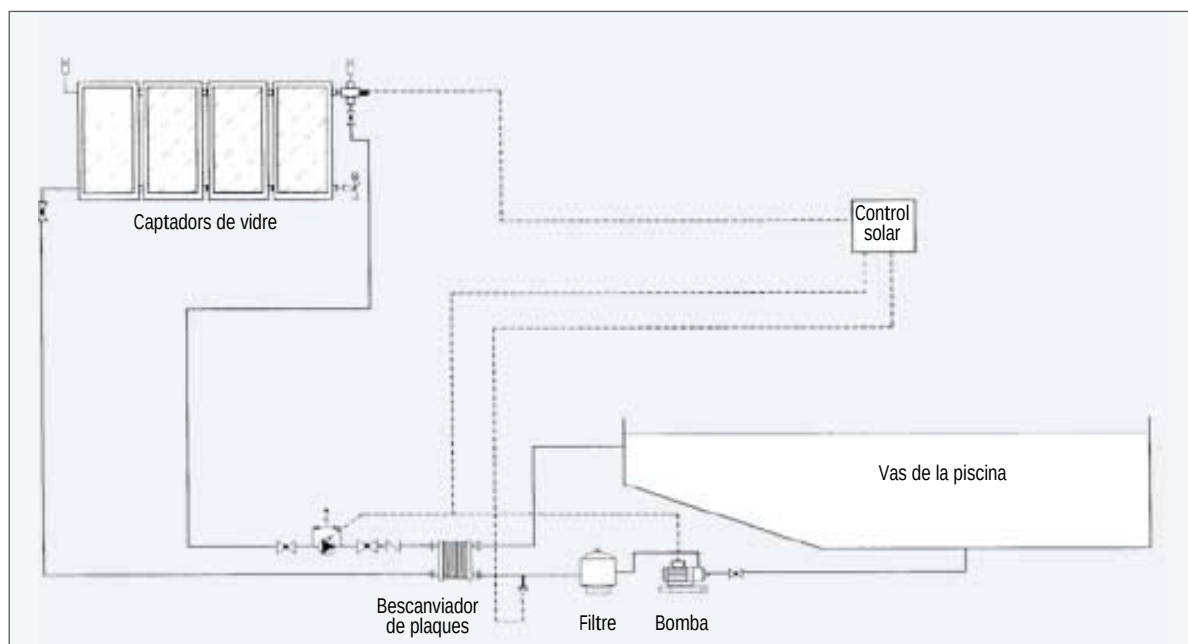
En aquesta aplicació l'aigua de la piscina és impulsada per la bomba de l'equip de filtració, des dels skimmers i/o preses de fons i, un cop filtrada, l'aigua de la piscina passa pel bescanviador de calor per tal d'absorbir l'escalfor generada pels captadors. Cal distingir dues tipologies bàsiques:

- Piscines de temporada. Generalment descobertes i equipades amb captadors de plàstics sense vidre.
- Piscines d'ús continu. Generalment cobertes i equipades amb captadors vidrats.

En la figura 19 es presenta un esquema hidràulic complet del sistema solar d'escalfament d'una piscina emprant un bescanviador de plaques com a separador de fluids, primari i secundari. En la figura 20 es representa una variant consistent en un bescanviador integrat en forma de terra radiant. L'adopció d'una o altra solució dependrà dels condicionants següents:

- Si la piscina ja està construïda s'ha d'optar per l'opció de bescanviador independent.

Figura 19.- Esquema hidràulic d'una instal·lació solar per a escalfament de piscina amb circuit tancat mitjançant un bescanviador de plaques.



- Si la piscina està en fase de planificació caldrà tenir en compte que el bescanviador integrat ofereix millor rendiment d'escalfament, ja que aprofita l'estratificació de l'aigua per temperatura i sempre escalfa la part més freda.
- El sistema integrat té l'avantatge de funcionar independitzat dels horaris de depuració, però en canvi suposa una inversió més gran.
- El bescanviador independent és molt versàtil i tasques de manteniment, a més de ser l'opció més econòmica.

Característiques que han de complir els elements de la instal·lació

Captadors solars

Com ja s'ha comentat, els captadors emprats en l'escalfament indirecte de piscines són captadors solars plans amb o sense coberta vidrada en funció de l'època i l'ús.

Acumulador

L'acumulador d'energia és el vas contenidor de la piscina. En els casos d'utilització en zones amb nits fredes o durant l'hivern, obliga a utilitzar cobertes o mantes tèrmiques per tal de mantenir la temperatura assolida per l'equip solar.

Sistema de control

Si el bescanviador és independent, la regulació serà igual a la de piscines directes amb la diferència que el comandament de la bomba

impulsora del circuit de depuració també ha d'accionar la bomba circuladora del circuit primari.

L'opció més estesa en els circuits amb bescanvi integrat és la d'un termòstat diferencial que accioni la bomba del primari en funció de la diferència entre la temperatura en la piscina i en els captadors.

Com s'ha descrit, caldrà un termòstat de seguretat per aturar el sistema d'escalfament quan la temperatura del vas assoleixi 10 °C més que la temperatura d'ús.

Normativa i documents de referència

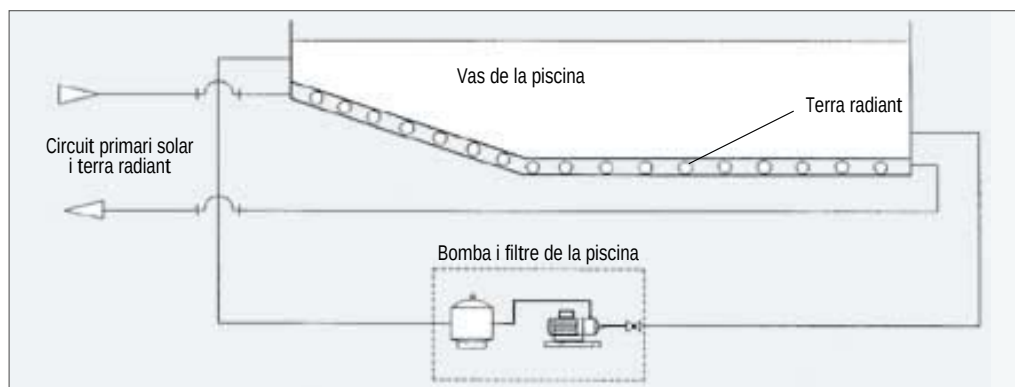
La normativa que cal aplicar en dissenyar i executar aquest tipus d'instal·lacions és:

- Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) amb les instruccions tècniques complementàries corresponents.
- RD 909/2001, de 27 de juliol, per la prevenció de la legionel·la.
- Ordenança solar municipal aplicable, als municipis on s'ha aprovat.

Altres documents no normatius de referència:

- Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció (APERCA).
- Manuals tècnics de disseny i muntatge editats per fabricants i/o distribuïdors d'equips.

Figura 20.- Utilització d'un terra radiant com a element emissor en l'escalfament de piscines.



4.3. Producció d'aigua calenta sanitària en habitatges unifamiliars

Descripció

En les instal·lacions solars d'ACS en habitatges unifamiliars, les diverses tipologies dels equips de suport (caldera mixta mural, escalfador instantani de gas, termo elèctric, etc.) condicionen força el tipus de configuració que cal utilitzar. Dels enumerats, el sistema de suport més estès en l'àmbit domèstic és la caldera mural mixta d'ACS i la calefacció de potència variable o modulant.

La connexió utilitzada per a aquest sistema és del tipus sèrie, això vol dir que la sortida del dipòsit solar es connecta a l'entrada d'aigua de la caldera tal com mostra l'esquema de la figura 21.

Funcionament

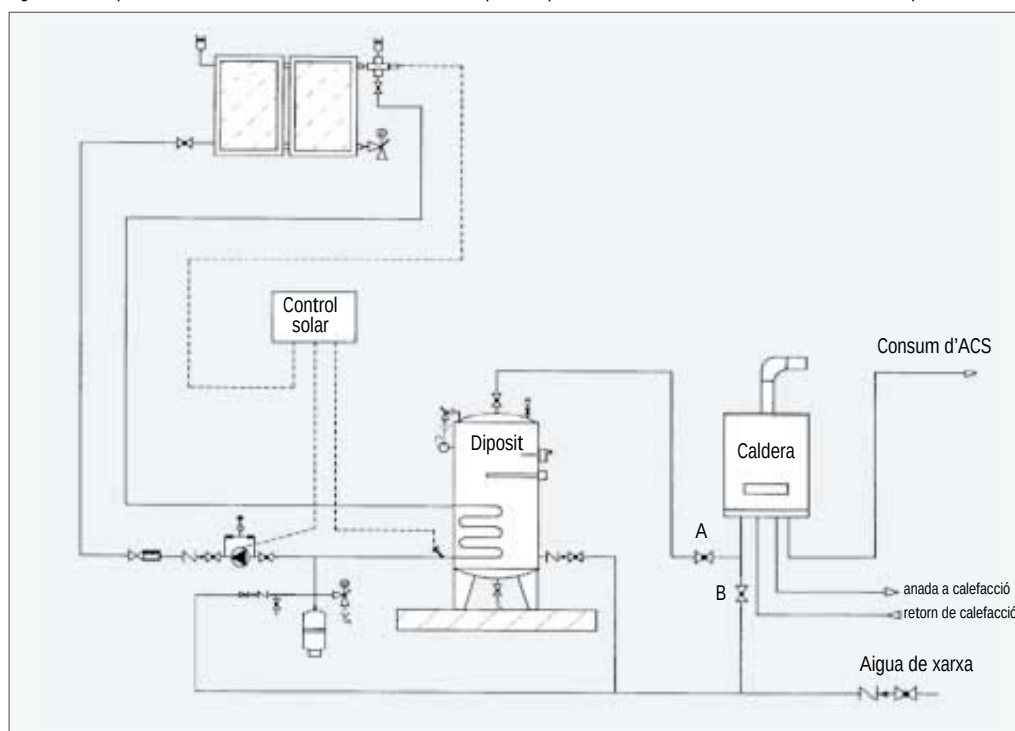
Per al funcionament del sistema solar cal que la vàlvula de tall (A) i la de bypass (B) estiguin oberta i tancada, respectivament.

Quan hi ha demanda d'ACS la caldera es posa en marxa per assegurar el servei, regula automàticament la potència del cremador i subministra aigua calenta a la temperatura seleccionada per l'usuari, en funció de la temperatura de l'aigua prescalfada del dipòsit solar.

Durant el procés de modulació de la caldera, aquesta estalvia combustible de manera proporcional a la temperatura de l'aigua subministrada pel sistema solar. S'arriba a aturar si l'aigua de l'acumulador es troba a la temperatura de consigna de 50-55 °C.

Aquest mode de funcionament és igualment aplicable a altres equips auxiliars com ara l'escalfador instantani modulant termostàtic de gas, la caldera de peu mixta (gasoil i gas) i els acumuladors elèctrics.

Figura 21.- Esquema hidràulic d'una instal·lació solar individual per a la producció d'ACS amb caldera mural mixta de suport.



Sistema de control

El sistema de control està format pel termòstat diferencial que actua sobre el circuit solar. L'equip auxiliar disposa de la pròpia regulació interna electrònica per tal de mantenir constant la temperatura d'ACS, actuant sobre el cabal de gas del cremador.

Una alternativa o una variant al sistema proposat en la figura 21 per aquells habitatges que no tenen disponibilitat de gasos canalitzats i que no vulguin emmagatzemar gasoil o altres combustibles a casa és el suport elèctric a través d'un termo elèctric connectat en sèrie amb el dipòsit solar, com mostra l'esquema de la figura 22.

El fet de rebre aigua preescalfada permet que la temperatura de sortida del termo sigui molt més estable que en el cas de les instal·lacions convencionals, on són alimentats per aigua de xarxa directa.

En aquest cas, cal tenir en compte que el termòstat de comandament de la resistència elèctrica ha de ser regulat a temperatures de l'ordre dels 50-55 °C per obtenir un bon rendiment del sistema.

Normativa i documents de referència

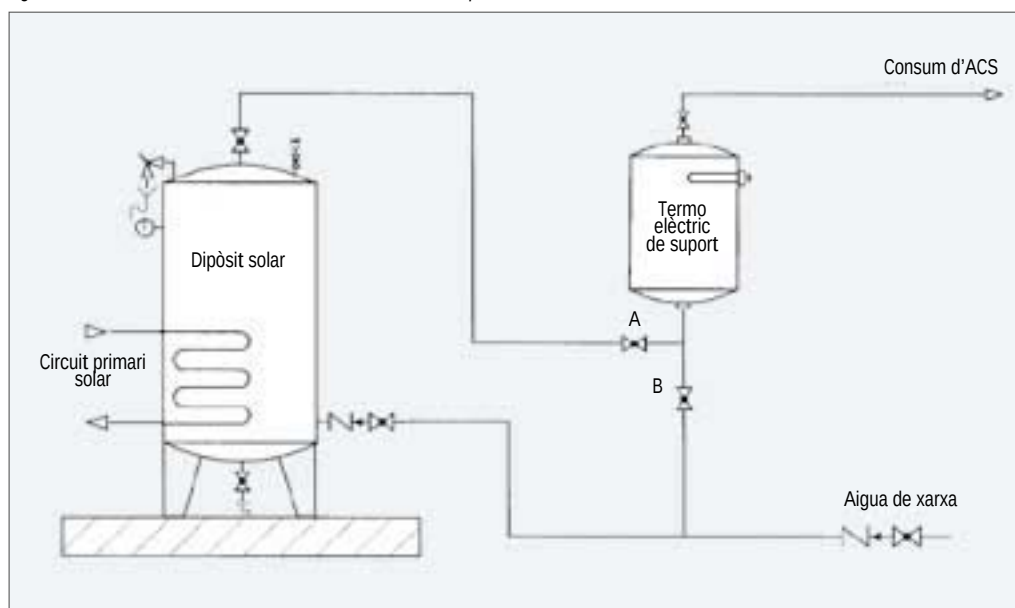
La normativa que cal aplicar en dissenyar i executar aquest tipus d'instal·lacions és:

- Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) amb les instruccions tècniques complementàries corresponents.
- Ordenança solar municipal aplicable, als municipis on s'ha aprovat.

Altres documents no normatius de referència

- Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció (APERCA).
- Manuals tècnics de disseny i muntatge editats per fabricants i/o distribuïdors d'equips.

Figura 22.- Producció d'ACS solar amb sistema elèctric de suport.



4.4. Producció d'aigua calenta sanitària i climatització de piscina en habitatges unifamiliars

Descripció

La combinació de producció d'ACS domèstica i l'escalfament de piscina ens permet dimensionar la instal·lació solar per donar més cobertura d'ACS en mesos desfavorables i escalfar la piscina amb l'excedent energètic obtingut en mesos més assolellats. L'esquema representat a la figura 23 mostra els elements integrants de la instal·lació com també els punts d'accionament dels controladors.

Funcionament

El fet de tenir dos aplicacions o usuaris i un sol camp de captació obliga a establir un protocol o un codi de prioritats. En general, aquestes instal·lacions de tipus domèstic donen prioritat a l'escalfament de l'acumulador solar i, un cop assolida la temperatura d'emmagatzematge de l'ACS, injecten l'energia sobrant en la piscina.

En l'esquema reproduït en la figura 23 s'ha representat un circuit primari format per una bateria de captadors solars plans vidrats que aporten escalfor a l'acumulador solar mitjançant

un bescanviador de serpenti. Un cop assolida la temperatura d'acumulació prefixada, 55 °C –60 °C, el control solar activarà les bombes B2 i B3, de la piscina, de manera que injecti energia solar cap al vas de la piscina a través del bescanviador de plaques, desconnectant la bomba B1.

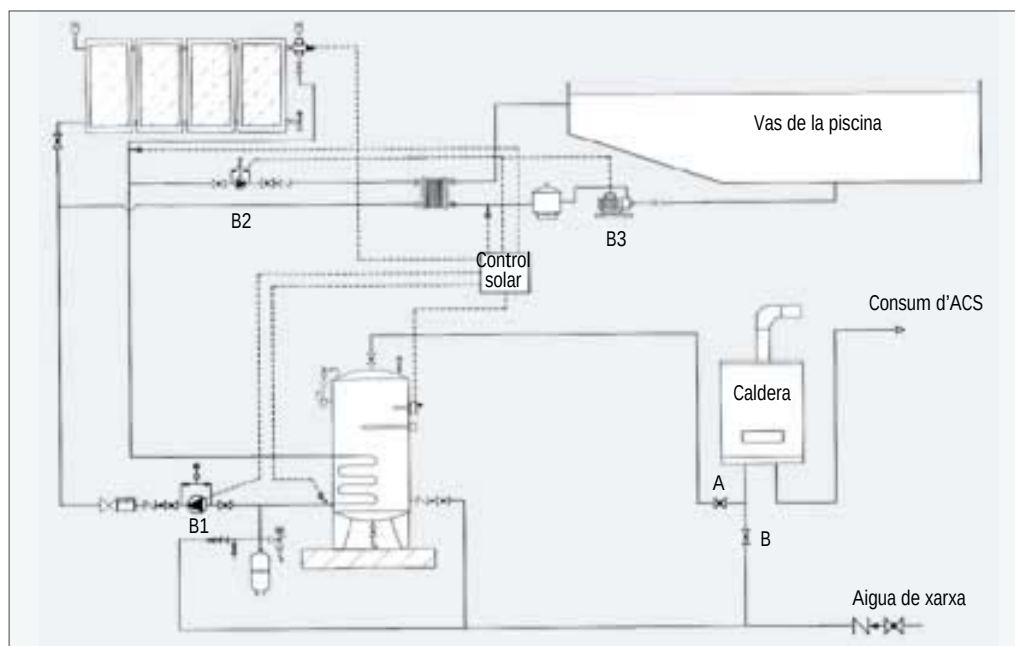
En aquesta tipologia l'escalfament de la piscina s'ha de fer obligatòriament amb circuit tancat, tal com reflecteix l'esquema de la figura 23, per tal de poder utilitzar fluids termòfors amb anticongelant i anticalcaris.

Sistema de control

En aquesta aplicació, com en d'altres on es realitza subministrament a diversos usuaris i/o aplicacions finals, el control és un element bàsic per al bon funcionament i per a l'obtenció de la màxima eficiència del conjunt.

El sistema de control solar de la instal·lació es pot configurar de maneres diferents. En l'esquema de la figura 23 està format per dos termòstats diferencials, un per cada circuit, amb un conjunt d'automatismes elèctrics (contactors dobles, programadors horaris, etc.) que permeten realitzar la discriminació dels diversos circuits amb un ordre predeterminat.

Figura 23.- Esquema hidràulic d'una instal·lació solar per a la producció d'ACS i climatització d'una piscina.



La sonda de temperatura de l'acumulador solar habilita el funcionament del circuit de piscina i atura el de producció d'ACS. Aquest sistema de control es pot muntar a partir d'elements independents o bé es pot recórrer a alguna de les solucions existents en el mercat de termostats diferencial amb discriminació d'usuaris per temperatura, donant sempre la prioritat a la producció d'ACS.

Una variant a l'esquema principal és el representat en la figura 24, on només s'utilitza un circulador en el circuit primari i és una vàlvula de zona (Z) la que dirigeix el fluid cap a un bescanviador o l'altre. Aquest sistema, tot i eliminar una bomba, no suposa un estalvi econòmic, pel cost de l'electrovàlvula; en canvi, introdueix un element més fràgil que no pas el circulador substituït.

El fet d'utilitzar la piscina beneficia notablement el funcionament i eficiència de la instal·lació solar, en el sentit d'evitar possibles problemes de sobrecalfament dels captadors solars durant els mesos d'estiu, en què la demanda d'ACS es redueix i la radiació solar augmenta.

Cal recordar l'ús de la manta tèrmica a la piscina com a sistema d'estalvi energètic, de manera que s'evitin pèrdues per refredament nocturn.

Normativa i documents de referència

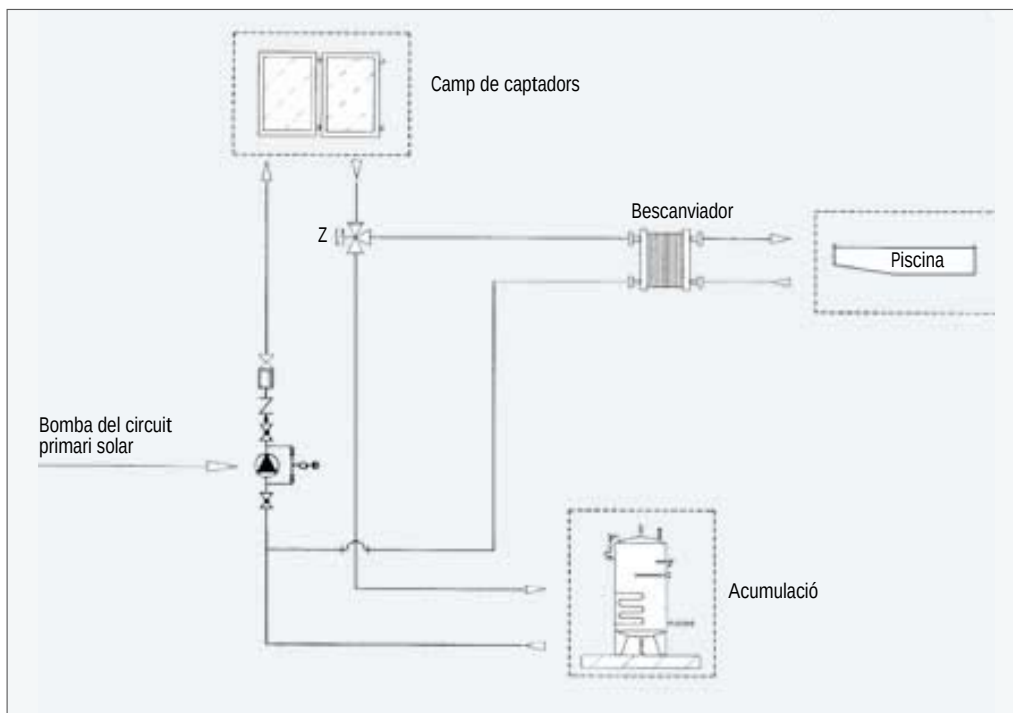
La normativa que cal aplicar en dissenyar i executar aquest tipus d'instal·lacions és:

- Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) amb les instruccions tècniques complementàries corresponents.
- RD 909/2001, de 27 de juliol, per la prevenció de la legionel·la.
- Ordenança solar municipal aplicable, als municipis on s'ha aprovat.

Altres documents no normatius de referència

- Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció (APERCA).
- Manuals tècnics de disseny i muntatge editats per fabricants i/o distribuïdors d'equips.

Figura 24.- Esquema alternatiu emprant un bomba circuladora i una electrovàlvula de zona.



4.5. Producció d'aigua calenta sanitària, calefacció i climatització de piscina en habitatges unifamiliars

Descripció

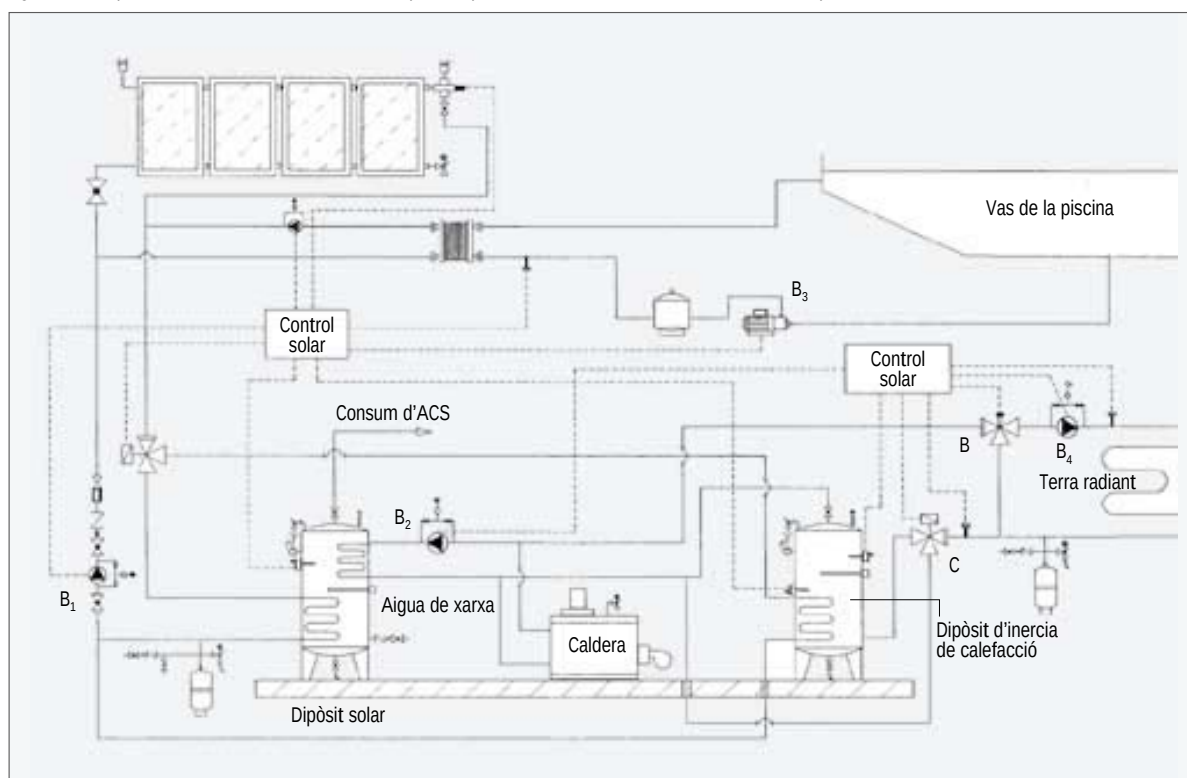
En aquesta tipologia de instal·lació, el sistema solar tèrmic està dissenyat per donar servei a tres aplicacions: producció d'ACS, calefacció i escalfament de la piscina.

El dimensionat de la instal·lació permetrà proveir amb bona cobertura el servei d'ACS durant tot l'any a la vegada que serveix per donar suport a les necessitats de calefacció als mesos d'hivern. Quan la temporada de calefacció arriba a la fi, el sistema permet escalfar la piscina amb l'excendent energètic dels mesos més assolellats. L'esquema de la figura 25 mostra els diferents elements integrants i els punts d'accionament dels controls.

Funcionament

El fet de tenir tres aplicacions diferenciades d'ús i un únic camp de captació solar obliga a establir un protocol de prioritats de funcionament. En primer lloc es dona prioritat a l'escalfament de l'acumulador solar d'ACS fins arribar a la temperatura de preparació; un cop assolida aquesta temperatura, el sistema solar injecta l'energia sobrant al dipòsit d'inèrcia del sistema de calefacció escalfant-lo fins a la temperatura adequada per al seu ús. Un cop assolida, el control de calefacció aprofita l'energia emmagatzemada al dipòsit per enviar-la als elements calefactors, *fan-coils*, terra radiant, etc. fins esgotar-la, moment en què es posa en marxa la caldera convencional aportant l'energia extra que necessita el sistema de calefacció. Evidentment, la caldera pot funcionar o aturar-se segons la quantitat d'energia que hagi de subministrar i això està relacionat amb l'energia emmagatzemada al dipòsit d'inèrcia de calefacció.

Figura 25.- Esquema hidràulic d'una instal·lació solar per a la producció d'ACS, calefacció i climatització de piscina descoberta.



Si en algun moment es produís el cas que tant el sistema d'ACS com el de calefacció no poguessin absorbir tota la producció solar, entraria en marxa el circuit de piscina actuant com a dissipador tèrmic dels captadors solars; evitaria d'aquesta manera els problemes de sobreescalfament i les conseqüències desagradables que això comporta per als materials de la instal·lació.

El control del sistema de calefacció actuarà sobre la vàlvula C quan hi hagi prou temperatura al dipòsit d'inèrcia per ser utilitzat; la calor emmagatzemada aleshores passarà primer per la caldera; aquesta afegirà al fluid l'energia necessària, si cal, abans d'arribar als elements calefactors de l'habitatge a la temperatura de disseny.

Una vegada finalitzada la temporada de calefacció, el sistema solar donarà una gran cobertura a l'ACS de l'habitatge i, cada vegada més, la producció solar començarà a estar per sobre del consum d'aigua sanitària. En aquest punt, el control solar desviarà el fluid cap a la piscina, amb aquesta acció de control aconseguim no sobreescalfar el dipòsit solar ni els captadors alhora que començar a climatitzar la piscina.

Sistema de control

En aquesta aplicació tant el control com la seva regulació a les necessitats són elements bàsics per al bon funcionament de la instal·lació i per obtenir la màxima eficiència del sistema.

El control solar de la instal·lació es pot configurar de maneres diferents. En l'esquema de la figura 25 està format per un control que integra les funcions de termòstat diferencial doble amb sectorització de circuits en funció de temperatures màximes prefixades. Això permet que els captadors solars funcionin aportant energia a qualsevol dels tres sistemes –ACS, calefacció i piscina– segons la demanda d'aquell moment.

El control de calefacció és del tipus centraleta amb control proporcional sobre vàlvula motoritzada mescladora, sondes exterior i d'impulsió, comandament de caldera i bombes per a ACS i calefacció i control sobre la vàlvula de zona de tres vies per aprofitar l'energia solar emmagatzemada al dipòsit d'inèrcia.

Aquest tipus de controls es poden muntar amb elements independents o bé es pot recórrer a alguna de les solucions existents en el mercat; aquestes últimes incorporen la majoria d'elements i funcions en un mateix tipus de control integrat i sovint faciliten el muntatge d'aquesta part de la instal·lació.

Normativa i documents de referència

La normativa que cal aplicar en dissenyar i executar aquest tipus d'instal·lacions és:

- Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) amb les instruccions tècniques complementàries corresponents.
- RD 909/2001, de criteris higienicosanitaris de prevenció de la legionel·la.
- Ordenança solar municipal aplicable, als municipis on s'ha aprovat.

Altres documents no normatius de referència:

- Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció (APERCA).
- Manuals tècnics de disseny i muntatge editats per fabricants i/o distribuïdors d'equips.

4.6. Producció d'aigua calenta sanitària col·lectiva amb acumulació distribuïda

Descripció

En aquesta tipologia d'instal·lació el camp de captadors solars està ubicat a la coberta de l'edifici i és comunitari; en canvi, l'acumulació solar està distribuïda a cada habitatge amb el seu propi sistema auxiliar, tal com es mostra en l'esquema de la figura 26.

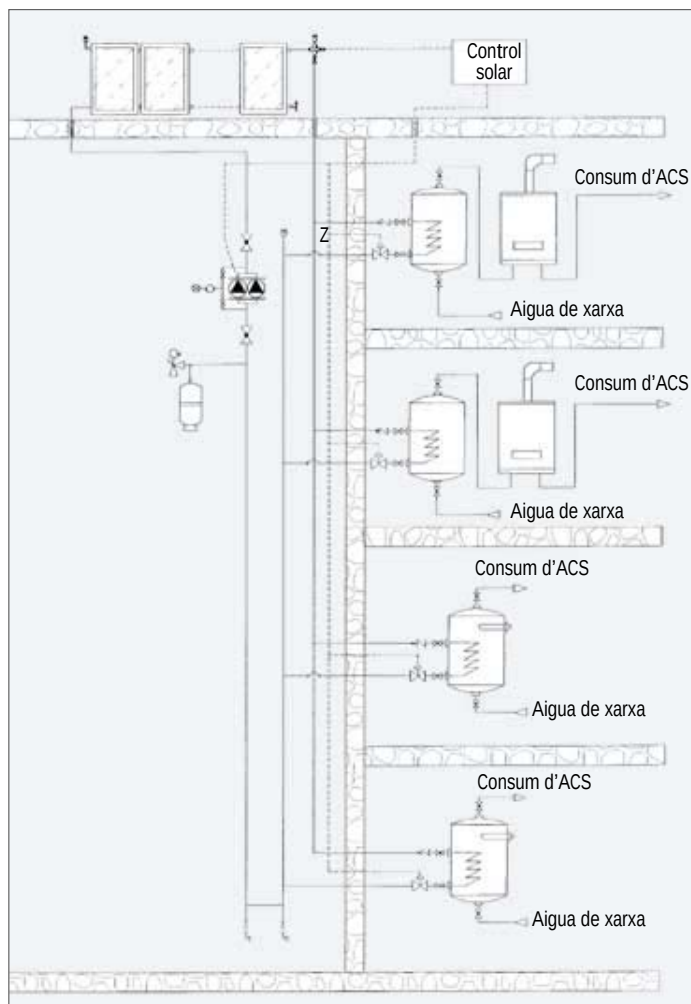
Funcionament

El sistema funciona d'acord amb el principi de la circulació forçada, on el control solar ha de regular l'escalfament dels diversos acumuladors distribuïts als habitatges que tenen incorporats una sonda de temperatura i una electrovàlvula de tall connectades al control solar. Quan hi ha prou temperatura als captadors per ser aprofitada, el control solar dóna l'ordre d'obertura a l'electrovàlvula corresponent i posa en marxa la bomba, de manera que s'inicia el cicle d'escalfament. De fet, cada acumulador es pot connectar o desconnectar al sistema solar en funció de la radiació solar disponible o de si ha assolit o no la temperatura òptima d'acumulació.

En els moments de baixa radiació solar en què els dipòsits no arriben a les temperatures òptimes per a ús sanitari, el sistema auxiliar individual de cada habitatge s'encarrega d'aportar l'energia complementària.

Els equips auxiliars que millor s'adapten a aquests sistemes són: l'escalfador instantani de gas modulant termostàtic, la caldera mixta modulant, la resistència elèctrica incorporada a la part alta del dipòsit, etc. De fet, cada habitatge pot disposar d'un sistema diferent als altres sense interferir en el funcionament del conjunt. Cal recordar que el sistema més eficient és el format per un equip de suport instantani amb gas; aquesta tipologia, però, s'emprarà quan l'edifici ho permeti.

Figura 26. - Esquema hidràulic d'una instal·lació solar de producció d'ACS col·lectiva amb acumulació distribuïda emprant acumuladors amb suport elèctric integrat o escalfadors modulants de gas.



Cal destacar que el fet de disposar de l'acumulació distribuïda permet que cada usuari pugui disposar i administrar la seva aportació solar. Un usuari no pot consumir l'energia solar de l'altre, ja que cada un té la seva demanda diària d'ACS emmagatzemada al seu propi dipòsit solar. Si algú té un consum més elevat ho cobrirà sempre a partir d'excedents o a expenses del sistema auxiliar. Per tant, aquesta distribució d'acumulació individual permet un repartiment força equitatiu de la producció solar. Aquest fet, juntament amb l'autonomia de gestió de l'energia que aporta a l'usuari, fa que a Catalunya sigui el sistema que més impulsen els promotors d'habitatges col·lectius.

Circuit primari solar

Tots els accessoris que conformen el circuit primari solar (bombes, vas d'expansió, control solar, etc.) generalment s'ubiquen en una sala de màquines, a la coberta de l'edifici preparada a l'efecte.

L'existència d'acumuladors distribuïts per l'edifici obliga a fer en el circuit primari un equilibrat hidràulic acurat de la xarxa de canonades per tal d'assegurar un subministrament equitatiu a cada usuari. Tradicionalment, aquest equilibrat es realitza mitjançant una distribució en retorn invertit dels trams de canonada entre els captadors i els bescanviadors dels acumuladors. Cal recordar que existeixen dispositius, reguladors de cabal i/o vàlvules d'equilibrat que permeten equilibrar les xarxes sense recórrer al retorn invertit, ja que aquest pot comportar grans despeses de canonades en distribucions de gran longitud, com també pèrdues de calor.

Control solar

La funció bàsica d'aquest element és la mateixa que realitza el termòstat diferencial en les petites instal·lacions forçades, però s'hi afegeix el fet de controlar diversos dipòsits de manera simultània en funció de la temperatura de l'aigua emmagatzemada en cadascun. L'element encarregat de fer aquest control solar pot ser variat, des d'un autòmat programable que realitzi la gestió completa fins a sistemes més senzills, com ara un termòstat diferencial multipunt que gestioni cada dipòsit per separat amb el senyal corresponent de sonda de captadors i la connexió de bomba del primari solar.

Mesura de l'energia produïda

Aquesta configuració no requereix un comptatge energètic adaptat a un sistema de facturació energètica per a cada usuari, ja que el que es distribueix és únicament escalfor solar i tant l'energia convencional de suport com el subministrament d'aigua a cada habitatge són individualitzats i, per tant, mesurats de la mateixa manera que es fa en un edifici que no disposa de sistema solar.

A efectes de conèixer l'energia solar produïda pel sistema, caldria muntar un equip d'adquisició de dades constituït per un comptador de calories al circuit primari solar. Aquesta opció, tot i que no es preveu en el RITE, és una condició obligatòria en algunes de les noves ordenances solars que s'han aprovat a diferents municipis de Catalunya per a les instal·lacions d'habitatges plurifamiliars amb energia solar.

Normativa i documents de referència

La normativa que cal aplicar en dissenyar i executar aquest tipus d'instal·lacions és:

- Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) amb les instruccions tècniques complementàries corresponents.
- RD 909/2001, de criteris higienicosanitaris de prevenció de la legionel·la.
- Ordenança solar municipal aplicable, als municipis on s'ha aprovat.

Altres documents no normatius de referència:

- Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció (APERCA).
- Manuals tècnics de disseny i muntatge editats per fabricants i/o distribuïdors d'equips.

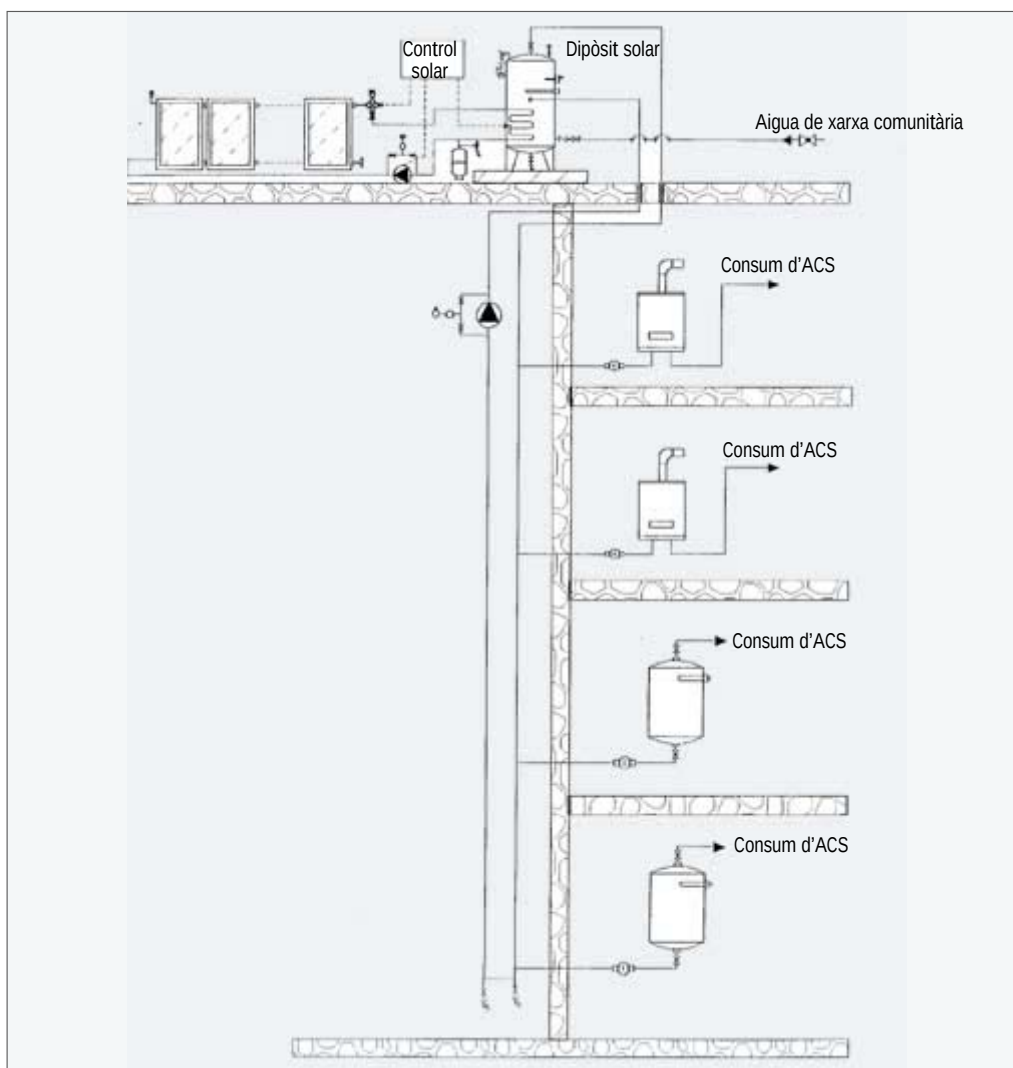
4.7. Producció d'aigua calenta sanitària col·lectiva amb acumulació centralitzada

En aquesta tipologia d'instal·lació el camp de captació solar i el sistema d'acumulació estan ubicats, generalment, a la coberta de l'edifici. El conjunt de la instal·lació dona servei d'ACS i calefacció als habitatges, tot i que el sistema solar només està dissenyat per donar servei d'ACS, tal com mostra l'esquema de la figura 27.

Funcionament

El sistema està format per una instal·lació de captadors solars tèrmics amb l'acumulador solar centralitzat, la caldera de gas de doble servei (ACS i calefacció), les bombes de circulació i el control solar. A excepció dels captadors solars, tots els elements estan ubicats a la sala de màquines (acumulador, bomba, control, ...).

Figura 27.- Esquema hidràulic d'una instal·lació solar de producció d'ACS col·lectiva amb acumulació centralitzada i diferents sistemes auxiliars distribuïts (calderes de gas i termos elèctrics).



Tot i genèricament aquesta tipologia pot portar el sistema auxiliar també integrat en els elements col·lectius. La majoria de les realitzacions en el nostre entorn tenen el sistema auxiliar distribuït, és a dir, cada usuari té el seu propi sistema de suport, com es pot apreciar en l'esquema de la figura 27, on s'han simbolitzat escalfadors elèctrics o modulants instantanis de gas.

Generalment, la interconnexió dels dos sistemes, la producció i el suport és del tipus sèrie, és a dir, l'acumulador solar està connectat en sèrie amb els elements auxiliars individuals. Quan hi ha demanda d'ACS en qualsevol habitatge, l'aigua preescalfada del dipòsit solar entra a l'auxiliar, on s'acaba d'escalfar fins a la temperatura de preparació (segons la norma UNE 100-030-94 aquesta temperatura ha de ser de 55 °C com a mínim, però l'aconsellable és 60°C).

El subministrament d'ACS als usuaris es realitza mitjançant una xarxa de recirculació amb una temperatura d'entre aproximadament 45-50 °C en el punt més separat del circuit o en la canonada de retorn a l'entrada del dipòsit (UNE 100-030-94). Aquesta temperatura s'aconsegueix gràcies a l'acció d'una vàlvula mescladora a la sortida del dipòsit.

Circuit primari solar

El circuit primari solar és de tipus forçat i el control és de tipus diferencial. Actua de manera independent del control de l'equip auxiliar. La connexió de captadors es realitza generalment en paral·lel i l'equilibrat hidràulic entre les bateries s'aconsegueix mitjançant vàlvules d'equilibrat; normalment no es fa servir el retorn invertit.

Segons el volum del dipòsit solar, aquest pot disposar de bescanviador incorporat o de bescanviador extern de plaques. Aquesta última opció és la més utilitzada en aquestes instal·lacions a causa dels volums elevats.

Control solar

El control solar és del tipus diferencial i actua sobre el sistema solar de manera independent al control auxiliar, de manera que no existeixi cap mena d'interferència de funcionament entre tots dos circuits.

Generalment, el comandament de les bombes del primari solar, pel fet que són de potència elevada, es realitza mitjançant contactors externs comandats pel senyal del termòstat diferencial.

Sistema auxiliar

El sistema auxiliar de l'aplicació representada en l'esquema de la figura 26 simbolitza dues possibilitats diferents formades per calderes, escalfadors instantanis o termos elèctrics individuals, en funció de les característiques de la finca i de l'accés a les diverses formes energètiques convencionals s'usarà una o altra opció. El sistema d'ACS és del tipus amb acumulació i s'alimenta de l'aigua preescalfada pel sistema solar. Les calderes aporten l'energia necessària per obtenir la temperatura final de preparació en l'acumulador.

La distribució de l'ACS fins als punts de consum es realitza per una xarxa de canonades amb circuit de recirculació per tal que l'usuari disposi del servei amb el màxim confort possible i la mínima despesa d'aigua. Aquesta xarxa de distribució ha d'estar convenientment aïllada per evitar al màxim les pèrdues de calor en el recorregut del circuit de distribució, ja que aquestes pèrdues han de ser compensades pels equips tèrmics (caldera i sistema solar).

Mesura de l'energia produïda

Aquesta configuració requereix un comptatge energètic adaptat a la configuració implantada:

- Un sistema de facturació energètica per a cada usuari, en el cas que el sistema auxiliar sigui comunitari, ja que l'aigua servida ha consumit energia solar i convencional. Cal afegir també el cost de l'aigua de xarxa consumida en el procés.
- Un sistema de facturació d'aigua consumida per cada usuari, en el cas que el sistema auxiliar sigui individual, ja que l'aigua servida només ha emprat energia solar gratuïta i, per tant, el cost a facturar és el de l'aigua de xarxa emprada.

El mètode utilitzat en l'esquema de la figura 27 és la col·locació d'un comptador d'aigua a l'entrada de cada habitatge per comptabilitzar el consum d'ACS preescalfada i, en conseqüència, repartir les despeses generades per la comunitat de manera proporcional a l'índex de consums o segons la fórmula que cada promotor o col·lectiu desitgi, cobrant només de l'aigua o inclús d'una taxa per a manteniments.

Igualment, és convenient col·locar un mesurador d'energia al circuit solar col·lectiu per tal d'avaluar el rendiment global del sistema i detectar amb facilitat anomalies o malfuncionaments a partir de davallades en la producció.

En edificis on l'opció escollida sigui col·lectivitzar tot el sistema, és convenient la creació d'una figura administrativa o d'un gestor energètic, encarregat tant de la facturació com del control i el manteniment de la instal·lació.

Normativa i documents de referència

La normativa que cal aplicar en dissenyar i executar aquest tipus d'instal·lacions és:

- Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) amb les instruccions tècniques complementàries corresponents.
- Reial decret 909/2001 de criteris higienicosanitaris de prevenció de la legionel·la.
- Ordenança solar municipal aplicable, als municipis on s'ha aprovat.

Altres documents no normatius de referència:

- Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció (APERCA).
- Manuals tècnics de disseny i muntatge editats per fabricants i/o distribuïdors d'equips.

3	ELEMENTS D'UNA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA	
1	Captadors solars	3
1.1	Tipologia dels diversos captadors solars tèrmics	3
1.2	El captador solar de placa plana. Introducció	3
1.3	Funcionament del captador solar pla	4
1.4	Components d'un captador solar pla	6
1.5	Principis físics del captador solar pla	6
1.6	Especificacions dels captadors solars plans	10
2	Elements per al muntatge dels captadors solars tèrmics	11
3	Elements de connexió de captadors	13
4	Conductes per al fluid termòfor	15
4.1	Manipulació del polipropilè	17
5	Aïllaments de les canonades	18
5.1	Gruixos mínims dels aïllaments	18
5.2	Característiques tècniques d'alguns materials aïllants	19
6	Circuladors	20
6.1	Descripció general	20
6.2	Característiques del circulador	20
6.3	Circuladors amb regulació electrònica	21
6.4	Selecció del circulador	22
6.5	Ubicació a la instal·lació	24
6.6	Normatives i documents de referència	24
7	Acumuladors	25
7.1	Descripció general	25
7.2	Tipologies d'acumuladors en funció de la posició	25
7.3	Classificació dels acumuladors en funció del material de fabricació	27
7.4	Aïllaments dels acumuladors per a ACS	28
7.5	Tipologies dels acumuladors en funció de la configuració del sistema d'escalfament	28
7.6	Acumuladors - productors d'Aigua calenta sanitària	29
7.7	Ubicació a la instal·lació solar	30
7.8	Normatives i documents de referència	30

3		
8	Bescanviadors de calor	31
	8.1 Descripció general	31
	8.2 Tipus de bescanviadors líquid-líquid	31
	8.3 Característiques tècniques dels bescanviadors	32
	8.4 Normativa i documents de referència	33
9	Vas d'expansió	34
	9.1 Descripció general	34
	9.2 Tipologies de vasos d'expansió	34
	9.3 Ubicació dins del sistema	35
	9.4 Normativa i documents de referència	35
10	Termòstat diferencial (TD)	36
	10.1 Descripció General	36
	10.2 Principi de funcionament	36
	10.3 Configuració interna del TD	37
	10.4 Ubicació de les sondes de temperatura	37
	10.5 Normativa i documents de referència	38
11	Comptadors d'energia	39
	11.1 Descripció general	39
	11.2 Ubicació a la instal·lació	40
	11.3 Normativa i documents de referència	41
12	Vàlvules bàsiques i accessoris de la instal·lació	42
	12.1 Vàlvules d'aïllament o tall de la instal·lació	42
	12.2 Vàlvula antirretorn o de retenció	42
	12.3 Purgador	43
	12.4 Separador d'aire	43
	12.5 Vàlvula de seguretat	43
	12.6 Normativa i documents de referència	44
13	Vàlvules complexes de la instal·lació	45
	13.1 Vàlvules reguladores del cabal	45
	13.2 Vàlvula motoritzada de tres vies de zona	45
	13.3 Vàlvula mescladora de tres vies	46
14	Fluid termòfor	47
	14.1 Aigua natural	47
	14.2 Aigua amb anticongelant	47
	14.3 Líquids orgànics sintètics i derivats del petroli	48
	14.4 Olis de silicona	48
	14.5 Alguns paràmetres recomanables	48

1. Captadors solars

El captador solar és l'element bàsic d'una instal·lació solar per a l'aprofitament tèrmic de la radiació solar. És el component encarregat de capturar l'energia del sol i introduir-la en el sistema en forma de calor.

El tipus d'utilització condicionarà el captador emprat; per exemple, si volem escalfar una piscina fins a una temperatura de 25 - 28°C, a la primavera, necessitem un captador aïllat, ja que fàcilment la temperatura ambient serà d'aquest ordre o fins i tot superior.

Si volem escalfar un fluid fins a temperatures de 200 - 300°C necessitarem captadors que concentrin la radiació d'una gran superfície en un espai reduït on sigui absorbida i transferida a un volum petit de fluid.

1.1. Tipologia dels diversos captadors solars tèrmics

Actualment, podem diferenciar entre dos tipus principals de captadors en el mercat:

1. Els captadors plans o de placa plana.
2. Els captadors de concentració de la radiació: cilíndrics, parabòlics, de tubs de buit o del tipus CPC, que incorporen reflectors concentradors.

En les aplicacions solars a temperatura baixa, és a dir, per treballar en climatització de piscines i producció d'aigua calenta sanitària o fins i tot per a subministrar calefacció amb temperatures de captació inferiors a 100°C s'utilitzen majoritàriament captadors de placa plana, amb o sense coberta vidrada, en funció de l'aplicació.

1.2. El captador solar de placa plana. Introducció

El captador o col·lector solar de placa plana té la millor relació de cost/efectivitat en el nostre clima, i s'adapta correctament a un gran nombre d'aplicacions (escalfament d'aigua sanitària, climatització de piscines, suport a calefacció, preescalfament de fluids industrials, etc.)

A principi del segle XXI, amb un parc instal·lat de 400.000 m² de captadors solars a l'Estat espanyol (més de 30.000 m² a Catalunya), la producció està en mans de les empreses que han mantingut el servei postvenda, i que per tant han millorat, validat la qualitat del seu producte, i han fet un bon servei tècnic i de manteniment de les instal·lacions.

Tanmateix, comencen a aparèixer amb força nous constructors i/o distribuïdors de procedència diversa, empreses que importen material i/o filials nacionals de multinacionals del sector.

Segons la dimensió predominant del captador, podem distingir dos tipus de configuracions, la vertical i l'horitzontal. Bàsicament, la diferència que hi ha entre ambdues és:

1. La configuració vertical afavoreix la circulació de l'aigua per l'interior del captador, ja que té una estratificació major. Això implica un increment de temperatura més alt. Bon rendiment.
2. La configuració horitzontal permet integrar millor els captadors a algunes tipologies d'edificis, a costa d'un rendiment lleugerament inferior.

Figura 1.- Tipologies de captadors solars

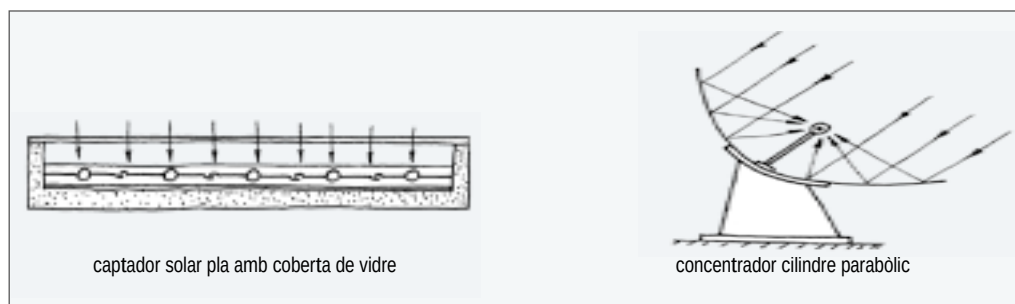
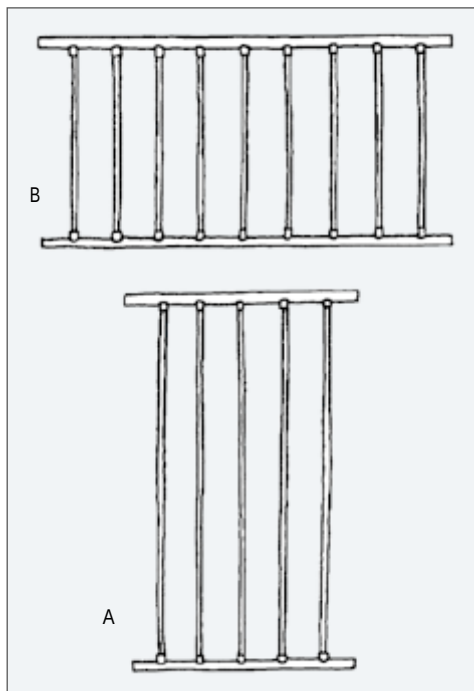


Figura 2.- Graella absorbidora corresponent a captador solar pla, vertical (a) i horitzontal (b).



1.3. Funcionament del captador solar pla

El funcionament d'un captador és molt bàsic. De fet, qualsevol cos exposat al sol rep un flux energètic $[E]$ que l'escalfa, per tant fa que n'augmenti la temperatura.

Hem de tenir en compte que un cos a una temperatura donada $[t]$ emet energia cap al seu voltant, en forma de radiació $[E_p]$, i que aquesta depèn directament de la diferència de temperatures entre la del propi cos i l'ambiental. Quan els guanys de calor per radiació solar s'igualen a les pèrdues de calor en forma de radiació del captador cap a l'entorn, aleshores, podem dir que s'ha arribat a una temperatura d'equilibri $[T_e]$. Aquest fenomen es pot expressar matemàticament com:

$$E = E_p$$

On: E és l'energia captada procedent del sol.

E_p és l'energia emesa pel captador cap a l'exterior en forma de radiació o pèrdues de calor a la temperatura d'equilibri.

La temperatura d'equilibri per als captadors comercials varia des de valors propers als 100°C en captadors simples fins a superar els 160°C per a captadors amb superfície selectiva i absorbidors en circuit sèrie, sempre per a nivells d'insolació al voltant dels 1.000 W/m^2 .

Si refrigerem el col·lector fent-li passar un fluid per l'interior; s'aprofita aquest calor, de manera que s'aconsegueix que una part de l'energia captada es transmeti cap a aquest fluid com energia útil o aprofitada $[E_u]$. La resta d'energia es continua perdent en forma de radiació des del captador cap a l'ambient exterior. Aleshores l'expressió matemàtica seria:

$$E = E_p + E_u$$

On: E_u és l'energia útil que podem extreure del col·lector a través del fluid termòfor.

E_p és l'energia radiada pel captador cap a l'ambient. Aquesta és menor a l'emesa en el cas anterior perquè s'aprofita una part de l'energia absorbida.

En aquest cas la temperatura de treball és sempre inferior a la d'equilibri. Si volem augmentar l'energia aprofitada pels captadors tenim dues opcions:

- Reduir les pèrdues del captador, a base de millorar el disseny i/o la construcció o de fer-lo treballar a temperatures més baixes.
- Augmentar la radiació rebuda o aprofitar-la, a partir de la concentració de la radiació d'una gran superfície sobre el captador o d'aconseguir que la superfície absorbidora aprofiti la màxima radiació possible (superfície selectiva).

L'energia aprofitada es treu del captador mitjançant el fluid termòfor, generalment format per una barreja d'aigua amb anticongelant i inhibidors de la corrosió.

El rendiment del col·lector és la relació existent entre l'energia útil o que aprofita i la radiació solar disponible. Com més alt sigui l'aprofitament energètic millor serà el rendiment o l'eficiència.

$$\eta = E_u / E = \frac{E_u}{(E_u + E_p)}$$

On: η és el rendiment o nivell d'eficiència del col·lector.

Com que l'energia radiada pel captador o energia perduda $[E_p]$ és funció de la temperatura de treball t i com que en augmentar les pèrdues baixa l'energia aprofitada, podem dir que:

$$\text{si } t \uparrow \rightarrow \eta \downarrow$$

Arribant a l'extrem en què si la temperatura del col·lector s'acosta al valor màxim, equilibri, aleshores ($\eta = 0$, és a dir, tota l'energia captada s'irradia cap a l'exterior del col·lector i, per tant, l'aprofitament és nul).

Conclusió. Per obtenir un bon rendiment cal fer treballar els col·lectors a la temperatura més baixa possible, sempre que aquesta sigui suficient per a l'ús que es vulgui donar.

Aquest principi ens portarà a dimensionar els acumuladors on emmagatzemar l'energia tèrmica de manera que el captador treballi a només 15 o 20°C per sobre de la temperatura d'utilització final.

De fet els fabricants indiquen el rendiment o l'eficiència dels captadors de forma gràfica, a partir dels valors de treball de temperatura del captador i l'ambient que l'envolta.

El gràfic de rendiment d'un captador pla presentat en la figura 3 es basa en un model matemàtic simplificat, és per això que tant l'expressió matemàtica com la seva representació gràfica corresponen al d'una recta.

$$\eta = (0,94b) - \frac{m (t_m - t_a)}{I}$$

On: η és el rendiment expressat en tant per un

- b és el factor de guanys del captador ha d'ésser subministrat per assaig del fabricant, és un valor adimensional, aquest paràmetre està afectat per un coeficient 0,94 que corregeix l'efecte de la variació de l'angle d'incidència de la llum solar al captador al llarg del dia, l'envelliment de la coberta i la brutícia sobre la mateixa. El valor de 0,94b s'anomena transmitància i dona idea de l'eficiència de captació de la radiació del captador.

m és la pendent de la recta i representa el factor de pèrdues tèrmiques del captador, ha de ésser subministrat per assaig del fabricant, les seves unitats són ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

t_m és la temperatura mitja del captador (veure Capítol 5)

t_a és la temperatura ambient mitja diurna

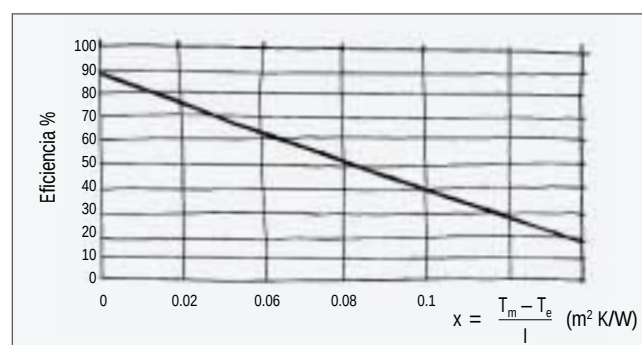
Actualment, la unificació de criteris i la mobilitat de materials dins d'Europa està popularitzant expressions del rendiment del captador una mica més exactes a partir d'una expressió matemàtica més complexa que correspon a una corba en comptes d'una recta.

Exemple:

L'expressió real del rendiment per a un captador solar de placa plana és una corba, una ecuació de segon ordre.

$$\eta = 0,700 - \left(3,33 \frac{(T_m - T_a)}{I}\right) - 0,0088 \times I \times \left(\frac{(T_m - T_a)}{I}\right)^2$$

Figura 3.- Gràfic del rendiment d'un captador solar de placa plana.



1.4. Components d'un captador solar pla

El captador solar pla amb coberta vidrada és el més emprat al nostre país en les instal·lacions solars de producció d'aigua sanitària. Està format pels elements següents:

Absorbidor

És l'element que intercepta la radiació solar a l'interior del captador. Està format normalment per una graella de tubs de coure que porten soldades unes aletes de planxa de coure. També es pot tractar d'un panell de planxa embotida on el fluid termòfor crea una pel·lícula contínua.

Coberta transparent

Té les funcions d'aïllar el captador de les condicions ambientals exteriors, tot i que deixa passar la radiació solar a més de provocar l'efecte hivernacle. Normalment està formada per una sola làmina de vidre temperat (més resistent) amb baix contingut en ferro (més transparent) de 4 mm de gruix aproximadament.

Aïllament

Aquest element, igual que en la resta d'aplicacions, compleix la funció d'evitar les pèrdues de calor de l'interior del captador, concretament a l'absorbidor, cap a l'exterior i està format normalment per planxes d'espumes sintètiques (poliuretà, cianurats, fibra de vidre, etc.) situades als costats i a la part posterior del captador.

Figura 4.- Dibuix dels elements que formen un captador solar de placa plana amb coberta vidrada



Carcassa

Amb la funció d'allotjar la resta de components, aquest tancament normalment està format per una perfil·leria d'alumini anoditzat i habitualment incorpora una protecció posterior amb planxa d'acer galvanitzat o plàstic.

1.5. Principis físics del captador solar pla

El captador solar pla o de placa plana funciona a partir de l'aplicació dels principis físics següents:

L'efecte hivernacle

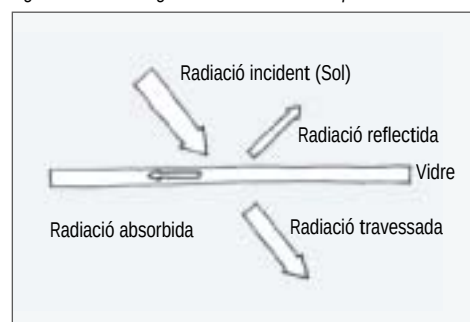
La radiació solar incident és parcialment absorbida pels cossos. La resta és reflectida o els travessa. La relació entre aquests efectes depèn de:

- La natura del cos
- L'estat de la superfície
- El gruix del cos
- El tipus de radiació: longitud d'ona
- L'angle d'incidència dels raigs solars

Els cossos transparents són aquells en què predomina el component de radiació que travessa i, per tant, absorbeixen molt poca radiació.

Normalment els cossos transparents, vidre, plàstics, etc. ho són només per a radiacions amb longitud d'ona entre 0,3 i 3 μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$). La majoria de la radiació solar està compresa entre 0,3 i 2,4 μm , per això la llum solar passa tan bé a través d'un vidre.

Figura 5.- Flux energètic a través d'un vidre pla.



Un cop travessat el vidre, la radiació troba l'absorbidor, que s'escalfa en ser impactat pels fotons, partícules de llum solar. Com que les temperatures que assoleix l'absorbidor són baixes, aquest emet radiacions compreses entre els 4,5 i els 7,2 μm per a les que el vidre és opac. Aquesta radiació que no pot sortir pel vidre és reflectida cap a l'interior un altre cop.

Una part d'aquesta energia escalfa el vidre i aquest la remet cap a dins i cap a fora.

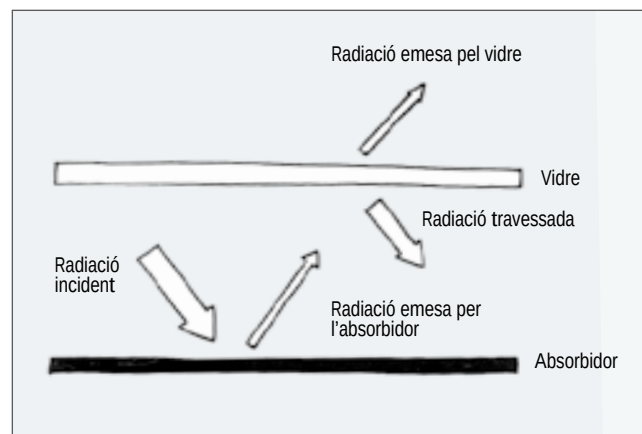
Alguns plàstics com el policarbonat tenen un comportament similar al vidre, deixen passar les radiacions d'ona curta procedent del sol i reflecteixen les emissions d'ona llarga procedents de la placa absorbidora. Però no s'utilitzen perquè són menys resistents a la radiació ultraviolada i a l'erosió.

A més de fer l'efecte hivernacle, la coberta vidrada minimitza l'intercanvi de calor per convecció (refredament) entre l'interior i l'exterior del captador.

A continuació, es detallen les qualitats que cal exigir a un material per ser emprat com a coberta de captadors solars:

- bona transmissió de la radiació en la banda de 0,3 a 3 μm
- estabilitat en el temps, cosa que no passa amb els plàstics
- coeficient baix de transmissió de l'infraroig llarg
- coeficient baix de conductivitat tèrmica
- resistència elevada al trencament per cops
- coeficient baix de dilatació
- no adherència de la brutícia

Figura 6.- Flux energètic en un captador solar pla amb coberta vidrada.



El material emprat habitualment en captadors solars plans és el vidre de baix contingut en ferro per millorar la transmissivitat.

A més, el vidre ha de ser recuit o temperat, ja que aquest tractament el dota de més resistència –fins a 4 vegades més– i també el fa capaç de suportar temperatures més elevades (250°C en comparació amb els 40°C del vidre sense temperar).

Exemple:

Un vidre temperat de 4 mm resisteix el xoc d'una bola d'acer de 300 g que cau lliure des d'una alçada de 2 m. En canvi, si el vidre no és temperat es trenca per una alçada de 20 a 30 cm.

A la vegada, en cas de trencament d'un vidre temperat, aquest es fragmenta en petits trossos de manera que evita el perill que podria suposar.

El cos negre (l'absorbidor)

Un altre dels principis físics que permeten el funcionament d'un captador solar tèrmic és el de la idoneïtat de les superfícies fosques com a captadores de l'energia radiada pel sol.

La radiació que ha travessat el vidre de la coberta impacta en l'absorbidor, que està format per una superfície metàl·lica que permet l'intercanvi de calor amb l'aigua o el fluid termòfor que circula per l'interior; si aquesta superfície és negra i de textura mat captarà millor l'energia que si fos de qualsevol altre color.

Així, del total de radiació incident en una superfície, se'n reflecteix més o menys en funció del color d'aquesta. Per tal d'aprofitar al màxim els fabricants de captadors enfosqueixen l'absorbidor dels seus models seguint principalment dues tècniques:

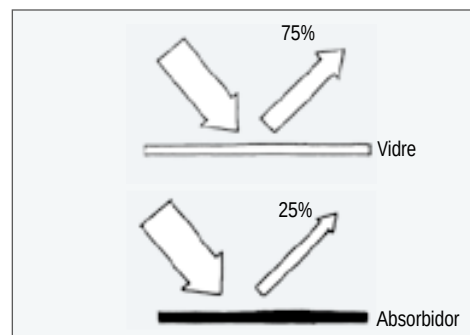
1. Pintures calòriques, que resisteixen les temperatures de treball superiors als 100°C.
2. Tractaments selectius, basats en deposicions electroquímiques o pintures amb òxids metàl·lics que tenen la virtut de ser bons captadors de la radiació i tenir una baixa emissivitat.

Cal destacar que a diferència del centre d'Europa, en les nostres latituds la majoria dels fabricants opten per l'opció de pintar l'absorbidor en comptes de tractar-lo per aconseguir una superfície selectiva. Aquest fet es deu a dues raons principals:

- L'augment de cost dels tractaments selectius sovint no es compensa per l'augment de rendiment anual dels captadors.
- Els tractaments selectius donen, per norma general, temperatures d'equilibri més altes i això comporta més esforços mecànics per dilatació i sovint vaporitzacions del fluid termòfor.

Si fem passar aigua a través de l'absorbidor, aquesta va prenent l'escalfor captada i arriba a una temperatura final més baixa que la d'equilibri estàtic. Aquesta cessió de calor serà per conducció de l'absorbidor.

Figura 7.- Radiació incident i reflectida en una superfície en funció del seu color.



Podem simplificar el càlcul de la temperatura mitjana de l'aigua en circulació dins del captador com:

$$t_m = \frac{t_e + t_s}{2}$$

On: t_e temperatura del fluid a l'entrada del captador

t_s temperatura del fluid a la sortida del captador

Per tant la diferència entre la temperatura mitjana del fluid i la temperatura ambient serà:

$$\Delta t = \frac{t_e + t_s}{2} - t_a$$

Els absorbidors emprats en captadors solars plans presenten generalment una d'aquestes geometries:

1. Panell de planxes embotides
2. Reixa de tubs amb aletes de planxa soldada
3. Serpent

La majoria dels captadors del nostre mercat tenen l'absorbidor del tipus de reixa de tubs de coure amb aletes també de coure.

L'absorbidor ha de poder suportar perfectament la pressió de treball del circuit primari (inferior als 3 bars de la vàlvula de seguretat). Generalment, els absorbidors es proven a pressions de 10 – 14 bars. El volum de fluid a l'interior sol ser d'1,7 l/m², fet que comporta molt poca inèrcia tèrmica i, per tant, velocitat elevada de resposta.

L'aïllament

El tercer dels principis físics que intervenen en el funcionament dels captadors és l'aïllament del conjunt respecte de l'exterior, format normalment per un revestiment intern de la capsa contenidora o carcassa.

En la taula 1 es mostren alguns dels aïllaments més emprats pels fabricants de captadors solars.

Les limitacions de la llana de vidre i roca juntament amb la versatilitat dels aïllants sintètics en escuma expansible o en planxes del tipus sandvitx que incorporen làmina d'alumini reflectant fan que aquests darrers materials siguin els més emprats en la construcció de captadors al nostre mercat.

Taula 1. - Aïllaments emprats en la construcció de captadors solars.

Material aïllant	Conductivitat tèrmica [W/m·K]	T màxima d'utilització [°C]	Característiques
Llana de vidre	0,050	150	Perd propietats amb la humitat
Llana de roca	0,050	150	Perd propietats amb la humitat
Espuma de vidre	0,057	150	No li afecta la humitat
Suro premsat	0,052	110	Material orgànic estabilitzat
Poliestirè	0,042	85	Disponible en planxes modelades
Poliuretà	0,027	110	Disponible en espumes expansibles

Font: Intiam Ruai, SL.

1.6. Especificacions dels captadors solars plans

Els captadors solars plans, com a nucli de les instal·lacions solars tèrmiques, han de complir uns requisits de qualitat mínims detallats en la norma UNE corresponent. Aquestes prestacions són certificades per algun laboratori acreditat que ha de seguir el protocol d'assaig definit i emprat a Espanya per l'Institut Nacional de Tècniques Aeroespacials (INTA). Està prevista la unificació d'aquest protocol d'assaig a nivell europeu, que probablement es produirà l'any 2004.

Un cop fets els assaigs i havent emès el corresponent certificat, si és europeu, la Direcció General de Seguretat Industrial, del Departament de Treball, Indústria, Comerç i Turisme de la Generalitat de Catalunya, pot fer l'homologació dels captadors. Aquest procés avui és imprescindible en els captadors que integren instal·lacions subjectes a subvencions i, fins i tot, és un requisit que també s'especifica a les ordenances solars municipals, els captadors han de estar homologats (vegeu Annex 5 i 6).

La tramitació de l'homologació dels captadors es pot fer, a l'igual que la resta de tràmits administratius a través de la xarxa d'oficines a Catalunya de l'OGU, Oficina de Gestió Unificada.

La documentació tècnica d'un captador solar pla ha d'incorporar almenys la informació següent:

- Corbes de rendiment instantani realitzades per un laboratori acreditat.
- Superfície útil de captació.
- Pes en buit.
- Capacitat i tipus de líquid termòfor recomanat pel fabricant.
- Cabals recomanats i pèrdues de càrrega.
- Pressió màxima de servei i pressió de prova.
- Materials de constitució de l'absorbidor i del circuit de líquid.
- Materials de constitució de la coberta i de la caixa.
- Sistema de segellat.
- Tipus i gruixos de l'aïllament.
- Sistema de fixació.
- Sistema de connexions hidràuliques específiques.

En el document *Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció*, elaborat per APERCA (Associació de Professionals de les Energies Renovables de Catalunya) i disponible al CD-ROM, s'identifiquen les normes següents, que regulen la qualitat dels captadors:

- Norma UNE-94.101.86 Col·lectors solars tèrmics
- Norma INTA 610001 Assaig de col·lectors en règim estacionari
- Norma INTA 610002 Assaig de resistència i durabilitat de col·lectors solars plans

Cal destacar la importància de la garantia que dóna el fabricant. La millora en els processos de fabricació i la confiança en el producte acabat fa que actualment tots els fabricants donin entre 5 i 8 anys de garantia, fins i tot s'arriba a 15 anys si es compleixen uns requisits de manteniment.

2. Elements per al muntatge dels captadors solars tèrmics

Sovint el muntatge d'una instal·lació requereix la col·locació de més d'un captador solar. Els captadors s'han de situar orientats a sud, amb una desviació màxima recomanable de 40 i, amb una inclinació determinada en funció de l'època de l'any de màxima utilització de la instal·lació, tal i com indica la taula 2. Aquests condicionants fan imprescindible, en la majoria de casos, col·locar els captadors sobre uns suports, tret que la pròpia estructura de l'edifici estigui pensada per albergar-los de forma integrada o superposada.

Taula 2.- Inclinació de captadors.

Utilització principal	Inclinació
Estiu	latitud - 10 °
Hivern	latitud + 10 °
Tot l'any	latitud o si no, més semblant a la d'hivern

Font: Intiam Ruai, SL.

Molts fabricants de captadors tenen dissenyat el seu propi sistema de suport, ja que el tipus d'ancoratge previst condiona sovint la carcassa del captador. El suport d'uns captadors solars ha de tenir les característiques principals enumerades en la taula 3.

La fixació del suport es realitza principalment de dues maneres: integrat a l'estructura de l'edifici (teulada, façana, etc.) o bé superposat a pes sobre una superfície plana.

Sempre que es pugui és millor que el suport descansi sobre unes sabates de formigó en massa construïdes per encofrat. En el lloc de muntatge cal preveure que el pes dels ancoratges de formigó sigui superior a la força que pot exercir el vent sobre els captadors. Per facilitar aquest càlcul en la taula 4 es donen valors orientatius de la força del vent sobre captadors solars en diferents situacions.

Cal recordar que el pes del formigó armat és aproximadament de 2.500 kg/m³.

Taula 3.- Característiques dels suports.

Característica	Descripció
Resistència mecànica	L'estructura ha de ser capaç de suportar esforços mecànics superiors a 2.000 N (newtons) equivalents al pes d'una massa de 200 kg
Fermesa	Les estructures s'han de fabricar amb materials resistents a l'exterior i que no necessitin cap manteniment
Cargoleria i accessoris	Els cargols de subjecció i d'altres accessoris han de resistir esforços mecànics superiors a 2.500 N, han de ser inoxidable i han d'incorporar virolles plàstiques per tal d'evitar corrosions galvàniques
Facilitat de muntatge	El muntatge d'una estructura no ha de ser superior als 20 minuts per captador ni ha de requerir la intervenció de més de dos operaris
Adaptació	Les estructures han de permetre diverses possibilitats de subjecció
Cost	L'estructura de suport no ha de superar els 60 euros de cost per captador

Font: Intiam Ruai, SL.

Taula 4.- Pes dels ancoratges dels suports.

Zona	Localització	Pes dels ancoratges per captador [kg]
Urbana	Zona de vents forts, superiors a 100 km/h	190
	Zona de vents fluïxos i alçada inferior a 6 plantes	100
	Zona protegida dels vents del nord	60
	Captadors sobre coberta a igual inclinació	60
Aïllada	Zona de vents forts, superiors a 100 km/h	250
	Zona de vents fluïxos i alçada inferior a 6 plantes	120
	Zona protegida dels vents del nord	60
	Captadors sobre coberta a igual inclinació	75

Font: Intiam Ruai, SL.

Exemple:

Exposarem dos casos corresponents a dues tipologies habituals en el nostre territori:

1. Suport per a un captador pla del tipus perfil·leria

- Material: Perfil·leria en L d'acer inoxidable.
- Disposició: Col·locació sobre superfície horitzontal o sobre façana.
- Composició: Elements tallats a mida per a la construcció de dos esquadres (laterals), dos travessers i un tirant posterior, cargoleria d'acer inoxidable de 8 mm.
- Avantatges: Molt resistent a la corrosió, lleuger, fàcil de transportar i fàcil de modificar.
- Desavantatges: El muntatge dels captadors requereix que el suport hagi quedat correctament ben esquadrat, ja que en cas contrari no concorden els forats per a la col·locació dels cargols del captador en la perfil·leria.
- Subjecció dels captadors: Amb cargols passants per unes pestanyes d'alumini reblades a la carcassa.

2. Suport per a un captador del tipus tubular

- Material: Tub d'acer galvanitzat.
- Disposició: Col·locació sobre superfície horitzontal.
- Composició: Dos elements corbats en forma d'ela amb encaixos soldats als extrems per fixar els travessers i dos tubs travessers, cargoleria d'acer inoxidable de 6 mm.
- Avantatges: Resistent a la corrosió, molt ferm i muntatge fàcil dels captadors.
- Desavantatges: No indicat en zones marítimes amb ambients excessivament corrosius, molest de transportar per les dimensions dels tubs laterals.
- Subjecció dels captadors: Amb uns ganxos roscats passants per a la carcassa dels captadors, que deixen el captador penjant i subjectat a l'estructura.

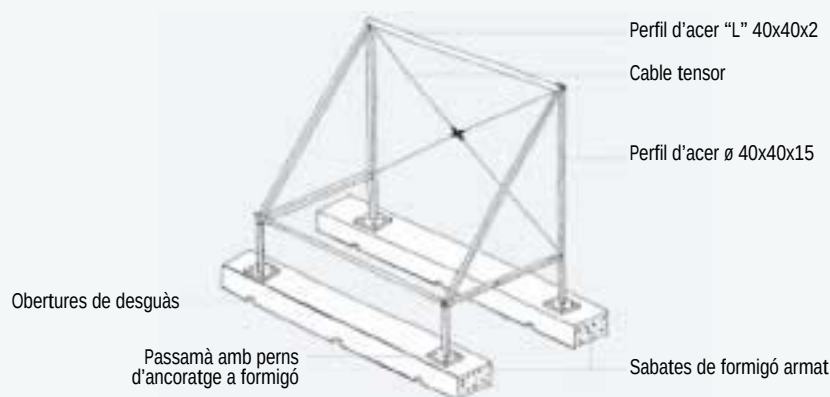


Figura 8.- Estructura suport amb ancoratges de formigó sobre superfície plana.

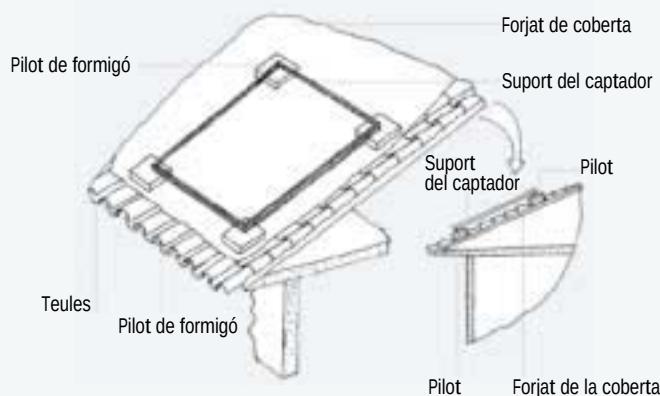


Figura 9.- Estructura suport amb ancoratges de formigó sobre superfície inclinada.

3. Elements de connexió de captadors

El camp de captadors solars tèrmics són, per definició, un circuit hidràulic que transmet l'escalfor rebuda del sol al fluid termòfor. Un aspecte important en les instal·lacions són els sistemes de connexió entre els diversos captadors i entre el camp solar i les canonades que transporten i distribueixen el fluid termòfor fins al punt de consum o d'intercanvi de calor.

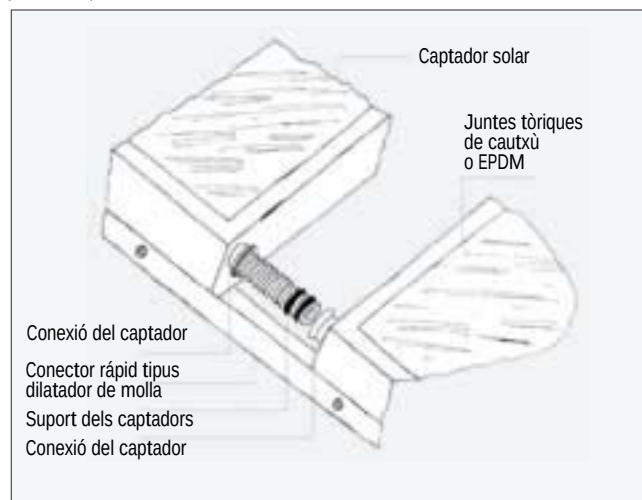
Ahora de definir i muntar el camp solar cal tenir en compte que s'ha de fer una distribució dels captadors en grups anomenats bateries. Aquestes agrupacions de captadors haurien d'estar sempre formades per unitats del mateix model i no haurien de sumar més de 15 m² (20 m² és el màxim que recomana el document *Criteris de qualitat i disseny d'instal·lacions d'energia solar per a aigua calenta i calefacció*).

Les connexions entre captadors depenen en gran mesura del fabricant, ja que en el mercat existeix una gran varietat d'acabats, terminals de connexió entre captadors. Alguns exemples d'aquests sistemes de connexió són:

- Captadors amb terminacions en tub de coure de 22 mm de diàmetre.
- Captadors amb connexions femella rosca gas de 3/4" amb juntes de llautó.
- Captadors amb connexions còniques mascle/femella de 3/4".
- Captadors amb un terminal mascle per a connexió ràpida amb juntes tòriques d'estanquitat.
- Captadors amb connexions còniques mascle i joc de connexió per adaptar a canonades de 22 mm de diàmetre.

És molt important tenir en compte que els captadors solars treballen en unes condicions de canvis de temperatura força acusats que obliguen l'instal·lador a estar especialment atent a l'hora de seleccionar el material i d'executar les connexions.

Figura 10.- Connexió entre captadors del tipus "ràpid amb juntes tòriques".



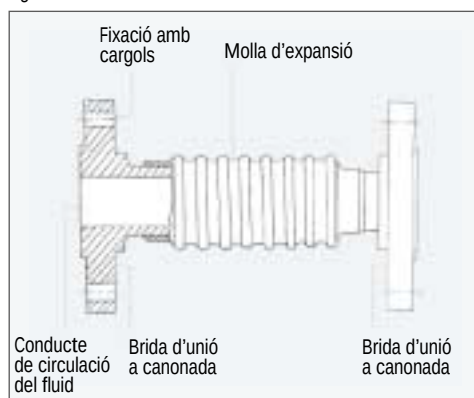
Els captadors solars poden passar en qüestió de pocs minuts de treballar a temperatures properes a l'ambient fins a temperatures d'estancament o d'equilibri, per exemple en el cas de parada de la bomba per avaria o per disseny del sistema en arribar a temperatures elevades en l'acumulador.

Aquest fet comporta seqüències força extremes de dilatació i contracció dels elements de connexió. A més, cal tenir en compte que temperatures d'equilibri superiors a 120°C poden provocar amb facilitat evaporacions en el primari, fet que posa a prova la total estanquitat de la bateria de captadors.

Aquests esforços es tradueixen en tensions mecàniques en els connectors, circumstància que, en el cas d'unions soldades, provoca amb relativa facilitat el trencament de les unions.

Per evitar aquesta tensió la millor recomanació és utilitzar unions flexibles o manegots absorbidors que es poden deformar per tal d'evitar les deformacions dels elements rígids del sistema.

Figura 11.- Dilatador axial.



Aquests elements absorbidors dels esforços de dilatació s'haurien de col·locar separant captadors, almenys un separador per a cada tres captadors en bateries de sis.

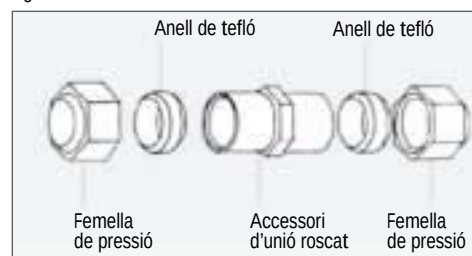
Una altra recomanació és no fer connexions entre captadors o entre captadors i canonades d'evacuació amb soldadura tova, perquè els esforços mecànics la faran malbé en poc temps.

Una solució adoptada per força constructors és la unió de captadors a partir d'elements de connexió bicònics amb anells de tefló en els que l'elasticitat de l'anell pot absorbir petits esforços i que, en cas d'una situació extrema, provoca la relliscada de la canonada sense trencament d'elements.

En aquest sentit, una tendència del mercat és fabricar captadors de gran superfície, fins a 10 m², com una sola unitat acabada que permet la reducció del nombre d'unions que cal realitzar en l'obra.

Un altre aspecte que cal tenir en compte alhora de seleccionar el material i els elements de connexió són les condicions climatològiques de l'emplaçament. En col·locar-se a l'exterior, la pluja, les temperatures baixes i la radiació ultraviolada fan desaconsellables alguns materials, per problemes de corrosió, oxidació i d'altres alteracions.

Figura 12.- Ràcord d'unió de canonades amb "anells" de tefló



Pel que fa al muntatge del camp de captadors, cal preveure un material accessori específic mínim:

- Vàlvules de tall d'entrada i sortida de bateria
- Purgadors en la zona més elevada
- Vaina d'immersió per a la sonda de temperatura
- Cabalímetre o vàlvula d'equilibrat (opcional)

Exemple:

Quan les temperatures van baixar dels 0°C durant el mes de desembre de 2001 moltes canonades exteriors es van glaçar i trencar. Algunes bateries de captadors on no hi va haver prou proporció d'anticongelant –per reposicions amb aigua o perquè es va envellir– equipades amb ràcords bicònics van quedar literalment desmuntades, però sense ruptures.

4. Conductes per al fluid termòfor

Pel que fa a les canonades emprades en instal·lacions solars, normalment caldrà distingir entre dos circuits: primari, captadors - bescanviador i secundari, acumulador - consum.

1. Respecte al circuit secundari, cal dir que la incorporació de la instal·lació solar no ofereix cap modificació de materials pel que fa a qualsevol configuració amb utilització de fonts energètiques convencionals. Per tant, les canonades de connexió a l'acumulador seran del mateix material que els emprats en la resta de la instal·lació, però evitant el coure en el cas que la instal·lació de distribució posterior sigui de ferro per tal de minimitzar la corrosió galvànica.
2. Quant al circuit primari, cal tenir en compte que en determinades ocasions la temperatura de circulació del fluid termòfor, entre captadors i bescanviador, pot arribar a temperatures elevades, fet que produirà esforços considerables sobre les canonades i les seves fixacions degut a les dilatacions, a més d'accelerar-se qualsevol procés de calcificació i corrosió.

Per tant, es recomana la utilització de canonades dels materials que es detallen en la taula 5, on s'especifiquen algunes de les seves particularitats.

Així, a l'hora de l'elecció del material de les canonades, els conceptes que cal tenir en compte són els següents:

- Les dilatacions provocades per salts tèrmics poden ser importants, de -25°C a $+130^{\circ}\text{C}$.
- La corrosió tan interna com externa deguda als agents ambientals i atmosfèrics.
- La incompatibilitat entre els materials que intervinguin en el sistema pot provocar corrosions accelerades del material més feble.

Un cop decidit el material que s'emprarà en el circuit, l'únic paràmetre per definir la canonada és el seu diàmetre interior. La canonada escollida haurà de complir amb un requisit principal: produir una pèrdua de càrrega inferior a 40 mm de cda (columna d'aigua).

Per tal de trobar la canonada adient es pot emprar l'àbac de càlcul mostrat en la figura 13 i reproduït en l'annex 2, en el que cal introduir la dada bàsica referida al cabal d'aigua que circularà per la canonada i tirar una línia al valor de pèrdua de càrrega escollit, la línia tallarà l'eix de canonades pel valor de diàmetre necessari.

Com a criteri de disseny, s'ha d'escollir un cabal d'aigua de 60 l/h per cada m^2 de captador.

Taula 5.- Canonades per al circuit primari.

Material	Avantatges	Desavantatges
Coure	Coeficient baix de dilatació Facilitat de treball Econòmic Gran varietat de figures i d'accessoris al mercat	Transmissió tèrmica elevada Unions per soldadura emprant aliatges Incompatibilitat amb altres canonades metàl·liques Corrosió galvànica
Polipropilè	Coeficient baix de transmissió tèrmica Unions per termofusió Elasticitat mecànica i compatibilitat amb els metalls	Coeficient de dilatació elevat Cost econòmic elevat Precisa d'eines de treball específiques

Exemple:

En una instal·lació solar per a la producció d'aigua calenta sanitària que incorpora dos captadors solars plans amb una superfície útil d'1,7 m² cada un, quin cabal de disseny utilitzariem?

Apliquem l'expressió següent:

$$C = \text{Núm. de captadors} \times S_{\text{util}} \times 1 \text{ l/min x m}^2$$

I obtenim,

$$C = 2 \text{ cap.} \times 1,7 \text{ m}^2 / \text{cap} \times 1 \text{ l/min x m}^2 = 3,4 \text{ l/min}$$

Un cop conegut el cabal que circularà pel primari, aquest valor es marca en la columna de la dreta (cabals) de l'Àbac (figura 13) i marquem els valors de pèrdua de càrrega màxima admissible (entre 20 i 40 mm de cda). Un cop tenim els punts marcats sobre les columnes corresponents tracem una línia recta

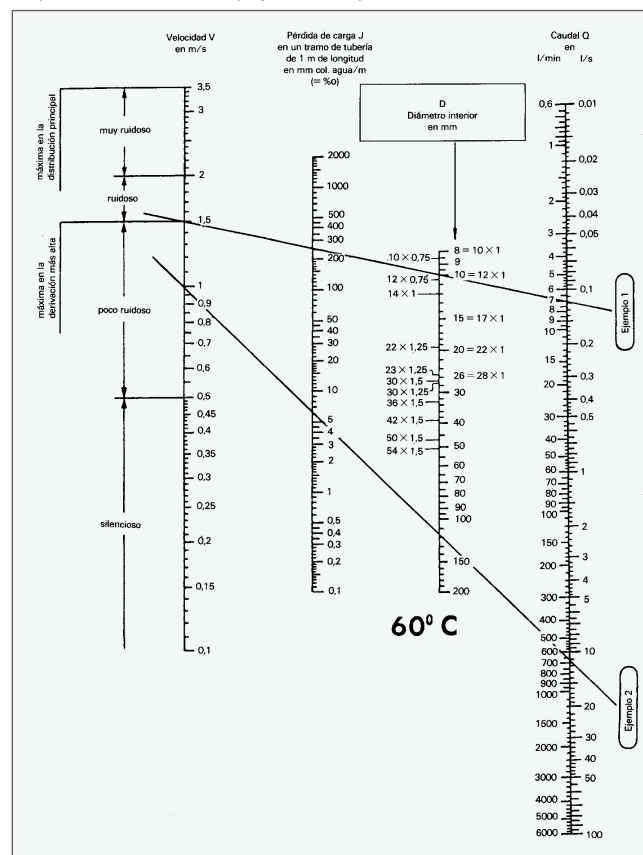
Cal recordar que el diàmetre obtingut en l'àbac correspon a l'interior de la canonada que cal muntar, normalment aquest valor no coincideix amb els normalitzats fabricats, per tant caldrà comprovar el valor de pèrdua de càrrega que hi haurà fet servir el diàmetre estàndard més proper unint aquest valor amb el del cabal de disseny i prolongant la línia que surti fins tallar el gràfic de pèrdues de càrrega.

Taula 6.- Relació de diàmetres nominals estàndards i espessors per a les canonades de coure.

Diàmetre exterior nominal [mm]	Espessor de la paret de la canonada [mm]			
	0,75	1	1,2	1,5
	Diàmetre interior resultant [mm]			
8	6,5	6		
10	8,5	8		
12	10,5	10		
15	13,5	13		
18	16,5	16		
22		20	19,6	19
28		26	25,6	25
35		33	32,6	32
42		40	39,6	39

Font: NIA, Norma d'Instal·lacions d'Aigua.

Figura 13.- Àbac de càlcul per a canonades de paret llisa i temperatura de fluid de 60°C (vegeu l'annex 2).



Font: Instalaciones hidrosanitarias: Editorial Pananinfo.

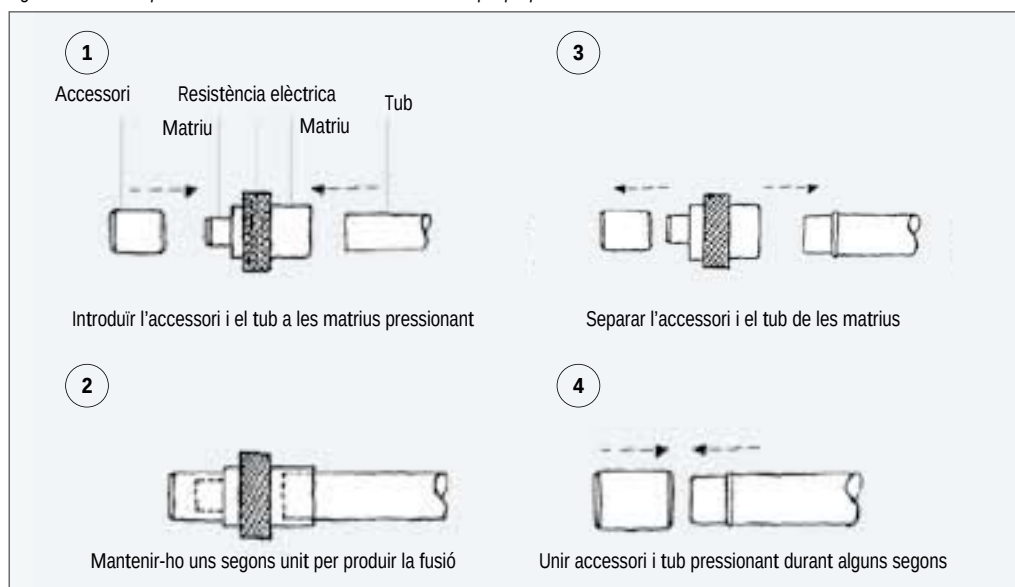
4.1. Manipulació del polipropilè

Tot i l'existència de molts materials per a les canonades del circuit primari, en aquest apartat descriurem el procés de manipulació del polipropilè com a exemple de material plàstic de bones prestacions, ja que creiem que el coure és conegut i emprat pels instal·ladors habitualment.

El polipropilè té un bon rendiment econòmic en tirades llargues però, en canvi, surt car en sales de calderes, on s'han de col·locar molts accessoris. Cal tenir en compte també que es tracta d'un material amb un índex elevat de dilatació i que per tant la seva instal·lació requereix incorporar lires o dilatadors que absorbeixin aquest efecte, si no les canonades es corben i donen un acabat a la instal·lació de baixa qualitat.

La unió de barres i accessoris de polipropilè es fa mitjançant un procés de termofusió a 250°C. Per a aquesta manipulació s'utilitza una pinça calefactora que alberga dues matrius: mascle per als accessoris i femella per a la canonada. Alhora s'escalfen l'interior de l'accessori i l'exterior del tub i en pocs segons les superfícies foses es poden unir mecànicament. El refredament es produeix en pocs segons, passats els quals la unió s'ha finalitzat.

Figura 14. - Procés per a la unió de canonades i accessoris de polipropilè amb termofusió.



5. Aïllaments de les canonades

5.1. Gruixos mínims dels aïllaments

Per tal de minimitzar les pèrdues d'energia calorífica en el conjunt del sistema de captació solar és convenient col·locar aïllaments tèrmics a tots els components del sistema en general i a les canonades en particular.

Aquests aïllaments han de complir la normativa vigent. En aquest cas és el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, RITE, a través de la Instrucció Tècnica Complementària (ITE 03.12) i l'apèndix 03.1 "Espessors mínims d'aïllament tèrmic" que dicta els criteris que ha de complir l'aïllament de les instal·lacions.

L'apèndix 03.1 presenta les fórmules matemàtiques per al càlcul del gruix que han de tenir els aïllaments corresponents a canonades instal·lades en l'interior de les edificacions fetes a partir de materials amb les següents característiques:

- Coeficient de conductivitat tèrmica a 20°C: 0.040 W/mK
- Marge de temperatures de treball -35°C i 110°C

Per aïllaments de materials amb altres valors de conductivitat tèrmica, l'apèndix indica una metodologia de compensació de gruixos (vegeu l'Annex 3).

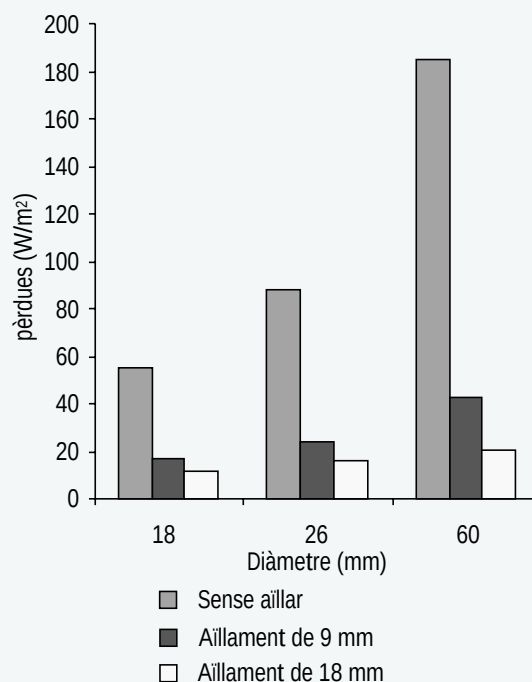
Si les canonades són a l'exterior, caldrà a més garantir les següents característiques dels aïllaments:

- Inalterabilitat a causa dels agents atmosfèrics així com resistència a la formació de fongs.
- Resistència a la radiació solar del material aïllant, en cas contrari caldrà cobrir-lo adequadament amb fundes o pintures protectores.
- Segellat dels passos a l'exterior, eliminació de ponts tèrmics.

Exemple:

En el següent diagrama podem veure l'efecte aïllant de diferents models d'aïllaments de canonades a base d'escumes elastomèriques.

Figura 15.- Pèrdues tèrmiques en canonades de coure en funció del gruix d'aïllament.



Font: Intiam Ruai SL.

Observem com el fet de posar un aïllant de diferents gruixos provoca una reducció considerable en les pèrdues de calor de la canonada i per tant un estalvi important d'energia.

Per tant, alhora de definir l'aïllament que s'aplicarà a una instal·lació s'han d'especificar els valors de les següents característiques del material emprat:

- Coeficient de conductivitat tèrmica del material.
- Marge de temperatures de treball segons el fabricant.
- Coeficient d'absorció d'aigua.
- Gruix nominal escollit en cada zona de la instal·lació.

- Característiques i sistema de coberta per a la protecció en els trams muntats a l'exterior i que restin exposats a la radiació solar.

Els valors tabulats d'espessors mínims dels aïllaments recomanats per canonades segons el RITE ($\lambda_{ref.} = 0.040 \text{ W/m.K}$ a 20°C) són diferents segons la seva ubicació:

1. En canonades instal·lades a l'interior de les edificacions (Taula 7)

2. En canonades muntades a l'exterior de les edificacions

Quan les canonades portadores de fluids termòfors estiguin instal·lades a l'exterior, l'espessor indicat a la taula 7 s'haurà d'incrementar, com a mínim en 10 mm.

3. En canonades soterrades

Si les canonades són d'exterior però estan soterrades, no serà necessari que es tinguin en compte els valors d'increment de gruix recomanats.

Si el material d'aïllament té una conductivitat tèrmica inferior al valor estàndard indicat en el RITE, $\lambda = 0.040 \text{ W/m.K}$ a 20°C , podem escollir els gruixos de les següents maneres:

1. A partir de les taules d'equivalència que el fabricant especifica en el seu catàleg tècnic.
2. Aplicant els criteris de la normativa (apèndix 03.1 del RITE – Annex 3).

5.2. Característiques tècniques d'alguns materials aïllants

Aïllament d'escuma de polietilè reticulat:

- Coeficient de conductivitat tèrmica a 20°C : 0.036 W/m.K
- Temperatura de treball: des de -40°C a $+90^\circ\text{C}$.

Aïllament d'escuma de resina de melamina:

- Coeficient de conductivitat tèrmica a 10°C : 0.034 W/m.K
- Temperatura de treball: des de -60°C a $+150^\circ\text{C}$.

Aïllament de polietilè expandit:

- Coeficient de conductivitat tèrmica a 20°C : 0.037 W/m.K
- Temperatura de treball: des de -80°C a $+90^\circ\text{C}$.

Aïllament tubular flexible classe M_1 .

- Coeficient de conductivitat tèrmica a 40°C : 0.040 W/m.K
- Temperatura de treball: des de -45°C a $+105^\circ\text{C}$.

Taula 7.- Gruix dels aïllaments per a canonades interiors en funció de la temperatura de treball i el diàmetre de la canonada per un fluid calent.

Diàmetre exterior canonada (mm) ⁽¹⁾	Temperatura del fluid ($^\circ\text{C}$) ⁽²⁾			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

(1) Diàmetre exterior de la canonada sense aïllar.

(2) S'escull la temperatura màxima de xarxa.

Font: "Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios" RITE

6. Circuladors

6.1. Descripció general

El circulador o bomba de recirculació, és l'element de la instal·lació solar tèrmica encarregat de moure el fluid del circuit primari, o d'altres circuits tancats de la instal·lació, com ara: el circuit entre acumulador i bescanviador exterior, anells de recirculació d'ACS, circuits de calefacció, etc.

En el cas particular del circuit primari solar, l'objectiu de forçar aquesta circulació és transportar el calor des dels captadors solars fins al bescanviador, compensant les pèrdues de càrrega (resistència al moviment del fluid) dels diferents accessoris que formen el circuit: canonades, vàlvules, derivacions, captadors i bescanviador.

6.2. Característiques del circulador

El circulador està constituït per dues parts diferenciades:

- un cos hidràulic, fabricat amb diferents materials (ferro fos, bronze, acer inoxidable) que alberga al rodet d'impulsió.
- un motor elèctric, fixat al cos hidràulic mitjançant cargols, que acciona al rodet d'impulsió.

Totes dues parts formen un conjunt compacte equipat amb les corresponents connexions

elèctriques del motor i d'unió hidràulica a la canonada mitjançant accessoris roscats o brides planes.

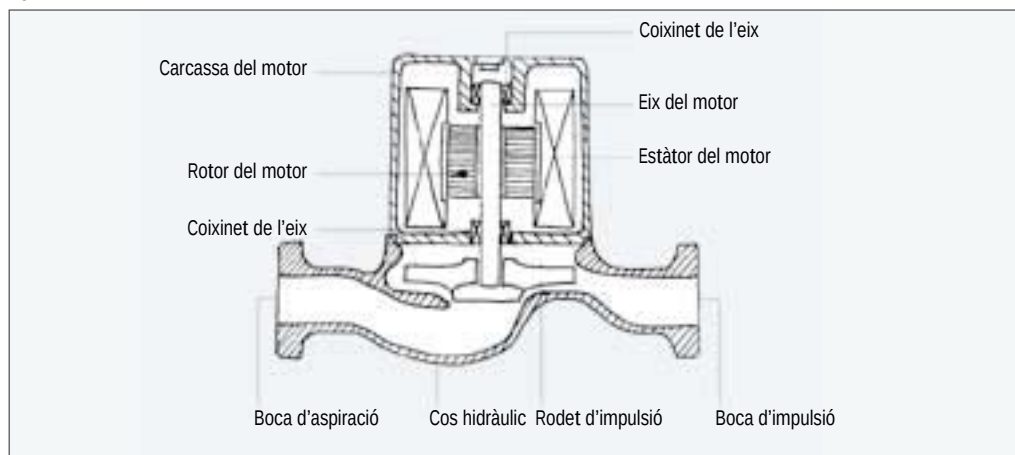
Una vegada que la bomba comença a funcionar, el fluid del circuit banya al rotor o eix del motor i els coixinets provocant la seva refrigeració i lubricació. Es per això que a aquests circuladors o bombes s'anomenen de *rotor humit*, tenint una vida útil molt llarga i pràcticament sense manteniment.

El material de fabricació del cos hidràulic dels circuladors defineix la seva aplicació en funció del fluid que transporten, així, fer la distinció dels tipus de materials en funció de l'aplicació.

Circuits tancats. El ferro fos és el material més emprat en la fabricació del cos hidràulic dels circuladors destinats a aquests circuits ja que resulta més econòmic que d'altres materials. El líquid que hi circula és sempre el mateix, generalment aigua amb additius anticalcaris i anticongelants. A més, aquest fluid no és de consum per tant, no ha de mantenir inalterables les característiques de l'aigua.

Circuits oberts. El bronze i l'acer inoxidable són els materials més emprats en circuits oberts. El líquid que hi circula és l'aigua de consum i per tant les sals que hi porta dissoltes produeixen problemes de calcificació i corrosió a certs materials com, per exemple, el ferro fos. A més, a l'haver d'estar en contacte amb l'aigua de consum, el material de construcció del rodet ha de mantenir inalterables les característiques de l'aigua.

Figura 16.- Secció d'un circulador amb rotor humit.



Pel que fa als motors elèctrics dels circuladors, són del tipus d'inducció i s'alimenten amb tensions de 240V de corrent altern monofàsic i/o 380V trifàsic amb una freqüència de 50Hz, en funció de la capacitat de transport del fluid.

Una característica important que tenen els circuladors és la possibilitat de seleccionar diferents rangs de cabal mitjançant un selector de velocitat que porten incorporat a la capsa de connexions del motor. Generalment aquests selectors disposen de 3 o 4 posicions, depenent del fabricant, permetent adaptar la bomba a diferents règims de cabal en funció de les pèrdues de càrrega del circuit.

En general, les condicions tècniques que han de complir els circuladors són:

Temperatura màxima de treball 110°C
Pressió màxima del circuit 10 Kg/ cm²

Un aspecte important a tenir en compte per al bon funcionament del circulador és comprovar que la pressió a la boca d'aspiració pren uns valors superiors als mínim recomanats pel fabricant per tal d'evitar sorolls de cavitació i/o danys als coixinets. A títol orientatiu la taula 8 mostra una relació de les pressions mínimes d'aspiració amb les temperatures de treball.

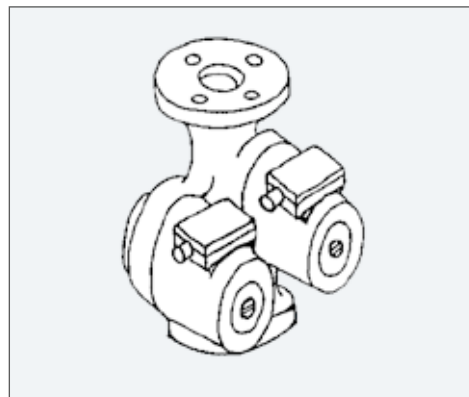
Taula 8.- Pressions mínimes d'aspiració dels circuladors.

Temperatura del líquid	t < 85°C	95°C
Pressió d'aspiració	0,5 m.c.a 0,049 bars	2,8 m.c.a 0,27 bars

Font: Intiam Ruai SL.

Una variant força habitual dels circuladors per a circuits tancats és el de doble motor. Això permet assegurar el funcionament de la instal·lació reduint les probabilitats de fallada en relació a un circulador simple. Aquests circuladors permeten fer la reparació del motor defectuós amb la instal·lació en funcionament emprant l'altre motor, tot i que suposen un increment de cost del 50 a 100% en funció del model i dimensió.

Figura 17.- Bomba circuladora amb doble motor.



6.3. Circuladors amb regulació electrònica

Els circuladors amb regulació electrònica disposen d'un controlador electrònic, incorporat a la capsa de connexions del motor, que permet variar la velocitat d'aquest i aconseguir adaptar el cabal de la bomba a un circuit amb pèrdues de càrrega o de transport energètic variables.

Generalment, a les instal·lacions solars tèrmiques, el circuit primari solar té unes pèrdues de càrrega fixes, per tant, aquesta tipologia de bombes seria interessant per adaptar el cabal a la radiació disponible, ara bé, el seu cost fa que no siguin gaire freqüents.

6.4. Selecció del circulador

Per a la selecció del circulador adient en cada cas cal fer un estudi dels dos paràmetres bàsics de funcionament del circuit.

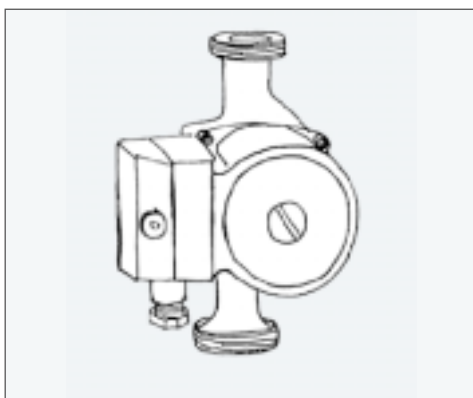
- La pèrdua de càrrega que ofereix el circuit complet.
- El cabal de disseny.

Un cop definits i/o calculats aquests paràmetres, la selecció del circulador la farem a partir dels gràfics de funcionament que subministren els fabricants.

Per calcular les pèrdues de càrrega total del circuit primari cal tenir en compte els següents conceptes:

- Les canonades ofereixen una resistència al pas de l'aigua que podem anomenar pèrdues primàries que són funció del seu diàmetre i del cabal de pas.
- Tots els canvis de direcció (colzes, Ts, ...) així com els accessoris provoquen alteracions en el flux d'aigua i per tant pèrdues de càrrega que anomenem secundàries.

Figura 18.- Circulador emprat en el primari d'instal·lacions solars.



Alhora de fer un càlcul de les pèrdues de càrrega d'un circuit tancat seguirem el següent procés:

1. A partir de l'àbac (Annex 2), podem obtenir el valor de pèrdues específiques, és a dir, les pèrdues de càrrega per cada metre lineal de canonada.
2. A continuació, convertirem les pèrdues secundàries produïdes pels accessoris en pèrdues primàries a partir de la taula de conversió de l'Annex 4 en la que s'assigna una longitud equivalent de tub a cada accessori del circuit.
3. Un cop conegudes les pèrdues de càrrega produïdes per la canonada i els accessoris, calcularem i sumarem les pèrdues originades a la bateria de captadors.
4. Finalment, calcularem la pèrdua de càrrega total del circuit format per captadors, canonades, valvuleria i del bescanviador, sumant els valors parcials trobats anteriorment.

A partir del valor total de pèrdues de càrrega buscarem el circulador capaç de subministrar el cabal de disseny i vèncer la resistència esmentada segons els gràfics subministrats pel fabricant de bombes.

Exemple de selecció d'una bomba:

Es vol dimensionar una bomba per a forçar la circulació pel circuit primari d'una instal·lació formada per 4 captadors solars plans d' 1,7 m² de superfície amb un acumulador de 500 l de doble envoltant i que té els següents elements que formen el circuit:

Longitud de canonada: 60 m

Material de canonada: coure 16 x 18 mm

Valvuleria i accessoris: 20 colzes de 90°, 6 Tes de pas recte, 6 vàlvules de pas i 1 antiretorn YORK

Iniciem el càlcul determinant el cabal de circulació de disseny, a partir del regle de càlcul d'1 l/min per cada m² de captador:

$$C_{\text{disseny}} = 4 \text{ captadors} \times 1,7 \text{ m}^2/\text{captador} \times 1 \text{ l/min} \times \text{m}^2 = 6,8 \text{ l/min}$$

$$6,8 \text{ l/min} = 0.113 \text{ l/s} = 0.41 \text{ m}^3/\text{h}$$

Utilitzem l'àbac per tal de trobar la pèrdua de càrrega específica de la canonada de coure de 16 x 18 mm amb una circulació de 6,8 l/min.

La pèrdua de càrrega és 24 mm de cada (columna d'aigua)

Calculem les pèrdues singulars degudes als accessoris del circuit. En primer lloc buscarem la longitud equivalent de cada tipus d'accessoris a partir de l'Annex 4:

Accessori	Quantitat	longitud equivalent [m]	Total equivalent [m]
Colzes de 90°	20	0,70	14,00
Te de pas recte	6	0,21	1,26
Vàlvula de comporta de 3/4	6	0,29	1,74
Vàlvula antiretorn York de 3/4	1	3,25	3,25
Bescanviador de l'acumulador	1	2,94	2,94
Total longitud equivalent [m]			23,19

Les pèrdues singulars seran igual al producte de la longitud equivalent multiplicat pel valor de pèrdues específiques que hem trobat a l'apartat anterior:

$$P_{\text{singulars}} = 23,19 \text{ m}_{\text{equivalents}} \times 24 \text{ mm de cda / m} = 556,56 \text{ mm de cda}$$

Les pèrdues lineals seran també el producte de la longitud real de canonada pel valor obtingut de pèrdues específiques:

$$P_{\text{lineal}} = 60 \text{ m}_{\text{lineals}} \times 24 \text{ mm de cda / m} = 1.440 \text{ mm de cda}$$

Per últim ens manca conèixer quin és el valor de les pèrdues de càrrega que es produeix a la bateria de captadors. Aquest valor ens el pot subministrar el fabricant i normalment ens el donen en forma de gràfic en que es relaciona la pèrdua de càrrega amb el cabal de circulació.

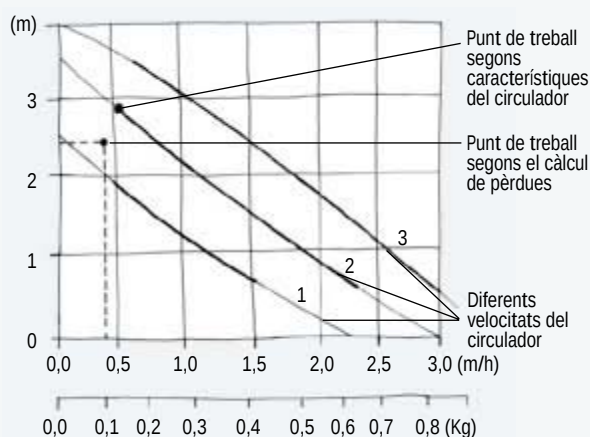
En aquest cas considerem que la pèrdua de càrrega a la bateria de captadors és de 58 mm de cda. Sumant totes les pèrdues obtenim la pèrdua total de càrrega, que és el impediment que haurà de superar la bomba.

$$P_{\text{èrdues totals}} = P_{\text{èrdues singulars}} + P_{\text{èrdues lineals}} + P_{\text{èrdues en captadors}}$$

$$P_{\text{total}} = 556,56 + 1.440 + 58 = 2.054,56 \text{ mm de cda}$$

A continuació, es dibuixa el punt de funcionament sobre les corbes de treball d'un circulador del mercat.

Figura 19.- Punt de funcionament d'un circulador. Resolució gràfica.



Com es pot observar en la figura 19, la instal·lació de l'exemple s'acoblirà correctament a la velocitat número 2 d'aquest circulador en un punt proper als 2,8 m de cda ja que el cabal serà una mica més alt que el de disseny.

Caldrà, per tant, col·locar una vàlvula de regulació per tancar el pas d'aigua del primari fins ajustar la pèrdua de pressió a un valor suficient com per assegurar el cabal de disseny.

6.5. Ubicació a la instal·lació

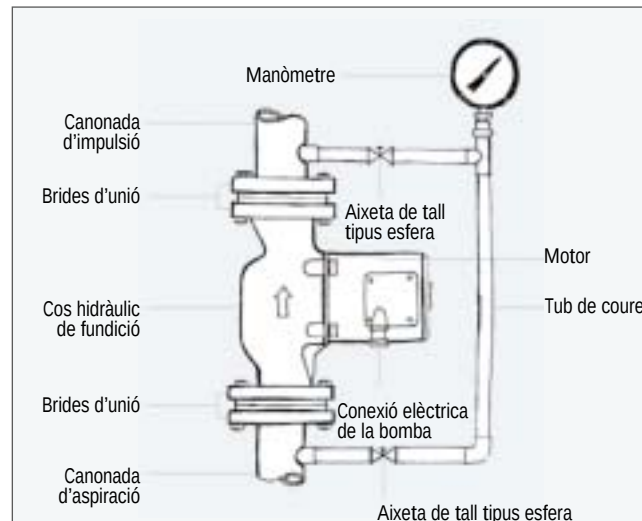
En general i a títol de recomanació, la bomba es col·locarà a la línia de retorn, de bescanviador a captadors, per evitar l'excés d'escalfament del fluid de la sortida de captadors. En tot cas, si es decidís un altre lloc d'ubicació caldrà tenir en compte els límits de temperatura admissibles per l'aparell i el compliment de les pressions mínimes necessàries per al seu correcte funcionament.

A les instal·lacions solars amb acumulació centralitzada, el circulador s'ubica a la sala de màquines o acumuladors, juntament amb la resta d'equips i elements. Si es donés la situació que la sala de màquines estigués amb desnivell per sobre del camp de captadors solars, es tindrà cura de comprovar que la pressió de funcionament de la bomba sigui la mínima demanada pel fabricant.

Quan s'instal·la una bomba de circulació resulta recomanable equipar-la amb un manòmetre de pressió diferencial. Això permet comprovar les pressions manomètriques a les boques d'aspiració i impulsió de la bomba alhora que obtenir el valor de pèrdua de càrrega real en el circuit primari comandat pel circulador.

Per tal de poder realitzar una reparació o canvi de la bomba sense necessitat de buidar tot el circuit primari, caldrà col·locar dues vàlvules de tall a les connexions hidràuliques de l'aparell.

Figura 21.- Muntatge del manòmetre diferencial en un circulador.



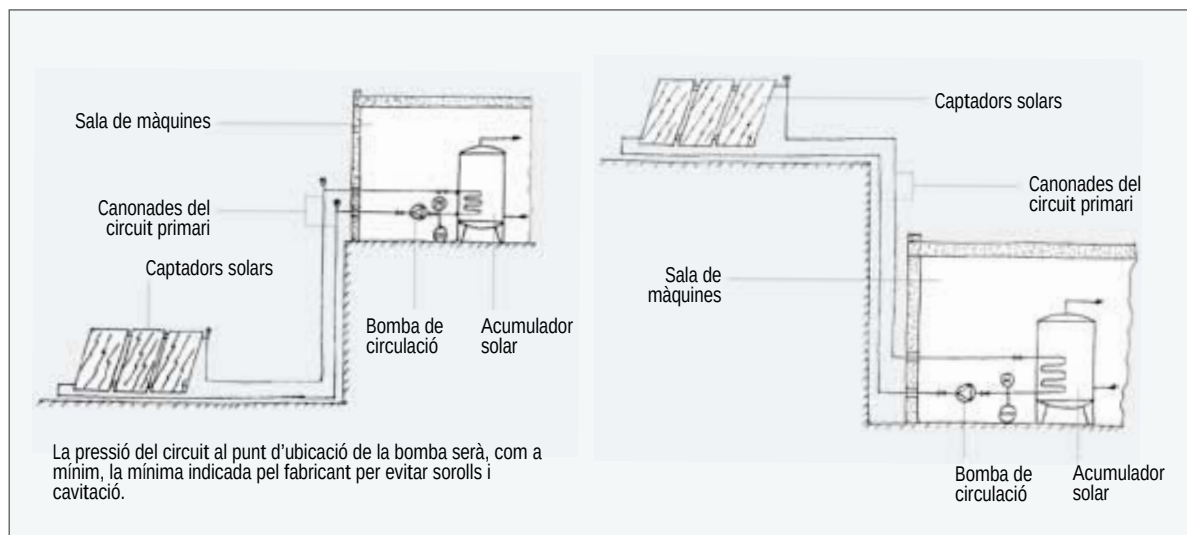
6.6. Normatives i documents de referència

A continuació es fa referència a diferents fonts d'informació sobre els circuladors aplicats en instal·lacions solars tèrmiques.

Normativa: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, i les corresponents Instruccions Tècniques Complementaries.

Catàlegs professionals.

Figura 20.- Col·locació del circulador en circuits primaris.



7. Acumuladors

7.1. Descripció general

L'acumulador és l'element de la instal·lació on s'emmagatzema l'energia tèrmica, produïda pel camp solar, en forma d'augment de la temperatura d'un fluid, bàsicament aigua calenta per l'ús sanitari. Aquest element és necessari a les instal·lacions solars tèrmiques degut a que ens permet utilitzar l'aigua calenta en qualsevol moment del dia independentment del nivell instantani de la radiació solar.

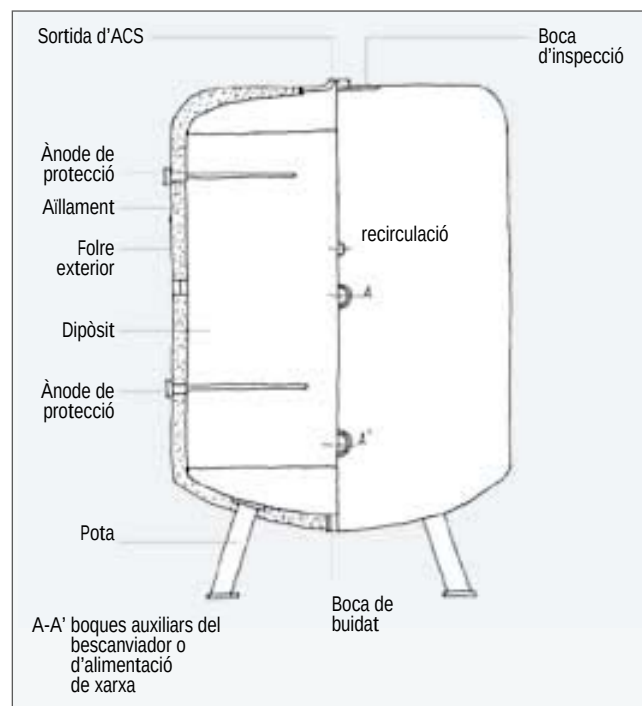
Un acumulador és un dipòsit fabricat en acer al carboni o acer inoxidable i equipat amb una sèrie de preses laterals per a la seva connexió a la xarxa de subministrament, consum d'aigua i col·locació d'altres elements com ara, termòmetres, termòstats, ànodes de protecció, etc. La superfície exterior del dipòsit incorpora un folre d'aïllament tèrmic per evitar les pèrdues de la calor cap a l'exterior.

A més, l'acumulador, tant pel cost com per les seves dimensions adquireix una gran importància en el conjunt de la instal·lació. Alhora de fer la seva selecció i d'escollir les proteccions que ha d'incorporar cal tenir en compte què és un element clau en la limitació de la vida útil del conjunt.

La qualitat de l'aigua i la temperatura de treball tenen molta relació amb els problemes de corrosió, aquests són els aspectes més importants a l'hora d'escollir l'acumulador ideal per a cada utilització. Això fa que no sigui possible determinar un material que resulti ser el més adient a nivell general; l'experiència del tècnic i el seu coneixement de la qualitat de l'aigua local pot determinar millor la idoneïtat de cada material.

Per tot l'exposat, cal remarcar que la millor manera de mantenir un acumulador en bones condicions és incorporant els sistemes de protecció catòdica i efectuant el manteniment preventiu per tal de minimitzar els processos corrosius a que es veu sotmès.

Figura 22.- Components d'un acumulador.



7.2. Tipologies d'acumuladors en funció de la posició.

Els acumuladors en el mercat són molt diversos, la posició en que van muntats, el material de construcció així com la seva incorporació o no d'elements d'intercanvi de calor són els principals paràmetres que es permetran agrupar-los en diferents tipologies.

Classificarem en primer lloc els acumuladors segons la posició física de col·locació en dos grups: verticals i horitzontals.

Acumuladors Verticals

La posició vertical de l'acumulador és la més habitual a les instal·lacions solars tèrmiques a l'igual que succeeix amb les instal·lacions tèrmiques convencionals.

L'acumulador en posició vertical, és l'opció més recomanable ja que afavoreix l'estratificació de l'aigua, acumulant-se la més calenta a la part superior i la més freda a la part inferior del dipòsit. Això permet donar un subministre instantani d'aigua a temperatura de servei sense que tot el dipòsit estigui a aquesta temperatura.

L'estratificació vertical també permet l'aportació de calor de suport amb fonts energètiques convencionals a la part alta de l'acumulador sense generar interferència o pèrdua de rendiment greu en l'equip solar.

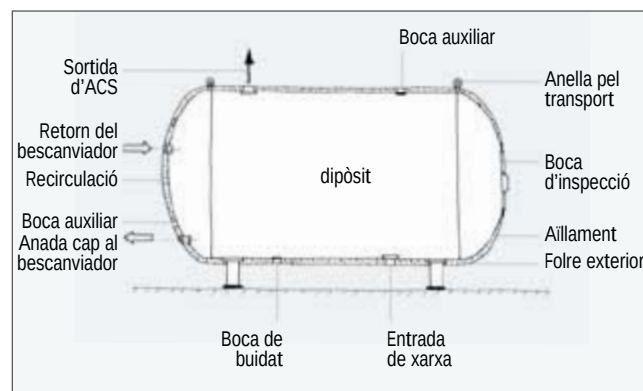
En relació a la capacitat d'acumulació, els volums més estàndards per a ús sanitari d'aquest tipus d'acumuladors oscil·len entre 150 i 500 litres, per a habitatges unifamiliars poden arribar a 1000 litres quan la instal·lació solar dona servei també al sistema de calefacció de l'habitatge i de 1000 a 7000 litres per a instal·lacions col·lectives: centres esportius, hotels, hospitals, etc., on la demanda energètica és molt important.

Acumuladors Horitzontals

Aquesta posició d'acumulador, on predomina la dimensió paral·lela al terra respecte de l'alçada que ocupa el dipòsit és l'emprada principalment en els següents casos:

- Equips solars compactes per termosifó ja que permeten millor integració arquitectònica.
- Grans acumuladors i/o dipòsits d'inèrcia de més de 4.000 l, donada la millor distribució de càrregues sobre la superfície de suport
- Llocs amb dificultats d'espai on la dimensió limitant és l'alçada, altells, golfes, baixos d'escales, etc.

Figura 23.- Acumuladors horitzontals emprats en diferents aplicacions solars.

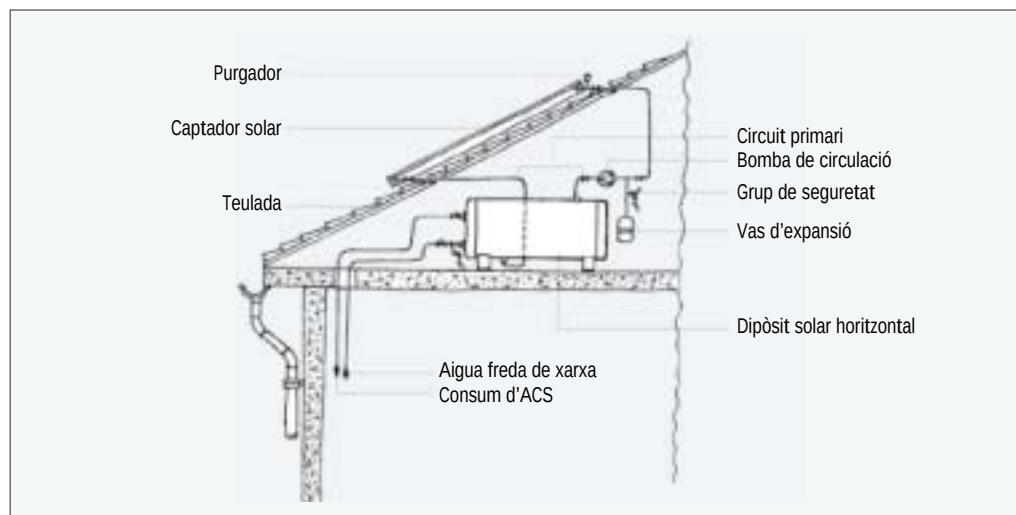


Els volums estandarditzats per aquest tipus d'acumuladors oscil·len entre els models pertanyents a les sèries domèstiques: 150-200-300 i 400 litres, fins als acumuladors de gran volum, arribant als 12.000 l en funció del fabricant i material emprat.

Cal remarcar que en aquesta posició de l'acumulador, l'aigua no té capacitat d'estratificar-se per temperatura, fet que comporta, no poder disposar d'una capa superior d'aigua a la temperatura d'utilització fins que tot el dipòsit hagi estat escalfat. Això ho tindrem en compte a l'hora de la selecció i connexió amb els diferents sistemes auxiliars.

Aquest darrer concepte fa que tret dels casos anunciats, en la resta d'instal·lacions solars els acumuladors horitzontals siguin molt poc freqüents.

Figura 24.- Acumulador horitzontal ubicat en unes golfes.



7.3. Classificació dels acumuladors en funció del material de fabricació

Els acumuladors es fabriquen principalment amb Acer al carboni i Acer inoxidable.

Acer al carboni

Els dipòsits fabricats amb acer al carboni i destinats a usos sanitaris estan protegits interiorment amb diferents tipus de revestiments per evitar la corrosió a que es veuen sotmesos a l'hora que oferir una qualitat biològica de l'aigua que subministren. Aquest revestiments interiors poden ser de:

Galvanitzat en calent per immersió

El galvanitzat en calent per immersió és el sistema més estès i econòmic sobretot per a dipòsits amb grans volums d'acumulació. El procés consisteix en submergir el dipòsit en un bany electrolític de sals de zinc. Els ions zinc es disposen a tota la superfície del tanc formant una capa d'un espessor calculat per a l'aplicació concreta. Aquest procés de protecció és el mateix que l'emprat a la indústria metal·lúrgica per protegir l'acer dels fenòmens de corrosió a causa dels elements climatològics adversos.

Els acumuladors amb aquest tractament presenten un bon comportament a nivells de temperatura d'acumulació de 45 a 60°C. A partir dels 70°C la precipitació de sals i el caràcter àcid de l'aigua acceleren els processos de corrosió.

Vitrificat de simple o doble capa

El vitrificat consisteix en revestir internament la superfície del dipòsit amb una capa líquida formada per substàncies ceràmiques i posteriorment sotmesa a temperatures al voltant dels 800°C dins un forn per obtenir la cristallització o vitrificació de les mateixes.

Aquest procés és bastant delicat, de manera que la qualitat i propietats finals del revestiment depèn de la precisió en el control de l'esmatat. No obstant, el vitrificat és un dels sistemes de protecció que millors resultats dona en el marge habitual de temperatures d'utilització, 55 a 65°C. Essent 70°C la temperatura límit d'utilització per les mateixes raons que els galvanitzats.

Tot i les seves qualitats, les aplicacions del vitrificat queden limitades a volums d'acumulació de fins a 700 litres, degut al risc de produir-se esquerdes a l'esmatat per efectes de les dilatacions de l'acer sobre el que es disposa el recobriments, el coeficient de dilatació de l'acer és molt més elevat que el de l'esmatat.

Resines epoxy

Els revestiments amb resines epoxy apareixen en els darrers temps com a variant dels anteriors. Aquests revestiments presenten un bon comportament i s'adapten força bé a volums d'acumulació elevats degut a que són més elàstics que els vitrificats. Aquests revestiments han de ser compatibles amb la temperatura de treball i amb l'aplicació d'un sistema efectiu de protecció catòdica.

Acer inoxidable

El comportament anticorrosiu de l'acer inoxidable està relacionat amb els elements constituents del seu aliatge i del procés de fabricació del dipòsit. L'acer inoxidable AISI 316 L, amb tractament de passivitzat i aliatge de Cromo-Niquel-Molibdè, dona bones prestacions davant la corrosió per l'aigua i és el més utilitzat per a la fabricació dels dipòsits d'ACS.

Cal afegir que, els constituents de l'acer inoxidable no garantiran de forma absoluta la seva inalterabilitat envers la corrosió. El procés de fabricació és un pas important perquè el producte tingui les garanties màximes, degut a les altes temperatures que s'assoleixen a les soldadures de les diferents parts del dipòsit, aquestes poden perdre la qualitat anticorrosiva sinó queden sotmeses sota atmosfera inert durant la soldadura. Un sistema de protecció catòdica efectiu al dipòsit durant el seu funcionament ens garantirà la durabilitat d'aquest.

Els dipòsits d'acer inoxidable per a la producció d'ACS estan limitats en els volums de fabricació disponibles al mercat, principalment pel seu elevat cost si es compara amb els materials abans esmentats. No obstant això, podem trobar-los fàcilment amb volums que oscil·len des de 50-60 litres fins als 800-1000 litres de capacitat.

7.4. Aïllaments dels acumuladors per a ACS

L'aïllament tèrmic de l'acumulador té per objectiu evitar la pèrdua d'escalfor donada la diferència de temperatures existent entre l'aigua acumulada, 45 – 60°C i la temperatura ambient de la sala de màquines que sol ser de 10 – 12°C, ja que sol ser un espai no calefetat: galeries, patis de veïns, garatges, golfes, etc.

A l'igual que passa amb les canonades el RITE marca uns espessors mínims d'aïllament per als acumuladors i dipòsits de la instal·lació emprant com a estàndard un material amb conductivitat tèrmica λ ref. = 0.040 W/m.K a 20°C.

Els valors indicats en la norma s'expressen a la taula 9 i varien en funció de la superfície exterior de l'acumulador.

Taula 9.- Espessor de l'aïllament per a aparells.

Superfícies de l'acumulador [m ²]	Gruix de l'aïllament [mm]
< 2	30
> 2	50

Font: RITE

Aquests valors s'han d'incrementar en 10 mm com a mínim en el cas d'acumuladors muntats a l'exterior, tal i com passa amb els equips compactes.

7.5. Tipologies dels acumuladors en funció de la configuració del sistema d'escalfament.

Un dels aspectes que permet classificar als acumuladors és la seva relació amb la producció de calor del procés. Així, es poden establir dues categories bàsiques:

Acumulador d'ACS

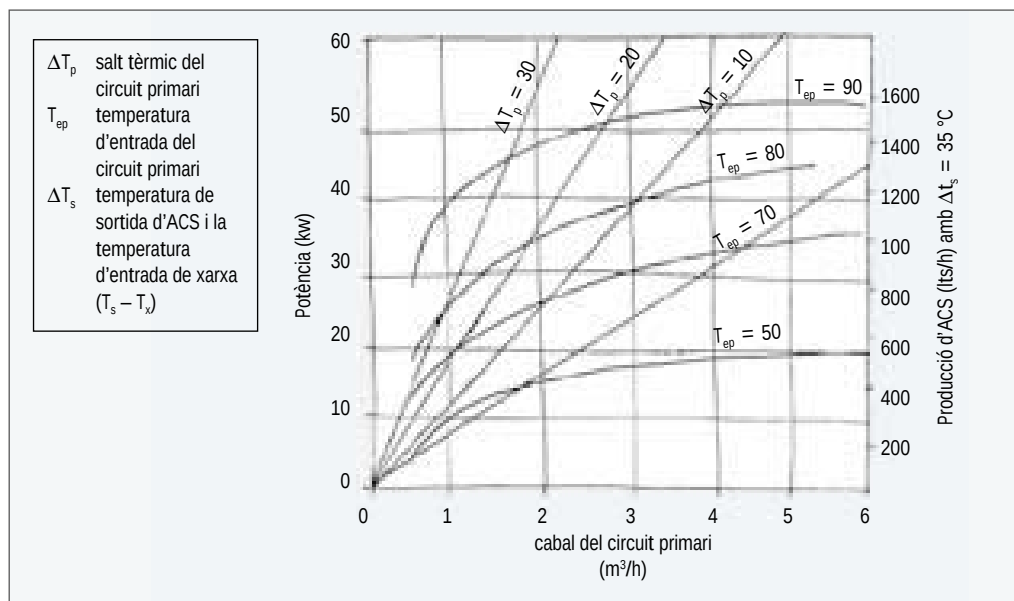
Dipòsit per l'emmagatzematge d'ACS. L'escalfament de l'aigua es produeix externament al dipòsit i aquest, es destina únicament a emmagatzemar-la.

Acumulador-productor d'ACS

Dipòsit per a la producció i emmagatzematge d'ACS. L'acumulació i el sobre escalfament de l'aigua es produeixen en el mateix dipòsit mitjançant el bescanviador de calor que porta incorporat.

Aquesta darrera categoria ens porta a una nova classificació dels acumuladors productors en funció del tipus de bescanviador incorporat.

Figura 25.- Capacitat de producció d'ACS dels acumuladors de doble envolt.



7.6. Acumuladors - productors d'aigua calenta sanitària

Acumulador-productor d'ACS amb bescanviador de doble paret.

Aquest tipus de dipòsit està format per dos circuits independents on els diferents fluids circulen sense barrejar-se. El circuit primari, o circuit d'escalfament, el forma una camisa per on circula el fluid termòfor procedent del generador de calor (captadors solars tèrmics, caldera de gas o caldera de gas-oil). Una de les parets d'aquesta cambra forma alhora el circuit secundari, o circuit d'ACS, on s'acumula l'aigua pel consum sanitari.

Aquesta cambra de doble paret és el bescanviador de calor, comunament conegut com a "doble paret" o "doble envolt". Un símil del procés d'escalfament d'aquests acumuladors-productors seria el "bany Maria"

Aquesta tipologia d'acumulador és la més adient per a instal·lacions solars de producció d'ACS domèstica on el volum d'acumulació és inferior a 500 litres.

Acumulador-productor d'ACS amb bescanviador intern de serpenti.

En aquest tipus d'acumulador el bescanviador està format per un tub, del mateix material que el dipòsit, corbat en espiral o serpenti. El procés de funcionament és el mateix que el descrit a l'apartat anterior, és a dir, el fluid del circuit primari escalfa el fluid del circuit secundari sense cap mescla entre ells.

Aquesta tipologia d'acumulador són muntats habitualment com acumuladors de suport a la instal·lació solar amb escalfament per caldera de combustibles fòssils de fins a 1.000 litres.

Acumulador-productor d'ACS amb bescanviador intern de doble serpenti.

La diferència entre aquest tipus de dipòsit i l'anterior és l'existència d'un segon bescanviador de serpenti en el mateix dipòsit. Aquesta tipologia de configuració interna del dipòsit permet la seva utilització amb dues fonts energètiques d'escalfament: captadors solars tèrmics i generador de calor convencional (caldera de gas-oil, recuperador de calor de xemeneia, etc).

Figura 26.- Secció d'un acumulador-productor de doble envolt.

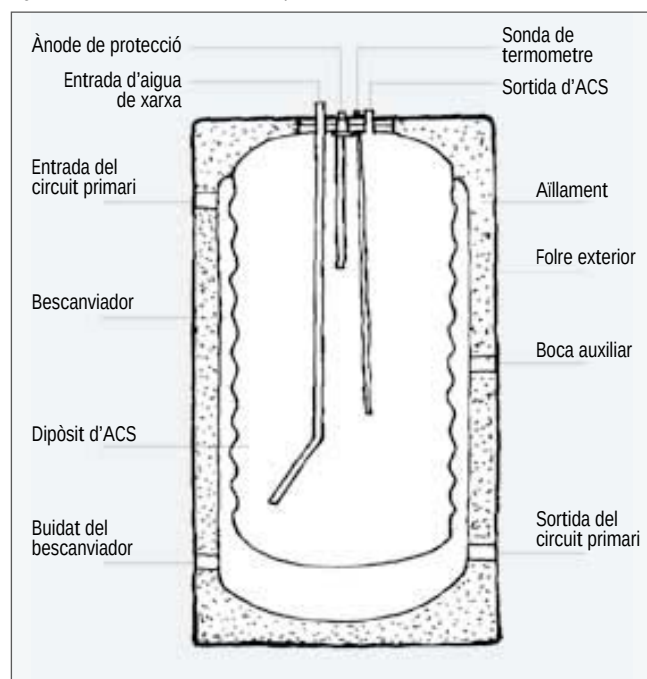
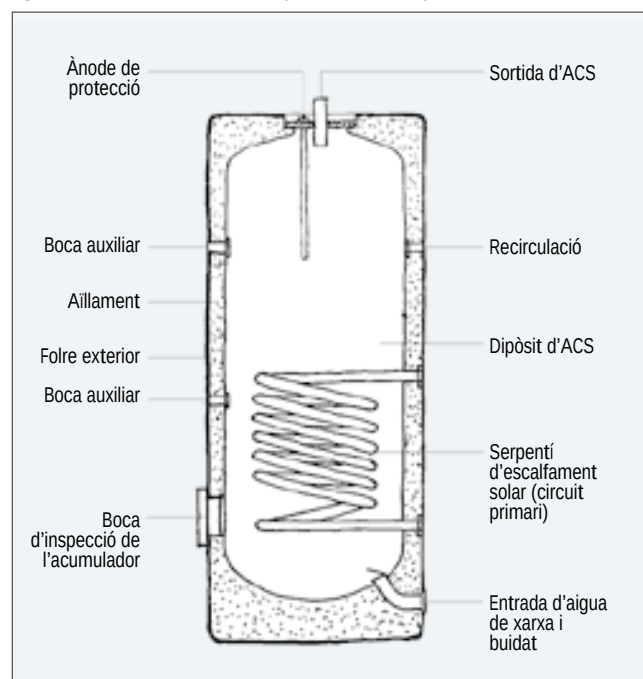


Figura 27.- Secció d'un acumulador-productor amb serpenti intern.



Avancem en aquest punt un aclariment sobre l'ordre de connexions de les dues fonts energètiques per a aquest tipus de dipòsit:

- La font energètica solar es connectarà al serpentí inferior, amb més superfície d'intercanvi.
- La font energètica convencional, es connectarà al serpentí superior, amb menys superfície d'intercanvi.

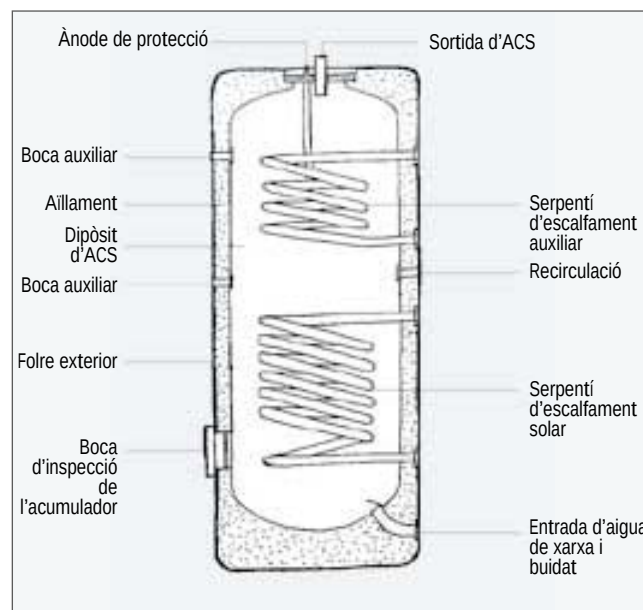
La integració de dues fonts energètiques en un mateix dipòsit productor beneficia la facilitat de muntatge i resulta més econòmic. Tot i això, caldrà estudiar bé la regulació i control dels dos sistemes per tal de que no existeixen interferències de la font convencional amb la font solar, ja que aquest última estaria treballant amb rendiments baixos o quasi nuls tal i com es descriurà més endavant.

7.7. Ubicació a la instal·lació solar

En general, els dipòsits s'ubicaran en espais protegits de l'exterior i adequats a la seva utilització. En els equips solars de termosifó, el dipòsit haurà d'estar convenientment protegit per mantenir estables les propietats dels materials, aïllament i envoltent.

En dipòsits ubicats a sala de màquines, aquesta haurà d'estar equipada amb les corresponents boques de desguàs i disposar d'espai suficient per tal d'afavorir els treballs de manteniment i neteja dels acumuladors.

Figura 28.- Secció d'un acumulador-productor de doble serpentí.



7.8. Normatives i documents de referència

Els acumuladors, com a aparells que pertanyen a una instal·lació tèrmica, han de complir amb la normativa vigent. A continuació es fa referència a aquella normativa que té una relació directa, què a més del RITE és:

- Reial Decret 909/2001, de 27 de juliol, pel que s'estableixen els criteris higiènic-sanitaris per a la prevenció i control de la legionel·losis.
- RITE.

8. Bescanviadors de calor

8.1. Descripció general

El bescanviador de calor és l'element de la instal·lació encarregat de transferir el calor generat als captadors solars a l'aigua del dipòsit mitjançant el moviment forçat del fluid termòfor sense que hi hagi mescla dels dos fluids, és a dir, amb separació física del fluid que circula pel circuit primari solar del fluid d'ús al circuit secundari o de consum.

Les avantatges que presenta una configuració de circuits independents, primari i secundari, són:

- El circuit primari treballa a la pressió adient pels captadors, sense fluctuacions importants.
- El fluid emprat en el circuit primari és un líquid tèrmic amb anticongelant i agents inhibidors per tal de protegir els captadors de possibles glaçades i de calcificació.
- La circulació del circuit primari pot ésser regulada amb criteris d'optimització energètica.

8.2. Tipus de bescanviadors líquid-líquid

Existeixen diverses possibilitats alhora de fer una classificació dels bescanviadors de calor, una d'elles és en funció del tipus de fluids de treball emprats:

- Líquid-líquid: Seria el cas d'un serpenti a l'interior d'un acumulador.
- Líquid-gas: Seria el cas d'un radiador de calefacció.
- Gas-gas: Seria el cas d'un recuperador de calor per a un sistema de calefacció per aire.

De les tipologies enumerades, la més emprada en els sistemes d'aprofitament de l'energia solar tèrmica són els "bescanviadors líquid-líquid". El líquid termòfor que habitualment és aigua més additiu, circula pel primari i l'aigua de consum circula pel secundari.

Aquests bescanviadors poden trobar-se dins o fora de l'acumulador depenent de la complexitat de la instal·lació. En funció d'aquesta ubicació establim dues categories:

1. Bescanviadors incorporats a l'acumulador

En instal·lacions petites és aconsellable utilitzar bescanviadors situats dins l'acumulador (serpentí o doble paret) ja que són més econòmics. Aquesta tipologia de bescanviadors és la més utilitzada en les instal·lacions solars tant en sistemes de termosifó com en sistemes forçats amb capacitat fins a 500 o 1.500 litres.

A l'apartat de les tipologies dels acumuladors-productors, es van descriure els dos tipus més comuns de bescanviadors incorporats al dipòsit: doble paret i serpenti. A la taula 10 s'ofereix un resum de les característiques comparatives entre aquestes tipologies.

Els materials de fabricació d'aquest tipus de bescanviadors són l'acer inoxidable, acer vitrificat, acer galvanitzat i el coure, essent els de més àmplia utilització els dos primers.

El bescanviador tipus serpenti, tot i tenir menys superfície, al estar submergit en el fluid del secundari permet tenir millor rendiment que el de doble paret.

Taula 10. - Característiques dels bescanviadors incorporats als acumuladors.

Doble paret	Habitual en acumuladors amb capacitat fins a 700 litres Gran superfície d'intercanvi. Baixa pèrdua de càrrega. Rendiment de bescanvi més baix que els tipus serpenti i plaques. Acumuladors amb cost baix. Equips força estandarditzats al mercat.
Serpenti	Emprat en acumuladors amb capacitat fins a 1500 litres Baixa superfície d'intercanvi Pèrdua de càrrega mitjana. Rendiment de bescanvi mitjà. Acumulador amb cost mitjà. Equips força estandarditzats al mercat.

Font: Intiam Ruai SL

2. Bescanviadors no incorporats a l'acumulador

A les instal·lacions amb dipòsits superiors als 1.500 litres s'hauran d'utilitzar bescanviadors externs a l'acumulador ja que, per una banda, permeten obtenir la potència necessària sense limitacions i, per l'altre, els fabricants subministren aquests acumuladors sense bescanviador incorporat.

Els bescanviadors no incorporats al dipòsit es classifiquen en dos tipus:

- de feix de tubs
- de plaques.

Els bescanviadors de feix de tubs van ser els primers en utilitzar-se a la indústria des de fa dècades. Actualment els bescanviadors de plaques els han substituït quasi per complet per a les seves millors prestacions.

Taula 11.- Característiques dels bescanviadors externs als acumuladors.

Plaques	Element extern al dipòsit.
	Superfície d'intercanvi molt elevada amb dimensions exteriors reduïdes.
	Pèrdues de càrrega grans.
	Alt rendiment d'intercanvi.
	Requereix dues bombes, fet que incrementa el cost del conjunt.
	Element estandarditzat al mercat.

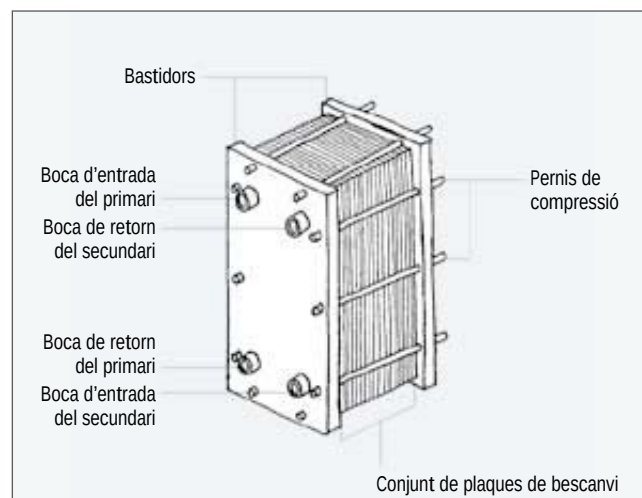
Font: Intiam Ruai SL

A la figura 29, l'element de bescanvi està constituït per un paquet de plaques metàl·liques, generalment d'acer inoxidable amb gruixos entre 0,4 i 3 mm estampades amb un gravat específic per a que el fluid circuli a gran velocitat provocant turbulències i augmenti el coeficient de transferència del calor.

Aquest paquet se li dona rigidesa mitjançant dues plaques (bastidors) fixades amb perns de compressió i amb les corresponents connexions hidràuliques pels dos circuits de treball.

El bescanviador de "plaques electro-soldades" és una variant de l'anterior, en la qual les plaques no

Figura 29. Bescanviador de plaques desmuntables.



són desmuntables, si no soldades entre elles, formant una sola peça. Les seves dimensions encara són més reduïdes que l'anterior i el seu cost més baix.

8.3. Característiques tècniques dels bescanviadors

Generalment, els bescanviadors de calor estan dissenyats per a condicions de funcionament diferents a les que normalment treballa una instal·lació solar tèrmica.

En sistemes de producció d'ACS amb caldera de gas domèstica de 20 kW, un bescanviador de plaques es dissenya a partir d'uns paràmetres de funcionament: T_{ep} , T_{sp} , C_p , T_{es} , T_{ss} i C_s .

Taula 12.- Dades de disseny d'un bescanviador de plaques en sistemes convencionals de producció d'ACS domèstica amb caldera de gas.

Circuit primari		Circuit Secundari
$T_{ep} = 80^{\circ} \text{C}$	Potència de de 20kW	$T_{es} = 10^{\circ} \text{C}$
$T_{sp} = 60^{\circ} \text{C}$		$T_{ss} = 45^{\circ} \text{C}$
$C_p = 860 \text{ l/h}$		$C_s = 491 \text{ l/h}$

T_{ep} : Temperatura d'entrada al circuit primari
 T_{sp} : Temperatura de sortida del circuit primari
 C_p : Cabal de circulació al circuit primari
 T_{es} : Temperatura d'entrada al circuit secundari
 T_{ss} : Temperatura de sortida del circuit secundari
 C_s : Cabal de circulació al circuit secundari

A les instal·lacions solars tèrmiques els paràmetres de funcionament són diferents als emprats en sistemes convencionals, per la qual

cosa el bescanviador s'haurà de calcular amb els paràmetres corresponents al sistema solar. Això implica que els salts tèrmics seran més baixos i les temperatures d'operació en circuit primari mes baixes que en un sistema amb caldera.

A la taula 13 es mostren les condicions típiques de disseny del bescanviador per a sistemes solars tèrmics de producció d'ACS domèstica. El fabricant del bescanviador haurà de proposar o seleccionar el model més adaptat a aquestes condicions.

Taula 13.- Dades de disseny d'un bescanviador de plaques en sistemes solars tèrmics de producció d'ACS

Circuit primari		Circuit Secundari
Tep = 50° C	Potència de bescanvi segons cabal definit	Tes = 40° C
Tsp = 41° C		Tss = 45° C
Cp = l/h segons el camp de captadors		Cs = s/fabricant

Font: Intiam Rual SL

Les dades del circuit primari solar depenen de la superfície de captador i del salt tèrmic que pot assolir mantenint un rendiment òptim. En quant al circuit secundari podem assolir salts tèrmics semblants o més petits que al primari i mai imposar les mateixes condicions que en un funcionament convencional amb caldera on cal escalfar l'aigua de xarxa, aproximadament de mitjana anual 10° C, fins a la temperatura de consum de forma instantània, 45° C.

Les característiques mínimes de disseny que ha de complir el bescanviador per a un sistema solar tèrmic són:

- Salt tèrmic màxim al primari de 15 °C a la màxima potència de captació.
- Pressió de treball mínima: la de les vàlvules de seguretat.
- Temperatura de treball de 110°C.
- Materials compatibles amb els fluids de treball i canonades del circuit primari i secundari.

Per tant, alhora de definir completament els bescanviador a emprar en un projecte caldrà que

el projectista o fabricant de l'equip determini correctament el tipus de bescanviador així com les següents especificacions mínimes:

- Pressió màxima que pot suportar.
- Cabal i pèrdua de càrrega en el circuit primari.
- Cabal i pèrdua de càrrega al circuit secundari.
- Potència de bescanvi per a les condicions nominals de funcionament de l' instal·lació.
- Salt tèrmic al primari per a les condicions nominals de disseny.
- Salt tèrmic al secundari per a les condicions nominals de disseny.

8.4. Normativa i documents de referència

Els bescanviadors de calor, com a aparells que pertanyen a una instal·lació tèrmica, han de complir amb la normativa vigent.

- “Reglamento de Aparatos a Presión” (RAP) i les corresponents Instruccions Tècniques Complementaries.
- Projecte de norma CEN per EN 12499 (pendent d'aprovació) respecte el disseny, protecció, revestiments, posada en marxa, manteniment i inspeccions entre d'altres.
- Normativa UNE ENV referent als bescanviadors de calor:

UNE ENV 247-93
UNE ENV 305-93
UNE ENV 306-93
UNE ENV 307-93
UNE ENV 308-93
UNE ENV 327-93
UNE ENV 328-93

Altres documents no normatius:

- Criteris de Qualitat i Disseny d'Instal·lacions d'Energia Solar per a Aigua Calenta i Calefacció. APERCA
- Manual de dimensionament de bescanviadors de diferents fabricants

9. Vas d'expansió

9.1. Descripció general

El vas d'expansió és un dels elements que asseguren el correcte funcionament de la instal·lació. És bàsicament un dipòsit que contraresta les variacions de volum i pressió que es produeixen en un circuit tancat quan el fluid augmenta o disminueix de temperatura.

Quan el fluid circulant pel circuit tancat augmenta de temperatura es dilata, augmenta de volum i omple el vas d'expansió. Quan la temperatura descendeix el fluid es contrau sortint del vas d'expansió per tornar al circuit.

La capacitat necessària del vas d'expansió depèn de la capacitat total del circuit, de la temperatura de l'aigua i de la pressió a la que es treballa. Aquesta capacitat varia en funció del tipus de vas emprat.

9.2. Tipologies de vasos d'expansió

Existeixen dues tipologies bàsiques de vasos d'expansió en el mercat:

Vasos d'expansió obert: Aquests vasos consisteixen en un dipòsit de planxa d'acer galvanitzat obert que treballa a la pressió atmosfèrica, tal i com s'aprecia a la figura 30. Actualment, aquest tipus s'utilitza molt poc degut als inconvenients que presenta, pèrdues de fluid per rebossaments i pèrdues de calor. Per normativa, la utilització d'aquests elements està

limitada a instal·lacions de potència tèrmica inferior a 70 kW.

Vas d'expansió tancat: És un petit dipòsit estanc, normalment d'acer. En el seu interior conté una membrana que el divideix en dues parts, una que està connectada hidràulicament al circuit tancat de la instal·lació i l'altra que conté un gas, normalment nitrogen. Aquest sistema permet que, en les dilatacions del fluid del circuit, la membrana es deformi comprimint el gas i permetent que es mantingui constant la pressió del circuit tancat i, per tant, no es malmetin les canonades ni els elements de la instal·lació.

Quan el fluid es refreda, el gas retorna al volum inicial empenyent el fluid fora del vas per tornar a ocupar les canonades del circuit.

Els avantatges d'aquesta configuració respecte el vas d'expansió obert són bàsicament:

- Evita les pèrdues per evaporació del fluid del circuit.
- Evita els riscos de corrosió de les canonades per contacte amb l'oxigen atmosfèric.
- No és necessari aïllar-los.
- Fàcil muntatge. No és necessari que estigui a la part més alta de la instal·lació.
- El menor cost degut a la fabricació en grans sèries i el material més econòmic emprat.

Figura 30.- Vas d'expansió obert.

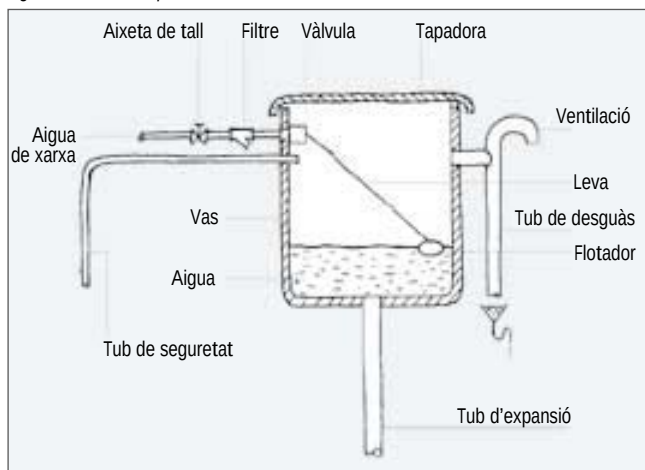
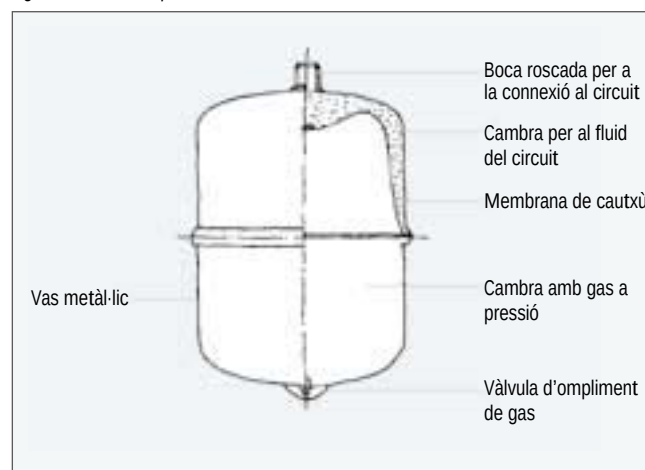


Figura 31.- Vas d'expansió tancat.



9.3. Ubicació dins del sistema

El vas d'expansió obert al funcionar per vasos comunicants s'ha de col·locar a la part més alta de tot el circuit.

El vas d'expansió tancat es pot situar a la part de la instal·lació que sigui més fàcil, ja sigui per manca d'espai o per accessibilitat. De totes maneres hi ha dos aspectes a tenir en compte:

- És aconsellable posar el vas d'expansió a la zona d'aspiració de la bomba per evitar depressions en el sí del circuit.
- En una instal·lació amb molta diferència de cota entre captadors i sala de màquines és millor que el vas d'expansió es situï a la part més alta del circuit evitant que hagi de suportar pressions elevades que obliguen a sobredimensionar el vas.

9.4. Normativa i documents de referència

La normativa que cal consultar és la Instrucció Tècnica 02.8.4 del RITE, que fa referència a les normes:

- UNE 100.157 : En la que es fixen els criteris pel disseny d'un sistema d'expansió d'aigua en un circuit tancat.
- UNE 100.155 : On es determina el càlcul del volum d'expansió i les pressions de treball.

10. Termòstat diferencial

10.1. Descripció General

A les instal·lacions forçades l'element encarregat de transportar l'energia tèrmica produïda als captadors cap l'acumulador és la bomba d'impulsió o circulador. Ara bé, la bomba necessita d'un element de control que li doni l'ordre de posada en marxa quan hagi energia suficient als captadors perquè es pugui emmagatzemar al dipòsit i l'ordre de parada al circulador quan el dipòsit arribi a la temperatura programada o no hagi radiació solar suficient per continuar escalfant el sistema.

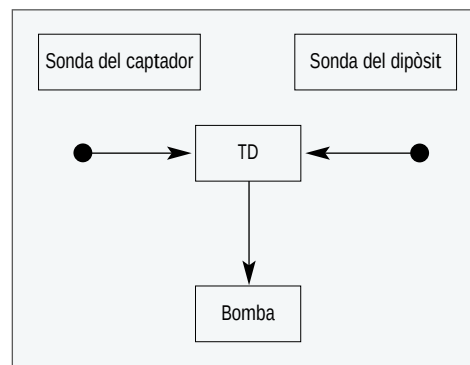
Aquest element de control s'anomena "Termòstat Diferencial", d'ara endavant T D. Sovint el sistema és més complex ja que pot arribar a controlar diferents utilitzacions i/o usuaris, activar sistemes de suport, adquirir dades, etc., aleshores l'anomenem Control Solar.

10.2. Principi de funcionament

El principi de funcionament del TD es basa en comparar dues mesures de temperatura, amb l'ajut de dues sondes situades, una a la sortida de captadors i l'altra a la part baixa del dipòsit, al circuit d'ACS o de xarxa. Aquestes mesures es comparen al TD i quan la seva diferència és igual o superior a un valor prefixat per l'instal·lador l'aparell dona l'ordre de posada en marxa a la bomba. L'aturada de la bomba es produirà quan la diferència de temperatures mesurades es situï amb un valor igual o menor que el prefixat a l'aparell per l'aturada.

Cal tenir en compte que a efectes d'evitar continues commutacions, els termòstats diferencials presenten un cicle d'histeresi, similar al dels termòstats d'ambient emprats en calefacció. Si tenim prefixada la posta en marxa quan la diferència de temperatures sigui de 6 °C prefixarem que l'aturada de la mateixa no es produeixi fins que la diferència sigui 2 o 3 °C.

Figura 32.- Esquema de funcionament bàsic del TD



A la taula 14 s'ofereixen els valors més usuals aplicats al TD per al control de la maniobra "marxa-paro" del circuit primari d'un sistema solar simple de producció d'ACS.

Taula 14.- Valors d'ajust dels termòstats diferencials

ORDRE	Δt (°C)
MARXA	$\geq 6^\circ \text{C}$
PARO	$\leq 2,5^\circ \text{C}$

Tot i que aquests valors són els més usuals en el cicle de funcionament de la instal·lació, l'instal·lador els podrà variar segons convingui ja que l'aparell disposa d'aquesta opció de manipulació.

Una altra modalitat de funcionament que sovint tenen incorporat alguns TD, és la "Funció Antigel", que permet evitar els problemes de glaçada dels captadors quan la temperatura ambient arriba a valors de risc. Quan la sonda de captadors detecta aquesta temperatura de risc envia senyal al TD i aquest posa en marxa la bomba perquè faci recircular aigua del dipòsit solar i escalfi als captadors evitant la congelació i trencament de la graella de tubs de l'absorbidor.

A l'igual que les funcions paro-marxa, el valor d'activació de la funció antigel es pot prefixar al valor que s'ajusti a les condicions de congelació del fluid termòfor emprat. Cal tenir en compte que la circulació de fluid pels captadors a temperatures baixes produeix grans pèrdues d'energia i que per tant és important ajustar bé aquesta funció.

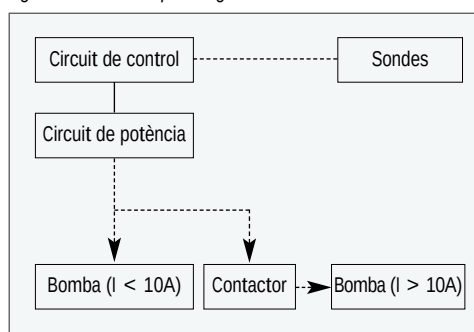
10.3. Configuració interna del TD

Els termòstats diferencials, com a elements de maniobra que són, consten de dos circuits diferenciats:

- El circuit electrònic de mesura i control
- El circuit elèctric de potència

El *circuit electrònic de control* és l'encarregat de processar les dades de les sondes, contrastar-les i decidir el tipus d'ordre en funció dels paràmetres prefixats. Aquesta ordre serà executada pel *circuit elèctric de potència*, que està format generalment per un petit relé de 10 A monofàsic, que comanda la bomba.

Figura 33.- Circuits que integren un termòstat diferencial.



En relació a les potències de bomba que pot comandar un TD en el circuit de potència, hem de dir que, tot i que solen estar equipats amb un relé de 10 A, és aconsellable utilitzar aquesta sortida per alimentar la bobina d'un contactor i que sigui aquest l'encarregat de comandar a la bomba quan aquesta superi els rangs de 600-800W. Així evitem l'escalfament i avaria del circuit de potència de l'aparell.

L'alimentació dels TD es fa, generalment, a un voltatge de 220 Vca monofàsic i una freqüència de 50Hz. El quadre elèctric anirà complementat amb un interruptor magnetotèrmic adequat a la potència de la línia i tot el conjunt estarà protegit per una capsa amb grau de protecció IP 54.

Generalment el quadre elèctric anirà col·locat dins la sala d'acumuladors o sala de màquines de la instal·lació. Si per qualsevol circumstància, hagués de col·locar-se a l'exterior, el grau de protecció seria IP-65, sempre respectant les corresponents normatives.

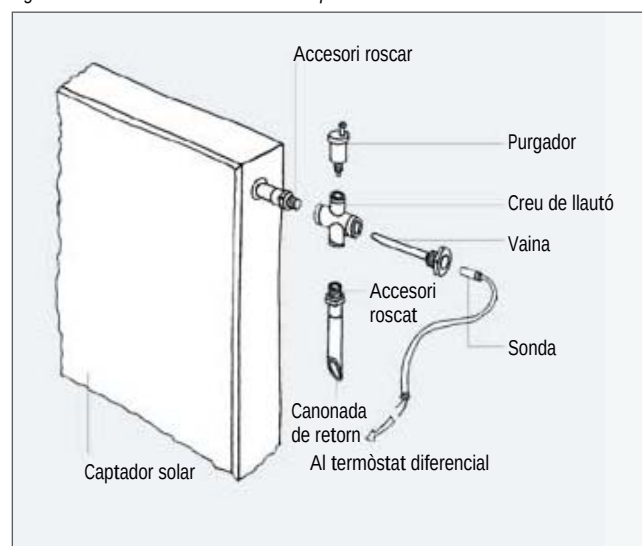
10.4. Ubicació de les sondes de temperatura

La ubicació de les sondes de temperatura a la instal·lació és un tema clau:

Sonda de col·lectors. És l'encarregada de prendre mesura de la temperatura de l'aigua a la sortida del captador o bateria de captadors. Aquesta mesura és enviada al TD.

Per aconseguir que la mesura de temperatura sigui fiable en el temps, és important que la sonda estigui ubicada dins al tub de sortida del captador (immersió). Això es realitza mitjançant la col·locació d'una vaina amb el corresponent accessori roscat que permeti aquesta ubicació tal com mostra la figura 34.

Figura 34.- Col·locació de la sonda de captadors d'immersió.



Com que les sondes són resistències variables amb la temperatura, tipus PTC o NTC, és important tenir en compte la distància que hi ha des del punt de col·locació de les sondes fins al TD. El valor mesurat pel TD serà correcte quan es descompta el valor resistiu del cable de connexió.

La majoria dels equips tenen l'opció de fer aquesta correcció a partir d'un menú de programació de l'instal·lador. En cas contrari, el fabricant de l'equip ens assessorarà sobre la manera més adequada de corregir la variació de la lectura provocada per l'excessiva longitud del cable fins l'aparell.

Sonda de dipòsit. Aquesta sonda té les mateixes característiques que la sonda de captadors, de fet són dues sondes iguals, i aplicarem els mateixos criteris de muntatge que als captadors (correcció de la lectura en funció de la distància, forma de col·locació, etc.).

El lloc d'ubicació d'aquesta sonda serà al circuit primari, a la sortida del bescanviador o bé, al circuit secundari (ACS) a la part baixa del dipòsit tal i com indica la figura 35. Cal tenir en compte que, si ubiquem la sonda a la part mitja del dipòsit o a la part superior d'aquest, correm el risc de que el termòstat diferencial aturi la bomba abans de que tot el dipòsit s'hagi escalfat, perdent eficiència el sistema.

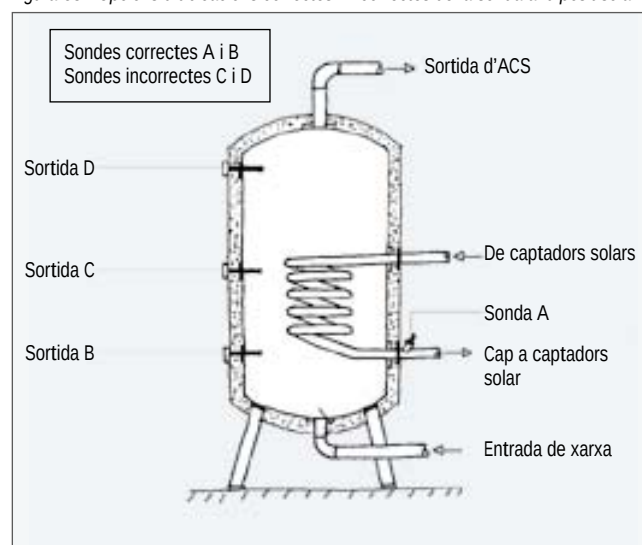
Destacar també la importància de comprovar que les connexions dels cables de sondes són correctes tant en ordre com en execució, així com de qualsevol altre component elèctric de la instal·lació, perquè la informació arribi de forma correcta a l'equip de control.

10.5. Normativa i documents de referència

La normativa relaciona amb els Termòstat diferencials i el seu muntatge és:

- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i les corresponents Instruccions Tècniques.

Figura 35.- Opcions d'ubicacions correctes i incorrectes de la sonda al dipòsit solar.

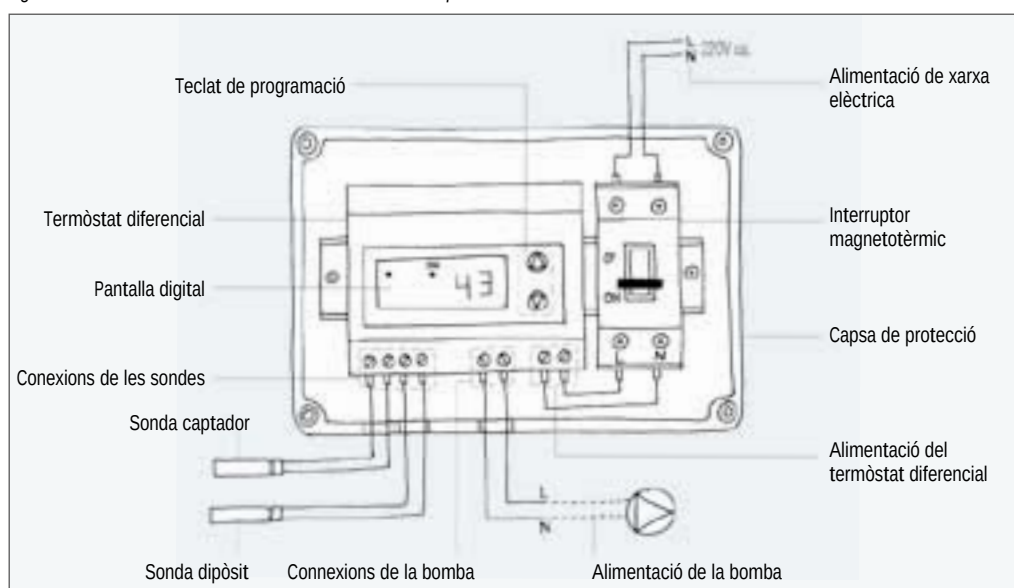


- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE.

Altres documents no normatius de referència:

- Criteris de Qualitat i Disseny d'Instal·lacions d'Energia Solar per a Aigua Calenta i Calefacció. APERCA

Figura 36.- Termòstat diferencial amb visualitzador de temperatures i detall del connexionat de sondes.

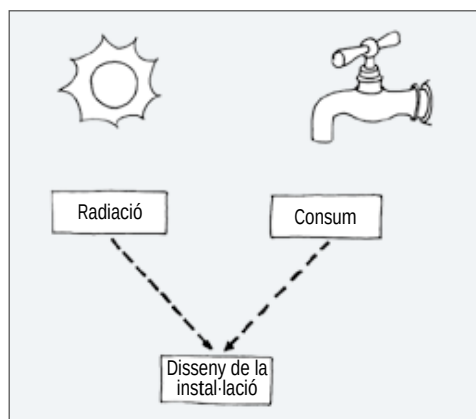


11. Comptadors d'energia

11.1. Descripció general

Quan es dissenya una instal·lació d'energia solar tèrmica, el tècnic es basa en les dades de consum d'ACS donades per l'usuari i en la radiació solar de l'emplaçament.

Figura 37.- Dades prèvies en el disseny d'un sistema solar tèrmic.



La mesura del consum energètic és de suma importància a l'hora de comparar el funcionament de les instal·lacions executades amb les previsions de disseny. Aquests valors s'obtenen amb un aparell anomenat "Comptador de calories"

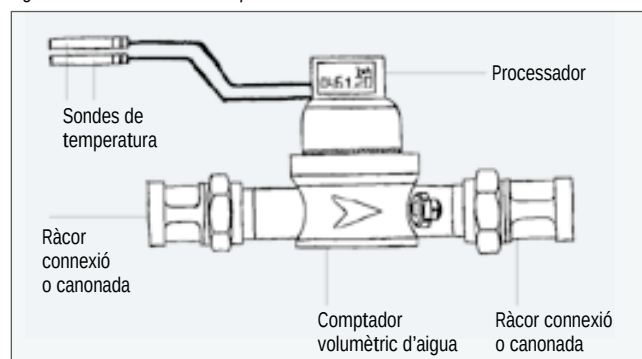
L'element està format per un comptador volumètric o cabalímetre d'aigua calenta equipat amb un emissor d'impulsos, dues sondes de temperatura i una unitat d'adquisició i processament de dades.

El comptador volumètric s'encarrega de mesurar el volum d'aigua que circula per la canonada i l'hi envia aquesta informació al processador. De la mateixa forma funcionen les dues sondes de temperatura, situades una a la línia d'aigua calenta i l'altra a la freda. El processador calcula, a partir d'aquestes dades l'energia i la presenta en pantalla, generalment expressada en kWh.

A continuació s'expressa el càlcul que realitzen els mesuradors per avaluar el consum:

$$Q = V \delta c_e \Delta t$$

Figura 38.- Elements d'un comptador de calor.



On: Q és la quantitat de calor necessària expressada en kcal.

V és el volum diari de consum expressat en litres.

δ és la densitat de l'aigua (1kg/l com a valor de referència).

c_e és la calor específica de l'aigua (1 kcal/kg°C).

Δt és l'increment de temperatura expressat en °C.

A la figura 38 es mostra un comptador d'aquestes característiques de versió compacte, és a dir, el processador està incorporat al cos del comptador volumètric. Aquestes versions estan disponibles des de 0,6 m³/h fins a 2,5 m³/h amb racors de connexió hidràulica de 1/2" i 3/4".

La connexió de l'aparell depèn del tipus de circuit hidràulic que es vulgui mesurar, però, com a criteri bàsic, una de les sondes anirà muntat a la canonada per on circula el fluid més fred i l'altra sonda es col·locarà a la canonada per on circula el fluid més calent.

Es recomana col·locar un filtre a la boca d'alimentació del comptador per tal de protegir-lo de l'erosió per partícules en suspensió al fluid, sobretot si està col·locat en la línia d'aigua de xarxa.

Una altra versió del mateix equip és la configuració mural, que permet col·locar el processador separat del comptador, per exemple podem fixar el processador a la paret o incorporar-lo a un armari d'instrumental en un lloc accessible per a la seva lectura alhora que el comptador pot estar ubicat a un lloc inaccessible. Sempre caldrà complir els criteris generals de muntatge ja esmentats.

Figura 39.- Muntatge d'un comptador de calories del tipus compacte i les sondes corresponents sobre les canonades.

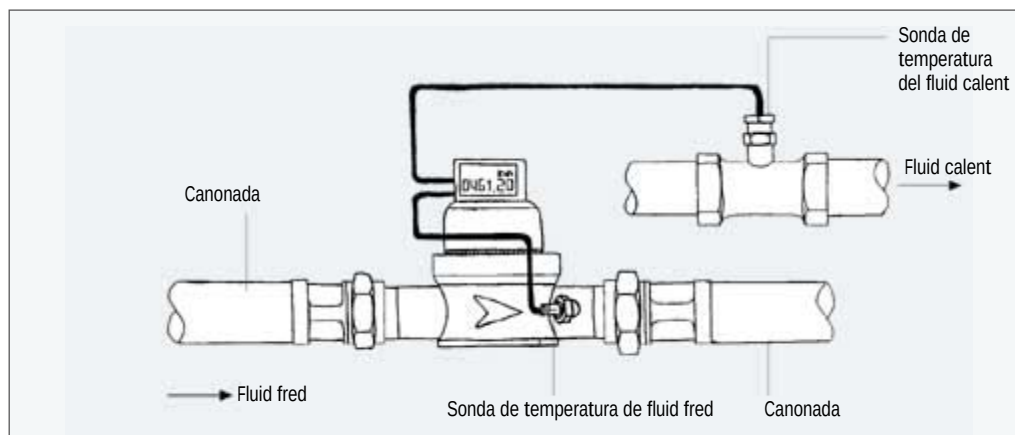
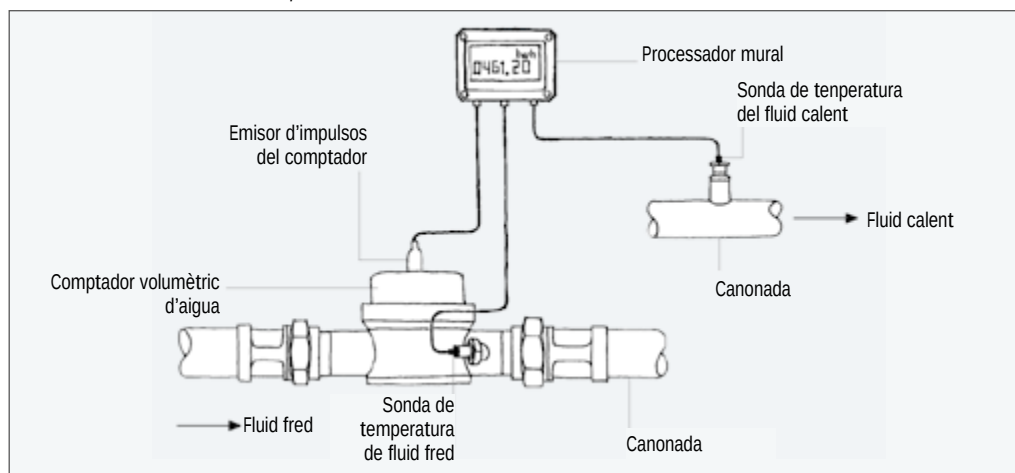


Figura 40.- Muntatge d'un comptador de calories del tipus mural, de les sondes corresponents sobre les canonades i d'un detall de col·locació del visualitzador sobre paret.



11.2. Ubicació a la instal·lació

La posició del comptador d'energia aportada per la instal·lació solar presenta dues opcions o possibilitats:

Opció A. Col·locació de l'equip al circuit primari de la instal·lació solar.

L'equip muntat en el circuit primari mesura l'energia tèrmica aportada pels captadors solars sense tenir en compte si hi ha o no consum d'ACS. Aquesta opció ens permet mesurar amb més exactitud la producció solar, tot i que una part d'aquesta energia no arribarà a ser consumida degut a les pèrdues tèrmiques de canonades, acumulador i/o circuit secundari (figura 41).

Opció B. Col·locació de l'equip al circuit secundari o de consum d'ACS.

L'equip muntat en el circuit secundari avalua l'energia solar consumida a partir de l'acumulació en el dipòsit solar. Aquesta opció ens permet mesurar l'energia realment aportada a l'usuari, però té la limitació de que només és vàlida en circuits amb energia de suport externa a l'acumulador solar. En cas d'equips integrats la mesura de l'aportació solar ha d'ésser feta sobre el circuit primari tal i com mostra la figura 42.

Per a avaluar el rendiment energètic d'una instal·lació solar completa, amb un sistema auxiliar convencional inclòs, caldria realitzar mesures en el circuit solar, primari o secundari i mesurar alhora l'energia total consumida pels dos circuits. Això ens permetrà comprovar les aportacions solars vers les estimacions de càlcul i ajustar el mètode de disseny utilitzat.

Figura 41.- Muntatge d'un comptador en el circuit primari d'un sistema solar tèrmic.

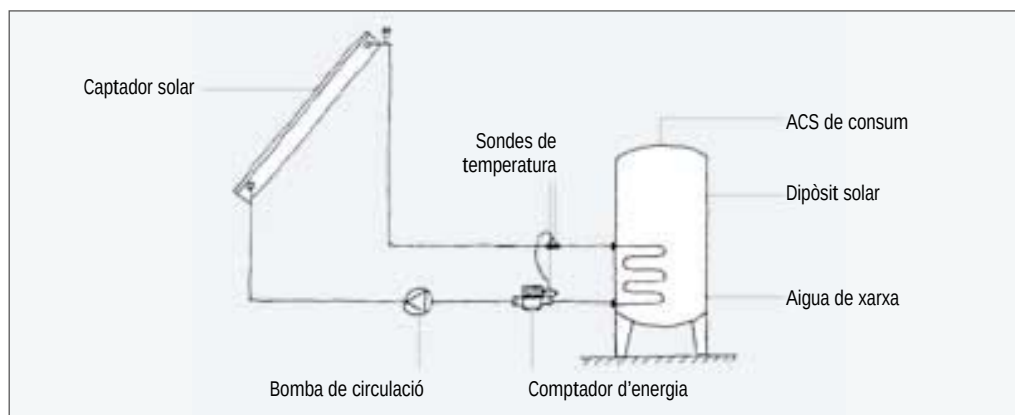
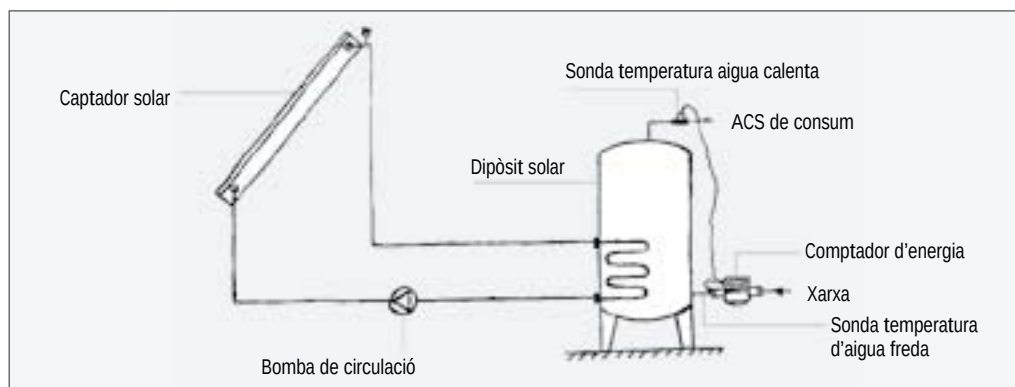


Figura 42.- Muntatge d'un comptador d'energia en el circuit secundari d'un sistema solar tèrmic.



Sense un equip mínim de mesura no podrem saber si la instal·lació dona els resultats esperats i/o garantits però, aquest pot representar un cost significatiu en el pressupost total de la instal·lació. Això fa que per instal·lacions petites no sigui habitual la seva col·locació.

Ara bé, segons el tipus d'instal·lació es pot substituir el comptador energètic per un simple comptador d'aigua freda col·locat a la línia d'alimentació de l'acumulador amb un cost raonable.

En aquest cas, tot i que no es pot realitzar una mesura exacta de l'aportació energètica de la instal·lació, el fet d'obtenir unes dades reals del consum d'aigua ens permetria calcular l'aportació de la instal·lació solar i el seu rendiment estacional a partir d'una temperatura de referència i dels valors de volum mesurats.

Aquesta opció pot ser la més adient per a petites instal·lacions on el cost econòmic d'un equip calorimètric pot representar fins al 15-18% del cost total, en comparació amb el 2% d'un simple comptador d'aigua freda.

11.3. Normativa i documents de referència

La normativa aplicable és:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. RITE; ITE 02.4.2 i ITE 02.13

Altres documents no normatius de referència:

- Criteris de Qualitat i Disseny d'Instal·lacions d'Energia Solar per a Aigua Calenta i Calefacció. APERCA.

12. Vàlvules bàsiques i accessoris de la instal·lació

Generalment, en una instal·lació solar tèrmica els únics elements que la diferencien de la resta d'instal·lacions generadores de calor són el captador solar tèrmic i el termòstat diferencial, la resta d'elements són components estàndards del mercat, essent les vàlvules utilitzades un component més.

Les vàlvules convencionals més utilitzades com aixetes de tall del tipus "esfera", vàlvules antiretorn del tipus "clapeta" i "york", purgadors, separadors d'aire, vàlvules de seguretat, etc. Farem una descripció breu de cadascun d'aquests elements i la seva aplicació als circuits d'aprofitament solar.

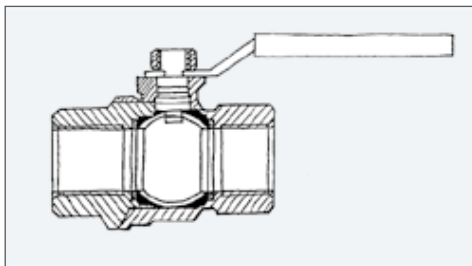
Aquestes vàlvules tenen la funció d'aïllar qualsevol element de la resta de la instal·lació per poder reparar-lo o canviar-lo per un altre de nou sense necessitat de buidar tot el circuit, per exemple la bomba, el bescanviador de calor, etc.. També s'utilitzen per tallar el subministre d'aigua a la instal·lació.

12.1. Vàlvules d'aïllament o tall de la instal·lació

El tipus més representatiu d'aquestes vàlvules és l'anomenat "d'esfera" que rep el seu nom la forma esfèrica de l'element que obstrueix el pas de l'aigua té forma esfèrica, tal i com s'il·lustra a la figura 43. Aquestes vàlvules es fabriquen per a una àmplia varietat de mides i principalment la seva unió a la canonada o a un altre element se realitza amb rosca.

Habitualment s'utilitzen vàlvules d'esfera per aïllar cada bateria de captadors solar, col·locant

Figura 43.- Vàlvula d'esfera.



una vàlvula a la alimentació i l'altre a la canonada de retorn dels captadors. La bomba de circulació portarà dues vàlvules de tall, una a cada boca de la bomba. El dipòsit acumulador portarà vàlvules de tall a cadascuna de les boques de connexió de canonades tant del circuit primari (bescanviador) com del secundari (consums), i en general, a qualsevol element dels dos circuits susceptible de canvi per avaries. Al capítol de "Configuracions bàsiques de sistemes" es presenten diferents esquemes de connexió en els que figuren aquestes vàlvules i la seva ubicació.

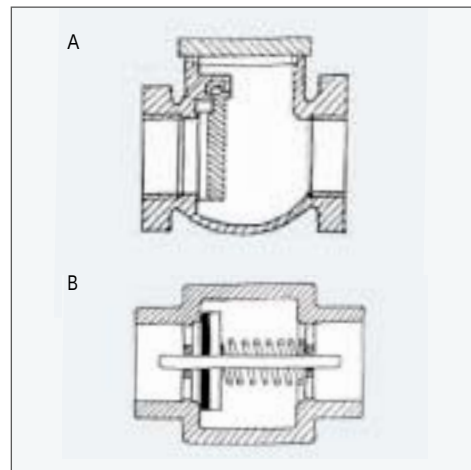
12.2. Vàlvula antirretorn o de retenció

Aquesta vàlvula s'utilitza per evitar recirculacions inverses i provocar el refredament del dipòsit a la nit. De fet, aquesta vàlvula deixa circular el fluid en un únic sentit; si per a qualsevol circumstància el fluid intenta circular en sentit contrari, la vàlvula es tanca impedit la circulació.

El tipus més comú de vàlvula de retenció és la de "comporta batent" o "clapeta" tot i que el tipus "YORK" també està molt estesa. Les dimensions de la rosca de connexió oscil·len des de 3/8" fins a 4" en tots dos models.

La vàlvula de clapeta té una posició concreta de col·locació perquè la clapeta actuï de forma correcta, en canvi, la vàlvula tipus YORK pot col·locar-se en qualsevol posició sempre respectant en totes dues el sentit de circulació del fluid.

Figura 44.- Vàlvules antiretorn. A) de clapeta; B) de tipus York



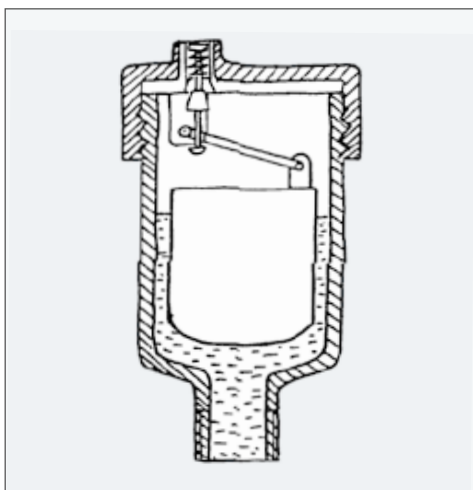
12.3. Purgador

Aquest element s'utilitza per evacuar l'aire existent en la xarxa de canonades dels circuits tancats tant de calefacció com de refrigeració. Aprofitem aquest punt per recordar la importància que té l'eliminació de l'aire de l'interior de canonades quan aquestes pertanyen a circuits tancats. Si no es realitza de manera correcta, l'aire provoca un tap a la canonada i evita la circulació lliure del fluid, aleshores, la calor no es transmet des del generador fins la unitat terminal. Això es aplicable igualment a les instal·lacions solars tèrmiques i en particular, a les bateries de captadors solars.

El purgador més utilitzat a les instal·lacions tèrmiques és del tipus "automàtic de flotador", el cos està fabricat en llaüt estampat i el flotador en plàstic resistent a la temperatura. Disposa de una connexió roscada per adaptar-lo a la canonada o element específic i una petita boca de descàrrega de l'aire equipada amb un tap roscat.

És important conèixer els paràmetres màxims de funcionament del purgador com són la temperatura i la pressió màxims de treball per tal de no sobrepassar-les i deteriorar-los. Recordem que les temperatures que poden assolir els captadors solars en condicions de bona radiació i amb fluid aturat poden ser de 110 a 140 °C i de forma puntual encara superiors, depenent del tipus de captador i això comporta que el purgador es pot veure sotmès a aquestes temperatures.

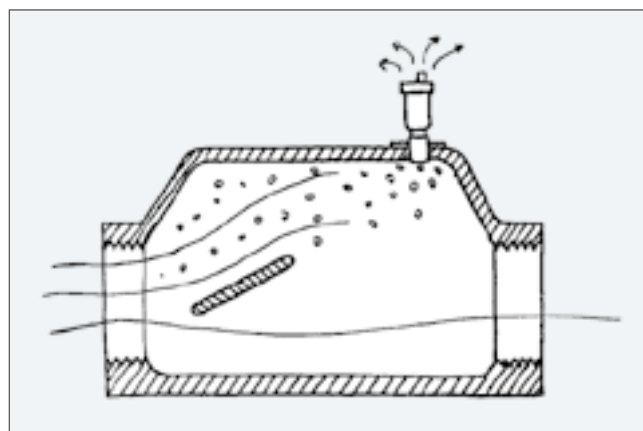
Figura 45.- Purgador automàtic. Vista en secció.



12.4. Separador d'aire

Aquest element no és massa comú a les instal·lacions solars tot i que el seu baix cost i la seva funcionalitat el fan recomanable. La seva funció és la de provocar la separació de l'aire dissolt a l'aigua i la posterior eliminació d'aquest pel purgador que porta incorporat. El material de fabricació és, generalment, ferro fos i l'acoblament roscat oscil·la des de 3/4" fins a 3".

Figura 46.- Separador d'aire. Vista en secció.



12.5. Vàlvula de seguretat

La vàlvula de seguretat és un element important de la instal·lació solar tèrmica i, en general, a qualsevol instal·lació de generació de calor i fred. A continuació reproduïm la definició d'aquest element, així com el criteri de selecció segons la norma UNE 100-157-89 punt 7.2

"La vàlvula de seguretat és un dispositiu d'obertura d'un circuit que actua per l'efecte de la pressió o de l'acció combinada de pressió i temperatura. Quan s'assoleixi la pressió de tarat de la vàlvula, aquesta obrirà el circuit i descarregarà vapor a l'atmosfera."

"L'elecció de la pressió de tarat de la vàlvula es realitzarà de manera que la màxima pressió d'exercici del circuit quedi sempre per sota de la pressió màxima de treball, a la temperatura de funcionament, dels aparells i equips presents al circuit."

En conseqüència, serà aconsellable que la vàlvula disposi d'un manòmetre incorporat per tal de controlar la pressió de treball del primari solar

ahora que observar les fluctuacions i la possibilitat de que aquest quedi buit. Un concepte important a l'hora d'ubicar la vàlvula, és que no ha d'haver-hi cap dispositiu de tall entre aquesta i l'element a protegir.

Les instal·lacions solars tèrmiques disposaran d'una vàlvula de seguretat tarada a la pressió de 3 bar al circuit primari solar i una altre vàlvula tarada a 6 bar al circuit secundari.

Les vàlvules de seguretat han de portar, entre la boca de descàrrega i el tub de connexió a desguàs, un element que permeti verificar visualment el seu correcte funcionament durant el procés de posta en marxa i posterior manteniment de la instal·lació, aquest element és un embut de llautó preparat a l'efecte.

Per entendre millor el funcionament de la vàlvula de seguretat caldrà definir uns quants conceptes bàsics:

Pressió de timbre. Pressió màxima a la qual un aparell s'ha sotmès pel fabricant sota les condicions predeterminades d'assaig.

Pressió de servei. Pressió a la que treballa un aparell o una instal·lació en condicions normals de funcionament.

Pressió de precinte o tarat. Pressió a la qual la vàlvula de seguretat es dispara. En cap

Figura 47.- Vàlvula de seguretat, embut de desguàs i manòmetre.

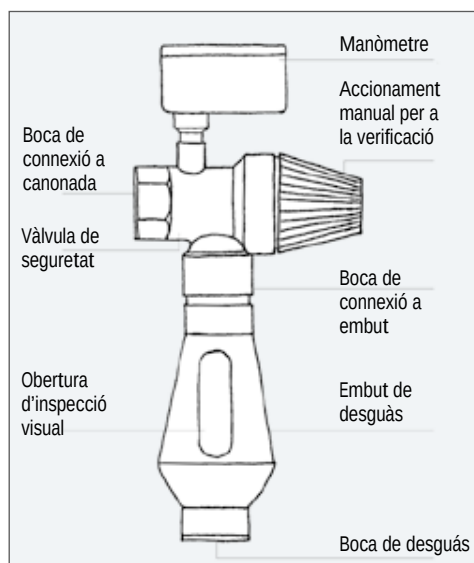
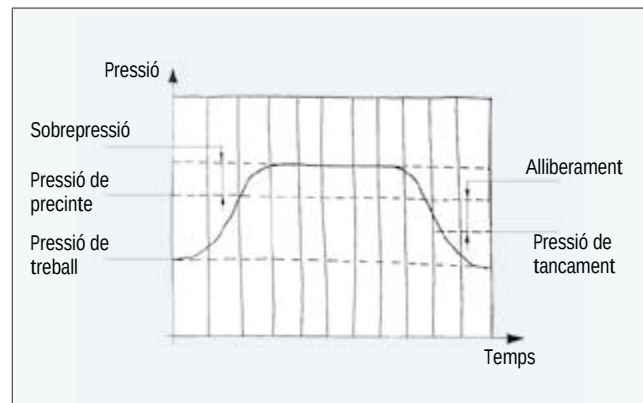


Figura 48.- Gràfic de l'actuació de la vàlvula de seguretat d'un circuit en funció de la pressió.



cas serà superior a la de timbre dels aparells col·locats en el circuit.

Sobrepressió. Increment de pressió que es produeix per sobre de la pressió de tarat, amb la vàlvula completament oberta.

Pressió de tancament. Pressió a la qual es tanca la vàlvula una vegada ha desaparegut la causa que va provocar la seva obertura.

Escapament. Diferència entre la pressió de tarat i la de tancament.

12.6. Normativa i documents de referència.

A continuació es fa referència a la normativa i reglamentació que cal consultar, referent a les vàlvules de les instal·lacions:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. RITE i les corresponents ITE, en especial la ITE 02.15. Requisitos de Seguretat
- Norma UNE 9100-86. Calderes de Vapor. Vàlvules de seguretat.
- UNE 100157-89. Climatització. Disseny de sistemes d'expansió. En concret el punt 7: Dispositius de Seguretat.

Altres documents no normatius de referència:

- Criteris de Qualitat i Disseny d'Instal·lacions d'Energia Solar per a Aigua Calenta i Calefacció. APERCA

13. Vàlvules complexes de la instal·lació

En aquest apartat parlarem de vàlvules específiques dels sistemes tèrmics degut a les seves prestacions particulars, regulació de cabals, control de temperatures, derivació del fluid d'un llaç de control a un altre, etc.

L'equilibrat hidràulic és un procés necessari a les instal·lacions d'energia solar tèrmica ja que permet aconseguir una distribució equitativa dels cabals als captadors o bateries de captadors perquè aquests funcionen amb rendiments òptims.

13.1. Vàlvules reguladores del cabal

No realitzar aquesta operació de calibratge de cabals als captadors solars implica una descompensació dels mateixos i la conseqüència serà que uns captadors rebran més fluid que d'altres i, aquest últims treballaran a rendiments inferiors als primers. Lla manca de cabal fa pujar la temperatura del captador i en conseqüència disminueix el seu rendiment.

Més endavant es parlarà amb més detall d'aquest concepte i dels diferents procediments per aconseguir un bon equilibrat. De moment, ens centrem en un element especial utilitzat actualment en l'equilibrat: la vàlvula reguladora de cabal.

Aquest tipus de vàlvula està dissenyat per produir pèrdues de càrrega al fluid fet que permet adaptar el cabal de la línia al desitjat. Alhora disposa de mecanismes que permeten

verificar el cabal circulant, la pèrdua de càrrega provocada, la velocitat del fluid, etc.

Actualment existeixen dos tipus de vàlvules per aquesta tasca:

Vàlvules d'equilibrat: Les vàlvules d'equilibrat són les que permeten obtenir àmplia informació del punt de funcionament gràcies al seu disseny específic, però necessiten d'un aparell extern per poder visualitzar aquestes dades i realitzar correccions d'ajust, fet que encareix la seva utilització.

Reguladors de cabal: Els reguladors de cabal operen sota el mateix concepte; provocar una pèrdua de càrrega i la corresponent variació del cabal.

L'aparell permet visualitzar el cabal circulant mitjançant lectura directa d'un petit disc que es desplaça per una escala graduada en litres/minut, a partir a l'acció que el tècnic efectua a una petita vàlvula d'esfera incorporada al mateix regulador.

No cal cap aparell extern per controlar els paràmetres de circulació del fluid i d'ajust de la vàlvula, el seu baix cost i la facilitat d'operació les fan molt atractives.

13.2. Vàlvula motoritzada de tres vies de zona

Aquesta vàlvula té la missió de desviar el fluid principal a dues zones diferents del circuit hidràulic, està formada per un cos hidràulic de tres vies i un motor elèctric.

Figura 49. - Vàlvula d'equilibrat i consola per a la lectura dels paràmetres de funcionament del circuit.

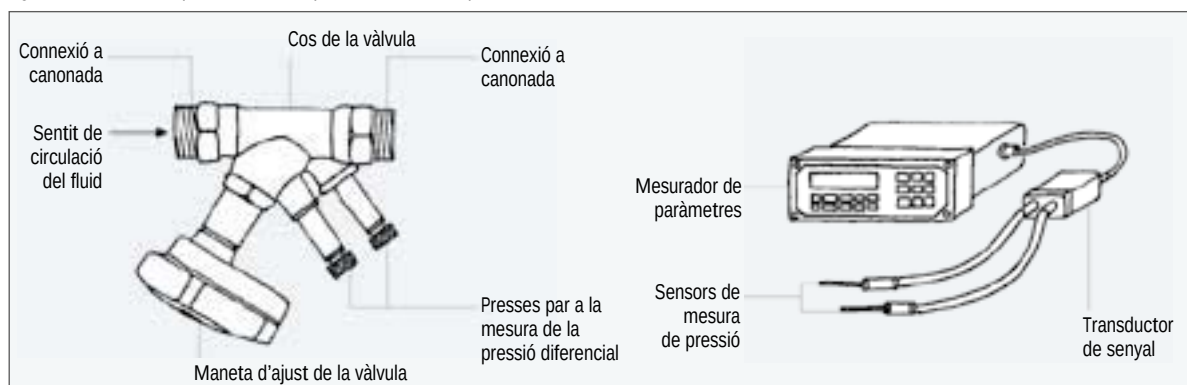


Figura 50.- Cabalímetre amb vàlvula de regulació.

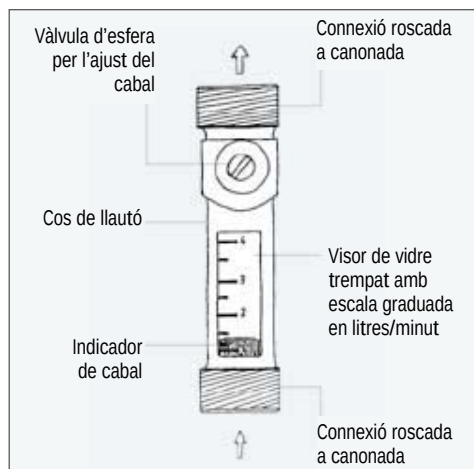
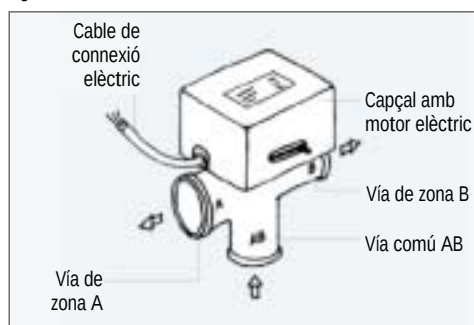


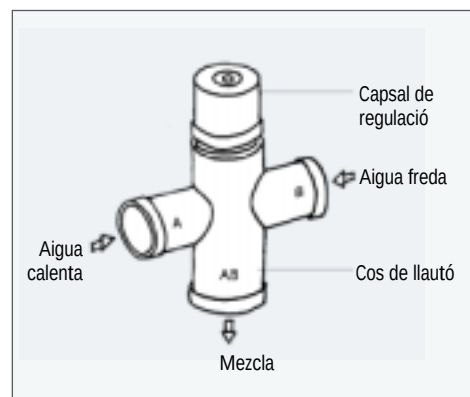
Figura 51.- Vàlvula de zona motoritzada



El cos hidràulic, que generalment està fabricat amb llautó, té incorporat internament una excèntrica que actua com a element de tall d'una de les vies quedant les altres dues obertes per la circulació del fluid. L'excèntrica és accionada per un motor elèctric alimentat a un voltatge de 220 V.

El motor rep l'ordre d'actuació que prové del senyal d'una sonda tèrmica situada a la zona que es vol controlar i actua sobre el mecanisme hidràulic.

Figura 52.- Vàlvula mescladora de tres vies.



13.3. Vàlvula mescladora de tres vies

Aquest tipus de vàlvula s'utilitza per obtenir un cabal de fluid a una temperatura concreta i constant mitjançant la mescla de dos fluids a diferents temperatures, fred i calent. Es pot utilitzar tant en circuits de recirculació tancats com a circuits de consum oberts.

El cos de la vàlvula generalment es fabrica en llautó i les connexions roscales solen arribar a 2". Per a diàmetres superiors 50 mm (DN50) és més habitual que la unió de la vàlvula a les canonades es faci amb brides.

El mecanisme de regulació de la vàlvula pot ser amb un motor elèctric acoblat a la mateixa, servomotor o amb un element termostàtic incorporat.

14. Fluid termòfor

El fluid termòfor és aquell que circula pels conductes del col·lector transferint l'energia tèrmica rebuda en el seu pas pels col·lectors a una altra part del sistema, generalment a l'acumulador.

- Quan el sistema és obert, l'aigua que circula pels col·lectors és la mateixa aigua de consum. Els circuits oberts s'utilitzen molt poc.
- En la majoria de casos s'utilitzen circuits tancats on el fluid termòfor és una barreja d'aigua amb algun altre líquid que actua com a anticongelant. En aquest cas, l'aigua que circula pels col·lectors no és la mateixa que s'utilitza per a l'ús domèstic.

Així doncs, el fluid termòfor pot ser de quatre tipus diferents:

1. Aigua natural.
2. Aigua amb anticongelant.
3. Derivats del petroli o líquids orgànics sintètics.
4. Olis de silicona.

14.1. Aigua natural

En aquest cas, l'aigua que circula pels col·lectors és la mateixa que s'utilitza per a l'ús domèstic, sense cap component químic agregat. Aleshores cal assegurar-se de que tots els conductes suporten l'efecte corrosiu de l'aigua escalfada. També caldrà que els materials emprats siguin permesos per la legislació actual per a la conducció de l'aigua potable. Hi ha algunes legislacions locals i manuals de referència, que prohibeixen i/o desaconsellen aquest tipus de configuració.

14.2. Aigua amb anticongelant

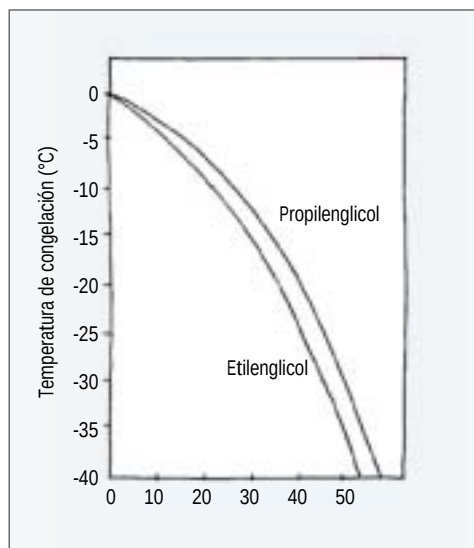
L'opció més generalitzada és la utilització d'aigua amb additius anticongelants, generalment alcohols com el etilenlicol i el propilenlicol, com a fluids termòfors en els circuits tancats o primaris de les instal·lacions solars.

Quan se li afegeixen altres components a l'aigua cal anar amb compte perquè les propietats físiques i químiques de la barreja varien, per exemple, poden fer augmentar les pèrdues de càrrega del circuit i per tant modificar les condicions de funcionament de la instal·lació.

Principalment hem de tenir en compte les següents propietats de la mescla aigua-anticongelant:

1. Toxicitat: Alguns anticongelants són tòxics, per tant, s'haurà d'evitar sempre la barreja d'aquest amb l'aigua de consum. Això es pot aconseguir sotmetent el circuit primari (el dels col·lectors), a una pressió menor que el del circuit secundari. Així, si es produeix alguna fuga dels conductes serà el fluid del secundari el que vagi cap al primari i no a l'inrevés.
2. Viscositat: si s'augmenta la viscositat de la mescla, augmenten les pèrdues de càrrega del circuit.
3. Dilatació: La dilatació també augmenta per tant, s'ha de tenir en compte en dimensionar el vas d'expansió.
4. Estabilitat i durabilitat en el temps.
5. Calor específic: Generalment és inferior al de l'aigua pura, fet a tenir en compte en calcular el cabal i en dimensionar, per exemple, els conductes.
6. Temperatura d'ebullició: Augmenta la temperatura d'ebullició que és un aspecte favorable per a la instal·lació en èpoques de forta radiació i baix consum.

Figura 53.- Gràfica per al càlcul de la concentració de l'anticongelant.



14.3. Líquids orgànics sintètics i derivats del petroli

Tots els factors que s'han esmentat en l'apartat anterior també han de ser tinguts en compte si el fluid termòfor escollit és un fluid orgànic, sintètic o derivat del petroli,. Tanmateix, aquests fluids, en ser combustibles, resulten inflamables i per tant subjectes a risc d'incendi.

14.4. Olis de silicona

Són productes de gran qualitat i força estables. A la vegada no són tòxics ni són inflamables. Són però, de moment, econòmicament no accessibles ni compatibles amb els fluids orgànics.

Aquests fluids s'utilitzen en instal·lacions tèrmiques de mitja i alta temperatura.

14.5. Alguns paràmetres recomanables

En qualsevol cas, tota instal·lació que contingui fluid termòfor que estigui compostat per una barreja d'aigua natural amb additius o per algun altre fluid, convé que mantingui els següents paràmetres:

- Calor específic més gran o igual que 0.7 Kcal/Kg.°C
- pH comprès entre 5 i 12.
- Contingut en anticongelant alcohòlic igual o superior al 20 % o per a menys de -6°C.
- El contingut total en sals solubles sigui inferior a 500 mg/l.
- El contingut en carbonat càlcic o sals de calci sigui inferior a 200 mg/l.
- El nivell màxim de CO₂ lliure contingut a l'aigua sigui de 50 mg/l.

En cas d'utilització de preparats anticongelants i inhibidors de la corrosió comercials, caldrà especificar la composició, durabilitat en condicions normals i temperatura de protecció en lloc visible de la instal·lació.

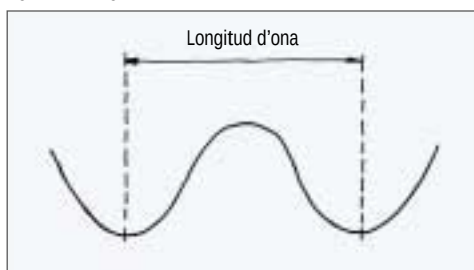
2	RADIACIÓ SOLAR	
1	Principis bàsics de la transformació energètica de la radiació solar	2
1.1	Ones electromagnètiques	2
1.2	Dades significatives del Sol	3
2	Components de la radiació	4
3	Descripció del moviment solar	6
3.1	Descripció del moviment solar diari	6
3.2	Descripció del moviment solar anual	8
3.3	Descripció de l'evolució de les ombres	9
3.4	Representació de les ombres en una instal·lació	10
4	El potencial solar a Catalunya	12
4.1	Atlas de radiació solar	12
5	Mesuradors de radiació	14

1. Principis bàsics de la transformació energètica de la radiació solar

1.1. Ones electromagnètiques

L'energia solar arriba a la Terra en forma d'ones electromagnètiques que es desplacen per l'espai en totes les direccions, aquest efecte és el que anomenem radiació i fa referència a un fenomen físic vibratori que es representa en forma d'ones.

Figura 1.- Longitud d'ona.

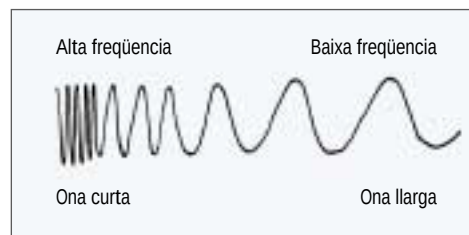


La quantitat d'energia que transporta qualsevol ona és proporcional a la seva freqüència (ritme d'oscil·lació). La freqüència de les vibracions ondulatòries és el número de vegades que es repeteix la forma d'ona completa en la unitat de temps. La seva unitat és el hertz (Hz) o també la inversa del temps (s^{-1}). A més freqüència, més energia transportada, per tant, major efecte quan impacte sobre un cos.

Exemple:

L'energia continguda en ones de freqüència inferior a la radiació visible (infraroig) amb prou feines ens escalfa la pell. En canvi, les ones de freqüència superior a les ones visibles (ultraviolada) ens la poden arribar a malmetre.

Figura 2.- Variació de freqüència.

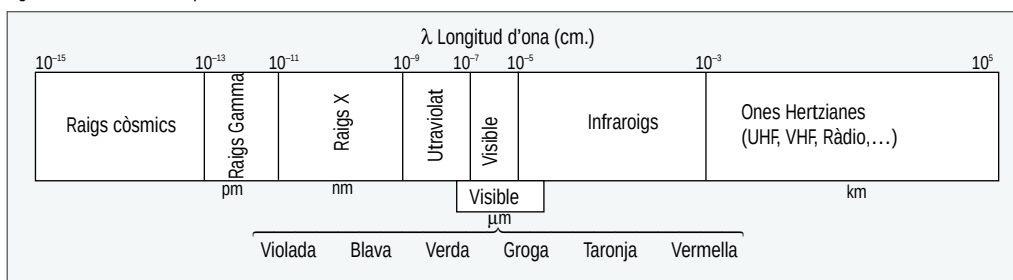


Un altre paràmetre característic de les radiacions és la longitud de l'ona, que és la distància existent entre dos punts iguals d'una ona, per exemple, entre crestes o passos per zero.

Per tant, com més petita sigui la longitud d'ona, més gran serà la freqüència, és a dir, més cops es repeteix l'ona en el temps i més energia pot ser transportada.

Alhora, les radiacions, en funció de la seva freqüència, tenen més o menys capacitat de penetració en els materials. La llum visible (amb longituds d'ona entre 0,4 i 0,7 μm) no pot travessar parets; en canvi, per aturar els raigs gamma (de longitud d'ona deu mil vegades més petita) les centrals nuclears s'han de blindar amb parets de formigó i plom d'1 m de gruix.

Figura 3.- Bandes de freqüència i utilitzacions.



1.2. Dades significatives del Sol

El Sol és un estel, al voltant de la qual gira el sistema de planetes en què hi ha inclosa la Terra. El Sol és l'astre més proper al nostre planeta i, per tant, la font principal de llum i escalfor via radiació electromagnètica.

Algunes dades interessants del Sol:

- Radi del Sol (distància centre-superfície): 700.000km, 109 vegades la Terra.
- Massa relativa del Sol: 300.000 vegades la massa de la Terra.
- Edat aproximada del Sol: 5.000 milions d'anys.
- Vida estimada aproximada: 8.000 milions d'anys més.

L'energia irradiada pel Sol procedeix de reaccions nuclears de fusió en les que àtoms d'un isòtop de l'hidrogen (deuteri) es fusionen formant àtoms d'heli, un procés que implica un gran alliberament d'energia, que es transforma en elevades temperatures (milions de graus centígrads) i que provoca l'emissió d'ones electromagnètiques en totes les direccions possibles.

La distància entre el Sol i la Terra és de 150 milions de km, com que la llum viatja a una velocitat de 300.000 km/s, les radiacions emeses pel Sol trigen 8 minuts en arribar al nostre planeta.

La potència d'irradiació del Sol s'ha estimat en 4×10^{23} kW, aproximadament unes 200×10^{12} vegades la potència de totes les centrals actualment en funcionament al món. En un segon el Sol irradia més energia de la consumida per la humanitat en la seva història.

Del Sol, a més de radiació (energia), també ens arriba matèria. Ara se sap que de les protuberàncies solars es desprenen núvols de protons i electrons, el "vent solar". Una constància d'aquesta arribada de partícules amb càrrega elèctrica és l'espectacle de les aurores boreals i australs.

2. Components de la radiació

La constant solar és la potència de radiació solar rebuda sobre una unitat de superfície (m^2), en un pla tangent a l'esfera imaginària formada per la capa externa de l'atmosfera.

**El valor d'aquesta constant és:
 1.353 W/m^2**

Encara que aquest valor s'anomeni "constant solar", no és un valor fix, sinó que varia aproximadament $\pm 3\%$ en funció de les variacions de la distància Sol-Terra al llarg de l'any.

Aproximadament, la meitat de la radiació solar incident en l'atmosfera terrestre correspon a la banda de freqüències de la llum visible per l'ull humà (de $0,38$ a $0,78 \mu\text{m}$ de longitud d'ona); la resta pertany a bandes que no capten els nostres ulls, principalment infraroques (radiació associada a processos tèrmics amb longituds d'ona superiors a $0,78 \mu\text{m}$) i un petit component de llum ultraviolada que presenta longituds d'ona menors que la radiació visible (inferiors a $0,38 \mu\text{m}$).

Taula 1. Característiques i distribució de l'espectre de radiació incident en l'atmosfera extraterrestre.

Banda	Ultraviolada	Visible	Infraroja
Longitud d'ona (μm)	0,01-0,38	0,38-0,78	0,78-1000
Percentatge energètic	5%	49%	46%
Potència de radiació (W/m^2)	54	662	620

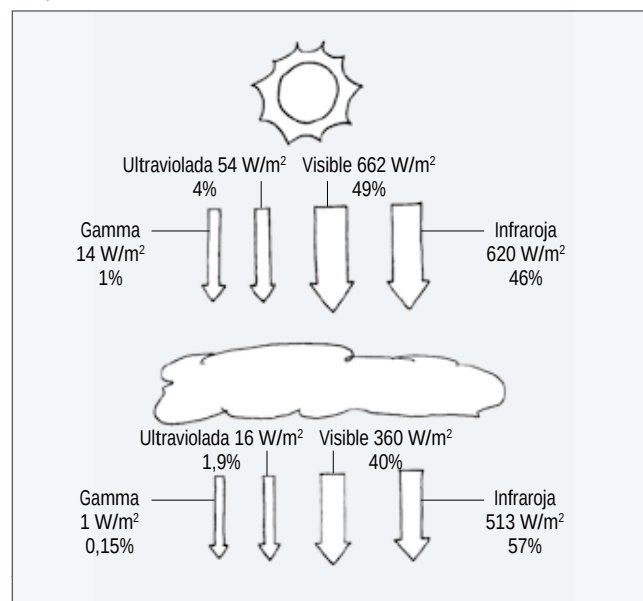
La radiació solar, en incidir i travessar l'atmosfera de la Terra, experimenta tot un seguit de processos d'interacció amb la matèria (gasos, pols en suspensió, vapor d'aigua, etc.) que formen la pròpia atmosfera. En qualsevol interacció entre energia radiant i un cos es produeixen els fenòmens físics següents:

Reflexió. Una part de la radiació no penetra sinó que es desvia cap a l'exterior, com si es tractés d'un mirall.

Transmissió. Una part de la radiació travessa el cos i pot patir més o menys canvis de direcció i/o velocitat (refracció).

Absorció. Una part de la radiació és absorbida i produeix un escalfament del cos per l'impacte sobre els àtoms que componen el material.

Figura 4.- Distribució de la radiació solar abans i després de travessar l'atmosfera.



A partir dels fenòmens de reflexió i absorció que pateix la radiació en incidir i travessar l'atmosfera, podem deduir que només una part de l'energia disponible es pot aprofitar a nivell del mar.

Aquest valor depèn bàsicament de les condicions climatològiques i de la posició del Sol respecte la Terra. Com més perpendicularitat dels raigs, menys pèrdua d'energia.

De l'energia solar que travessa l'atmosfera i que incideix sobre la Terra, una part important arriba en forma directa, és a dir, que no pateix canvis de dispersió en la direcció; és, per tant, la que pot provocar ombres en els objectes. La resta d'energia arriba de manera difusa o dispersa, aquesta última correspon als raigs desviats per les gotes de vapor d'aigua en suspensió.

Com més núvol és el dia més important és la radiació difusa, en canvi com més clar, més participació de la radiació directa.

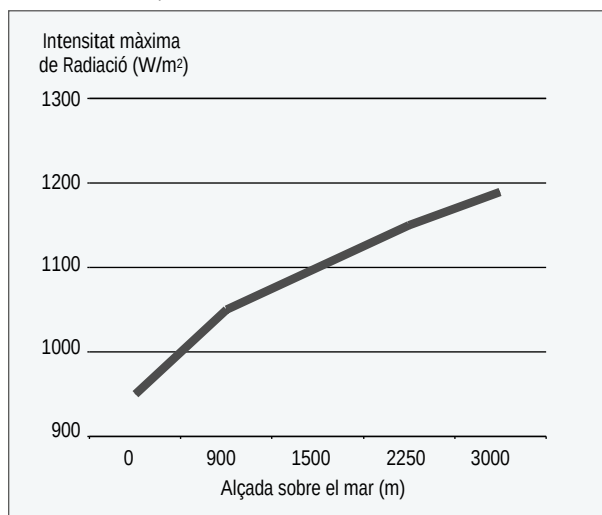
També s'ha de tenir en compte que del total de radiació que arriba a la superfície de la Terra, una part és reflectida pel mateix terreny i pot ser reabsorbida pels objectes més propers.

Exemple:

La radiació solar que arriba a un terrat nevad és reflectida i pot incrementar l'energia que arriba a uns captadors ubicats en el mateix terrat. En canvi, els mateixos captadors reben menys radiació en absència de neu.

Cal tenir en compte que si es planeja fer una instal·lació solar a gran alçada sobre el nivell del mar (refugis de muntanya, repetidors de comunicacions, etc.) a mesura que guanyem alçada disminueix el gruix d'atmosfera travessat per la radiació i, per tant, augmenta l'energia disponible, ja que minven les pèrdues. En el gràfic següent es quantifica de manera aproximada aquest efecte.

Gràfic 1.- Intensitat màxima de radiació en funció de l'alçada respecte el nivell del mar.



En la taula següent s'observa com poden quedar distribuïdes les diverses porcions de radiació incident en un emplaçament en funció de les condicions climatològiques.

Taula 2.- Distribució de radiació difusa en funció de la nuvolositat.

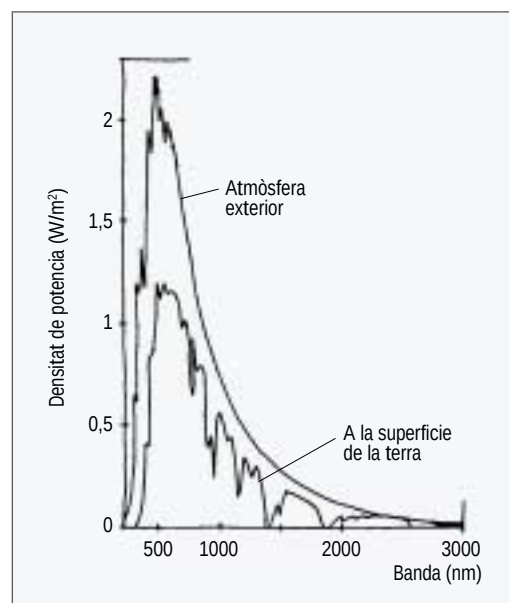
Condicions climatològiques	Radiació global (W/m²)	Percentatge de difusa (%)
Cel clar	750 - 1000	10 - 20
Parcialment núvol	200 - 500	20 - 90
Tapat	50 - 150	90 - 100

Un altra manera d'apreciar la minva de radiació produïda per l'efecte atmosfèric i com es distribueix al llarg de les diferents bandes de radiació és observant l'espectre de radiació en les dues zones, abans i després de l'atmosfera, tal com mostra la figura 5.

Tot i aquesta variabilitat accentuada pel que fa a possibles valors de la radiació incident en un lloc i moment determinats sobre la Terra, s'ha trobat un valor de referència per a la prova d'equips i altres aplicacions.

Valor estàndard de referència de radiació solar: 1.000 W/m²

Figura 5.- Espectre de radiacions emeses pel Sol.



Font: Censolar.

3. Descripció del moviment solar

3.1. Descripció del moviment solar diari

La Terra fa una rotació completa sobre si mateixa cada 24 hores aproximadament. Aquest fet implica que des de qualsevol emplaçament un observador té la sensació d'estar estàtic i que l'univers gira al seu voltant.

Per tant, tot i que sigui la Terra qui gira, ens hem acostumat a dir que és el Sol qui surt al matí per l'est puja fins a la màxima alçada al migdia i es pon a la tarda per l'oest.

En aquest capítol continuarem aquesta nomenclatura tradicional d'associar el moviment relatiu del Sol a la Terra.

Posició del Sol i intensitat de radiació

La radiació solar és força constant abans que entri en l'atmosfera; en canvi, un cop travessada la franja d'aire que ens envolta, la radiació mesurada a nivell del mar disminueix força. Aquesta reducció està en funció principalment de dos paràmetres: l'espessor d'atmosfera travessada, fins al 30%, i la climatologia regnant, fins al 65%.

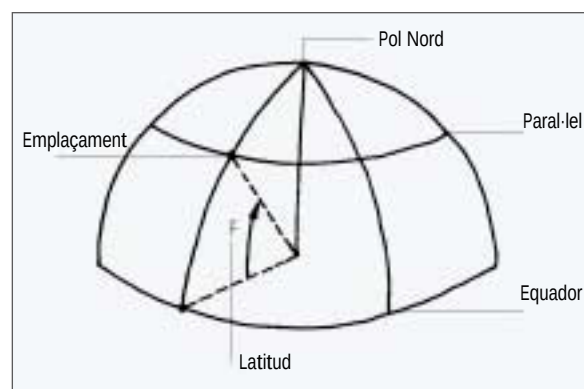
Respecte de la climatologia no podem fer prediccions fiables que ens permetin avaluar la radiació incident per a qualsevol dia concret de l'any, en canvi, mitjançant l'estudi de la "geometria solar" sí que podem conèixer amb exactitud la posició del Sol en qualsevol moment del dia. Aquest fet ens permet avaluar els angles d'incidència de la radiació i, per tant, el comportament de les ombres projectades per objectes, que juntament amb les mesures de radiació realitzades són la base dels càlculs solars.

Paràmetres principals de la posició d'un emplaçament a la Terra

Latitud [F]: És l'angle que formen la vertical (perpendicular) del punt geogràfic que es consideri de la superfície terrestre (emplaçament) i el pla de l'equador.

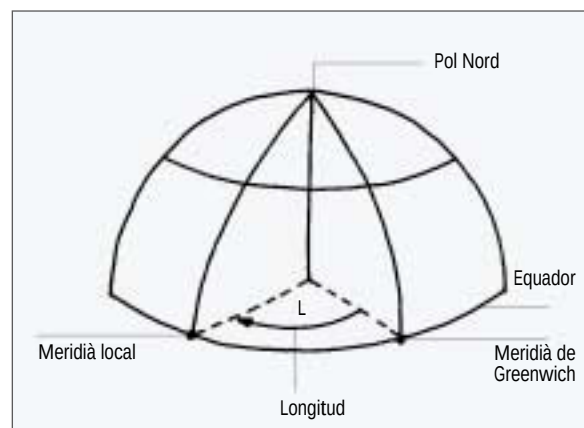
La dada de la latitud és bàsica per poder conèixer, a través de complexes expressions matemàtiques o bé de taules, la resta de dades referents a la posició solar.

Figura 6.- Latitud d'un emplaçament.



Longitud [L]: És l'angle que formen la vertical del punt geogràfic que es consideri de la superfície terrestre (emplaçament) i una projecció vertical en un punt geogràfic situat a igual latitud però sobre un eix de referència anomenat meridià de Greenwich.

Figura 7.- Longitud d'un emplaçament.



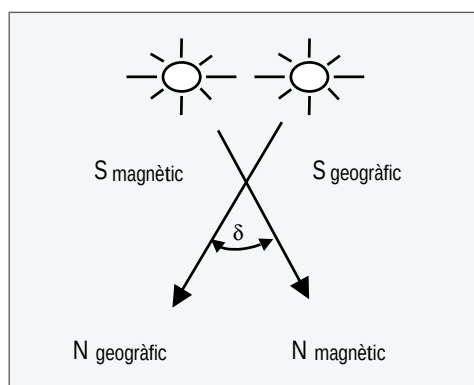
Nord magnètic [N_m]: És la direcció indicada per la part magnetitzada d'una brúixola a causa de l'atracció que fa el pol magnètic del planeta.

Nord geogràfic [N]: És la direcció que indicaria una brúixola si la distribució de massa del planeta fos simètrica, indica la direcció des del punt d'observació a l'extrem superior geomètric del planeta.

Declinació magnètica (δ): És l'angle que formen la direcció que indica la brúixola i el nord geogràfic. A causa de la deriva dels continents, la concentració de massa de la Terra va variant, de manera que cada any la declinació varia. En els mapes dels serveis cartogràfics nacionals solen estar referenciats la declinació magnètica absoluta de la darrera data en què es va mesurar i un valor de variació anual a partir de la data indicada.

A més, la declinació per definició és pròpia de cada lloc. A continuació es mostra la declinació magnètica a Catalunya segons l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

Figura 8.- Declinació magnètica (δ).



Valor mitjà de la declinació magnètica el juliol de 1996.
 $\delta = -0^\circ 53,25'$
 Variació anual: $9,32'$

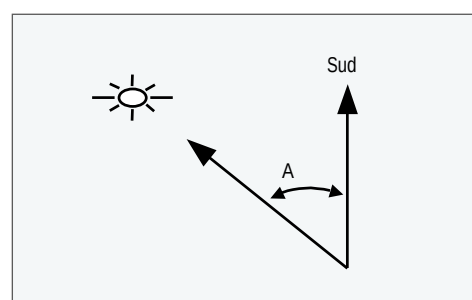
Paràmetres principals de la posició del Sol

Azimut [A]: És l'angle que formen la projecció dels raigs solars sobre el pla tangent a la superfície terrestre i el sud geogràfic.

L'azimut 0° correspondrà al moment en què el Sol està exactament sobre el sud geogràfic i indica el migdia solar. Cal recordar que el migdia solar, 12:00 hora solar, s'aproxima a les 13:00 h del nostre horari oficial a l'hivern i les 14:00 h a l'estiu.

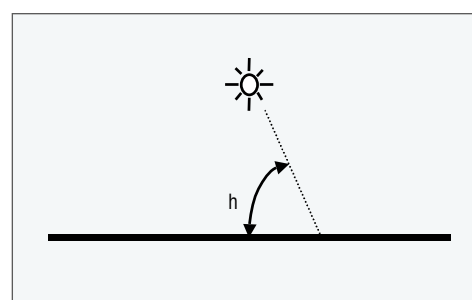
L'azimut es pot entendre com l'angle que ha de recórrer el Sol per arribar a estar al sud de l'observador o l'angle recorregut des del sud en funció de si l'observació és abans o després del migdia.

Figura 9.- Azimut solar (A)



Alçada solar [h]: És l'angle que formen els raigs solars amb l'horitzontal quan arriben a la superfície de la Terra.

Figura 10.- Alçada solar (h).



L'alçada solar varia durant el dia. El Sol surt molt baix, sobre l'horitzó, assoleix l'alçada màxima al migdia per tornar-se a amagar a la tarda per l'oest. De la mateixa manera cada dia de l'any el Sol arriba a una alçada màxima diferent, però assoleix el valor més alt el dia del solstici d'estiu, proper a 71° , i el mínim el dia del solstici d'hivern, proper als 25° .

Aquests valors són calculables, però a efectes d'utilitzar-los l'instal·lador compta amb l'ajut de taules on trobar fàcilment l'azimut i l'alçada solar per a cada hora del dia en cada mes de l'any. Aquestes taules es poden consultar en l'Annex 1.

En aquestes taules el migdia solar s'indica com a hora 0 i cada valor en la primera columna indica el temps que falta o que passa del migdia. Aquesta coincidència es deu a la simetria de l'arc descrit pel moviment solar diari. Per a cada mes de l'any obtenim un valor angular d'alçada solar diferent en funció del temps de separació respecte del migdia, a l'estiu l'alçada és superior que a l'hivern.

Exemple: Troba a la taula de coordenades solars (vegeu l'Annex 1) l'alçada solar i l'azimut per al mes de juny a les 11:00 i a les 13:00 h (hora solar).

Com que el migdia solar, indicat com a hora 0 a la columna d'hores de la taula de l'Annex, es correspon amb les 12:00 h (de l'horari solar) les 11:00 h i les 13:00 h que ens demana l'exercici es diferencien en una hora del migdia o hora 0.

Per tant, buscant en la fila marcada com a hora 1 i en la columna del mes de juny, trobem les dades següents:

Azimut: 38 Alçada solar: 68

Aquestes dades aplicades donarien els resultats següents:

11:00 h - Azimut: -38° (38° cap a l'est des del sud).
- Alçada: 68°

13:00 h - Azimut: $+38^\circ$ (38° cap a l'oest des del sud).
- Alçada: 68°

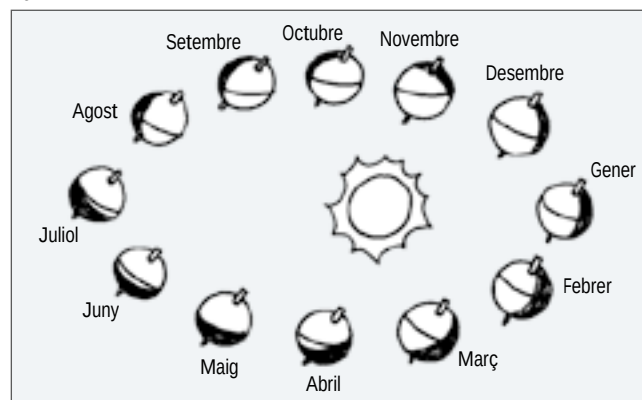
3.2. Descripció del moviment solar anual

Conceptes bàsics de l'òrbita terrestre

La Terra gira al voltant del Sol formant una òrbita eclíptica en la que el Sol és el focus, amb una separació màxima el 4 de juliol (afeli) i una distància mínima el 31 de desembre (periheli), mentre que la distància mitjana entre els dos astres és de 149.600.000 km.

D'altra banda, la Terra gira sobre un eix imaginari que està inclinat $23^\circ 30'$ respecte del pla de l'eclíptica (òrbita terrestre al voltant del Sol) és a dir, l'eix de la Terra no és perpendicular a la seva òrbita.

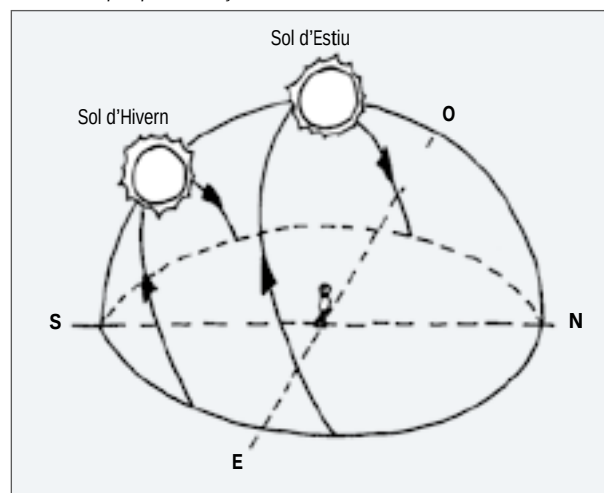
Figura 11.- Òrbita terrestre al voltant del Sol.



Com a conseqüència d'aquesta inclinació, en cada punt de l'òrbita terrestre la geometria de la situació d'un emplaçament qualsevol respecte dels raigs solars és diferent.

Aquest fet fa que els raigs solars hagin de travessar una espessor d'atmosfera canviant, més gran a l'hivern i més petita a l'estiu, circumstància que dona pas a les estacions meteorològiques. L'asimetria que es produeix fa que les estacions siguin oposades en els dos hemisferis, degut al fet que la radicació solar hi incideix amb angles diferents.

Figura 12.- Trajectòria solar a l'estiu i a l'hivern on s'aprecia la diferència pel que fa a l'alçada solar.



3.3. Descripció de l'evolució de les ombres

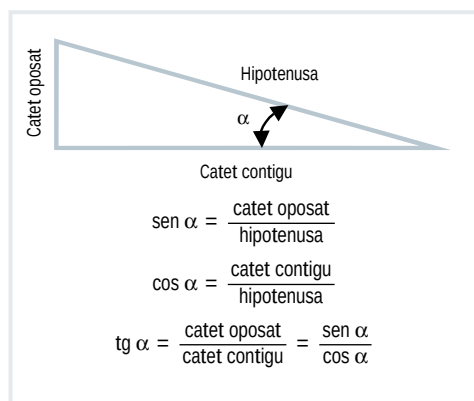
Per assolir el màxim aprofitament d'un sistema d'energia solar s'haurà de tenir cura de la incidència de possibles ombres sobre els captadors.

Tot i que els captadors tèrmics no són especialment crítics a les ombres i per regla general no queden inoperants, encara que siguin parcialment ombrejats en un 15 - 30% de la seva superfície, cal recordar, però, que aquest fet produeix evidentment una minva de la producció sobretot si es produeix durant les hores centrals del dia (màxima insolació). Per tant, s'ha d'haver previst i, si és possible, cal evitar-ho.

Fórmules trigonomètriques

Les fórmules trigonomètriques són una eina matemàtica que ens permet relacionar les dimensions dels costats i dels angles que formen part d'un triangle rectangle. Un triangle rectangle és aquell que té un angle recte (90°).

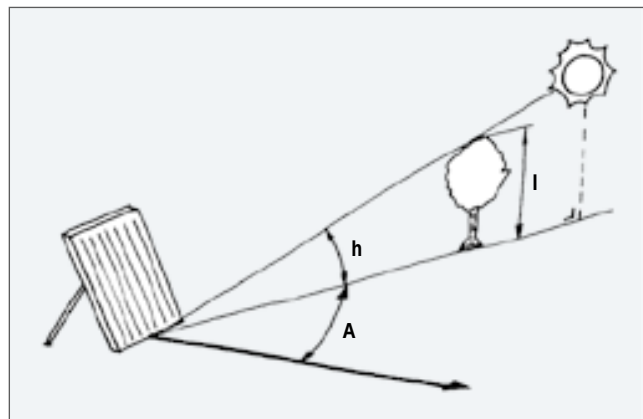
En aquest tipus de triangles sempre es compleixen les relacions matemàtiques següents:



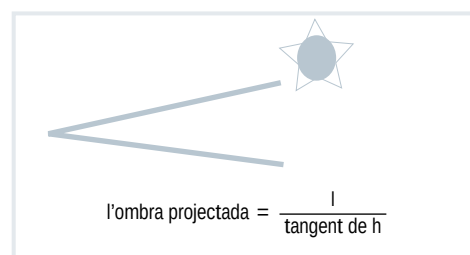
Per determinar la possibilitat d'incidència d'ombres en el captador solar, establim un procés de càlcul i dibuix de projecció d'ombres, utilitzant les taules d'alçada i azimut solars que correspongui a la nostra latitud (42° N per a la província de Barcelona). Vegeu l'Annex 1.

Un cop coneixem l'alçada solar i l'azimut corresponent a la data i l'hora de càlcul, només ens cal saber l'alçada de l'objecte per poder fer el càlcul de la longitud de l'ombra projectada.

Figura 13.- Ombra projectada per un objecte.



Per calcular-la aplicarem la semblança a un triangle rectangle tal com il·lustra el dibuix i l'expressió següents:



l és l'alçada de l'objecte a partir de la cota on es col·locarien els captadors

h és l'alçada solar (angle)

A és l'azimut

Exemple: Calcular la longitud de l'ombra projectada per un arbre de 6 m d'alçada per al mes de febrer de les 09:00 h fins a les 12:00 h, hora solar.

A partir de la taula de coordenades solars, annex 1, trobem les dades següents:

09:00 h	Alçada solar: 21°
10:00 h	Alçada solar: 29°
11:00 h	Alçada solar: 33°
12:00 h	Alçada solar: 35°

Aplicant l'expressió de la longitud d'ombra obtindriem els resultats següents:

09:00 h	Longitud de l'ombra: 15,6 m
10:00 h	Longitud de l'ombra: 10,8 m
11:00 h	Longitud de l'ombra: 9,2 m
12:00 h	Longitud de l'ombra: 8,6 m

3.4. Representació de les ombres en una instal·lació

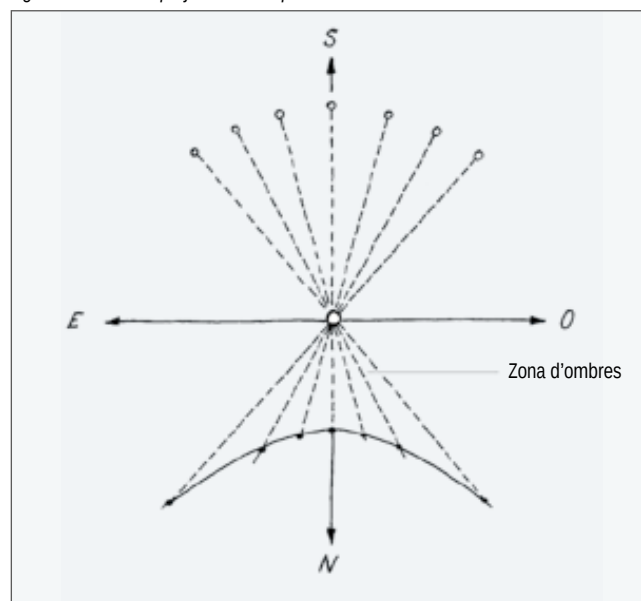
Diagrama d'ombres

El diagrama d'ombres és una representació gràfica de l'àrea ombrejada per un objecte en el decurs de les hores centrals del dia, les hores amb més radiació. La importància d'aquest diagrama radica en el fet que ens permet prendre una decisió sobre la millor ubicació dels captadors, sense sorpreses posteriors, captadors a l'ombra, o bé avaluar l'energia disponible en cas que no sigui possible trobar una localització sense ombres.

El primer pas per a la representació del diagrama és dibuixar l'objecte d'estudi en planta, és a dir, com si fos una vista aèria. A continuació, es tracen uns eixos de coordenades que coincideixin amb els punts cardinals, eix nord-sud i eix est-oest. També cal determinar l'escala del dibuix.

A partir de les taules solars i de l'expressió matemàtica de càlcul d'ombres es fan els càlculs relatius a les hores compreses entre les 9:00 h i les 15:00 h, hora solar. Amb el resultat d'aquests càlculs es confecciona una taula de dades que ens ajudarà a confeccionar el dibuix.

Figura 14. - Ombres projectades del pal vertical.



Comencem a dibuixar les dades referents al migdia, 12:00 h "solar", que serà una projecció dels vèrtex de l'objecte en direcció paral·lela al nord, ja que el sol és al sud en aquell moment. A partir d'aquesta projecció es fa la resta d'hores, tenint en compte la desviació del sud segons les dades d'azimut.

Exemple: Diagrama d'ombres fet a partir d'un pal vertical d'1 m d'alçada per al mes de gener i latitud 42°, expressant els resultats en una taula de dades i representant-les en un diagrama a escala.

Hora solar	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
Azimut (°)	43	30	16	0	16	30	43
Alçada solar (°)	15	21	26	27	26	21	15
Longitud ombra (m)	3,73	2,60	2,05	1,96	2,05	2,60	3,73

Observem la simetria respecte les 12:00 hora solar dels tres paràmetres comparats.
L'ombra ha estat calculada amb la fórmula.

Distància mínima entre captadors

Una de les aplicacions principals del càlcul d'ombres que projecta un objecte és conèixer si una línia de captadors solars farà ombra o no a una altra que hi ha al darrere, o dit d'un altra manera, calcular la distància mínima de col·locació entre bateries de captadors per evitar que els del davant tapin els de darrere.

Tal com es veu en el dibuix, la distància mínima, entre captadors, és la suma de dues longituds (a i b), corresponents a l'ocupació del primer captador més la longitud de l'ombra que aquest projecta.

El càlcul de b (catet contigu) del triangle format pel primer captador i l'horitzontal del terra seria:

$$b = l \times \cos \beta$$

Per poder trobar el valor de l'ombra projectada pel primer captador (a) necessitem conèixer un altre costat (c), que és l'alçada de la part posterior del primer captador.

$$c = l \times \sin \beta$$

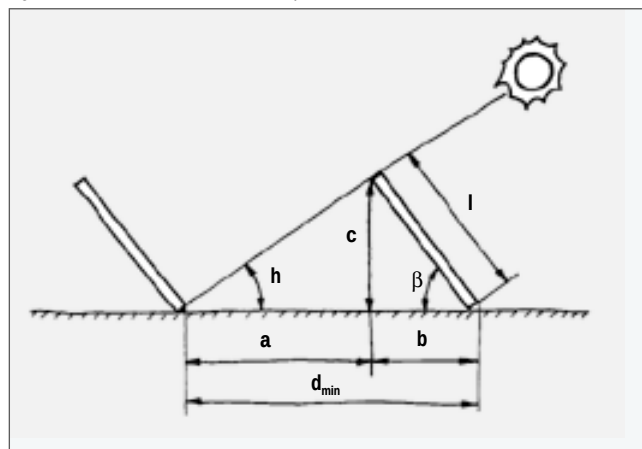
Aleshores, aplicant el valor trobat en l'expressió anterior podem calcular l'ombra projectada amb l'expressió:

$$a = \frac{c}{\tan h}$$

Agrupant les expressions anteriors, obtenim una fórmula directa per al càlcul de la distància mínima:

$$d_{\min} = l \times \cos \beta + \frac{l \times \sin \beta}{\tan h}$$

Figura 15.- Ombres entre fileres de captadors.



On:

$d_{\min}$ És la distància entre captadors per evitar ombres expressada en m.
És la suma de a + b.

l És la longitud del captador solar.

h És l'alçada solar a l'hora en què el sol es troba al mateix azimuth que els captadors.

β És l'angle d'inclinació dels captadors respecte de l'horitzontal.

4. El potencial solar a Catalunya

4.1. Atlas de radiació solar

A Catalunya, l'estudi i la recopilació de dades dels valors de radiació solar arreu del territori s'inicià a principis dels setanta. Així, ja el 1982 es va publicar el llibre *Energia solar a Catalunya: radiació solar i insolació*, a càrrec del Departament d'Indústria i Energia de la Generalitat de Catalunya, en el qual es recullen les dades de radiació existents en aquell moment en diversos emplaçaments de Catalunya i un estudi teòric sobre el fenomen.

D'aleshores ençà s'han fet diversos estudis i s'ha aprofundit molt en el coneixement de l'índex de radiació solar a Catalunya, gràcies sobretot a la instal·lació de diverses estacions radiomètriques, a la qualitat dels mesuraments i al funcionament de la Xarxa Radiomètrica de Catalunya l'any 1986.

El 1996, l'Institut Català d'Energia del Departament d'Indústria, Comerç i Turisme de la Generalitat de Catalunya ja va poder publicar l'*Atlas de radiació solar a Catalunya*, que recull les dades de radiació global i difusa de les estacions de la xarxa radiomètrica catalana.

Amb les dades recopilades fins l'any 1997 en les vuitanta-tres estacions de mesura catalanes s'ha pogut confeccionar una nova edició de l'*Atlas de radiació solar a Catalunya*, actualitzada al 2000.

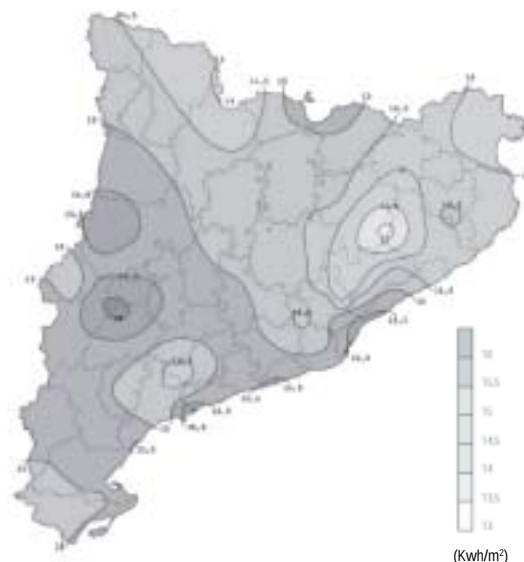
A Catalunya, com veiem en el gràfic anterior, els valors de la radiació solar diària disponible se situen al voltant dels 4 kWh/m² sense que hi hagi diferències significatives arreu del territori.

Així, per exemple, aquests valors poden oscil·lar entre els 4,3 kWh/m² de determinades zones del litoral i els 3,75 kWh/m² de l'Alt Urgell.

Els resultats, consultables en taules de radiació global mitjana diària a diferents inclinacions, han estat preparats mitjançant el tractament estadístic —anàlisi de Fourier— de les dades enregistrades a cada localització.

En general, quan parlem de radiació solar fem referència a la irradiació global, és a dir, a la

Figura 16.- Irradiació solar global diària, mitjana anual, a Catalunya.



Font: Atlas de radiació solar a Catalunya: ICAEN, 2001.

quantitat d'energia rebuda per unitat de superfície en un temps determinat.

Normalment, aquests valors fan referència a l'energia que prové directament del disc solar (radiació directa) i a la radiació denominada difusa, és a dir, la radiació difusa per l'atmosfera que prové de la resta del cel.

Figura 17.- Atlas de radiació solar a Catalunya.



Font: ICAEN, 2001.

L'Atlas de radiació solar a Catalunya presenta les dades de les vuitanta-tres estacions en dos formats diferents:

- Taules de radiació solar global diària sobre superfícies inclinades per 4 orientacions: 0°, 30°, 60° i 90° d'azimut.
- Taules de radiació solar global horària sobre superfícies inclinades per a 5 inclinacions 0°, 30°, 45°, 60° i 90°.

El primer grup de taules ens permet avaluar l'energia disponible en un emplaçament i el segon grup ens serveix per fer les deduccions correctes en cas de tenir ombres persistents en una franja horària determinada.

També s'inclou un grup de taules de radiació sobre superfícies verticals d'utilitat en el càlcul d'energia incident a través de façanes vidrades per determinar les càrregues tèrmiques dels edificis.

A continuació es presenta com a exemple la taula 3 de radiació solar global diària sobre superfícies inclinades a l'estació de Raimat (Lleida) i per a orientació sud (0°). Les unitats d'aquesta taula són MJ, m² i dia. Cada columna correspon al valor del dia mitjà del mes corresponent. El contingut complet de l'Atlas de radiació solar a Catalunya es pot consultar en el CD-ROM.

Taula 3.- Radiació solar global diària sobre superfícies inclinades a l'estació de Raimat (Lleida). Orientació: 60°

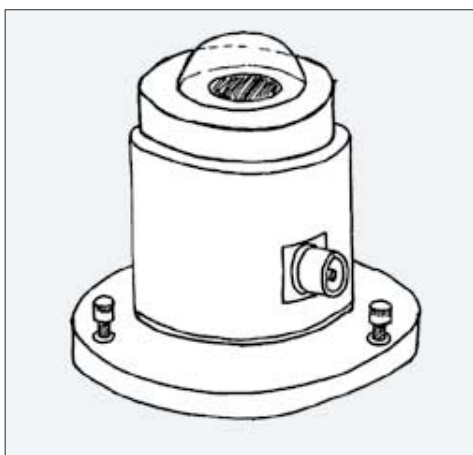
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	4,92	8,28	13,22	18,64	22,92	24,94	24,13	20,65	15,54	10,14	5,90	3,99	14,47
5°	5,16	8,62	13,61	19,00	23,10	25,04	24,27	20,93	15,93	10,52	6,18	4,20	14,74
10°	5,39	8,92	13,98	19,26	23,20	24,98	24,28	21,16	16,23	10,83	6,44	4,38	14,95
15°	5,60	9,17	14,27	19,43	23,20	24,90	24,24	21,26	16,51	11,09	6,68	4,55	15,10
20°	5,77	9,40	14,48	19,56	23,09	24,66	24,05	21,32	16,68	11,31	6,88	4,69	15,19
25°	5,91	9,58	14,65	19,57	22,94	24,37	23,84	21,28	16,76	11,49	7,04	4,80	15,21
30°	6,03	9,70	14,75	19,50	22,65	23,98	23,49	21,10	16,83	11,60	7,16	4,90	15,17
35°	6,12	9,77	14,77	19,39	22,29	23,45	23,04	20,92	16,79	11,64	7,26	4,97	15,06
40°	6,18	9,80	14,70	19,16	21,88	22,93	22,57	20,61	16,65	11,62	7,33	5,02	14,89
45°	6,21	9,80	14,58	18,81	21,32	22,26	21,95	20,19	16,44	11,58	7,36	5,05	14,65
50°	6,21	9,74	14,42	18,46	20,71	21,50	21,25	19,72	16,20	11,48	7,34	5,04	14,36
55°	6,17	9,62	14,18	18,02	20,06	20,75	20,55	19,20	15,88	11,30	7,29	5,01	14,02
60°	6,10	9,45	13,85	17,47	19,30	19,88	19,73	18,56	15,46	11,07	7,19	4,95	13,60
65°	5,99	9,23	13,44	16,82	18,44	18,92	18,81	17,81	14,94	10,77	7,06	4,86	13,11
70°	5,85	8,97	13,03	16,21	17,64	18,01	17,95	17,12	14,44	10,44	6,89	4,75	12,62
75°	5,70	8,70	12,56	15,51	16,73	17,01	16,98	16,32	13,87	10,09	6,71	4,63	12,08
80°	5,52	8,37	12,02	14,73	15,73	15,93	15,93	15,43	13,23	9,68	6,49	4,48	11,48
85°	5,32	8,01	11,42	13,90	14,81	14,95	14,98	14,56	12,51	9,21	6,24	4,32	10,86
90°	5,08	7,60	10,77	13,11	13,84	13,90	13,96	13,68	11,81	8,70	5,96	4,13	10,22

Font: Atlas de radiació solar a Catalunya: ICAEN, 2001.

5. Mesuradors de radiació

Per mesurar la radiació global que una superfície rep en un determinat número de dies (o mesos) s'utilitzen uns aparells anomenats piranòmetres, els quals detecten la intensitat de la radiació incident en cada moment i, acoblats a un ordinador, acumulen aquestes dades en el decurs del temps de presa de mesures.

Figura 18. - Piranòmetre.



Font: Institut Nacional de Meteorologia.

Un piranòmetre col·locat sobre una superfície perfectament horitzontal, lliure d'obstacles al seu voltant que li puguin projectar ombres, rep la radiació total (directa més difusa) de tota la bòveda celeste, de manera que permet avaluar l'energia disponible a la zona on s'ha ubicat.

Òbviament, les dades de radiació obtingudes a partir dels piranòmetres han de ser de gran fiabilitat, ja que un cop recopilades al llarg dels anys i després d'un intens procés matemàtic i estadístic donen lloc a les anomenades taules de radiació solar.

Un altre mètode per mesurar la radiació ha estat tradicionalment l'heliògraf, que consisteix en una esfera de vidre que, orientada al sud, concentra en la part posterior els raigs de sol directes fins al punt que aquest feix concentrat crema o fa reaccionar una banda de paper tèrmic.

Figura 19. - Heliògraf.



Font: Institut Nacional de Meteorologia.

El paper tèrmic dels heliògrafs està graduat en hores, de manera que per la simple lectura de quantes marques de paper han reaccionat a la radiació es pot saber el nombre d'hores de sol directe que hi ha hagut en un dia sencer.

A partir de dades experimentals i de correlacions matemàtiques es pot fer una analogia entre hores de sol i radiació incident en funció de l'època de l'any i de la latitud de l'estació de mesura.

Un altre element de precisió menor emprat en la mesura de la radiació solar són les anomenades cèl·lules calibrades; es tracta de cèl·lules fotovoltaïques que un laboratori acreditat ha posat a prova, il·luminant-les amb sol artificial i establint una relació proporcional entre radiació rebuda i producció elèctrica.

Tot i ser menys precís, el baix cost de les cèl·lules les fa ideals per emprar-les com a comprovadores del bon funcionament de les instal·lacions, de manera que col·locant una d'aquestes cèl·lules es pot contrastar la producció de les instal·lacions amb la radiació rebuda.

Muntatge d'un mesurador de radiació solar a partir d'una cèl·lula calibrada

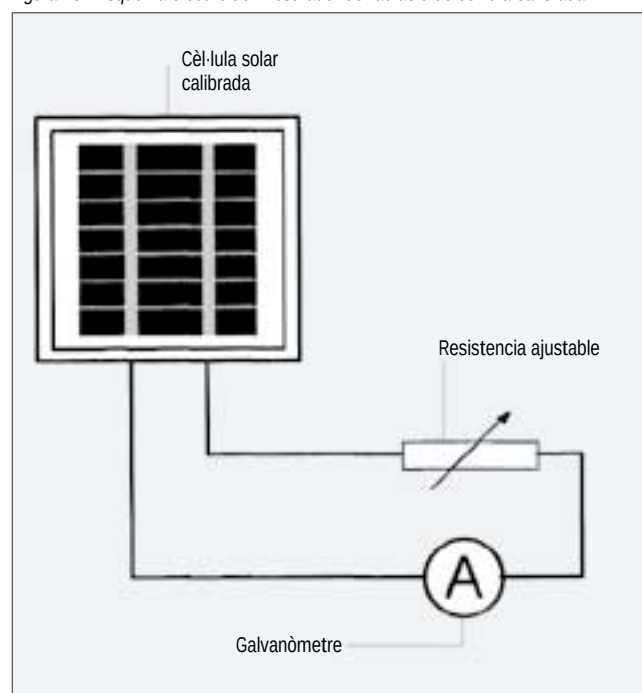
Si es connecta una cèl·lula solar fotovoltaica calibrada a un galvanòmetre, un mesurador analògic o bé a un *data logger* o un sistema digital d'adquisició de dades, podrem mesurar el corrent que aquesta genera. Com que la intensitat generada és proporcional a la radiació incident podem trobar amb facilitat el valor de radiació solar mesurat.

La versió més simple i transportable per conèixer valors instantanis de radiació és la primera de les citades anteriorment.

Un cop fet el muntatge caldrà exposar-lo al sol directe en un dia clar i procedir a l'ajust de la manera següent:

- Establir com a valor de fons d'escala 1.000 W/m^2 , modificant els valors de l'escala graduada existent en el mesurador d'origen.
- Repartir els valors de radiació en intervals fins a arribar a 0 en l'origen.
- Col·locar el mesurador amb la cèl·lula en direcció perpendicular a la radiació solar.
- Mesurar amb un amperímetre (de baixa impedància) la intensitat que ens dóna la cèl·lula en aquell moment.
- Calcular la radiació actual en funció de la relació particular de la cèl·lula (segons el calibratge).
- Connectar la cèl·lula al circuit de mesura permanent.
- Actuar sobre la resistència variable fins ajustar l'agulla indicadora en el valor de radiació calculat.

Figura 20. - Esquema elèctric del mesurador de radiació de cèl·lula calibrada.



**QUADERN PRÀCTIC
PER A INSTAL·LADORS**

Documentació de base
per a cursos de formació

Energia Solar ***Tèrmica***



Generalitat de Catalunya
Institut Català d'Energia