

Treball de Fi de Grau

Grau en Tecnologies Industrials

Instal·lació plaques solars tèrmiques en una llar

MEMÒRIA

Autor: Ignasi de Gispert Sampera

Director: Anna Cucurull

Ponent: Anna Cucurull

Convocatòria: Juny 2017

Índex

1) Glossari.....	3
2) Introducció:	4
2.1) Motivacions i raons elecció tema TFG	4
2.2) Història plaques actuals i situació geogràfica casa	4
3) Estudi instal·lació solar actual	5
3.1) Funcionament plaques, elements principals i dades tècniques	6
3.2) Components de l'actual instal·lació.....	7
3.3) Estat actual de la instal·lació	8
3.4) Consum anual de gas	9
4) Objectius del projecte	10
4.1) Objectius del projecte	10
4.2) Abast del projecte	11
5) Requeriments legals i funcionals del sistema	11
5.1) Exigències principals.....	11
5.2) Legislació:.....	15
6) Càlcul i dimensionat de la instal·lació.....	16
6.1) Càlcul del consum diari d'aigua calenta sanitària	16
6.2) Zona climàtica	17
6.3) Càlcul de la contribució solar mínima.....	18
6.4) Càlcul de les pèrdues d'energia.....	19
6.4.1) Pèrdues degudes a la inclinació i orientació de les plaques	19
6.4.2) Pèrdues degudes a les ombres	20
6.5) Mètode F-Chart pel dimensionat dels captadors solars	21
6.5.1) Càlcul de la demanda energètica	21
6.5.2) Irradiació solar anual	23
6.5.3) Càlcul del paràmetre adimensional D1 i D2.....	24
6.5.4) Càlcul de les corbes <i>f-chart</i> : elecció del captador solar	27
6.6) Connexió dels captadors solars	29
6.7) Dimensionat del sistema d'acumulació	30
6.8) Dimensionat de les canonades.....	31
6.8.1) Material canonades.....	31
6.8.3) Aïllament tèrmic canonades.....	32
6.9) Elecció del fluid aportador de calor.....	33

6.10) Dimensionat de la bomba hidràulica.....	33
6.10.1) Pèrdues de càrrega als col·lectors	34
6.10.2) Càlcul de les pèrdues de càrrega a les canonades	34
6.10.3) Pèrdues de càrrega al dipòsit acumulador	37
6.10.4) Pèrdues en l'electrovàlvula	38
6.10.5) Pèrdues de càrrega degudes a la diferencia d'altura.....	38
7) Resum de la instal·lació: components i funcionament	39
7.1) Captadors solars.....	39
7.2) Dipòsit acumulador	41
7.3) Altres elements de la instal·lació.....	42
7.4) Sistema auxiliar	45
8) Plec de condicions	45
8.1) Captadors	45
8.2) Fluid aportador de calor.....	46
8.3) Sistema de regulació i control	46
8.4) Sistema d'acumulació i connexions.....	46
8.5) Sistema hidràulic.....	47
8.6) Riscos de salut: legionel·la.....	48
9) Pla de manteniment i vigilància.....	48
9.1) Pla de manteniment	48
9.2) Pla de vigilància	50
10) Valor afegit de la instal·lació: calefacció solar	51
11) Estudi econòmic	51
11.1) Costos del projecte.....	52
11.1.1) Inversió inicial (<i>CAPEX: capital expenditures</i>).....	52
11.1.2) Costos continus i de funcionament (<i>OPEX: operating expense</i>)	53
11.1.3) Estalvi econòmic i energètic anual	53
11.2) Càlcul del VAN (Valor Actualitzat Net).....	53
11.3) Càlcul del TIR (Taxa Interna de Retorn)	55
11.4) Càlcul del <i>Pay-back</i> (termini de recuperació)	55
12) Impacte mediambiental	56
13) Conclusions	58
Agraïments.....	59
Bibliografia	60

1) Glossari

ACS: Aigua calenta sanitària

CTE: Código Técnico de la Edificación

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas

DB: Documento Básico

HE: Ahorro Energía

HR: Protección frente al ruido

HS: Salubridad

CTN: Comités Técnicos de Normalización

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

ITE: Instrucciones Técnicas Complementarias

UNE: Una Norma Española

CEDIC: Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica

2) Introducció:

2.1) Motivacions i raons elecció tema TFG

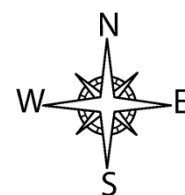
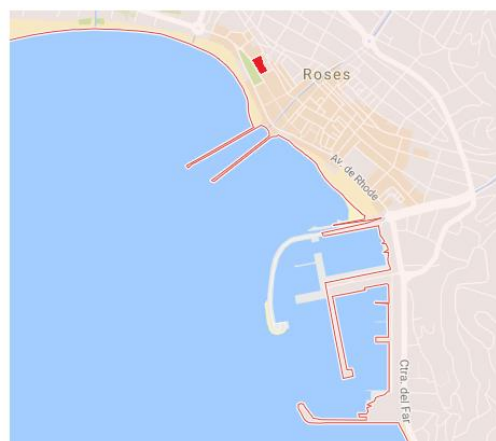
Voldria començar dient que no m'ha estat gens fàcil triar el tema del projecte final de grau ja que, des d'un bon principi, moltes idees em rondaven al cap i totes elles eren de temes ben diversos. Al final, dinant amb la meva família, va sortir el tema sobre l'estat d'unes antigues plaques solars situades a la nostre casa d'estiueig. Immediatament em va venir la idea que un possible treball podria estar enfocat sobre la millora o recuperació d'aquestes antigues i inutilitzades plaques. Disposar de l'oportunitat de realitzar un treball final que tingués una finalitat tant concreta sobre un tema actual i, a més a més, ben proper m'atreia moltíssim. També cal dir que trobo molt interessant poder fer un treball que pugui implicar una millora en unes instal·lacions nostres i saber que, si el projecte és consistent, es podria arribar a implementar en un futur proper.

Una de les altres gran motivacions que m'ha fet triar aquest tipus de projecte ha estat l'oportunitat de poder treballar i tractar el tema de les energies renovables. Ens trobem en un país on el sol és una enorme font d'energia i, malauradament, no l'aprofitem com voldríem. Trobo que és un tema de rigorosa actualitat i, com ja he mencionat abans, em motiva moltíssim poder desenvolupar un projecte relacionat amb el món de les energies renovables, l'estalvi i eficiència energètica.

Un dels propòsits que em plantejo realitzant aquest treball és descobrir i aprendre com funcionava la ja obsoleta instal·lació solar que tenim al terrat, adonar-me del gran esforç i la gran visió que va tenir el meu avi en la seva època i, intentar millorar o substituir les actuals plaques utilitzant una tecnologia solar més avançada i eficient.

2.2) Història plaques actuals i situació geogràfica casa

La història de les plaques solars actuals es remunta a mitjans dels anys vuitanta, època en la que el meu avi va fer una enorme inversió en la casa d'estiueig modernitzant, remodelant-la i instal·lant unes plaques solars al terrat.



Il·lustració 1: Situació de l'habitatge dins el municipi de Roses

L'habitable en qüestió es troba al municipi de Roses (Girona) i disposa d'una molt bona orientació de cara al sol. Es troba orientat al sud-oest i, al estar a primera línia de mar, gaudeix de llum solar des del moment de la sortida del sol fins a la seva posta. La casa d'estiueig és un dúplex d'uns 400 m² aproximadament que consta d'una única cuina al pis de sota i de 6 banys. (4 al pis de sota i 2 al pis de sobre).

La funció de les plaques solars era bàsicament com a escalfador d'aigua sanitària, captava l'energia solar, aquesta escalfava un líquid refrigerant que anava a parar a un dipòsit d'aigua i, conseqüentment, s'escalfava. En la seva època va ser tota una innovació encara tenir les seves limitacions ja que, els litres d'aigua que podien escalfar les plaques eren bastant limitats en comparació amb el nombre de persones que hi havia a la casa. Amb el pas del temps el dipòsit acumulador d'aigua es va fer malbé i, fa uns deu anys aproximadament, es va produir una petita fissura per la qual es perdia aigua. En aquell moment l'única manera d'escalfar aigua sanitària era a través de l'energia solar més l'ajuda d'un petit dipòsit auxiliar amb una resistència elèctrica que feia de suport en dies de núvol. Es va intentar mirar d'arreglar el dipòsit però al tractar-se d'una instal·lació força antiga i obsoleta es va aconsellar de fer una completa renovació. Van ser moments de molta indecisió entre les dues famílies que habitaven la casa i, finalment, es va optar per posar un escalfador d'aigua convencional, opció més econòmica i ràpida que funcionava amb el mateix gas propà que s'utilitzava a la cuina. Per culpa d'aquesta averia es va deixar d'utilitzar la instal·lació i es va anar degradant poc a poc fins a quedar inutilitzada i inservible.

La instal·lació dels captadors solars va ser realitzada per l'empresa TECASOL S.A, una de les empreses amb més bona reputació i capdavantera en temes d'energia solar en aquells moments. S'ha pogut obtenir tota la documentació referent a la implementació de les plaques solars, com per exemple el pressupost total del projecte amb tots els grans i petits elements que estaven involucrats. Al segon punt del treball es farà una explicació més detallada sobre la finalitat de les ja obsoletes plaques solars i sobre els seus components.

3) Estudi instal·lació solar actual

La instal·lació de les plaques solars es va duu a terme, com ja s'ha comentat anteriorment, per l'empresa espanyola *TECASOL* l'any 1980. La finalitat de les plaques solars que es van instal·lar al terrat de casa era la de capturar la radiació solar gratuïta del sol i conservar la seva energia en forma de calor, per després poder disposar d'aigua calenta a tota les sortides d'aigua de la casa.

3.1) Funcionament plaques, elements principals i dades tècniques

Al terrat actualment hi ha 8 col·lectors solars recoberts amb una capa negra per sobre, d'absorbència molt elevada, i per sota estan aïllats per tal d'evitar les pèrdues de calor. El funcionament de la instal·lació és ben senzill, els **col·lectors solars** capten la radiació provinent del sol i escalfen l'aigua que circula per un sèrie de circuits integrats als mateixos col·lectors.

Aquesta aigua escalfada es dirigeix a través d'una bomba a un **dipòsit acumulador** que, per fer-nos una idea, treballa com un gran termo. Aquest dipòsit, d'uns 800 litres de capacitat, està revestit de 50 mm de fibra de vidre, per tal que l'aigua emmagatzemada no perdi la calor a l'exterior de forma incontrolada. El **sistema regulador** de la instal·lació solar interromp la circulació del col·lector en dies de fred i sense sol, quan l'aigua calenta del acumulador de calor es refredaria en la zona de les plaques en comptes de seguir escalfant-se. En aquests casos l'aigua es barreja amb un anticongelant en els col·lectors fins que la seva temperatura torna a sobrepassar la del acumulador. El dipòsit acumulador està previst d'un intercanviador i de canonades per tal d'afegir un petit dipòsit d'aigua amb una resistència elèctrica. Aquest petit dipòsit serveix com a suport en dies en els que la radiació solar és molt baixa, ja que l'aigua no surt tant calenta com en dies de ple sol. D'aquesta manera si es connecta la resistència termostàtica de 3 kW, aquesta escalfa el petit dipòsit d'aigua i fa que es pugui disposar d'aigua molt calenta en dies de núvol.

L'element principal de l'actual instal·lació és, sens dubte, els 8 col·lectors o plaques solars que hi ha al terrat. Cada col·lector està format per una placa absorbent i una carcassa. A continuació s'explicarà de forma més detallada les característiques més tècniques d'aquests dos components per tal de conèixer com són per dintre les actuals plaques solars.

- **Placa absorbent**

- *Material:* Acer refinat i laminat. Es tracta d'una placa sense cap tipus de corrosió interna, amb una absorció de la radiació solar d'un 98 % i una estabilitat òptima enfront les pressions.

- *Pressió de treball:* Màxim 3 bars.

- *Superfície útil:* 1,6 m²

- *Rosada:* Complet de gairebé el 100% de la superfície útil efectiva del absorbidor, amb contacte directe amb el líquid. Hi ha una transmissió molt bona de l'energia del absorbidor al líquid transmissor de calor.

- *Capacitat de líquid:* 4 litres

- *Resistència de l'aigua en circulació:* 2,1 m de columna d'H₂O

- **Carcassa**

- *Material:* Planxes formades per un compost d'alumini o ferro galvanitzades per ambdues bandes

- *Aïllament:* S'empren 40 mm de espuma dura PU (forrat d'alumini) entre placa absorbidora i fons de la carcassa.

- *Dimensions Estàndards:*

Element	Llargada (mm)	Altura (mm)	Profunditat (mm)
Carcassa	2035	780	70
Perfil d'acristal·lat	50	50	20
Dimensions ext. tot	2085	830	90

3.2) Components de l'actual instal·lació

La instal·lació d'energia solar disposa dels components principals següents:

- Col·lector solar TECASOL d'alt rendiment de 2084 x 830 x 90 mm i superfície de captació de 1,6 m² prevista de coberta contra les pedregades (x8)
- Dipòsit acumulador de 800 l per aigua calenta construït amb acer galvanitzat, protegit contra la corrosió amb ànodes de Mg, previst de intercanviador i tubulars per la connexió d'una resistència termostàtica de 3000 W i accessoris de control. Està aïllat amb 50 mm de fibra de vidre (x1)
- Vàlvula comporta de 3/4" (x2)
- Vàlvula de seguretat de 1/2" (x1)
- Vàlvula de retenció de 3/4"
- Vas d'expansió a membrana de 10 l
- Manòmetre i vàlvula de seguretat pel vas d'expansió (x1)
- Purgadors automàtics d'aire amb vàlvula de control incorporada (x5)
- Termòmetres de contacte de 80 mm de diàmetre pel control de la temperatura en el circuit dels col·lectors (x2)
- Termòmetre d'immersió de 100 mm diàmetre amb baina de 3/4" i canya de 150 mm de longitud (x1)
- Dispositiu regulador diferencial de temperatura amb dos sensors (x1)
- Bomba de circulació regulable pel circuit de col·lectors solars (x1)

3.3) Estat actual de la instal·lació

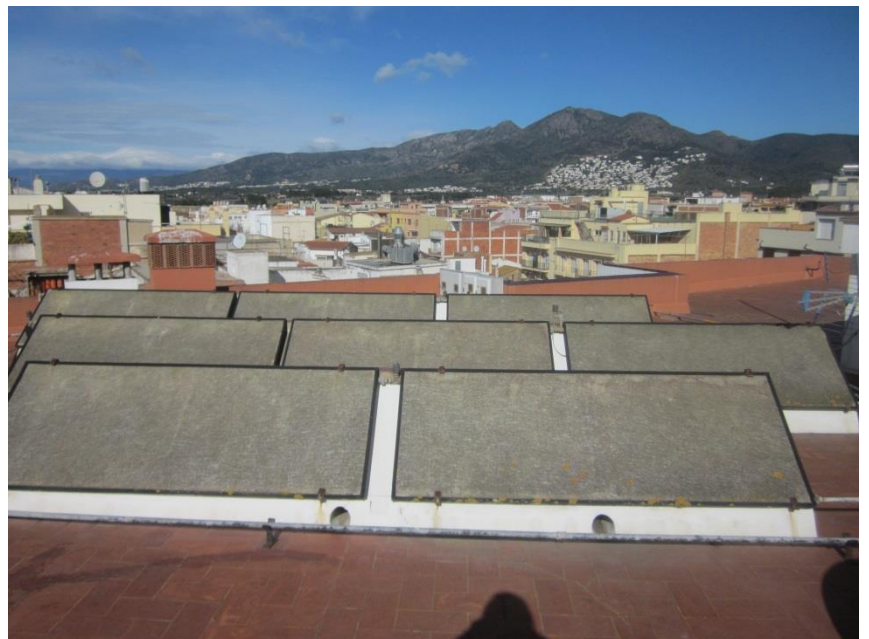
Per tal de conèixer l'estat actual de la instal·lació, s'ha realitzat una primera visita per observar de primera mà com estan els components del sistema de captació d'energia solar.

El **dipòsit acumulador** d'aigua té una fissura a la seva superfície i aquesta provoca que es vagi perdent aigua paulatinament. Com ja s'ha comentat anteriorment aquesta averia va ser la causant que es deixés d'utilitzar la instal·lació, ja que es va desestimar la idea de reparar o de canviar el dipòsit per un de nou. En el seu moment no es va proporcionar cap tipus de pressupost d'un nou dipòsit però és fàcil deduir que, entre l'adquisició d'un de nou i la difícil instal·lació d'aquest (zona difícil d'accedir), el preu seria molt elevat. A la fotografia següent es mostra el dipòsit acumulador actual, parcialment revestit de fibra de vidre i suro.



Imatge 1: Dipòsit acumulador actual

Els **captadors solars**, malgrat no disposar de cap averia i desperfecte important, presenten un clar deteriorament provocat pel pas del temps. Algunes cobertes estan un pel bufada i els elements de subjecció de les plaques solars es troben força rovellats. També cal dir que es tracte de prototips ja obsolets, els quals ja no es troben al mercat. D'aquesta manera és lògic pensar que serà més beneficiós adquirir nous col·lectors més moderns i eficients que intentar reparar tots els desperfectes dels actuals col·lectors. El que sí s'aprofitarà serà l'estructura actual on estan disposats els 8 col·lectors ja que, d'aquesta manera, només s'haurà de canviar les plaques antigues per les noves i es conservarà l'estructura de mà d'obra inicial. En la imatge 2 es pot observar el suport construït inicialment amb els actuals col·lectors adherits.



Imatge 2: Plaques solars actuals

El **sistema de canonades** que transporta l'aigua calenta dels col·lectors al dipòsit acumulador es troba en general en bon estat, tenint en compte el gran nombre d'anys que ha estat sense que es realitzés cap tipus de manteniment. Només s'ha observat el material una mica rovellat en les unions de les canonades amb els col·lectors i, també cal dir, que el sistema de tubs ha perdut quasi totalment l'aïllant que els protegia de la pèrdua de calor. En la imatge següent es pot veure com està de degradada la poca escuma dura de PU que encara envolta alguna canonada. La disposició del circuit conductor d'aigua actual es podria aprofitar i intentar adequar-la als nous col·lectors. En el cas que l'estat de les unions estigui massa deteriorat o que es trobin molt problemes en adherir les antigues canonades amb els nous col·lectors, s'adquirirà un sistema nou de plaques solars + circuit de canonades.



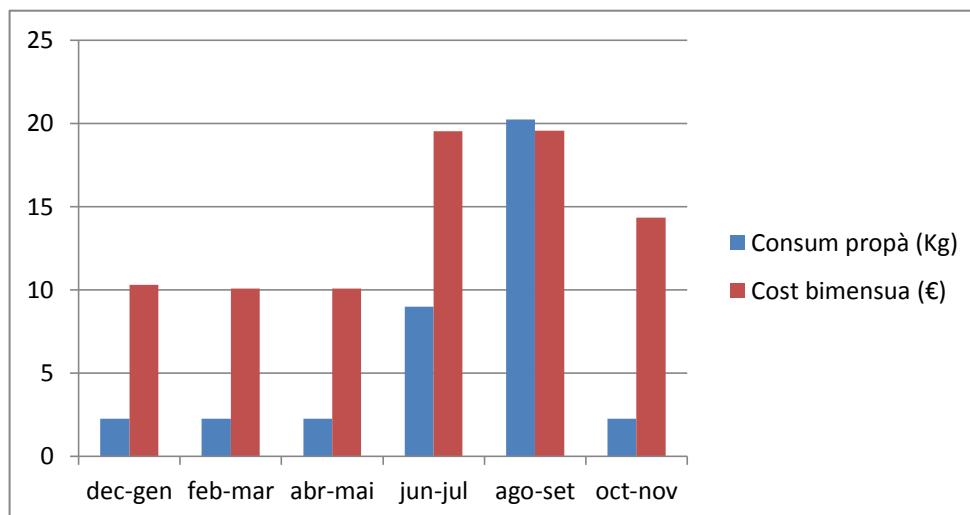
Imatge 3: Estat actual de les canonades

Pel que fa la resta de components de la instal·lació de plaques solars tèrmiques, no s'ha trobat cap defecte greu més enllà del propi deteriorament fruit del pas del temps i d'un escàs manteniment. Tot i no trobar-se en mal estat, s'ha pensat que el més adient seria substituir cada component per un de nou ja que es tracten de models molt antiquats i obsolets. Al adquirir elements més moderns al mercat, ens assegurarem d'evitar possibles averies en el futur i de disposar d'una instal·lació molt més nova i fiable.

Un cop vist com es troba en general la instal·lació i haver estudiat l'estat de cada element d'aquesta, s'ha decidit de conservar únicament l'estructura de mà d'obra que serveix per col·locar les plaques solars. Els suports es troben en molt bon estat i disposen d'una orientació idònia de cara al sol. A més a més, el fet de conservar aquesta estructura implicarà una reducció dels costos totals del projecte en qüestió.

3.4) Consum anual de gas

Actualment l'habitatge consta d'un escalfador d'aigua convencional que funciona amb propà, combustible del que disposa el municipi de Roses. A continuació es mostra una gràfica on s'observa el consum i el cost econòmic del propà bimensual. Es pot observar que el pic de consum es troba en els mesos d'estiu ja que és l'època on la casa està més ocupada i, conseqüentment, quan la demanda d'aigua calenta sanitària és més elevada. Amb les futures plaques solars es buscarà reduir considerablement el consum de propà i, d'aquesta manera, generar un estalvi econòmic i disminuir el consum d'una font d'energia no renovable.



Gràfic 1: Consum i cost bimensual de propà durant el 2016 (Font pròpia)

4) Objectius del projecte

4.1) Objectius del projecte

L'objectiu del projecte és realitzar una instal·lació completament nova de plaques solars tèrmiques per tal d'escalfar aigua sanitària i per a un possible suport a la calefacció de l'habitatge.

- La instal·lació de les plaques es realitzarà sobre els suports de mà d'obra actuals, situats al terrat de l'edifici.
- No es conservarà cap element de l'antiga instal·lació, es realitzarà una íntegrament nova.
- S'intentarà conservar l'estructura de l'antiga instal·lació (no modificar localització dipòsit acumulador, no modificar l'actual disposició dels tubs conductors d'aigua).
- Es mantindrà el sistema d'escalfament d'aigua actual (escalfador de gas propà + dipòsit) per tal de donar suport a la instal·lació en dies de poca radiació solar.

*El sistema de calefacció actual és elèctric. Actualment està molt present la idea de substituir aquest sistema per una calefacció de gas. La realització d'aquesta instal·lació de calefacció no està contemplada dins dels objectius del projecte. D'altra banda sí que es podria donar l'opció d'afegir més panells solars a la nova instal·lació solar, per en un futur utilitzar l'energia solar com a suport de la calefacció de la casa.

4.2) Abast del projecte

L'abast del projecte es limitarà en realitzar la instal·lació de panells solars tèrmics pensant únicament en el pis de sota de l'habitatge. L'actual dúplex es troba en procés de divisió i s'ha demanat de portar a terme únicament una instal·lació que cobreixi les necessitats del quart pis de l'edifici.

- Es calcularan el nombre de col·lectors solars d'acord amb el nombre màxim de persones que poden habitar al quart pis. S'haurà de satisfer les necessitats de vuit persones (persones màximes que poden habitar el pis)
- Es realitzarà un estudi del impacte ambiental del projecte
- Es realitzarà també un estudi sobre la viabilitat econòmica del projecte
- En tot moment es durà a terme un projecte que compleixi totes les normatives vigents d'àmbit autonòmic i estatal
- S'estudiarà de poder afegir més col·lectors i per tant, més energia en forma de calor, per tal de poder utilitzar els panells solars com a suport al sistema de calefacció de l'habitatge.

5) Requeriments legals i funcionals del sistema

5.1) Exigències principals

Les exigències i les normatives que ha de complir la instal·lació es troben al *CTE (Código Técnico de la Edificación)*. Aquest document recopila un conjunt de normatives d'àmbit estatal que regulen la construcció d'edificis a Espanya des de l'any 2006. Aquests requeriments es troben en la fase de projecte, construcció, manteniment y conservació. A més a més de complir les exigències del *CTE*, la instal·lació també haurà de satisfer els requeriments del *RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios)*.

El *CTE* està format per un conjunt de normatives, denominades *Documento Básico*, i la que més interessarà en aquest projecte és la del *Documento Básico de Habitabilidad*. Dintre d'aquest document bàsic es troba la secció d'estalvi energètic (DB HE) que recull totes les normatives que s'han de complir quan s'instal·la un sistema que funciona amb energia solar. En aquest projecte interessarà sobretot el punt 4 del DB HE, que estableix totes les exigències i factors a tenir en compte alhora de posar en marxa una instal·lació que produeixi ACS. A més a més, per altres components de la instal·lació, s'haurà de tenir en compte les exigències en el *Documento Básico de Protección frente al ruido* i *Documento Básico de Salubridad*.

A més a més de les exigències estipulades al *CTE* i al *RITE*, els elements i components principals de la instal·lació hauran de complir amb un conjunt de normes de qualitat i seguretat industrial creades pels *Comités Técnicos de Normalización (CTN)* i la *Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)*. La majoria de legislacions a complir seran les anomenades UNE- EN, que són normes espanyoles que equivalen estàndards europeus.

A continuació es mostren les exigències que s'han considerat més rellevants en el desenvolupament del projecte:

CONTRIBUCIÓ SOLAR MÍNIMA

- La contribució solar mínima haurà de ser d'un 50% o superior. Aquest fet suposa que la nova instal·lació de panells solars haurà de satisfer amb energia solar la meitat o més de la demanda d'energia.

SOBREESCALFAMENT

- El dimensionat de la instal·lació es realitzarà tenint present que, en cap més de l'any, l'energia produïda pel sistema captador + acumulador no podrà superar el 110% de la demanda energètica
- El dimensionat de la instal·lació també es farà pensant que en no més de 3 mesos l'energia produïda pel sistema podrà superar el 100% de la demanda energètica. En el cas que algun més es superi aquest 100% de la demanda, es tindrà present alguna d'aquestes mesures:
 - a) Dotar la instal·lació de mecanismes per dissipar aquest excedent d'energia (a través de la circulació nocturna del fluid pel circuit primari)
 - b) Cobriment parcial dels captadors
 - c) Buidat parcial del líquid que circula pels captadors
 - d) Desviament dels excedents energètics a altres aplicacions existents
 - e) Sistema de buidat i ompliment automàtic del camp de captadors

**Es contempla optar per l'opció a o d*

- La instal·lació ha d'incorporar un sistema d'ompliment manual o automàtic que permeti omplir el circuit i mantenir-lo pressuritzat.

PÈRDUES D'ENERGIA DELS CAPTADORS

- Les pèrdues per orientació, inclinació i per ombres no podran superar els valors estipulats a la següent taula. El total equival a la suma de pèrdues per orientació, inclinació i ombres.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

Taula 1: Percentatge de pèrdues (Font: CTE)

SISTEMES DE MESURA DE L'ENERGIA SUBMINISTRADA

- Les instal·lacions de més de 14 kW hauran de disposar d'un sistema de mesura de l'energia subministrada amb l'objectiu de poder verificar el compliment del programa de gestió energètica i les inspeccions periòdiques d'eficiència energètica.
- El disseny de sistema de comptabilització de l'energia i de control ha de permetre a l'usuari comprovar de forma directa, visual i inequívoca el correcte funcionament de la instal·lació. D'aquesta manera es podrà comprovar fàcilment la producció energètica de la instal·lació.

SISTEMES D'ACUMULACIÓ SOLAR

- El sistema d'acumulació solar s'haurà de dimensionar en funció de l'energia que aporta al llarg del dia, i no només en funció de la potència dels panells solars. D'aquesta manera, s'haurà de preveure una acumulació d'acord amb la demanda.
- Per a la producció d'ACS, el RITE exigeix que la superfície total dels captadors compleixi les condicions següents:

$$1,25 \leq \frac{100 \cdot S}{M} \leq 2$$

On:

M: consum mitjà diari dels mesos d'estiu (l/d)

S: superfície total dels captadors solars (m²)

- Per a la producció d'ACS, el CTE exigeix que es compleixi l'expressió següent:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

On:

V: volum del dipòsit acumulador (l)

A: superfície total dels captadors solars (m²)

- Per als casos on l'intercanviador sigui independent, la potència mínima vindrà donada per la següent expressió:

$$P \geq 500 \cdot A$$

On:

P: potència mínima del intercanviador (W)

A: àrea dels captadors (m²)

- Per als casos on l'intercanviador estigui incorporat al dipòsit acumulador, la relació entre la superfície útil d'intercanvi i la superfície total de captació no haurà de ser inferior a 0,15.

DIMENSIONAT CANONADES

- El cabal del fluid transportador de calor es determinarà d'acord amb les especificacions del fabricant. El cabal ha d'estar comprès entre 1,2 i 2 l/s per cada 100 m² de captadors.
- La velocitat de càlcul ha d'estar compresa entre 0,5 i 2 m/s en canonades metàl·liques.
- El *DB HR Protección contra el Ruido* del CTE limita la velocitat de circulació del fluid a 1 m/s en les canonades de calefacció i radiadors d'habitacles.

BOMBES DE CIRCULACIÓ

- Quan les connexions dels captadors siguin en paral·lel, el cabal nominal serà igual al cabal de disseny multiplicat per la superfície total de captadors en paral·lel.
- Les pèrdues de càrrega lineal han de tenir un valor admissible comprès entre els 10 i els 40 mm c.a. per metre lineal de canonada
- El valor de pèrdues totals de càrrega (lineals + singulars) ha de ser inferior a 7 m c.a.
- La potència elèctrica màxima per a la bomba no hauria d'excedir els valors de la taula següent:

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistema pequeño	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

Taula 2: Potència màxima admissible segons el tipus de sistema (Font: CTE)

5.2) Legislació:

En aquesta secció es mostraran les exigències, documents i normatives que s'han consultat més durant l'execució del projecte.

* Només s'han posat els documents que més s'han consultat i les normatives que s'han cregut més remarcables. Aquest fet no vol dir que no s'hagin consultat moltes més normatives i documentació.

Código Técnico de la Edificación (CTE)

- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HE - Ahorro de energía. *Ministerio de Fomento, 2013.*
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR - Protección frente al ruido. *Ministerio de Fomento, 2009.*
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS - Salubridad. *Ministerio de Fomento, 2009.*

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Instrucción Técnica Complementaria. ITE 10 Instalaciones Específicas. Real Decreto 1027/2007, del 9 de septiembre de 2013. *Ministerio de Industria, Energía y Turismo.*
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Instrucción Técnica Complementaria. ITE 03 Cálculo. Real Decreto 1027/2007, del 9 de septiembre de 2013. *Ministerio de Industria, Energía y Turismo.*

Normas UNE (Una Norma Española)

- Norma UNE EN 1057. Cobre y aleaciones de cobre, Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción, 2010.
- Norma UNE EN 12976. Instalaciones térmicas solares y sus componentes (unidades previamente montadas), 2006.
- Norma UNE ENV 12977. Instalaciones térmicas solares y sus componentes (dispositivos personalizados), 2002.

- Norma UNE EN 12975-2. Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo. 2002

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2009.*

6) Càlcul i dimensionat de la instal·lació

6.1) Càlcul del consum diari d'aigua calenta sanitària

Un dels càlculs més importants alhora de fer el dimensionat de la instal·lació de panells solars és el consum diari i anual d'aigua sanitària. S'haurà de tenir en compte que es tracta d'un pis d'estiueig on la major part de l'aigua es consumirà en aquests mesos. Per tant, s'haurà de fer una estimació del consum de litres d'ACS d'acord amb els pics que tenim a l'estiu, on el nombre de persones que habiten la casa serà el màxim (8 persones) i d'acord amb la disminució notable del consum els altres mesos del any, sobre tot a l'hivern. L'habitable consta de 5 habitacions, 4 banys, 1 cuina i un safareig.

Per tal de calcular la demanda d'ACS es prendrà una temperatura final del acumulador de 60°C i s'utilitzaran en els càlculs de la demanda les estimacions que el CTE dona a les taules següents:

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Taula 3: Consum diari d'aigua sanitària segons el tipus d'habitable (Font: CTE)

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Taula 4: Nombre personas en funció del nombre d'habitacions (Font: CTE)

Càlcul de la demanda diària d'aigua sanitària:

n: Nombre de persones

q: Consum de litres d'aigua sanitària a 60°C per persona

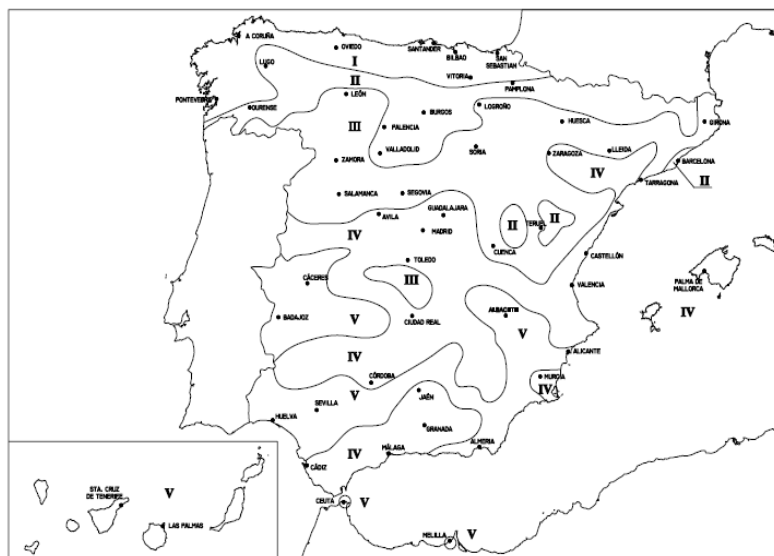
Q: Consum diari d'aigua sanitària

* En aquesta estimació pels mesos de més consum d'aigua es prendran el nombre màxim de persones que poden estar habitant la casa, en funció del nombre d'habitacions

$$Q_d = n \times q = 7 \times 30 = 210 \text{ l/dia}$$

6.2) Zona climàtica

Un aspecte molt important a tenir en compte és la zona climàtica on es troba situat l'habitatge i conèixer una estimació de la radiació solar anual que rep la zona on es troba situat. D'aquesta manera es podrà conèixer la contribució solar mínima que ha de tenir la instal·lació, concepte que s'explicarà en el següent punt.



Il·lustració 1: Mapa de les diferents zones climàtiques presents al territori espanyol (Font: CTE)

Zona climàtica	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

Taula 5: Valors de la radiació global segons la zona climàtica (Font: CTE)

L'habitable es troba al municipi de Roses i amb l'ajuda del mapa s'observa que la zona climàtica on es col·locaran els captadors solars equival a la zona III. S'ha de dir que els valors de radiació solar global s'han calculat sobre una superfície plana horitzontal i, amb una superfície inclinada, variaran notablement.

6.3) Càlcul de la contribució solar mínima

La contribució solar mínima anual és la fracció entre els valors anuals de l'energia solar aportada exigida i la demanda energètica anual d'aigua sanitària, obtinguts a partir dels valors mensuals.

El "Código Técnico para la Edificación" proporciona una taula que, per a cada zona climàtica i diferents quantitats de demanda d'aigua calenta sanitària (temperatura de referència de 60°C), s'estableix una contribució solar mínima anual exigida per fer front a les quantitats d'ACS demandades.

- i) Cas general: Quan la font energètica de recolzament es tracta de gasoli, gas natural, propà, etc.
- ii) Efecte Joule: Quan la font energètica de recolzament és electricitat i escalfa una resistència per l'Efecte Joule.

Demanda total de ACS del edifici (l/d)	Zona climàtica				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70

Taula 6: Contribució solar mínima en %. Cas general (Font: CTE)

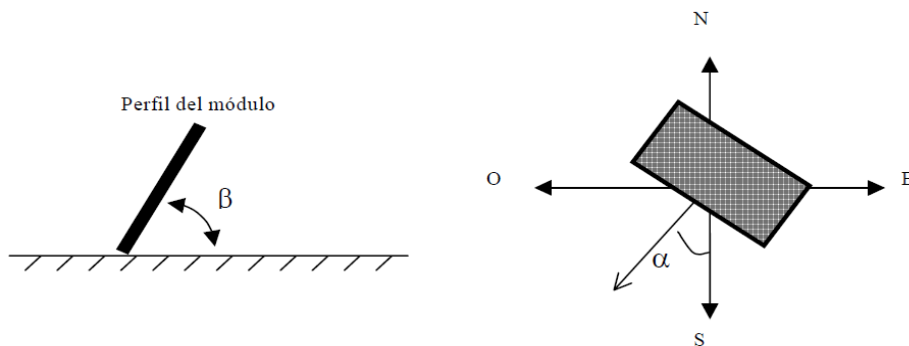
A la taula anterior s'observa clarament que la contribució solar mínima exigida a la futura instal·lació solar és d'un 50 %, ja que es disposa d'un consum menor a 5000 l/d i la es troba a la zona climàtica III. D'aquesta manera el sistema de panells solars que s'instal·larà haurà de proporcionar **com a mínim la meitat** de l'energia demandada pels habitants de la casa. S'han triat les dades del cas general ja que es farà servir una escalfador convencional de propà com a font d'energia auxiliar.

6.4) Càlcul de les pèrdues d'energia

6.4.1) Pèrdues degudes a la inclinació i orientació de les plaques

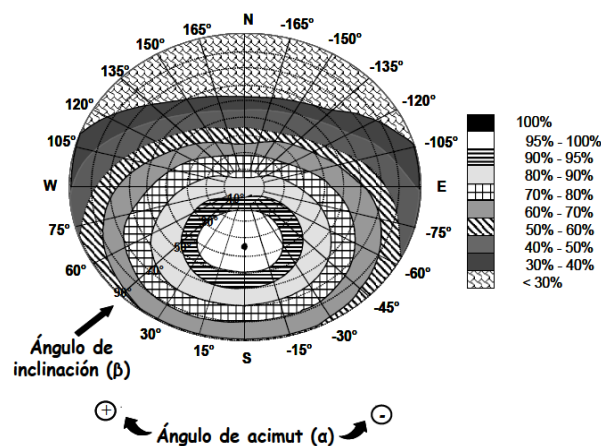
L'objectiu d'aquest apartat es quantificar les pèrdues que es produiran en la nova instal·lació degut a la inclinació i orientació dels panells solars i també les provocades per alguna ombra. Dues variables molt importants a tenir en compte per tal de calcular les pèrdues són:

- i) **Angle d'inclinació (β):** Es defineix com l'angle que forma la superfície dels captadors solars amb el pla horitzontal.
- ii) **Angle d'acimut (α):** Es defineix com l'angle entre la projecció sobre el pla horitzontal de la normal a la superfície i el meridià de l'emplaçament. Valors típics són de 0° per mòduls orientats al sud, -90° per mòduls orientats a l'est i 90° per mòduls orientats a l'oest.



Il·lustració 2: Angles d'inclinació i orientació dels captadors

Un cop definides les variables i coneixent que, la inclinació de les plaques és de 50° i l'angle d'acimut és de 0° (plaques orientades al sud), es determinaran les pèrdues totals degudes a la inclinació i l'orientació. El document bàsic d'estalvi de l'energia del CTE ens proporciona la següent gràfica i fórmula:



Gràfic 2: Percentatge d'energia respecte al màxim degut a les pèrdues per inclinació i orientació (Font: CTE)

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \cdot (1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2) = 0,77 \%$$

6.4.2) Pèrdues degudes a les ombres

Per tal de realitzar el càlcul de la fracció d'energia perduda causada per alguna ombra sobre els col·lectors, s'ha d'estudiar dos possibles situacions:

i) **Ombra causada per algun element pròxim a la instal·lació**

El terrat on es realitza la instal·lació és troba a un altura òptima ja que els dos edificis que té al costat tenen el terrat una mica per sota. Aquest fet fa que els panells solars no es vegin afectats per cap ombra produïda per algun element de les construccions veïnes. A més a més, també cal dir que el suport dels col·lectors es troba més elevat que les voreres del terrat, de manera que no rep cap ombra provocada per les pròpies parets del terrat.

ii) **Ombra causada pels propis col·lectors**

En el cas que la instal·lació necessités de més d'un captador per tal fer front a la demanda energètica, s'hauria de tenir en compte que les plaques solars no es fessin ombra entre elles. És per aquesta raó que s'estudia quina és la distància mínima que hi ha d'haver entre col·lectors. Segons la *Instrucción Técnica Complementaria del RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios)*, la separació entre els panells solars ha de ser igual o superior al de l'expressió següent:

$$d = k \cdot h$$

On:

d= distància entre col·lector

h= altura del col·lector

k=coeficient que es troba ala següent taula, que depèn de l'angle d'inclinació dels col·lectors

Inclinación (°)	20	25	30	35	40	45	50	55
Coefficiente k	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,97	1,992

Taula 7: Valors del coeficient k per a diferents inclinacions (Font: RITE)

*Aquesta distància mínima es calcularà més endavant, quan ja s'hagi dimensionat la instal·lació

6.5) Mètode F-Chart pel dimensionat dels captadors solars

Per al dimensionament de les instal·lacions de captadors solars s'utilitzarà el mètode de les corbes f (F-Chart), que permeten realitzar el càlcul de la cobertura d'un sistema solar. Per cobertura solar entenem l'aportació de calor necessari per cobrir la demanda energètica i el seu rendiment mitjà en un llarg període de temps.

En aquest mètode de càlcul s'empraran dades mensuals mitjanes meteorològiques i es perfectament vàlid per determinar el factor de cobertura solar en tot tipus d'instal·lacions solars que utilitzin captadors solars plans.

Per tal de realitzar aquest càlcul s'utilitzarà la següent fórmula i es duran a terme els següents passos:

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

- 1- Càlcul de la demanda energètica
- 2- Valoració de la radiació solar incident sobre els captadors solars
- 3- Càlcul del paràmetre D_1
- 4- Càlcul del paràmetre D_2
- 5- Determinació de la gràfica f
- 6- Valoració de la cobertura solar anual

6.5.1) Càlcul de la demanda energètica

El càlcul de la demanda energètica variarà segons el mes en què ens trobem i es calcula amb la fórmula següent:

$$DE = Q_d \cdot N \cdot (T_{ac} - T_x) \cdot \rho \cdot C_e$$

On:

DE : Demanda energètica mensual (J/mes)

Q_d : Consum diària d'aigua calenta sanitària (l/dia)

N : Nombre de dies al mes

T_{AC} : Temperatura de l'aigua calenta al acumulador (60 °C)

T_x : Temperatura de l'aigua de la xarxa (°C)

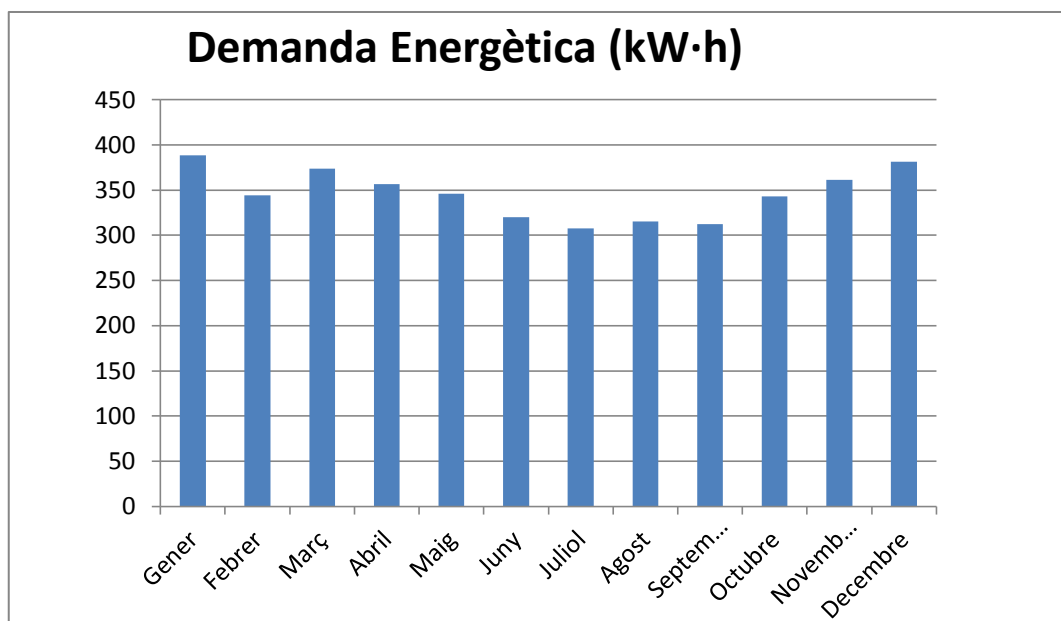
ρ : Densitat de l'aigua (1 kg/l)

C_e : Calor específic de l'aigua (4186 J/kg·°C)

Amb les dades mitjanes mensuals de la temperatura de l'aigua de la xarxa que ens facilita el *CTE*, es calcula la demanda energètica per a cada mes.

* Les dades de la temperatura de la xarxa proporcionades pel *CTE* equivalen a les de la ciutat de Girona. A l'annex es pot consultar com s'ha realitzat el càlcul de les temperatures de Roses, a les quals se'ls hi aplicat un factor corrector.

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
Txarxa (°C)	8,64	9,64	10,64	11,32	14,32	16,32	19,32	18,32	17,32	14,64	10,64	9,64
Tac (°C)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60



Gràfic 3: Demanda energètica al llarg de l'any

Amb les dades mensuals de la demanda energètica es pot calcular l'anyal, realitzant un simple sumatori per mes:

$$\sum_1^{12} DE_i = DE_1 + DE_2 + \dots + DE_{12} = 4151,397 \text{ kW}\cdot\text{h/any}$$

6.5.2) Irradiació solar anual

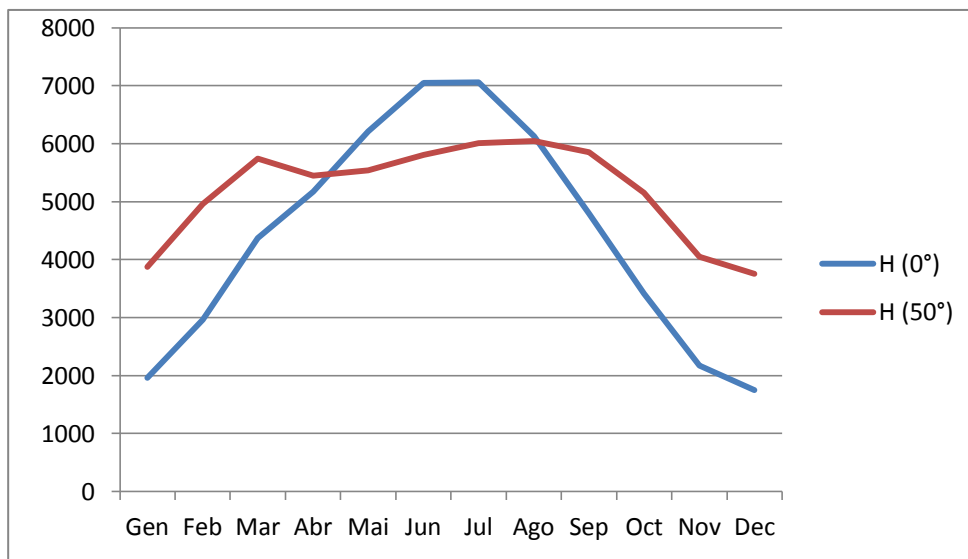
Un aspecte molt rellevant a tenir present alhora de dimensionar els captadors solars és la quantitat de radiació solar que incidirà sobre aquests. Aquesta quantitat d'energia que arriba als captadors provinent del sol, es coneix com irradiació solar i es defineix com la potència incident per unitat de superfície de tota radiació electromagnètica.

A més a més de la **superfície** dels captadors, unes de les variables més importants a tenir en compte respecte la quantitat d'energia solar que un captador pot rebre, són l'**orientació** i la **inclinació**. Aquests dos factors depenen molt de la situació geogràfica de la casa i de com està muntada l'estructura de suport de les plaques ja que, segons la seva disposició a l'espai, la quantitat d'irradiació solar captada pot variar moltíssim.

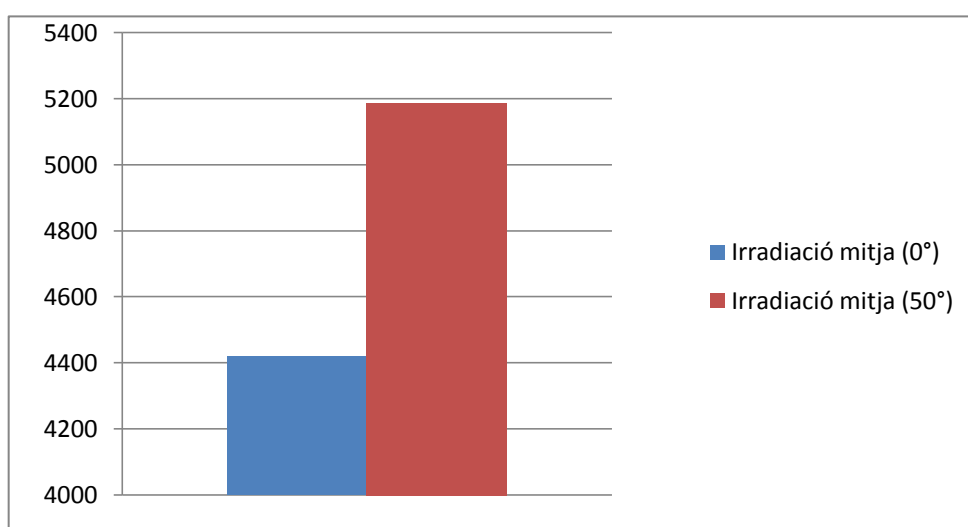
A continuació es mostraran dades de la irradiació solar mensual i anual al municipi de Roses facilitades gràcies al *Joint Research Center* del *Institut for Energy and Transport* de la Comissió Europea. Per tal de proporcionar les dades sobre la irradiació solar era necessari conèixer les següents dades:

- Latitud captador solar: 42°15'49" Nord
- Longitud captador solar: 3°10'28" Est
- Inclinació captador solar: 50°
- Orientació: Sud (ja que ens trobem a l'hemisferi nord)

Pel que fa a la inclinació dels captadors, s'ha triat 50° ja que és la inclinació de l'estructura de mà d'obra actual, que s'ha decidit conservar i que servirà per subjectar els panells solars. Amb tota la informació anterior i sabent que els captadors solars estan orientats al sud, s'han obtingut les dades d'irradiació solar següents:



Gràfic 4: Irradiacions mensuals sup. horitzontal i inclinada (W·h)



Gràfic 5: Irradiacions mitjanes sup. horitzontal i inclinada (W·h)

Tot i que la superfície horitzontal disposa de pics més elevats d'irradiació solar als mesos d'estiu, la mitja d'irradiació solar de la superfície inclinada és clarament superior a l'horitzontal. Aquestes dades reforcen l'opció de conservar l'estructura de suport actual i, per tant, de mantenir la inclinació de 50° dels captadors solars.

6.5.3) Càlcul del paràmetre adimensional D1 i D2

El paràmetre D1 expressa la relació entre l'energia absorbida pel captador solar i carga calorífica total d'escalfament durant un mes.

$$D_1 = \text{Energia absorbida pel captador} / \text{Carga calòrica mensual}$$

L'energia absorbida pel captador solar ve donada per la següent expressió:

$$E_a = S_c \cdot F_r'(\tau\alpha) \cdot R_I \cdot N$$

On:

S_c : Superfície del captador (m^2)

R_I : Radiació diària mitja mensual incident sobre la superfície de captació per unitat d'àrea (KJ/m^2)

N : Nombre de dies del mes

$F_r'(\tau\alpha)$: Factor adimensional, que ve donat per la següent formula:

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n \cdot \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot \left(\frac{F_r'}{F_r} \right)$$

On:

$F_r(\tau\alpha)_n$: Factor d'eficiència òptica del captador, és a dir, ordenada en el origen de la corba característica del captador.

$[(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n]$: Modificador de l'angle d'incidència. En general es pot prendre com a constant. (0,96 per superfície transparent senzilla o 0,94 per superfície transparent doble.

(F_r'/F_r) : Factor de correcció del conjunt captador-intercanviador. Es recomana prendre el valor de 0,95

El paràmetre adimensional D_2 expressa la relació entre les perdudes d'energia del captador i la demanda energètica durant un mes, per a una determinada temperatura.

D_2 = Energia perduda pel captador/Carga calòrica mensual

L'energia perduda pel captador ve donada per la següent fórmula:

$$E_p = S_c \cdot F_r' U_L \cdot (100 - T_a) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2$$

On:

S_c : Superfície del captador (m^2)

$F_r' U_L = F_r U_L \cdot (F_r'/F_r)$

On:

$F_r U_L$: Pendent de la corba característica del captador (coeficient de pèrdues del captador)

T_a : Temperatura mitjana mensual de l'ambient

Δt : Període de temps considerat (s)

K_1 : Factor de correcció per emmagatzematge que s'obté a partir de la següent expressió:

$$K_1 = \left[\frac{Kg \text{ acumulació}}{75 \cdot S_c} \right]^{-0,25}$$
$$37,5 < \frac{Kg \text{ acumulació}}{m^2 \text{ captador}} < 300$$

K_2 : Factor de correcció que relaciona la temperatura mínima d'ACS, la de l'aigua de la xarxa i la mitjana mensual de l'ambient, donat per la següent expressió:

$$K_2 = \frac{11,6 + 1,18 \cdot T_{ac} + 3,86 \cdot T_x - 2,32 \cdot T_a}{100 - T_a}$$

On:

T_{ac} : Temperatura de l'acumulador (60°C)

T_x : Temperatura de la xarxa

T_a : Temperatura mitjana de l'ambient

Un cop obtinguts els paràmetres D_1 i D_2 , utilitzant la fórmula que s'ha descrit a l'inici d'aquest apartat, es calcularà la fracció f de l'energia aportada cada mes per la instal·lació de captadors solars. Per tant, la cobertura solar anual es podrà calcular com la fracció entre l'energia útil aportada pel sistema de captació solar durant l'any entre la suma de la demanda energètica.

$$Cobertura \text{ anual} = \sum_{i=1}^{12} \frac{Q_{Si}}{Q_{ai}}$$

On:

$Q_s = Q_a \cdot f$: Energia en forma de calor aportada pel sistema de captació solar

Q_a : Carga calòrica mensual (equival a la demanda energètica mensual)

6.5.4) Càlcul de les corbes *f-chart*: elecció del captador solar.

Un cop es coneixen els procediments per calcular el factor de cobertura solar que pot donar un sistema de captadors, s'haurà de realitzar una cerca exhaustiva al mercat i trobar un model que compleixi amb totes les restriccions i exigències demandades pel *CTE* i el *RITE*. A més a més, haurà de proporcionar un factor de cobertura solar òptim capaç d'igualar i superar el valor de la contribució solar mínima estipulada. A les següents taules es mostren deu models de plaques solars de diferents proveïdors amb les característiques més remarcables:

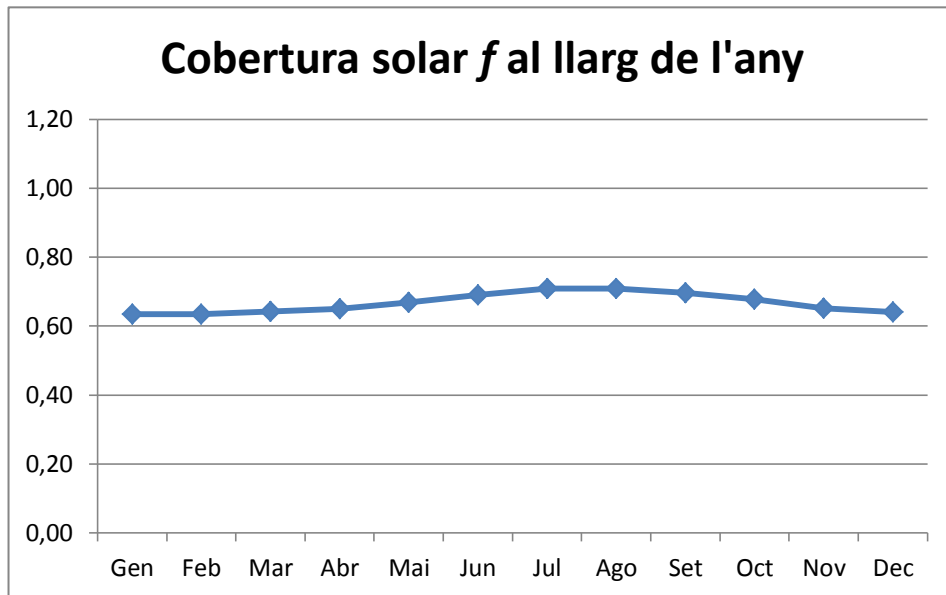
MARCA	MODEL	η òptic	Coef Pèrdues (W/m ² ·k)	nº captadors	Sup. útil (m ²)	Restricció RITE	f mitjà
Fagor	SOLARIA 2.1 AL S8	0,7296	2,51	2	1,77	1,685	0,568
Fagor	SOLARIA 2.4 AL S8	0,7296	2,51	2	2,14	2,038	0,65
Sonnenkraft	SK400N-AL	0,779	3,914	2	1,77	1,685	0,545
Sonnenkraft	IDMK25-AL	0,776	3,293	2	2,28	2,17	0,663
Sonnenkraft	SKR500	0,82	3,821	2	2,3	2,19	0,695
Sonnenkraft	SCE202-M	0,755	3,745	2	1,85	1,762	0,562
Sonnenkraft	GK5-HP	0,809	2,858	1	4,63	2,204	0,731
Buderus (Bosch)	Logasol SKS 4.0 W	0,851	4,036	2	2,1	2	0,665
9REN GAMELUX	GAMELUX N	0,773	3,1	2	2,1	2	0,655
Termicol	T8S	0,791	3,61	2	1,9	1,81	0,555

Taula 8: Característiques de diferents captadors solars

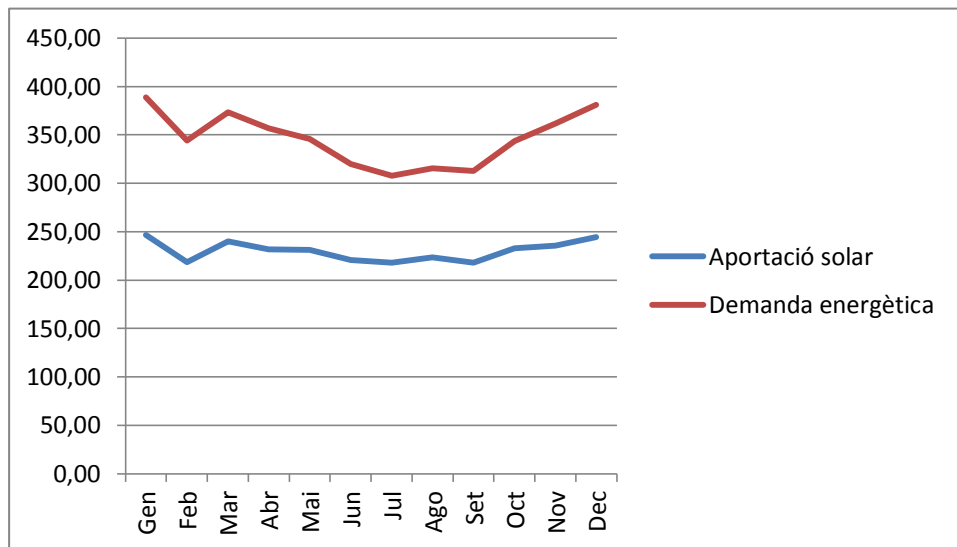
L'elecció del captador no ha estat gens fàcil, ja que, la majoria de models a la taula disposen d'uns factors de rendiment i pèrdues molt òptims. Al haver de fer front a un consum mitjà diari d'aigua sanitària força elevat, realitzant els càlculs s'ha constatat que un captador no serà suficient per igualar o superar la contribució solar mínima exigida. Aquest fet ha suposat que s'hagi de desestimar tots els panells solars que no compleixin la restricció del *RITE* ($1,25 \leq (100 \cdot S) / M \leq 2$). No s'ha pogut escollir per tant ni el captador SKR500 ni el model GK5-HP tot i presentar els factors de cobertura solar més elevats.

Els captadors solars que compleixen la restricció i que presenten major factor de cobertura són el model de la casa *Boderus* i el del fabricant *GAMELUX*. Aquests són els candidats més ben posicionats ja que tenen una dimensió que s'ajusta molt a l'actual estructura de suport, compleixen totes les exigències i aporten una quantitat d'energia superior a l'exigida.

Finalment s'ha optat per triar el captador solar de la marca **Boderus**, que disposa d'un rendiment òptic i una factor de cobertura solar mitjà anual més elevat que el de l'altre proveïdor. A continuació es mostra l'evolució de la cobertura solar durant l'any amb el captador triat i la l'energia aportada pel captador enfront la demanda energètica:



Gràfic 6: Cobertura solar anual (model: Logasol SKS 4.0)



Gràfic 7: Aportació solar vs Demanda energètica (KW·h)

El fet de no poder triar el captador amb més cobertura solar provocarà que la diferència entre l'energia demandada i l'aportada augmenti. Aquest aspecte no preocupa ja que tots els càlculs s'han realitzat amb un consum diari d'ACS pensat pels mesos de més consum i amb el nombre màxim possible de persones habitant la llar. El consum anual serà variable i inferior al calculat durant els mesos de primavera i hivern, cosa que provocarà que el percentatge de la cobertura anual pugi considerablement (s'ha demostrat que el consum real d'ACS és força menor al estipulat pel CTE).

Finalment seria interessant dir que la cobertura solar mai sobrepassarà el 100% de la demanda energètica. Aquest fet provocarà que es puguin evitar un seguit de mesures, mencionades al punt 4.1, per tal d'evacuar l'energia sobrant.

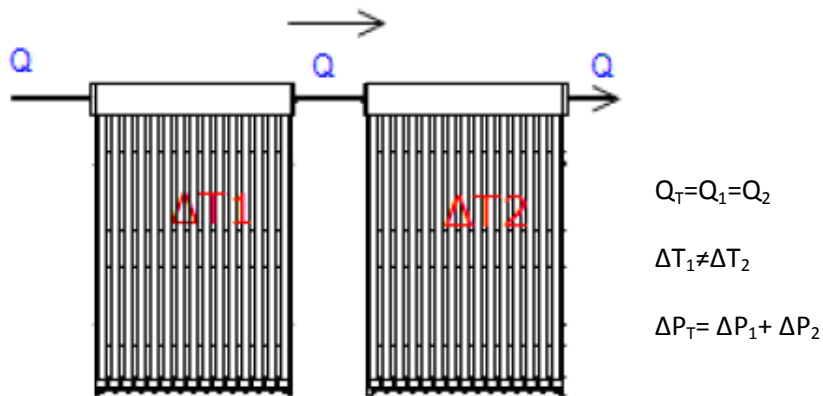
6.6) Connexió dels captadors solars

A l'hora de definir i muntar els dos captadors dimensionats, s'ha de tenir en compte que aquests es poden agrupar de diverses maneres:

Connexió en sèrie:

En aquesta tipologia d'unió, la sortida del primer captador es connecta directament amb l'entrada del següent, i així successivament. La temperatura del fluid d'entrada a cada captador és superior a la del captador anterior, i aquest fet provoca que a la sortida del conjunt de captadors es poden obtenir temperatures més elevades que amb un altre tipus de connexió.

D'altra banda, un inconvenient d'aquest tipus d'unió és que el rendiment dels captadors va disminuint proporcionalment amb l'augment de la temperatura de treball. És per aquesta raó que aquestes connexions només s'utilitzen en instal·lacions molt particulars, amb un màxim de 6 a 10 m² de captadors solars connectats en sèrie, segons la zona climàtica.

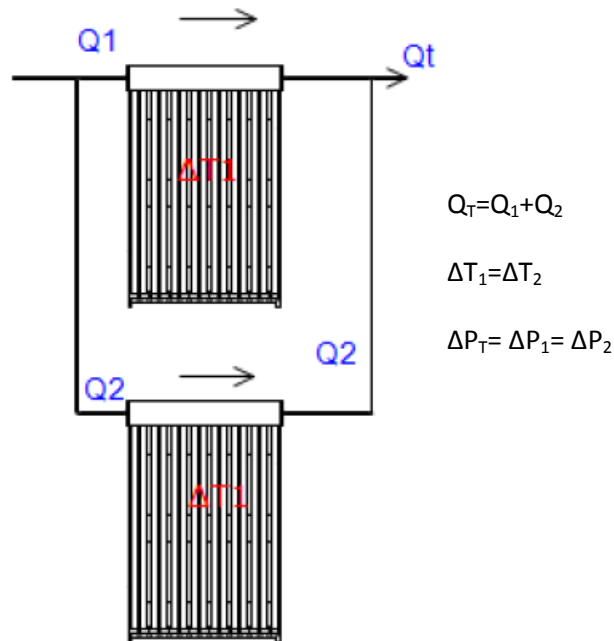


Il·lustració 3: Connexió en sèrie

Connexió en paral·lel:

En la connexió en paral·lel, tant la sortida com l'entrada dels captadors estan connectats a punts d'entrada i sortida comuns a la resta de captadors. La temperatura de fluid d'entrada i sortida és la mateixa en tots els captadors, de manera que a la sortida del conjunt de captadors s'obté una temperatura com si s'hagués treballat amb el salt tèrmic d'un sol captador.

Amb aquest tipus d'unió, tots els panells solars treballen en el mateix punt a la corba de rendiment, és a dir, no hi ha un descens del rendiment en cap col·lector. També s'hauria de comentar que es tracta de la connexió més habitual en instal·lacions solars tèrmiques de baixa temperatura.



Il·lustració 4: Connexió en paral·lel

Finalment s'optarà per realitzar una connexió en **paral·lel** ja que és la que més s'ajusta a les característiques de la instal·lació que es realitzarà i la recomanada pel ITE 10.1.3 del RITE.

6.7) Dimensionat del sistema d'acumulació

El sistema d'acumulació s'ha dimensionat d'acord amb el consum mitjà diari d'ACS calculat en els apartats anteriors i d'acord amb totes les exigències i restriccions estipulades al CTE i al RITE. És important comentar també que el dipòsit acumulador escollit engloba les funcions d'acumulació d'ACS i intercanvi d'energia. D'aquesta manera a dins del acumulador es troben els circuits primaris i secundaris, on s'intercanvia la calor del fluid aportador de calor a l'aigua de consum i el dipòsit d'acumulació, on l'aigua calenta queda emmagatzemada.

El dimensionat del dipòsit és un aspecte molt important i tindrà un gran efecte en el funcionament de la instal·lació solar. L'acumulació d'aigua permet reduir la temperatura mitjana de funcionament dels captadors solars, fet que produeix un augment de la producció energètica de la instal·lació, ja que com més elevada és la temperatura de treball més baix és el rendiment. D'altra banda, si el volum d'acumulació és massa gran, la temperatura de l'aigua sanitària emmagatzemada es redueix.

D'acord amb les necessitats de l'habitable i dels captadors solars s'ha optat per triar el model de dipòsit següent.

MARCA	MODEL	P max (kw)	Volum (l)	Sup. Intercanvi (m ²)	Pes (kg)	Pèrdues (kWh/d)
Junkers	S-ZB	25,8	295	0,92	97	2,1

S'ha intentat trobar al mercat un model d'acumulador de la mateixa casa que el captador solar, però finalment s'ha optat per l'anterior ja que el preu era bastant inferior i les característiques eren força semblants.

Tenint sempre present la exigències actuals establides pel *CTE* i el *RITE*, el dipòsit escollit compleix:

- La restricció $50 < \frac{V}{A} < 180$, imposada pel *CTE*, on el valor del quocient és de 71,43.
- L'exigència estipulada al *CTE* que fa referència a la relació entre la superfície d'intercanvi de calor i la superfície total. El quocient és de 0,22 i, per tant, compleix la restricció.

6.8) Dimensionat de les canonades

6.8.1) Material canonades

Les canonades que s'adquiriran al mercat seran de **coure** ja que es tracta del material més comú, econòmic i eficaç que hi ha actualment al mercat. Es tracta d'un material que disposa d'un coeficient de dilatació baix, aspecte que evita que les canonades es puguin dilatar al transportar fluid a alta temperatura.

5.8.2) Càlcul del cabal, diàmetre mínim i màxim de les canonades

Coneixent el cabal recomanat pel fabricant del model triat de captador (de 50 l/h·m²) i tenint present que l'àrea total dels captadors solars és de 4,2 m², es pot calcular el cabal total de la següent manera:

$$Q = 50 \frac{l}{h \cdot m^2} \cdot 4,2 m^2 = 210 \frac{l}{h} = 0,058 \frac{l}{s}$$

Un cop es coneix el cabal que circula per les canonades i, coneixent la velocitat màxima i mínima de càlcul, es pot calcular el diàmetre mínim i màxim que podem instal·lar de canonades:

* La velocitat de càlcul està estipulada al *Documento Básico de Salubridad* , secció N HS-4

$$D_{min} = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot v_{max}}} = \sqrt{\frac{0,058 \cdot 4}{\pi \cdot 2}} = 6,076 \times 10^{-3} m = 6,076 mm$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot v_{min}}} = \sqrt{\frac{0,058 \cdot 4}{\frac{1000}{\pi \cdot 0,5}}} = 0,0121 \text{ m} = 12,153 \text{ mm}$$

Espesor de paret nominal en mm Diàmetre exterior nominal en mm	Diàmetre interior en mm											
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
6		4,8		4,4		4						
8		6,8		6,4		6						
10		8,8	8,6	8,4		8						
12		10,8	10,6	10,4		10						
14				12,4		12						

Taula 9: Tubs sense soldar per a aigua i gas en aplicacions sanitàries i de calefacció (Font: CEDIC)

Finalment, per tal de complir amb l'exigència de sorolls que estipula el CTE en un dels seus documents, es triarà una velocitat de circulació d'1 m/s. Amb aquesta velocitat s'obté un diàmetre interior de canonada de 8,593 mm. Aquest diàmetre es troba dintre l'interval calculat i, amb l'ajuda de la taula, s'acaba decidint les mesures definitives següents:

- Diàmetre interior: **8,6 mm**
- Diàmetre exterior nominal: **10 mm**
- Espessor de paret nominal: **1 mm**

* Més endavant es podrà observar una modificació justificada del diàmetre interior i de la velocitat de circulació

6.8.3) Aïllament tèrmic canonades

Un bon aïllament de les canonades és fonamental ja que, disposant d'un bon material, es pot evitar una gran perduda de calor a l'exterior en el procés de transport del fluid dels col·lectors al dipòsit acumulador.

L'aïllament de les canonades es durà a terme amb **escuma elastòmera**, fabricada a base cautxú sintètic flexible. Es tracta d'un producte mal·leable i les seves característiques tècniques asseguren un eficient aïllament tèrmic (coeficient de conducció molt baix, 0,036 W/m·k). L'aïllant escollit està fabricat per la casa *Armacell* i, el seu recobriment de color negre, li proporciona una molt bona resistència mecànica i evita que es degradi amb l'acció del sol o altres condicions atmosfèriques.

En funció de la temperatura de treball del fluid, de la instal·lació i del diàmetre de les canonades es realitzarà l'elecció del espessor d'aïllament. A la taula següent es mostren els valors d'espessors facilitats pel *RITE*:

Diàmetre exterior (mm)	Temperatura màxima del fluid (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

Taula 10: Valors d'espessors en funció del diàmetre i la temperatura del fluid (Font: *RITE*)

6.9) Elecció del fluid aportador de calor

El fluid aportador de calor normalment sol ser una barreja d'aigua i anticongelant, que permet protegir a les canonades de possibles glaçades i de la corrosió. El model de captador solar escollit treballa amb una barreja de **glicol** i **aigua**, amb uns percentatges de 55% i 45% respectivament.

El percentatge d'anticongelant a la mescla depèn de fins a quina temperatura es podria congelar l'anticongelant i, el *CTE*, estipula que ha de ser 5 graus inferior a la temperatura mínima enregistrada a la zona. S'ha comprovat que la ponderació actual de la mescla de fluid aportador de calor compleix aquesta exigència ja que tenim un gran percentatge d'anticongelant i les temperatures a Roses mai tenen valors molt negatius.

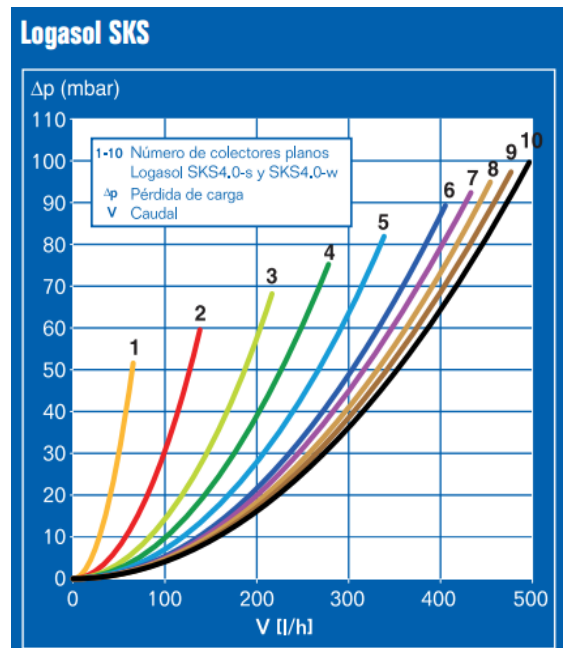
Finalment caldria dir que el fet de disposar d'aquesta mescla específica, recomanada pel fabricant, té les seves avantatges i els seus inconvenients. La barreja glicol + aigua tindrà una temperatura d'ebullició més baixa i absorbirà més energia però, al ser un fluid més viscos, li costarà més avançar per les canonades i les pèrdues de càrrega augmentaran.

6.10) Dimensionat de la bomba hidràulica

Per tal de dimensionar la bomba hidràulica s'haurà de realitzar un càlcul aproximat de les pèrdues càrrega als col·lectors, a les canonades, electrovàlvules i acumulador.

6.10.1) Pèrdues de càrrega als col·lectors

Per tal de calcular les pèrdues de càrrega als col·lectors s'ha donat un cop d'ull a la fitxa tècnica del fabricant per tal de conèixer la corba de pèrdues en funció del cabal i del nombre de panells solars.



Gràfic 8: Pèrdues de pressió captador (model Logasol SKS)

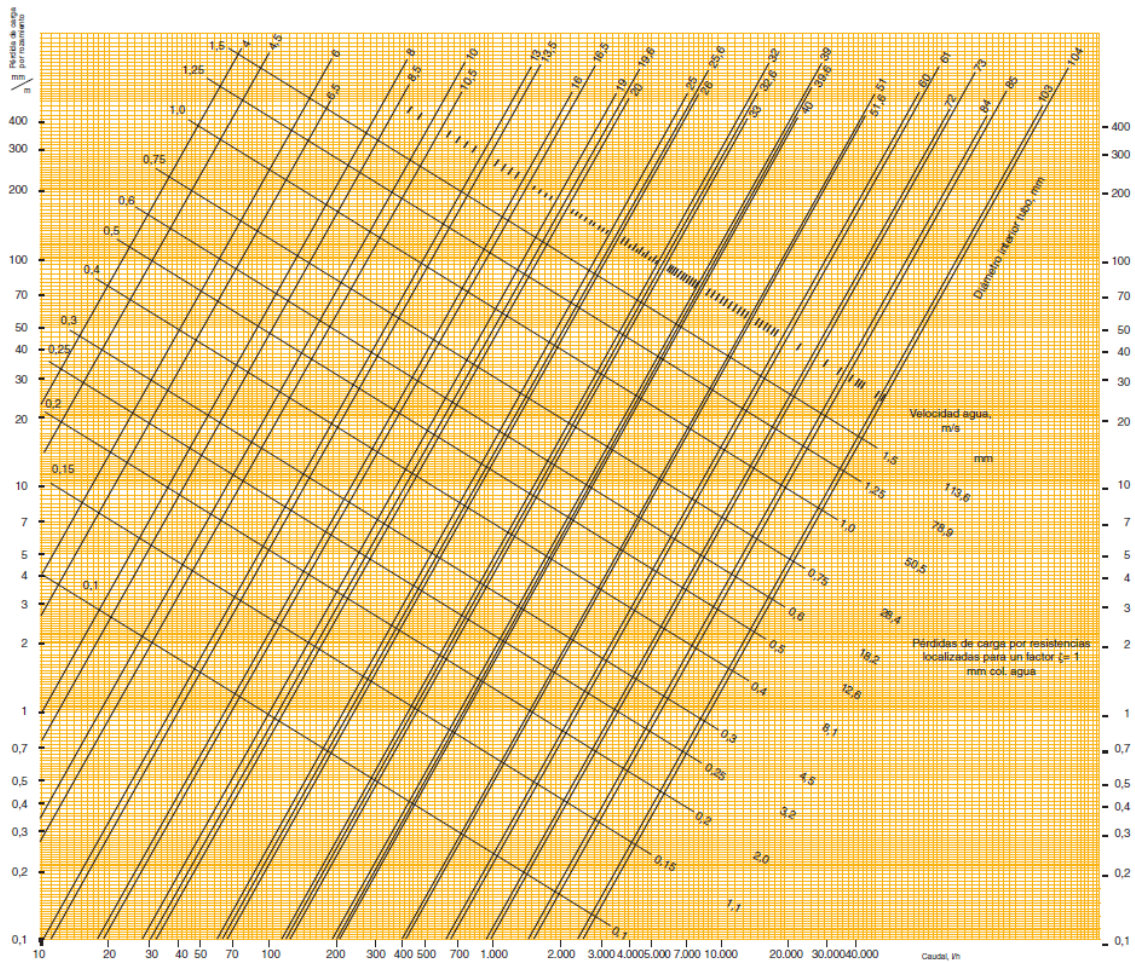
Tenint en compte que la instal·lació necessitarà dos col·lectors solars i que el cabal nominal és de 50 l/h, es poden obtenir les pèrdues observant el gràfic anterior.

$$\Delta P = 10 \text{ mbar} = 102 \text{ mm c. a}$$

6.10.2) Càlcul de les pèrdues de càrrega a les canonades

Un cop calculades les pèrdues de càrrega als col·lectors, s'hauran de calcular les pèrdues totals que tenen lloc a les canonades, tant les lineals com les singulars.

Per tal de calcular les **pèrdues lineals** per metre de canonada s'utilitzarà la gràfica següent, que mostra els valors de pèrdues de càrrega lineals en funció del diàmetre interior del tub, la velocitat del fluid i el cabal.



Gràfic 9 : Àbac de pèrdues lineals de càrrega segons la UNE-EN 1057 (Font: CEDIC)

Amb l'ajuda de la gràfica anterior s'han pogut determinar les pèrdues de càrrega en mm c.a. per metre lineal de canonada. S'ha observat que aquestes pèrdues superen les estipulades pel CTE i, per tant, s'haurà de decidir un diàmetre nou per les canonades que pugui complir les exigències imposades per la llei. Fixant el cabal calculat en apartats anteriors (210 l/h) i imposant unes pèrdues lineals màximes de 38,4 mm c.a., s'ha pogut obtenir un nou valor de velocitat de fluid i de diàmetre interior:

-velocitat de fluid: **0,56 m/s**

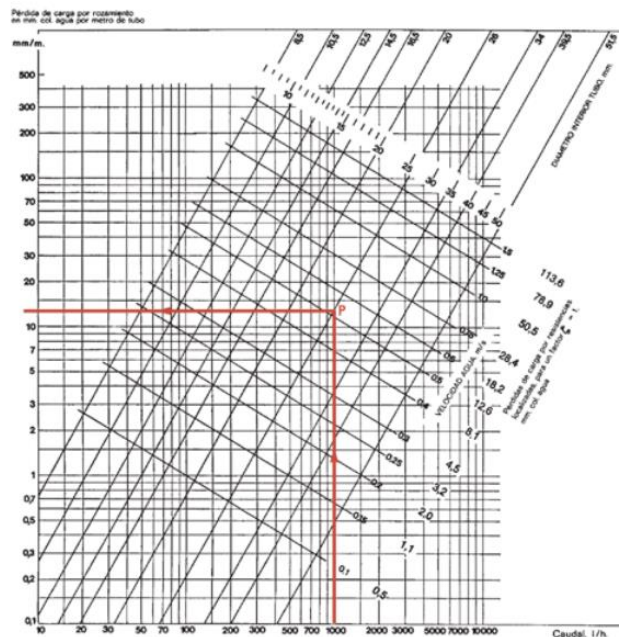
-diàmetre interior canonada: **12 mm**

* El valor de 38,4 surt de la multiplicació de 40 pel factor corrector de temperatura, ja que el diagrama està fet per fluids a 45°C, i no a 60° C

Aquests nous valors asseguruen que les pèrdues per metre lineal no sobrepassin els 40 mm c.a i, per tal de conèixer les pèrdues de càrrega lineals, només s'ha de multiplicar les pèrdues per metre lineal pel nombre aproximat de metres de canonades que hi haurà a la instal·lació solar. S'han estimat uns 17 m de canonades aproximadament.

$$\Delta_h \text{ lineals} = \frac{40 \text{ mm c. a}}{m \text{ tub}} \cdot 17 \text{ m tub} = 680 \text{ mm c. a}$$

Per tal de calcular les pèrdues **singulars** a les canonades primer de tot es calculen les pèrdues de càrrega per fricció en mm c.a per metre de canonada. Observant que la gràfica següent i conservant els valors de diàmetre, cabal i velocitat, es treuen unes pèrdues de 36,5 mm c.a. Coneixent la distància equivalent de totes les singularitats es podran obtenir les pèrdues de càrrega singulars.



Gràfic 10 : Àbac de pèrdues singulars de càrrega segons la UNE-EN 1057 (Font: CEDIC)

Singularitat	Longitud equivalent (m)
Colzes de 90°	1,5
Derivació en T	1
Vàlvula de tancament	1
Entrada a l'acumulador	1,5
Sortida de l'acumulador	1
Vàlvula antiretorn	1

Taula 11: Longitud equivalent de les diferents singularitats segons la UNE-EN 1057

- Longituds equivalents:

- Colzes: 7 x 1,5 m= 10,5 m
- Derivació en T: 1 x 1 m= 1 m
- Vàlvula de tancament: 6 x 1 m= 6 m
- Entrada acumulador: 1,5 m
- Sortida acumulador: 1 m
- Vàlvula antiretorn: 1 x 1 m= 1 m

Un cop es coneixen les longituds equivalents de totes les singularitats presents en el sistema de circulació del fluid, es calculen les pèrdues de càrrega singulars de la següent manera:

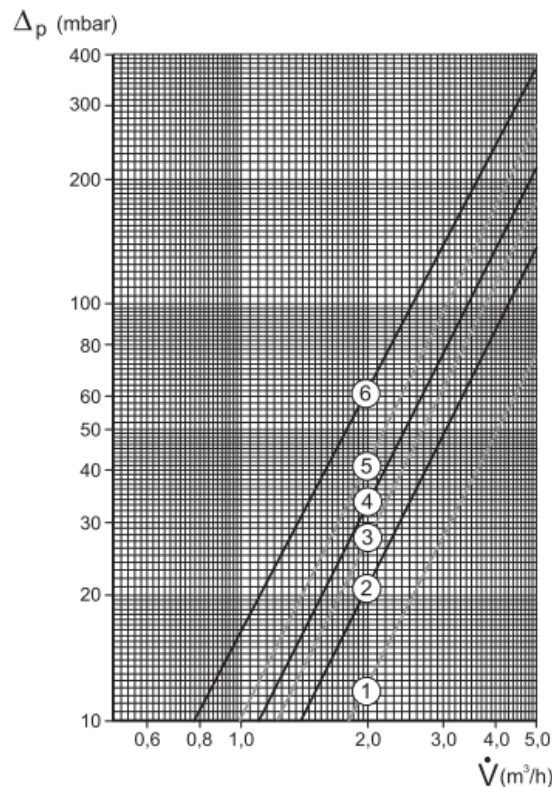
$$\Delta h_{singulars} = \frac{36,5 \text{ mm c. a}}{m \text{ tub}} \cdot (10,5 + 1 + 6 + 1,5 + 1 + 1) m = 766,5 \text{ mm c. a}$$

Un cop es tenen calculades les pèrdues lineals i singulars, es calcula les pèrdues totals de càrrega que tenen lloc a les canonades de la instal·lació:

$$\Delta h_{Totals} = \Delta h_{lineals} + \Delta h_{singulars} = 680 + 766,5 = 1446,5 \text{ mm c. a}$$

6.10.3) Pèrdues de càrrega al dipòsit acumulador

Les pèrdues de pressió en el dipòsit acumulador s'han pogut obtenir donant un cop d'ull la fitxa tècnica del producte, que ens proporciona les corbes de pèrdues de càrrega dels diferents models en funció del cabal. Si ens fixem en la corba 3, la equivalent al model S-ZB 300, i sabent que el cabal és de 0,21 m³/h, s'obtenen unes pèrdues d'uns **100 mm c.a.**



Gràfic 11 : Pèrdues de càrrega acumulador (models S-ZB)

6.10.4) Pèrdues en l'electrovàlvula

El circuit primari disposarà d'una electrovàlvula que produirà una pèrdua de càrrega aproximada d'un **1 m c.a.**, segons la majoria de fabricants.

6.10.5) Pèrdues de càrrega degudes a la diferencia d'altura

El dipòsit acumulador es troba gairebé al mateix nivell que els col·lectors solars i en cap moment s'haurà de fer front a altures gaire significatives. En la primera visita a la instal·lació antiga es va observar que el salt d'altura es troba sobre uns 1,5 m d'alçada aproximadament.

Les pèrdues de càrrega degudes a l'alçada s'estimen per tant en **1,5 m c.a.**

Finalment, les pèrdues de càrrega totals són les següents:

$$\Delta H_{Totals} = 0,102 + 0,680 + 0,766 + 0,10 + 1 + 1,5 = 4,15 \text{ m c. a}$$

* Cal dir que els càlculs de les pèrdues de càrrega singulars i lineals són aproximats ja que no s'ha entrat en profund detall sobre l'exacte distribució de les canonades i dels elements singulars que la conformen.

Un cop es coneixen les pèrdues de pressió totals que hi ha al circuit es pot conèixer la potència que necessitarà la bomba per tal de vèncer aquestes pèrdues de càrrega, i es calcula amb l'expressió següent:

$$P_{hidr} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$P_{elec} = \frac{P_{hidr}}{\eta}$$

On:

ρ : densitat del fluid (kg/m^3)

g : gravetat ($9,81\text{m/s}^2$)

Q : cabal del fluid (m^3/s)

H : altura manomètrica de la bomba (m)

η : rendiment de la bomba

El fluid es tracta d'una barreja de glicol i aigua i, coneixent les densitats i percentatges en la mescla es pot conèixer la densitat del fluid aportador de calor:

$$\rho = 0,55 \cdot 1110 + 0,45 \cdot 1000 = 1560,55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Un cop es coneix la densitat del fluid es calcula la potència hidràulica de la bomba:

$$P_{hidr} = 1560,55 \cdot 9,81 \cdot 0,058 \times 10^{-3} \cdot 4,15 = 3,685 \text{ W}$$

Al tractar-se d'una bomba de circulació de petita potència (inferior a 100 W), el rendiment del dispositiu es trobarà entre el 20% i 50%. S'ha optat per fer el càlcul de la potència elèctrica utilitzant el rendiment més baix possible, per tal d'assegurar al màxim que la bomba escollida disposarà de la suficient potència per tal de fer front a les pèrdues de càrrega calculades. D'aquesta manera, la **potència elèctrica** de la bomba serà d'uns **18,43 W**.

Finalment s'ha optat pel model Alpha Pro 25-40 A, recomanada per a la circulació de fluids en instal·lacions d'ACS i amb una potència d'entrada mínima de 6 W i màxima de 25 W.



Imatge 4: Bomba de circulació Alpha Pro 25-40 A

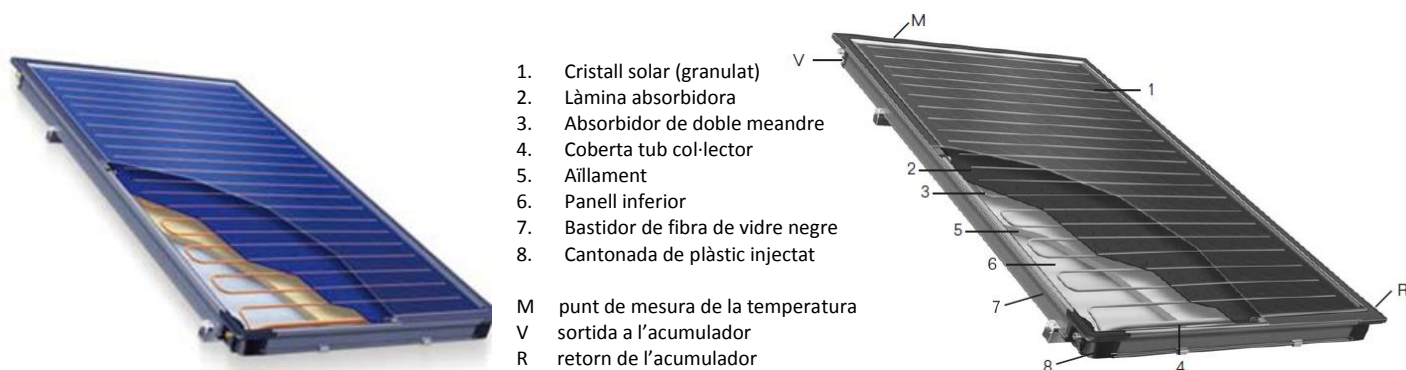
7) Resum de la instal·lació: components i funcionament

Aquest apartat del projecte es centrarà en explicar, de forma detallada, el funcionament i les característiques de tots els elements que intervenen en la instal·lació solar.

7.1) Captadors solars

Fabricant: BODERUS

Model: Logasol SKS 4.0 W



Il·lustració 5: Captador solar Boderus

Connexió: En paral·lel i amb una distància mínima de 1,73 m entre ells

Característiques principals:

- Alt rendiment
- Cambra tancada hermèticament amb Argó
- Absorbidor de doble meandre
- Recobriment altament selectiu *Tinox*
- Cristall solar d'alta transmissivitat

Especificacions tècniques:

Tipus de muntatge	horitzontal
Dimensions (mm)	2070 x 1145 x 90
Àrea Total (m ²)	2,4
Àrea d'obertura (m ²)	2,1
Àrea d'absorció (m ²)	2,1
Volum absorbidor (l)	1,76
Pes (kg)	47
Revestiment	Altament selectiu (<u>Tinox-PVD</u>)
Absorbància (%)	95
Emissivitat (%)	5
Factor d'eficiència (%)	0,851
<u>Coef. pèrdua lineal</u>	4,036
<u>Coef. pèrdua secundari (W/m²·k²)</u>	0,0108
Capacitat tèrmica (J/K)	10080
Modificador angle incidència	0,95
Pressió màxima (bar)	10
Cabal nominal (l/h·m ²)	50

Funcionament:

La funció principal dels captadors solars, com ja s'ha mencionat en apartats anteriors, és la d'absorbir l'energia solar en forma de radiació, transformar-la en calor i transmetre-la al fluid aportador de calor. Per tal de realitzar tot aquest procés es requereix la presència de tots uns components que es comentaran a continuació.

El primer element és la **coberta transparent** que s'encarrega d'evitar que la calor es perdi per convecció a l'entorn, provocant un efecte hivernacle. Una mica per sota de la coberta es troba la **placa absorbidora**, element principal del captador que s'encarrega d'absorbir l'energia solar i transformar-la en calor. La placa acostuma a estar adherida a un **circuit** per on circula la mescla d'anticongelant i aigua, al qual se li transfereix tota l'energia en forma de calor. Aquest fluid va recorrent tot el captador a través d'un circuit. Finalment el panell disposa d'un revestiment d'**aïllant** per totes les zones per on no hi ha aportació solar i, per tant, es podria perdre energia. (laterals i fons del captador).

7.2) Dipòsit acumulador

Fabricant: *JUNKERS*

Model: *S-ZB Solar*

Característiques:

- Vitrificat segons la normativa DIN 4753 i xapa d'acer de primera qualitat
- Pot arribar a aguantar temperatures de 95 °C
- Ànode de magnesi de protecció
- Aïllament d'escuma rígida, lliure de CFCs, al dipòsit
- Fàcil manteniment
- Connexió roscada per a possible acoblament de resistència elèctrica
- Gran relació alçada-diàmetre, que afavoreix l'estratificació



Il·lustració 6: Acumulador solar Junker

Especificacions tècniques:

Alçada (mm)	1794
Diàmetre Ø (mm)	600
Espessor d'aïllament (mm)	50
Conductivitat tèrmica (W/m.K)	0,034
Intercanviadors	1
Volum útil (l)	295
Tipus	Serpentí
Volum del serpentí (l)	6,46
Superfície d'intercanvi (m ²)	0,92
Potència màx. d'intercanvi (kW)	25,8
Pes (kg)	97
Pèrdues de energia (kWh/d)	2,1

Funcionament:

L'acumulador triat engloba la funció d'intercanviador i la d'acumulació.

- **Sistema d'intercanvi:** El sistema d'intercanvi és un dels més importants de la instal·lació ja que és on es realitza la transferència d'energia del líquid aportador de calor al fluid de treball. La mescla d'anticongelant i aigua portadora de tota la calor es troba circulant al circuit primari, i des d'aquest circuit es cedeix tota la l'energia al circuit secundari. Caldria remarcar que la cèssió de calor entre circuit primari i secundari es duu a terme sense la barreja dels dos fluids.

-**Sistema d'acumulació:** El sistema d'acumulació està format per un gran dipòsit on s'emmagatzema tota l'aigua calenta que després es consumirà per les persones que viuen a l'habitable. El dipòsit s'encarrega d'estratificar l'aigua en el seu interior i, per tant, formar capes d'aigua a diferent temperatura. Les capes amb més temperatura hauran d'estar a la part alta del dipòsit mentre que les més fredes s'han de situar a sota. Amb aquesta distribució de temperatures s'aconseguirà que l'aigua que es consumeixi sigui la més calenta (zona on normalment s'extreu l'aigua) i l'aigua més freda serà la que rebrà la calor del circuit primari.

7.3) Altres elements de la instal·lació

- Vàlvules:

Es tracta d'uns elements que s'encarreguen de controlar o impedir el pas del fluid a través del circuit de canonades. En les instal·lacions solars tèrmiques les vàlvules acostumen a ser emprades per aïllar, omplir, buidar, purgar i com a mecanisme de seguretat.

La instal·lació solar comptarà amb les vàlvules següents:

- **Vàlvula de seguretat (x1):** Aquesta vàlvula, que s'utilitza per tal de protegir l'interacumulador i els captadors, es col·locarà entre la bomba hidràulica i el dipòsit acumulador. Aquesta vàlvula es tararà amb el valor màxim de pressió admissible pel circuit (10 bars) i evitarà que en el circuit s'arribi a pressions superiors.
- **Vàlvula antiretorn (x1):** S'instal·larà una just abans de l'entrada d'aigua freda al dipòsit acumulador. Aquesta vàlvula s'utilitza per forçar al fluid a circular en un sentit únic.
- **Vàlvula de tall o tancament (x6):** S'instal·laran sis vàlvules de tall, a tots els trams de connexions, per tal de buidar o omplir de fluid les canonades en possibles manteniments o reparacions.

- Purgador d'aire (x1):

El purgador d'aire serveix per eliminar de forma automàtica l'aire present a dins del circuit i, d'aquesta manera, garantir una millor transferència de calor. L'eliminació de l'aire permet anular problemes de soroll lligats a una incorrecta circulació del fluid transportador de calor. El purgador d'aire es col·locarà al punt més elevat del circuit i en posició vertical, per tal de garantir el perfecte funcionament.

- Vas d'expansió (x1):

Es tracta d'un element molt important dins la instal·lació solar ja que s'empra per absorbir l'augment de volum que es produeix quan es dilata el fluid aportador de calor, degut a l'augment de la temperatura d'aquest. El vas d'expansió consta d'una cambra per emmagatzemar fluid i una altra cambra plena d'aire, les dues separades per una membrana.

Quan es produeix un augment de volum del fluid, la cambra d'aire es redueix permetent emmagatzemar més quantitat de fluid en el vas d'expansió. D'altra banda, quan el volum del líquid disminueix, la cambra d'aire recupera el volum original.

El vas d'expansió es dimensionarà segons la quantitat de fluid que hi ha present al circuit, la capacitat d'expansió d'aquest i diversos factors de pressió:

$$V_n = \frac{V_u}{F_p}$$

On:

V_n : Volum total del vas d'expansió (l)

V_u : Volum útil (volum màxim que pot albergar el vas d'expansió) (l)

F_p : Factor de pressió

$$V_n = V_t \cdot F_e$$

On:

V_t : Volum present en la instal·lació

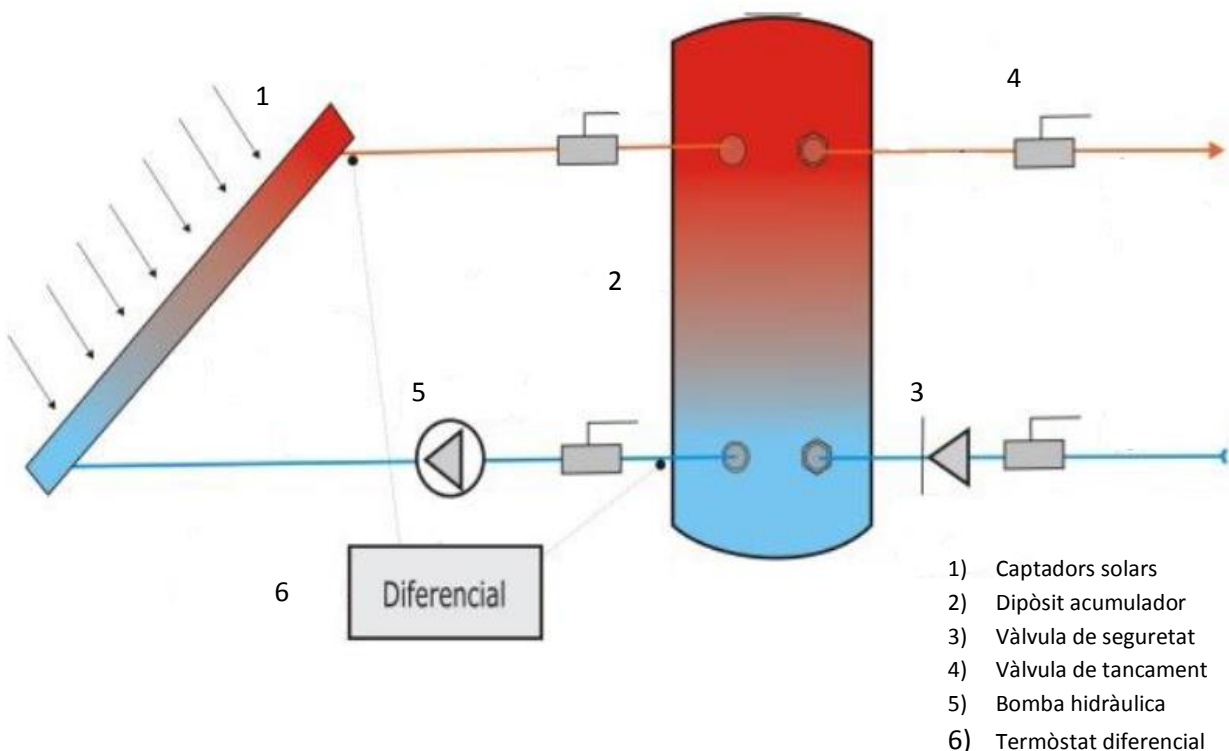
F_e : Factor d'expansió o coeficient de dilatació. Es sol trobar entre 0,1 i 0,3. (s'ha optat per 0,3 per temes de seguretat)

Realitzant els càlculs i estimacions pertinents s'acaba escollint un vas d'expansió de 12 litres de capacitat, amb membrana intercanviable i especial per a instal·lacions solars.

- Termòstat diferencial (x1):

Ens trobem davant de l'element més important dintre del sistema de regulació i control de la instal·lació solar. Amb l'ajuda de dues sondes, instal·lades a la sortida dels captadors i del dipòsit acumulador, es compararan les temperatures. Aquestes temperatures es contrastaran amb l'ajuda del termòstat, que activarà la bomba de circulació del circuit quan la diferència entre aquestes sigui superior a un valor prefixat per l'instal·lador. La diferència de temperatures es sol trobar entre els 7°C i 8°C.

A continuació es mostra l'esquema general de la instal·lació solar amb els seus elements principals:



7.4) Sistema auxiliar

Com ja s'ha comentat en apartats anteriors, la nova instal·lació solar necessitarà una aportació extra d'energia per tal de satisfer la totalitat de la demanda d'aigua calenta sanitària.

L'habitable actualment consta d'un escalfador convencional, i s'ha pensat que el més adequat és conservar i adequar-lo a la instal·lació, ja que es troba en molt bon estat. L'acoblament del sistema auxiliar i la instal·lació solar es realitzarà en paral·lel ja que és el més recomanat en els casos on la nova instal·lació es realitza sobre una casa ja existent. Aquest tipus d'unió es caracteritza pel fet que el subministrament d'aigua calenta es pot realitzar opcionalment des de la instal·lació solar o des del sistema de reforç auxiliar.

A més a més, és molt important que el dipòsit acumulador disposi d'un valor mínim de temperatura i, quan la temperatura sigui inferior a aquesta, es commuti l'escalfador convencional. Per acabar caldria dir que la idea principal és que el sistema auxiliar serveixi per cobrir el percentatge de demanda energètica que la instal·lació solar no podrà abastir, i també proporcionar aigua calenta en dies on l'aigua del dipòsit acumulador no arribi a la temperatura mínima llindar.



Imatge 4: Escalfador convencional actual

8) Plec de condicions

En tot projecte d'enginyeria s'ha d'estipular un document amb una sèrie de clàusules i condicions específiques i tècniques on les dues parts involucrades en la instal·lació, persona contractant i persona executora del servei, s'han de posar d'acord i acceptar-lo.

El plec de condicions ha de contenir tota la informació necessària perquè el projecte es desenvolupi de forma correcta i en aquest s'estableixen totes les condicions i clàusules pertinents. A continuació s'exposen les condicions més remarcables que s'han de complir en l'execució del projecte:

8.1) Captadors

- El captador solar haurà de tenir la certificació emesa per l'organisme competent segons el real decret RD 891/1980, sobre la homologació de captadors solars.

- El captador haurà de complir totes les especificacions tècniques que dictamina la normativa espanyola (*UNE EN 12975-2:2002*)
- Totes les característiques del captador, el seu manteniment, informació sobre la instal·lació i més detalls hauran d'estar incloses en el seu manual o fitxa tècnica.
- Com ja s'ha estipulat en apartats anteriors, les pèrdues degudes a l'orientació i possibles ombres hauran de ser inferiors als límits que dictamina el *CTE*.

8.2) Fluid aportador de calor

- El Ph a 20°C del fluid haurà d'estar en tot moment entre 5 i 9.
- La salinitat de l'aigua del circuit no excedirà mai de 500 mg/l de sals solubles.
- El contingut de sals de calci no excedirà mai els 200 mg/l, expressades com a contingut de carbonat de càlcic.
- El contingut de diòxid de carboni lliure de l'aigua no superarà els 50 mg/l
- L'aigua haurà de ser tractada per tal d'evitar qualsevol tipus de barreja entre els diferents fluids de la instal·lació. Es donarà molta importància també a la detecció d'una eventual contaminació de l'aigua potable per part del fluid aportador de calor.

8.3) Sistema de regulació i control

- Alimentació de 230 V/ 50 Hz
- Rang mínim de servei: 0 °C a 60 °C
- Incorporació de dues sondes tèrmiques per a la mesura de la temperatura.
- Tot el cablejat que hi hagi serà de material plàstic, no propagador de la flama.

8.4) Sistema d'acumulació i connexions

Acumulador:

- Haurà de complir la normativa espanyola *UNE EN 12897*, al tractar-se d'un dispositiu en contacte directe amb l'aigua.

- S'instal·larà de forma vertical i zones interiors, per afavorir l'estratificació i evitar la degradació amb l'ambient exterior.
- El sistema haurà de ser capaç d'eleva la temperatura de l'acumulador fins a 70 °C per tal de prevenir legionel·losis, tal com dictamina el reial decret *RD 865/2003*.
- L'acumulador haurà d'estar recobert d'aïllant en la seva totalitat i l'interior haurà de ser d'acer vitrificat i inoxidable.

Connexions:

- La connexió d'entrada d'aigua calenta al dipòsit acumulador es farà a una alçada compresa entre el 50% o 75% de l'altura del dipòsit.
- La sortida d'aigua freda de l'acumulador es realitzarà per la part inferior d'aquest.
- Les connexions d'entrada i sortida es situaran de manera que evitin camins preferents de circulació de fluid.

8.5) Sistema hidràulic

El circuit hidràulic del sistema haurà de complir els requisits especificats en la normativa UNE-EN 806-1.

Bomba:

- La bomba s'intentarà instal·lar a les zones més fredes del circuit, sempre amb l'eix de rotació en posició horitzontal i evitant qualssevol tipus de cavitació.
- L'alimentació de la bomba hidràulica serà de 230 V/50 Hz i haurà de compensar les pèrdues de càrrega lineals i singulars del circuit.

Canonades:

- La longitud de les canonades haurà de ser la més curta possible, per tal de reduir les pèrdues de càrrega lineals.
- S'evitarà al màxim el nombre de colzes en el circuit de canonades, per tal d'evitar un augment de les pèrdues de càrrega singulars.
- Els materials i el disseny de les canonades haurà de ser de tal manera que s'evitin obstruccions o la formació de cal, que podrien provocar un descens molt accentuat del rendiment de la instal·lació.

Vas d'expansió:

- Els vasos d'expansió es connectaran a l'aspiració de la bomba. Aquests dispositius de seguretat aniran tarats amb una pressió que assegurarà que en cap moment es sobrepassi la pressió màxima del circuit.

Altres aspectes importants

- El circuit incorporarà un sistema d'ompliment manual que permetrà omplir i mantenir pressuritzat el circuit en tot moment.

- S'instal·laran vàlvules que permetran el buidat parcial o total de la instal·lació.

- S'instal·larà vàlvules de tall per tal de facilitar la reparació o substitució de components, sense haver de realitzar un buidat total de la instal·lació. Es col·locaran a totes les entrades i sortides del dipòsit acumulador, per tal d'independitzar els altres elements de la instal·lació.

8.6) Riscos de salut: legionel·la.

En tota la instal·lació, però sobretot a dintre el dipòsit acumulador, es pot formar aigua estancada. Si aquesta acumulació d'aigua no s'elimina pot provocar l'aparició de les bacteries causant de la legionel·la. Es un tema de molt important ja que si no es controlen a temps es pot arribar a formar capes amb concentracions infeccioses per al ésser humà.

Per evitar la legionel·la en els dipòsits acumuladors s'ha d'arribar a una temperatura del fluid de fins a 60 °C o 70°, en determinats casos per tal d'assegurar una desinfecció eficaç. Com ja s'ha comentat anteriorment, en el plec de condicions tècniques del projecte s'establirà un manteniment adequat del dipòsit acumulador i de tota la instal·lació per tal de prevenir possibles malalties que puguin contraure els usuaris que es troben en contacte amb l'aigua.

9) Pla de manteniment i vigilància

9.1) Pla de manteniment

Aquest pla es basa en realitzar inspeccions visuals de la instal·lació, verificar actuacions i portar a terme tasques de manteniment i reparació. Totes aquestes accions han de permetre mantenir, dintre dels límits estipulats, les condicions de funcionament, les prestacions, la protecció i conservació de la instal·lació.

El pla de manteniment, que implica com a mínim una revisió anual de la instal·lació, ha de realitzar-se per personal tècnic competent que disposi d'uns coneixements molt amplis de

tecnologia solar tèrmica i d'instal·lacions mecàniques en general. A més a més, la instal·lació disposarà d'una llibreta on es deixi constància que totes les operacions de manteniment i reparació efectuades.

Cal dir també que el manteniment ha d'incloure totes les possibles operacions de manteniment, substitució o reparació de qualssevol element de la instal·lació, per tal d'assegurar el correcte i òptim funcionament d'aquesta. A continuació es mostren unes taules on s'indiquen totes les operacions de manteniment que s'han de realitzar a cada sistema amb la freqüència corresponent.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original. IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

Taula 12: Pla de manteniment sistema de captació (font: CTE)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Taula 13: Pla de manteniment sistema d'acumulació (font: CTE)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

Taula 14: Pla de manteniment sistema d'intercanvi (font: CTE)

⁽¹⁾ IV: inspecció visual

⁽²⁾ CF: control de funcionament

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

Taula 15: Pla de manteniment sistema hidràulic (font: CTE)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

Taula 16: Pla de manteniment sistema elèctric i de control (font: CTE)

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

Taula 17: Pla de manteniment sistema energia auxiliar (font: CTE)

9.2) Pla de vigilància

Aquest pla es refereix bàsicament a les operacions que permeten assegurar que els valors operacionals de la instal·lació siguin correctes. És un pla d'observació simple dels paràmetres funcionals principals, per tal de verificar el correcte funcionament de la instal·lació.

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

Taula 18: Pla de vigilància (font: CTE)

10) Valor afegit de la instal·lació: calefacció solar

Actualment ens trobem amb un habitatge que disposa d'una instal·lació de calefacció elèctrica i, encara que no entri dins dels objectius d'aquest projecte, està molt viva la idea de substituir la calefacció elèctrica per una de gas propà. Els motius d'aquesta voluntat de canvi són diversos però els més importants són l'aspecte econòmic i la idea de poder utilitzar la instal·lació de plaques solars com suport auxiliar de la calefacció.

Realitzant un estudi exhaustiu de les factures d'electricitat i gas s'arriba a la conclusió de que no té cap sentit seguir amb una calefacció elèctrica ja que les factures d'electricitat són considerablement més cares que les de gas. Amb la nova instal·lació de calefacció s'aconseguirà reduir notablement el preu de les factures i estalviar un gruix molt important de diners. A banda de l'aspecte econòmic una de les consideracions que s'han tingut en aquest projecte és la de la possibilitat d'instal·lar més col·lectors solars per tal de en futur reforçar amb energia solar el circuit de calefacció. Cal dir que el dipòsit s'ha sobredimensionat i, d'aquesta manera, poder proporcionar aquesta nova quantitat d'aigua per tal de donar suport a la calefacció.

Per tant, es pot afirmar que quan en un futur proper es realitzi aquest canvi en el sistema de calefacció de la casa, s'aconseguirà un estalvi econòmic mensual molt més elevat i una utilització molt més òptima de l'energia.

11) Estudi econòmic

En la majoria de projectes un factor molt important que determina si aquest es portarà a terme o no és la rendibilitat econòmica.

La inversió inicial d'un projecte relacionat amb la instal·lació d'unes plaques solars sol ser molt més elevada que la que seria realitzar un projecte paral·lel utilitzant fonts d'energia convencionals. Amb això es vol deixar clar que amb la realització d'aquesta instal·lació el objectiu principal no serà l'estalvi econòmic ni la recuperació de la inversió a curt-mitjà termini, sinó el fet de poder disposar d'un sistema que permeti reduir considerablement les emissions contaminants i utilitzi una font d'energia renovable i neta.

Els paràmetres de rendibilitat que s'utilitzaran seran el **VAN** (Valor Actualitzat Net) al llarg de la seva vida útil (estimada en 25 anys), el **TIR** (Tassa Interna de Retorn) i el **Pay-Back** (període de retorn). Caldria afegir també que hi ha factors com per exemple la inflació o el preu dels combustibles que no es podrà concretar a la perfecció, degut a la constant fluctuació, però que se'ls donarà un valor aproximat de mercat.

11.1) Costos del projecte

11.1.1) Inversió inicial (CAPEX: capital expenditures)

En aquest apartat es mostraran els diferents costos que hi ha presents dintre la inversió inicial del projecte, és a dir, tots els costos que s'han de fer front per poder tirar endavant el projecte.

- Costos directes:

Són tots els costos relacionats amb l'adquisició dels elements de la instal·lació i de tot el material que es necessitarà per portar-la a terme. A continuació es mostren tots els costos directes que s'han previst per tal de duu a terme la instal·lació:

Descripció	Preu unitari (€)	Longitud (m)	Unitats	Preu Total (€)
Captador solar <i>Logasol SKS 4.0 w (Buderus)</i>	865	--	2	1730
Acumulador <i>S-ZB 300 l (Junkers)</i>	783,54	--	1	783,54
20 l Fluid aportador de calor (<i>Boderus</i>)	88,04	--	1	88,04
canonada de coure Ø 14 mm (<i>La Farga</i>)	2,8 €/m	17	--	47,6
aïllament canonada AF/ARMAFLEX AF-6 (esp. 35 mm)	16,38 €/m	17	--	278,46
vàlvula de seguretat (<i>Potermic</i>)	46,5	--	1	46,5
vàlvula de tall (<i>Aki</i>)	3,99	--	6	23,94
vàlvula antiretorn	10,2	--	1	10,2
purgador d'aire	30	--	1	30
vas d'expansió <i>Solarvarem LR 12 l (Potermic)</i>	60,84	--	1	60,84
bomba hidràulica <i>Alpha Pro 25-40 A (Grundfos)</i>	149	--	1	149
termòstat diferencial + 2 sondes de medició de temperatura (<i>Ecofener</i>)	230,6	--	1	230,6
Total				3478,72

- Costos indirectes:

Són tots els costos relacionats amb la instal·lació, posada a punt, la redacció del projecte, el transport, la legalització, etc. Per tal de realitzar els càlculs d'aquests costos s'ha aplicat un percentatge de referència sobre els costos directes i s'ha estimat un cost de 30 €/hora per a la instal·lació en sí. A la taula següent es poden observar els costos indirectes:

Costos indirectes					
Descripció	Activitat	Cost (€/hora·op)	Hores	% aplicat	Preu Total (€)
Instal·lació i posada a punt	Retirar antiga instal·lació	30	8	--	240
	Instal·lació solar nova	30	24	--	720
Enginyeria i legalització	--	--	--	0,1	347,87
Total					1307,87

La **inversió inicial** del projecte serà doncs la suma dels costos directes i indirectes del projecte i serà d'uns **4786,59 €**.

11.1.2) Costos continus i de funcionament (OPEX: operating expense)

És evident que la instal·lació necessitarà un manteniment mensual o anual en tots els seus components i haurà moments en la seva vida útil que algun component necessitarà ser reparat o substituït. Per tant, en aquests tipus de costos entraran tots els relacionats amb el bon funcionament i manteniment de la instal·lació.

S'han estimat uns **40 €** anuals de cost de manteniment durant els 25 anys de vida útil de la instal·lació.

11.1.3) Estalvi econòmic i energètic anual

En aquest apartat es mostrarà quin és l'estalvi econòmic i energètic anual que comporta la utilització de plaques solars per tal d'escalfar aigua sanitària. Amb la nova instal·lació solar, l'usuari deixarà de pagar una bona part de la factura del gas a la companyia subministradora i també, com ja es veurà més endavant, reduirà considerablement la utilització d'una font d'energia no renovable i contaminant.

A continuació es mostra l'estalvi econòmic anual:

Demanda energètica anual (Kw·h)	4151,40
Cobertura solar anual	0,67
Aportació d'energia solar anual (Kw·h)	2762,01
Aportació d'energia amb propà (Kw·h)	1389,38
Preu mitjà del propà en xarxa de distribució (€/Kw·h)	0,08
ESTALVI ANUAL (€)	220,96

11.2) Càlcul del VAN (Valor Actualitzat Net)

Aquest paràmetre de rendibilitat és un indicador del valor actual dels fluxos de caixa del projecte menys la inversió inicial. Aquest càlcul es basa en la diferència entre els estalvis proporcionats per la instal·lació solar i els costos derivats de tota la seva vida útil.

En el càlcul del VAN sempre es parteix de l'any 0, moment on es fa la inversió inicial, i a partir d'aquí es va sumant el flux de caixa de cada període n. En el moment en el que el valor del VAN

és més gran o igual que 0 es pot afirmar que el projecte és rentable i s'ha recuperat la inversió inicial.

Per poder comparar aquests fluxos de caixa futurs amb la inversió que es realitza actualment, es necessari calcular el valor actual de cada un d'ells. Aquest procés es denomina actualitzar o descomptar i és important saber que cada valor de flux de tresoreria s'ha de dividir per un factor d'actualització. Dintre d'aquest factor es troba la taxa de descompte, que equival al tipus d'interès que permetrà "traduir" els diners del futur al present. S'ha fixat una taxa d'interès k del 3%, valor superior al de la inflació mitjana anual (2%). El VAN es calcula doncs amb l'expressió següent:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t} = -Q_0 + \frac{Q_1}{(1+k)^1} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

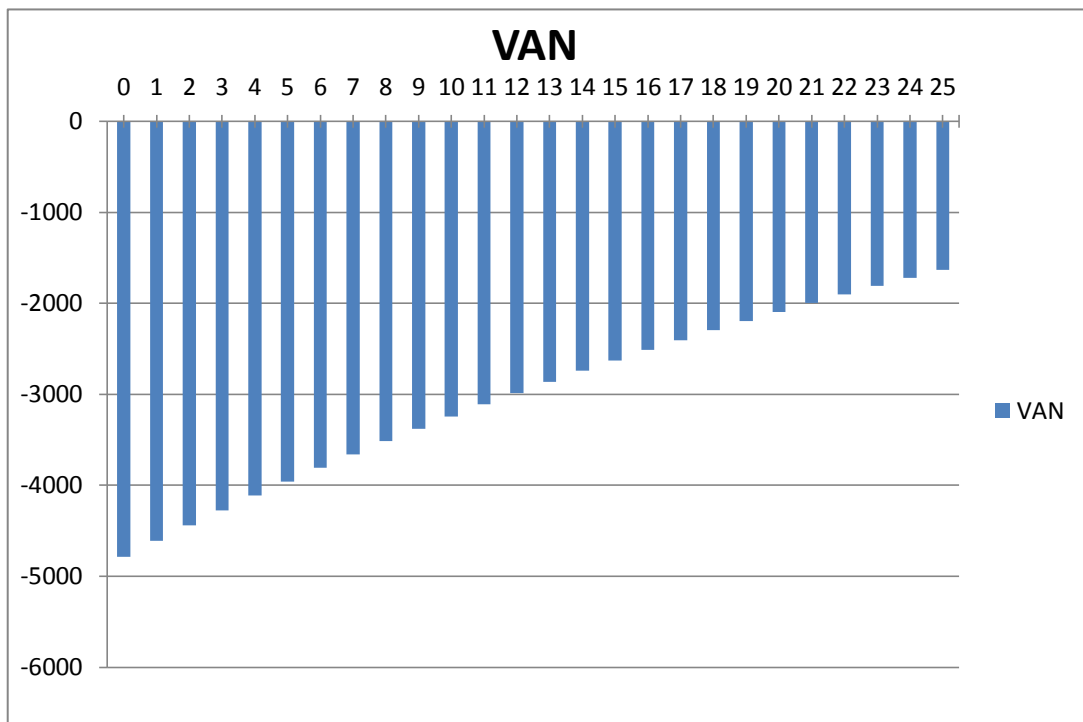
On:

Q_0 : Inversió inicial del projecte (€)

Q_n : Flux de caixa en el període n

n : Nombre d'anys (1...25)

$(1+k)^n$: factor d'actualització



Gràfic 12: Càlcul del VAN al llarg de 25 anys

Amb el càlcul del VAN es comprova que el projecte no és rentable a curt ni a mitjà termini ja que al període 25 el valor actualitzat net segueix sent negatiu. Tot sabent que l'objectiu principal del projecte no és l'estalvi econòmic, s'estima que l'inversor podrà recuperar fins a un 66 % de la seva despesa inicial.

11.3) Càlcul del TIR (Taxa Interna de Retorn)

El **TIR** és la taxa d'actualització que fa que el Valor Actualitzat Net d'un projecte d'inversió sigui igual a 0. Per poder calcular aquest factor de rendibilitat econòmica es deixa com a incògnita la taxa d'interès k i s'igualava el VAN a 0.

$$TIR = k$$
$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t} = -Q_0 + \frac{Q_1}{(1+k)^1} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

El criteri del TIR estableix que una inversió serà rentable quan la k sigui igual o més gran a un tipus d'interès mínim fixat (normalment sol ser d'un 2%). Si la k és inferior a aquest número llavors ens trobem molt possiblement davant una inversió no aconsellable si en un futur es vol recuperar i obtenir beneficis.

Un cop se sap amb el VAN que el projecte no és rentable, no sorprèn el fet que la TIR calculada sigui negativa. La TIR calculada és de **-3 %** i es deguda a que, en l'últim període, la suma dels fluxos de tresoreria segueixen sent negatius.

11.4) Càlcul del *Pay-back* (termini de recuperació)

El *payback* es un criteri estàtic de valoracions d'inversions que permet seleccionar un determinat projecte sobre la base de quant temps es trigarà en recuperar la inversió inicial mitjançant els fluxos de caixa. És un indicador molt útil quan es vol realitzar una inversió d'elevada incertesa i d'aquesta manera tenim una idea aproximada del temps que haurà de passar fins a recuperar el diner que s'ha dipositat inicialment.

Segons els càlculs realitzats, el temps que es trigaria en recuperar la inversió inicial seria de **26,45 anys**. Cal dir que aquest paràmetre de rendibilitat és el menys fiable ja que en el càlcul pertinent no es té en compte en cap període el factor d'actualització del flux de tresoreria.

12) Impacte mediambiental

Una de les grans motivacions alhora de realitzar aquest projecte, com ja s'ha comentat en punts anteriors, és la de poder utilitzar energies renovables i netes per tal de satisfer una necessitat bàsica com és l'aigua calenta sanitària.

En l'estudi econòmic s'ha pogut observar que la instal·lació solar no acabarà de ser del tot rentable però és un fet que no preocupa. La idea motivadora alhora de desenvolupar un projecte d'aquesta tipologia és la de poder contribuir al medi ambient de forma positiva, reduint les emissions de gasos contaminats a l'atmosfera. El principal gas que es tindrà en compte serà el diòxid de carboni (CO₂) i per tal de quantificar l'impacte mediambiental es calcularan els kg de CO₂ que es poden evitar emetre a l'atmosfera.

- Emissió de CO₂ sense la instal·lació de captadors solars:

$$E = DE \cdot FE \cdot a = 4151,40,98 \cdot 64,2 \cdot 3,6 \times 10^{-3} = 959,47 \text{ kg CO}_2$$

On:

E: Emissió anual de CO₂ (kg)

DE: Demanda energètica anual (kW·h)

FE: Factor d'emissió del CO₂ (kg CO₂/GJ propà)

a: Factor de conversió (GJ/kW·h)

- Emissió de CO₂ amb la instal·lació de captadors solars:

$$E' = E_{aux} \cdot FE \cdot a = 1389,38 \cdot 64,2 \cdot 3,6 \times 10^{-3} = 321,11 \text{ kg CO}_2$$

On:

E': emissió anual de CO₂ (kg)

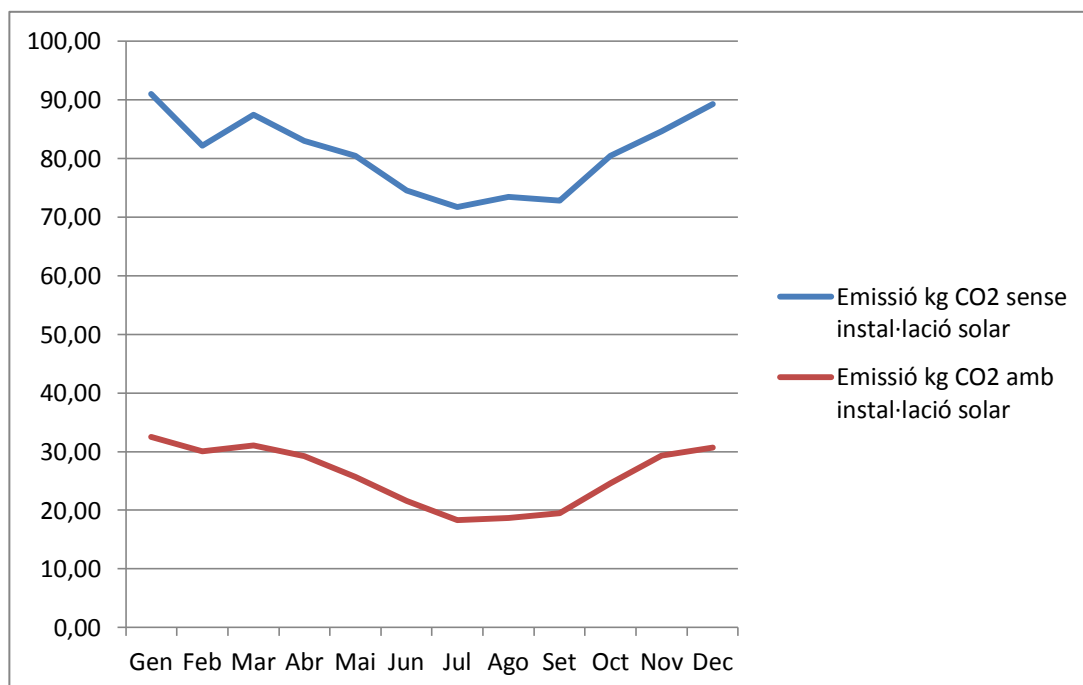
Eaux: energia aportada per l'escalfador de propà (kW·h)

FE: factor d'emissió del CO₂ (kg CO₂/GJ propà)

a: factor de conversió (GJ/kW·h)

Amb aquests dos valors es pot obtenir la disminució anual de les emissions contaminants amb la nova instal·lació solar de la següent manera:

$$\text{Reducció d'emissions} = \frac{E - E'}{E} \cdot 100 = 67 \%$$



Gràfic 13: Emissions CO₂ abans i després de la instal·lació solar

Emissió anual CO₂ sense instal·lació solar (kg)	959,47
Emissió anual CO₂ amb instal·lació solar (kg)	321,11
Emissions anuals estalviades (kg)	638,36
Reducció d'emissions (%)	67

Taula 19: Resum impacte mediambiental

13) Conclusions

Durant la realització d'aquest projecte s'han pogut extreure diverses conclusions.

En primer lloc caldria dir que, a nivell personal, s'ha pogut corroborar que la idea de que poder realitzar un projecte que es pugui duu a terme a curt termini, ha proporcionat una motivació extra alhora d'encarar la fase de preparació i realització d'aquest. D'aquí es pot extreure que com més proper i realitzable és el projecte, més fàcil és dedicar-li hores i centrar tots els esforços en obtenir un projecte amb cara i ulls.

Un altre aspecte a nivell personal seria que, amb la realització d'aquest projecte, he après moltíssims conceptes nous sobre l'energia solar. S'ha après a dimensionar una instal·lació solar, a calcular la contribució solar mínima, a dimensionar diferents elements de la instal·lació, aspectes legals, etc. Amb això es vol dir que un cop acabat aquest projecte, es pot afirmar que s'han interioritzat un gran nombre de conceptes nous sobre el món de l'energia solar. Aquesta nova informació pot resultar molt útil a un enginyer industrial de cara a si en un futur es decanta pel sector de les energies renovables.

Un altra de les possibles conclusions extretes seria la relacionada amb la contribució molt positiva que té la implementació d'un sistema de panells solars sobre el medi ambient. Abans de començar aquest projecte no es tenia tan present la gran reducció d'emissions contaminants que suposa la instal·lació de plaques solars en una llar. Un cop realitzat l'impacte mediambiental s'ha observat que es poden reduir les emissions de CO₂ gairebé fins a un 70 %. D'aquí s'extreu que si avui en dia la majoria de llars disposessin de plaques solars al terrat, s'aconseguiria una reducció enorme de l'emissió de gasos contaminants, i d'aquesta manera contribuir a la disminució de l'efecte hivernacle.

D'altra banda, si aquest projecte necessités d'algun inversor, seria complicat que aquest realitzés la inversió i diposités els diners pressupostats. En l'estudi de la viabilitat econòmica s'ha observat que no es tracta d'un projecte rentable a curt i mitjà termini, ja que l'inversor trigaria molts anys en recuperar els diners dipositats. Això no ha suposat cap problema alhora de tirar endavant el projecte ja que els diners per a la inversió no es demanaran a cap banc ni a cap inversor, i la veritable motivació per realitzar aquest projecte no ha estat la econòmica sinó la mediambiental.

Actualment hi ha comunitats autònomes com Catalunya, que han començat a establir obligacions per a les llars de nova construcció per promoure l'ús de plaques solars per escalfar aigua calenta sanitària. Resulta ser una molt bona mesura i caldria que moltes més comunitats autònomes es sumessin a aquesta iniciativa. D'altra banda cal dir que si es comparen les ajudes i subvencions que es proporcionaven fa uns 15 anys aproximadament amb les d'avui en dia, s'observa que aquestes han disminuït notablement. Aquest fet s'ha intentat compensar amb la implantació al mercat de preus de plaques i dipòsits més econòmics. Ens trobem davant una bona mesura però en general s'ha observat que caldria un major esforç per part del govern per incentivar la instal·lació de plaques solars.

Agraïments

Voldria acabar agraint a tots els meus professors i professores per l'ajuda i pels coneixements que m'han transmet aquests anys, i la universitat per donar-me l'oportunitat de formar-me com a enginyer industrial. També li vull donar les gràcies al meu tutor pel temps dedicat i per tota l'ajuda i recomanacions que m'ha donat al llarg del desenvolupament del treball.

Per últim agrair a la meva família, en especial a la meva germana, pel suport i l'ajuda incondicional que he tingut realitzant aquest projecte.

Gràcies a tots

Bibliografía

Normativa

- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HE-Ahorro de la energía Ministerio de Fomento, 2013
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS-Salubridad. Ministerio de Fomento, 2009
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR-Protección frente al ruido. Ministerio de Fomento, 2009.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Instrucción Técnica Complementaria. ITE 10 Instalaciones Específicas. Real Decreto 1027/2007, del 9 de septiembre de 2013. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Instrucción Técnica Complementaria. ITE 03 Cálculo. Real Decreto 1027/2007, del 9 de septiembre de 2013. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), 2009
- Norma UNE EN 1057. Cobre y aleaciones de cobre. Tubos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción, 2010.

Pàgines webs d'interès:

- Captadors solars i dipòsit acumulador

- <http://kitdeenergiasolar.com/placas-solares>
- <http://www.suelosolar.com/guiasolares/acs.asp>
- <http://www.sonnenkraft.es>
- <http://www.infinitysun.com>
- <https://www.junkers.es>
- <http://www.buderus.es/productos>

- Altre components (vàlvules, vasos d'expansió, bomba, canonades, etc)

- <http://www.aki.es>
- <http://www.potermic.com>
- <http://www.lafarga.es>
- <http://www.ecofener.com>
- <http://www.armacell.com>

- Consulta i cerca d'informació:

- *Ministerio de Industria, Energía y Turismo.* <http://www.miteur.gob.es>
- *Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía.* <http://www.idae.es>
- *Código Técnico de la Edificación.* <http://www.codigotecnico.org>
- *Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport (IET).* <http://re.ec.europa.eu/pvgis>
- *Agencia Espacial de Meteorología.* <http://www.aemet.es>
- *Institut Català de L'Energia.* <http://www.icaen.gencat.cat>