



# EPS

Escola Politècnica  
Superior

## Projecte/Treball Fi de Carrera

**Estudi:**

Graduat Superior en Tecnologia Ambiental (GSTA)  
pla 2001

**Títol:**

Instal·lació solar tèrmica i solar fotovoltaica per a  
una vivenda aïllada.

**Document:**

Annexos

**Alumne:**

Enric Roca Torrent

**Director/Tutor:** Josep Maria Corretger Canós

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Màquines i Motors Tèrmics

**Convocatòria:** 07/2009

# ÍNDIX

<b>ANNEX A. SOLAR TÈRMICA.....</b>	<b>4</b>
A.1. ELEMENTS QUE INTERVENEN A LA INSTAL·LACIÓ .....	4
A.1.1. <i>Captadors solars</i> .....	4
A.1.2. <i>Acumulador solar</i> .....	7
A.1.3. <i>Energia auxiliar i caldera</i> .....	10
A.1.4. <i>Vas d'expansió</i> .....	11
A.1.5. <i>Purgadors i desaireadors</i> .....	12
A.1.6. <i>Termòstat diferencial</i> .....	13
A.1.7. <i>Vàlvules</i> .....	14
A.1.8. <i>Fluid caloportador</i> .....	15
A.1.9. <i>Dissipadors</i> .....	15
A.1.10. <i>Electrocirculador</i> .....	18
A.1.11. <i>Aïllament</i> .....	19
A.1.12. <i>Estructura de suport</i> .....	20
<b>ANNEX B. DESCRIPCIÓ TÈCNICA DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>21</b>
B.1. ELEMENTS QUE INTERVENEN EN LA INSTAL·LACIÓ .....	21
B.1.1. <i>Mòduls solars fotovoltaics</i> .....	21
B.1.2. <i>Bateries</i> .....	24
B.1.3. <i>Regulador</i> .....	25
B.1.4. <i>Inversor</i> .....	27
B.1.5. <i>Estructura de suport</i> .....	30
B.1.6. <i>Proteccions</i> .....	31
B.1.7. <i>Grup electrogen</i> .....	35
<b>ANNEX C. CÀLCULS REQUERIMENTS DE CALEFACCIÓ .....</b>	<b>36</b>
C.1. PÈRDUES PER TRANSMISSIÓ.....	36
C.1.1. <i>Tancaments de la vivenda</i> .....	39
C.1.1.1. <i>Tancaments en contacte amb el sòl</i> .....	40
C.1.1.2. <i>Tancaments interiors en contacte amb espais no habitables</i> .....	41
C.1.1.3. <i>Forats i llumeneres</i> .....	41
C.2. PÈRDUES PER VENTILACIÓ I INFILTRACIÓ .....	42
C.3. APLICACIÓ DE LES FORMULES A LA VIVENDA .....	43
<b>ANNEX D. CÀLCULS PER A LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA .....</b>	<b>44</b>
D.1. DADES DE PARTIDA .....	44

D.2.	CÀRREGA DE CONSUM.....	44
D.2.1.	<i>Necessitats energètiques per l'aigua calenta sanitària</i> .....	44
D.2.2.	<i>Necessitats energètiques calefacció</i> .....	46
D.2.3.	<i>Necessitats energètiques totals (A.C.S. + calefacció)</i> .....	48
D.3.	ENERGIA SOLAR DISPONIBLE .....	49
D.3.1.	<i>Criteris de rendiment</i> .....	54
D.3.2.	<i>Substitució energètica</i> .....	57
D.4.	DIMENSIONAMENT DE LA SUPERFÍCIE DE CAPTACIÓ.....	58
D.4.1.	<i>Orientació</i> .....	59
D.4.2.	<i>Càlcul d'ombres i distància entre col·lectors</i> .....	59
D.5.	DIMENSIONAT DEL VOLUM DE L'ACUMULADOR.....	60
D.6.	DIMENSIONAMENT DEL CIRCUIT HIDRÀULIC .....	60
D.6.1.	<i>Pèrdua de càrrega del circuit de tuberies</i> .....	62
D.6.2.	<i>Pèrdues de càrrega locals</i> .....	63
D.6.2.1.	<i>Pèrdua de càrrega del captador</i> .....	63
D.6.2.2.	<i>Pèrdua de càrrega de l'acumulador</i> .....	64
D.6.2.3.	<i>Pèrdua de càrrega de les singularitats de la instal·lació</i> .....	64
D.7.	DIMENSIONAT BOMBA DE RECIRCULARITZACIÓ.....	65
D.8.	DIMENSIONAT AÏLLAMENT .....	66
D.9.	DIMENSIONAT DE A CALDERA.....	67
D.10.	DIMENSIONAT DISSIPADORS DE CALOR.....	69
<b>ANNEX E.</b>	<b>ANNEX E. CÀLCUL PER A LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>70</b>
E.1.	JUSTIFICACIÓ DEL CRITERI DE CÀLCUL.....	70
E.2.	DADES DE PARTIDA .....	71
E.3.	CÀRREGA DE CONSUM .....	71
E.4.	CÀLCUL DE L'ENERGIA SOLAR DISPONIBLE.....	73
E.4.1.	<i>Orientació de les plaques</i> .....	74
E.4.2.	<i>Inclinació de les plaques</i> .....	74
E.4.3.	<i>Radiació solar disponible</i> .....	74
E.4.4.	<i>Càlcul d'ombres i distància entre col·lectors</i> .....	76
E.5.	DIMENSIONAT DELS ELEMENTS DE LA INSTAL·LACIÓ .....	78
E.5.1.	<i>Rendiment global</i> .....	78
E.5.2.	<i>Càlcul del nombre de panells i bateries</i> .....	79
E.5.2.1.	<i>Aproximació manual al dimensionament de les bateries</i> .....	80
E.5.2.2.	<i>Aproximació manual al dimensionament dels panells</i> .....	82
E.5.3.	<i>Dimensionat del regulador</i> .....	83
E.5.4.	<i>Dimensionat del inversor</i> .....	84
E.5.5.	<i>Càlcul de les seccions del cablejat</i> .....	85
E.5.6.	<i>Presa de terra</i> .....	87

E.5.7.	<i>Proteccions</i> .....	87
E.5.8.	<i>Generador</i> .....	88
E.5.9.	<i>Vida útil</i> .....	89
E.6.	ESQUEMA BÀSIC INSTAL·LACIÓ.....	89
<b>ANNEX F.</b>	<b>ESTUDI DE VIABILITAT</b> .....	<b>90</b>
F.1.	PER A INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA .....	90
F.1.1.	<i>Cost diferencial</i> .....	90
F.1.1.1.	Cost diferencial dels elements de la instal·lació.....	90
F.1.1.2.	Cost diferencial de combustible .....	91
F.1.2.	<i>Càlculs econòmics</i> .....	92
F.2.	PER A LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA.....	96
F.2.1.	<i>Cost diferencial</i> .....	96
F.2.1.1.	Cost diferencial dels elements de la instal·lació.....	96
F.2.1.2.	Cost diferencial de combustible .....	97
F.2.2.	<i>Càlculs econòmics</i> .....	98
<b>ANNEX G.</b>	<b>MANTENIMENT</b> .....	<b>100</b>
G.1.	PER A LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA.....	100
G.1.1.	<i>Operacions de manteniment i connexió a la xarxa a càrrec del servei tècnic</i> .....	100
G.1.2.	<i>Operacions de manteniment a càrrec de l'usuari</i> .....	101
G.2.	PER A LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA.....	102
G.2.1.	<i>Operacions de manteniment</i> .....	102
G.2.1.1.	Manteniment a càrrec del servei tècnic.....	102
G.2.1.2.	Manteniment a càrrec de l'usuari .....	103
<b>ÍNDEX DE CONTINGUTS</b> .....		<b>104</b>
ÍNDEX DE TAULES.....		104
ÍNDEX DE GRÀFICS .....		108
ÍNDEX D'IL·LUSTRACIONS .....		109
ÍNDEX D'EQUACIONS.....		111

## **ANNEX A. SOLAR TÈRMICA**

### ***A.1. Elements que intervenen a la instal·lació***

#### **A.1.1. Captadors solars**

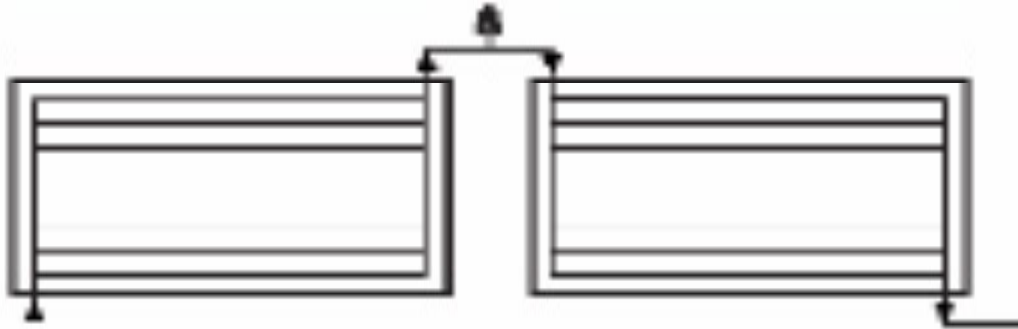
És l'element bàsic d'una instal·lació solar per a l'aprofitament tèrmic de la radiació solar. És el component encarregat de capturar l'energia del sol i introduir-la en el sistema en forma de calor. Els captadors "Solvis Fera F-552-D" estan desenvolupats per a aplicacions d'aprofitament a baixa temperatura (inferior a 100° C). La sèrie Fera-D té una configuració hidràulica que facilita la instal·lació de col·lectors en superfície inclinada o columna, i permet la interconnexió de fins a 6 captadors. El seu funcionament està basat en l'efecte hivernacle i en el de superfícies absorbents, a més estan dissenyats per a suportar condicions climàtiques molt adverses.



**Il·lustració 1. Fotografia captador Solvis Fera.**

**Bàsicament els components que el formen són:**

Placa absorbent: formada per 1 graelles de 18 tubs de paral·lel de coure de 18mm de diàmetre, soldat una làmina d'alumini amb recobriment selectiu Miro-Therm-B. El tipus de soldadura és làser, amb gran superfície de contacte i gran resistència a les torsions degudes a la dilatació.

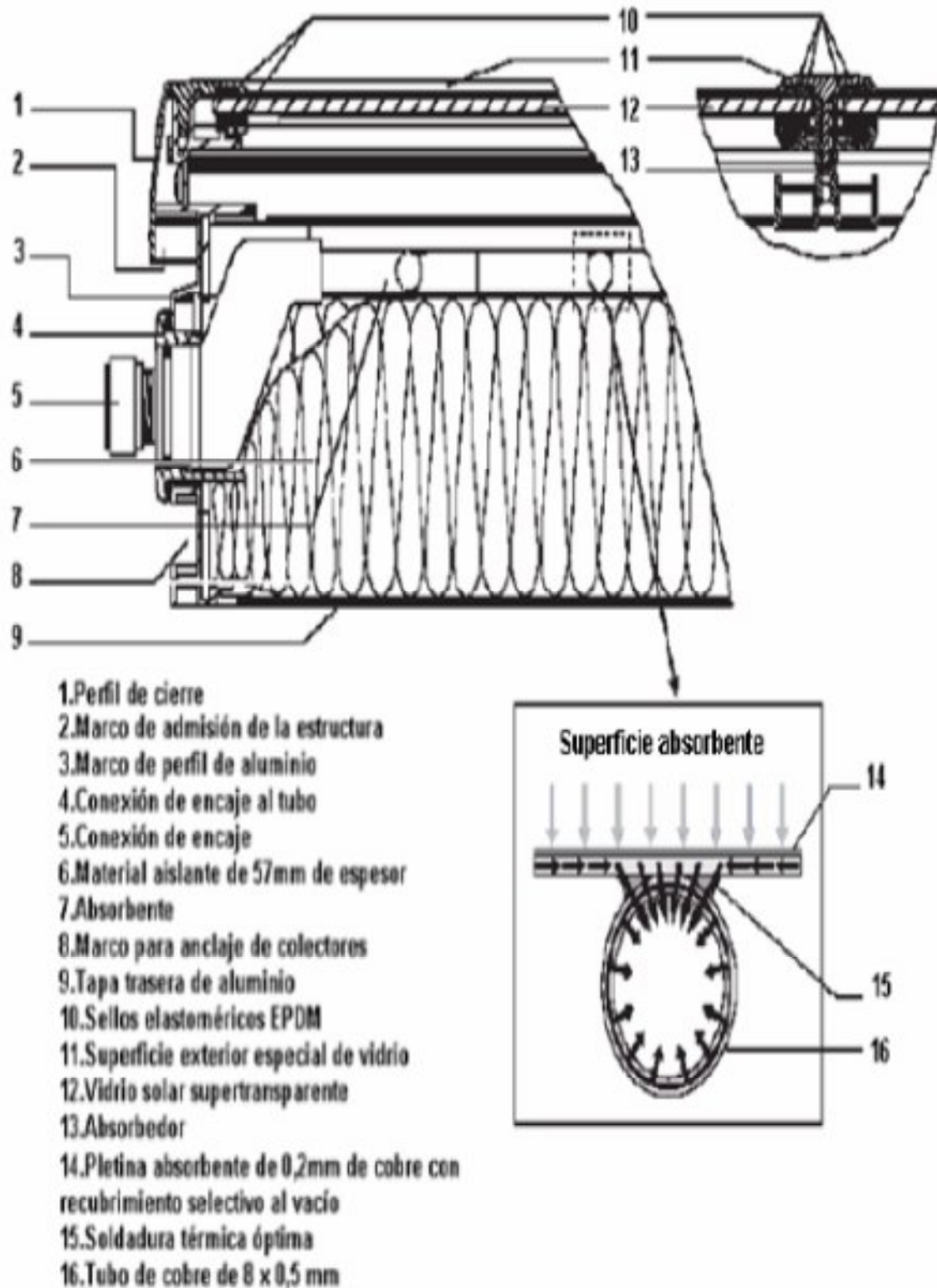
**II-Il·lustració 2. Esquema configuració diagonal de 2 captadors solars.**

Coberta transparent: cristall solar supertransparent de 3,2mm d'espessor, transmissivitat superior al 90%, emissivitat del 5%, antireflexant, templat i de seguretat.

Les característiques del captador Solvis Fera F-552-D són:

Model	Solvis F-552-D
Mides: alt x ample x gruix (mm)	1480 x 3793 x 105
Superfície útil (m <sup>2</sup> )	5,16
Pes (kg)	109
Capacitat de fluid (l)	3
Caudal recomanat (l/h·m <sup>2</sup> )	12-15
Rendiment òptic $\eta_0$	0,819
Factor de pèrdues $a_1$ (W/m <sup>2</sup> ·K)	3,26
Factor de pèrdues $a_2$ (W/m <sup>2</sup> ·K)	0,0176
Material aïllament	Fibra de Vidre

**Taula 1. Característiques captador Solvis Fera.**



II-lustració 3. Tall del captador solar Solvis Fera.

### A.1.2. Acumulador solar

Es obvi que la necessitat d'energia no sempre coincideix amb el període de captació que obtenim del sol, per lo que és absolutament imprescindible disposar d'un sistema d'emmagatzament que faci front a la demanda en moments de poca o nul·la insolació.

En el nostre cas, escollim el model Solaris BSF-1500 perquè alhora disposa d'un intercanviador. Aquest està compost per un serpentí hel·licoidal situat al interior del tanc.

En el interior del serpentí la circulació del fluid procedent dels panells solars es forçada, mentre que en el exterior la renovació del fluid en contacte amb el serpentí és per convecció natural. Aconseguint una estratificació de l'aigua al interior del tanc (l'aigua calenta es trobarà a la part superior). Doncs el sistema està dissenyat per l'ús d'aquesta aigua situada a la part superior.

A més a més, aquest acumulador posseeix 2 dipòsits, un per emmagatzemar l'aigua destinada a consum i un altre, major, per l'aigua que anirà a calefacció.



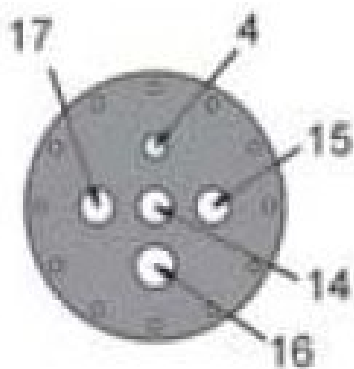
Il·lustració 4. Fotografia de l'acumulador Solaris BSF-1500.



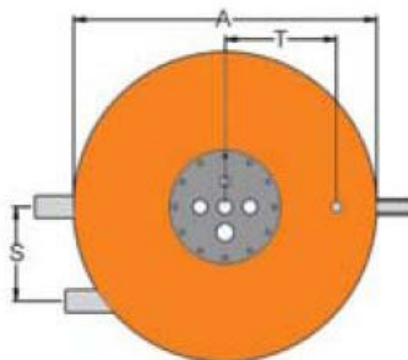
Les característiques de l'acumulador són:

Solaris BSF-1500	
Capacitat total (l).	1449
Capacitat ACS (l).	330
Capacitat Aigua calefacció (l).	1119
Alçada total amb aïllament (mm)	2150
Alçada total en diagonal (mm)	2250
Diàmetre acumulador amb aïllament 100 mm (mm)	1200
Intercanviador (m <sup>2</sup> )	3,3
Potència absorbida (kW)	86
Cabal del serpentí (m <sup>3</sup> /h)	3,7
Producció aigua calefacció 80°C/60°C (DIN 4708) (m <sup>3</sup> /h)	2,1
Pèrdua de càrrega (mbar)	468
Coeficient de potència (DIN 4708)	6
Pes (kg)	430
Pressió màxima de servei del circuit calefacció (bar)	3
Pressió màxima de servei del circuit ACS (bar)	6
Pressió màxima de servei del circuit del intercanviador (bar)	6
Temperatura màxima d'utilització (°C)	95
Aïllament d'espuma de Poliuretà sense CFC	Si
Interiorment recobert amb resina termo-endurida smalver	Si

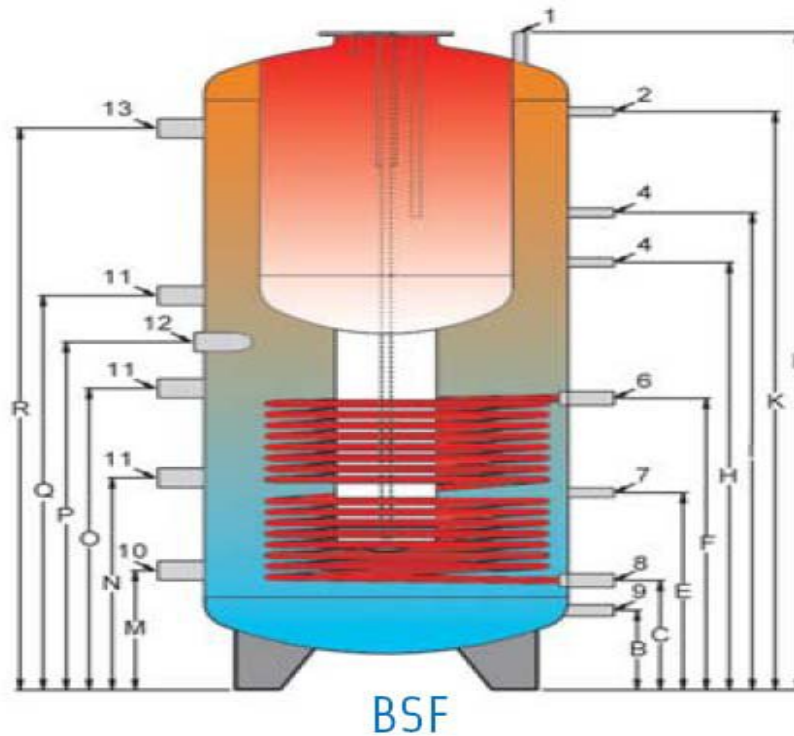
**Taula 2. Característiques acumulador.**



**II-lustració 5. Vista de la tapa superior**



**II-lustració 6. Vista zenital.**



Il·lustració 7. Vista frontal.

Model 1500litres	A	B	C	D	E	F	G	I	J
	1000	2085	1750	1390	1115	950	750	400	290
	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	390	710	990	1170	1360	1725	240	415	220

Taula 3. Distàncies respecte la base.

Número	Tipus de connexió	Mida
1	Ventilació	1/2"
2	Termòmetre	1/2"
3	Sonda	1/2"
4	Sortida serpenti	1"
5	Retorn serpenti	1"
6	Evacuació	3/4"
7	Retorn calefacció	1"1/2
8	Lliure	1"1/2
9	Resistència opcional	1"1/2

10	Sortida calefacció	1"½
11	Aigua freda	1"
12	Circulació	1"
13	Ànode de magnesi	1"¼
14	Sortida	1"

**Taula 4. Relació i dimensions de les connexions.**

### A.1.3. Energia auxiliar i caldera

L'opció escollida és la caldera Domusa Evolution EV 30 FM.; és una caldera de gasoil que aprofita la condensació dels gasos de combustió per aconseguir un rendiments >103% enfront de la caldera convencional, a més, permet satisfer les necessitats de calefacció i ACS al moment.

.La caldera EVOLUTION EV FM va equipada amb un sistema de producció d'aigua calenta modulant que permet establir la temperatura de consum de l'aigua calenta i ajustar-la a la seleccionada en el selector situat en el panell de control, independentment del cabal d'aigua requerit i de la temperatura d'entrada de l'aigua freda en cada moment.

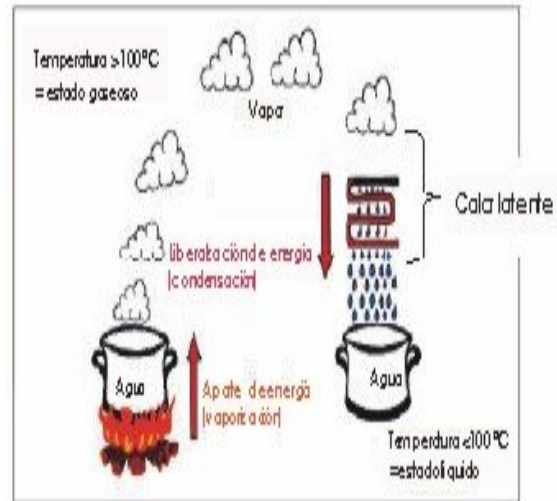
La modulació permet l'adaptació contínua de la potència de la caldera a les necessitats de consum.

Model	Evolution EV 40 FM	
Potència nominal kW	29,3	
Potència útil en condensació kW	30,2	
Potència útil en instal·lació tradicional kW	28,7	
Contingut d'aigua l	19,5	
Pes kg	160	
Producció litres/minut ACS	ΔT 30°C	12,8
	ΔT 25°C	15,4

**Taula 5. Característiques caldera Domusa EV 40 FM.**



Il·lustració 8. Diferències entre els tipus de calderes.



Il·lustració 9. Descripció del cicle de condensació.

- La diferència entre les calderes de baixa temperatura i les calderes de condensació és: La caldera de condensació aprofita l'energia de condensació que resta en els fums d'escapament. La temperatura dels fums és aproximadament  $150^{\circ}\text{C}$  (depenent de la temperatura de funcionament  $70\text{-}80^{\circ}\text{C}$ ).
- La caldera de baixa temperatura a diferència de les convencionals, treballen escalfant constantment l'aigua, és a dir, en mode estacionari, evitant així parar i arrencar, cosa que suposa una millora en l'eficiència fins al 90%.

#### A.1.4. Vas d'expansió

El dipòsit d'expansió és l'element utilitzat amb l'objectiu d'absorbir les sobrepressions del fluid que recorre el circuit, degudes a l'augment de volum que es produeix a l'expandir-se per a l'escalfament del fluid.

S'haurà unir directament mitjançant canonades, als equips de producció de calor, sense que existeixi cap vàlvula susceptible de ser tancada entre l'equip productor d'aigua calenta i el dipòsit d'expansió. A més el dipòsit d'expansió haurà de complir les exigències de la norma ITIC 16.8 d'aplicació a Espanya i d'obligat compliment.

El vas d'expansió s'ha de

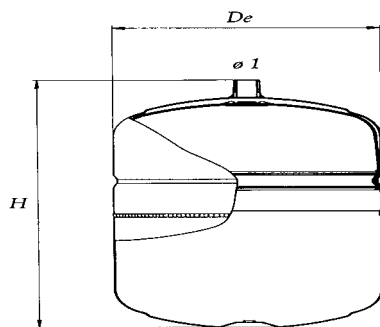
dimensionar per a un volum mínim de dilatació, igual al 4,3 % del volum total del circuit primari de la instal·lació.

El dipòsit d'expansió tancat es dimensionarà de manera que la pressió mínima en fred en el punt més alt de la instal·lació, no sigui inferior a 1,5 kg/cm<sup>2</sup> i la pressió màxima en calent en qualsevol punt del circuit no superi la pressió màxima de treball de la instal·lació.

En aquest cas, el volum del circuit primari és de 50 litres i la pressió de la vàlvula de seguretat és de 6 bar, doncs s'ha escollit vas d'expansió de la marca Aquaflex HL-5 tancat de 5 litres.

Tipus	Capacitat (l)	Pressió de treball (bar)	Pressió de precàrrega (bar)	De (mm)	H (mm)	Ø (pols)
HL-5	5	8	1,5	205	225	¾"

**Taula 6. Característiques del vas d'expansió.**



**Il·lustració 10. Croquis del vas d'expansió.**

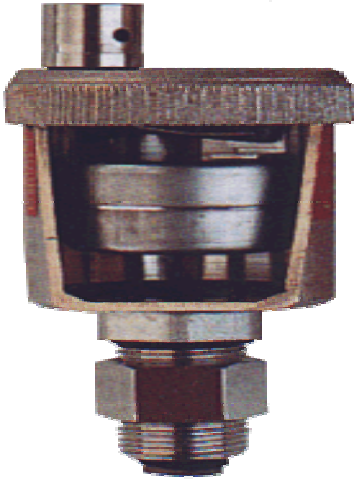


**Il·lustració 11. Fotografia del vas d'expansió Aquaflex de 5 l.**

### **A.1.5. Purgadors i desaireadors**

Per tal d'evitar acumulacions de gasos en el sistema primari, la instal·lació disposarà d'un sistema de purga d'aire en la part més elevada de la bateria de col·lectors.

PURG-O-MAT 150 SOLAR.



Il·lustració 12. Tall del purgador.



Il·lustració 13. Fotografia del purgador Purgo-mat.

### A.1.6. Termòstat diferencial

El principi de funcionament del Termòstat Diferencial (TD) es basa en comparar dues mesures de temperatura.

Aquestes mesures es comparen al TD i quan la seva diferència és igual o superior a un valor prefixat s'activa la funció establerta en el TD, com pot ser la posada en marxa d'una bomba o el canvi de posició d'una vàlvula.

En el nostre cas escollim el regulador de diferència de Temperatura de la marca Steca model TR0603.

Té varies funcions i són:

- Quantitat de calor (generador d'impulsos)
- Elevació del retorn de la calefacció
- Vacances (refrigeració de l'acumulador)

- Circulació (control per temperatura / temps)
- Calefacció de suport
- Caldera de sòlids
- Bypass
- Termòstat
- Temporitzador
- Interval / col·lector de tubs
- Anticongelant

La funció anticongelant és molt útil, perquè quan el TD registra la temperatura de risc per congelació, s'activa la bomba perquè faci recircular aigua, segons un valor que també és prefixa.

### **A.1.7. Vàlvules**

A les instal·lacions d'aigua calenta sanitària, i concretament en els seus circuits de canonades, és necessari disposar d'una sèrie d'elements auxiliars que permetin independitzar els circuits, desmuntar els equips, regular els cabals, assegurar les pressions de seguretat, omplir i buidar la instal·lació, i altres necessitats.

Per a tot això és necessari disposar de les corresponents vàlvules. Les vàlvules poden ser de diversos tipus, d'acord al seu ús, materials, sistema d'accionament, mètode constructiu, etc.

Doncs, per a una eventual substitució d'elements dels circuits s'instal·laran claus de tipus esfera que anul·lin totalment el pas de fluid per facilitar el muntatge, desmuntatge, reparació

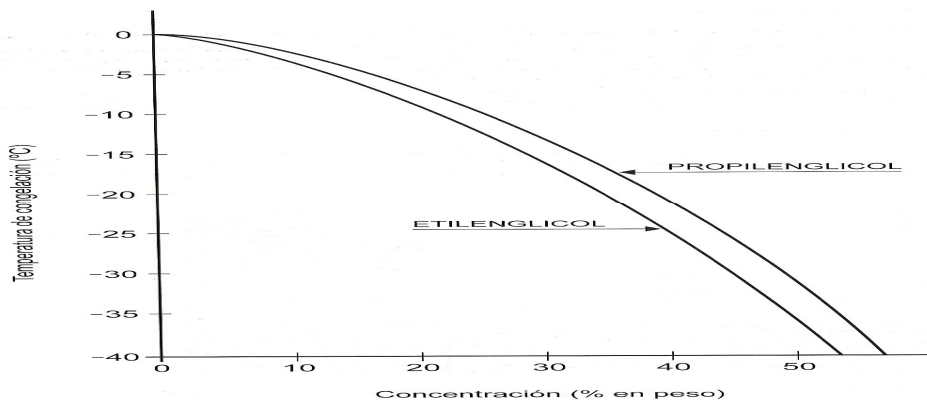
del sistema; en l'acumulador s'instal·larà una vàlvula de seguretat tarada a 8 Kg, amb dispositius de desaigües.

### A.1.8. Fluid caloportador

En el nostre cas, al poder separar l'aigua de consum de l'aigua a escalfar, podem afegir additius a l'aigua per tal d'evitar situacions de congelació d'aquesta.

Doncs, ens decantem per aigua més una concentració al 20% de propilenglicol (anticongelant), aquesta concentració farà que el circuit primari no es congeli fins arribar als  $-7^{\circ}\text{C}$ , una protecció més que suficient pel clima on ens trobem.

Un altre valor afegit al ús d'aquesta substància, és el seu econòmic preu, uns 6-7 €/litre.



Gràfic 1. Relació concentració de propilenglicol temperatura de congelació del fluid.

### A.1.9. Dissipadors

Degut al increment de temperatura, i associat al descens de les necessitats, que hi ha segons el període de l'any. L'aigua pot assolir, un excés de temperatura, que pot causar problemes als elements de la instal·lació, doncs cal un disseny i un element que limiti aquest problema.

Doncs, s'ha considerat la temperatura de  $90^{\circ}\text{C}$  com les condicions límit de funcionament d'un sistema d'energia solar tèrmica en col·lectors plans. El sistema es compon de:



- Vàlvula de 4 vies termostàtica amb separador ciclònic d'aire i tub de bypass.
- Intercanviador de calor de coure alejat en bateries de 3 i 6 tubs.
- Vàlvula de retenció.



**Il·lustració 14. Elements del dissipador.**

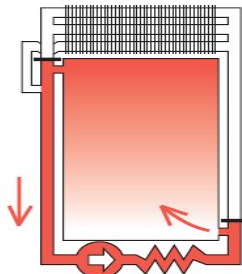


**Il·lustració 15. Situació del dissipador darrera el captador.**

Permet tres diferents possibilitats de funcionament:

- Funcionament normal: Amb temperatures inferiors a 90°C la vàlvula permet el pas de l'aigua al circuit primari i manté tancada la via cap al dissipador.

FUNCIONAMIENTO NORMAL:

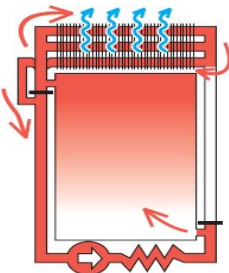


**Il·lustració 16. Funcionament normal.**

### Dissipació parcial amb bomba

Doncs en èpoques de gran aportació solar i baixa demanda de calor, situació típica de l'estiu, i quan la temperatura de sortida dels col·lectors es situa en torn als 90°C, la vàlvula inicia l'obertura de la via cap al dissipador i es produeix el refredament del fluid. A partir d'aquest moment, la vàlvula donarà major o menor pas cap al dissipador, en funció de la temperatura de sortida. El tub de by-pass té el paper de retorn del intercanviador de calor. A major temperatura, major secció de sortida cap el intercanviador i menor de pas a la instal·lació, i inversament. El doble èmbol de la vàlvula es posicionarà automàticament, mantenint en tot moment la temperatura límit consignada, 90°C.

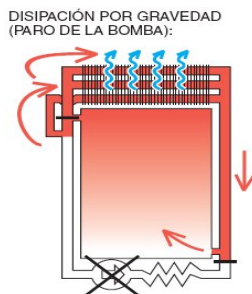
DISIPACIÓN NORMAL CON BOMBA  
(BAJA DEMANDA ENERGÉTICA):



**Il·lustració 17. Dissipació per bomba.**

- Dissipació per gravetat (paro de la bomba)

Quant es desconnecta el grup electrobomba (averia, interrupció del subministrament elèctric, absència per vacances, etc.) ràpidament, el fluid dels col·lectors assoleix la temperatura màxima de consigna, 90°C. La vàlvula de retenció, que en repòs està sempre oberta, en el moment que la bomba deixa de funcionar, se estableix, automàticament, la circulació per gravetat, doncs per termosifó, entre l'anada del col·lector, el tub de by-pass i el de retorn del col·lector. L'aigua circula pel tub de by-pass en sentit contrari i transmet al sensor de la vàlvula la temperatura més alta del fluid. La vàlvula obre la via cap el intercanviador i aquest es refredarà en la totalitat de la superfície. Com en el cas anterior, la vàlvula es posicionarà automàticament limitant el salt tèrmic, aproximat, de 60°C, entre el fluid dels col·lectors i la temperatura ambient. L'aigua freda de retorn del intercanviador, de major pes específic que la calenta dels col·lectors, genera la pressió suficient per a establir la circulació del fluid, amb el que la dissipació es regula sense més energia que la causada per la gravetat.



**Il·lustració 18. Dissipació per gravetat.**

Amb temperatures inferiors a 90°C la vàlvula permet el pas de l'aigua al circuit primari i manté tancada la via cap al dissipador.

En el nostre cas hem escollit el dissipador per gravetat ESCOSOL, que permet una dissipació per gravetat de fins a 2000W.

### **A.1.10. Electroculador**

Són aparells accionats per motor elèctric, capaços de subministrar al fluid una quantitat d'energia per tal de transportar el fluid per un circuit obert i/o tancat.

L'energia produïda per l'electrocirculador ha de vèncer la resistència que oposa el fluid el seu pas per la tuberia i mantenir la pressió desitjada en qualsevol punt de la instal·lació. Doncs hem escollit la bomba circuladora UPS25-40 de la casa HELEOS HISPANIA amb termostat, programador i display incorporat. Que ofereix des de 25 W fins a 40W de potència al circuit.



**Il·lustració 19. Bomba electrocirculadora.**

### **A.1.11. Aïllament**

Un element fonamental, és l'aïllament de tots els elements que poden tenir pèrdues calorífiques. En una instal·lació s'usa en tres llocs ben diferenciats: la part posterior del col·lector, les tuberies, i el dipòsit acumulador d'aigua.

Aïllant	Espuma elastomèrica
Ús principal	Aïllant a baixa temperatura
Temperatura límit	De 105°C
Corrosió	No
Resistència al foc	Autoextingible
Resistència mecànica	Mitja
Resistència al aigua	Molt bona
Pes específic	60 kg/m <sup>3</sup>
Coefficient de conductivitat K	0.04 W/(m·K) a 40 °C

**Taula 7. Característiques de l'espessor de l'aïllant tèrmic en mm.**

L'espessor de l'aïllant serà com a mínim el indicat a la taula, si s'usa un aïllant de  $K = 0,040$

$$\frac{W}{m \cdot K}$$

Temperatura del fluid				
Diàmetre de la tuberia (mm)	40-65°C	66-100°C	101-150°C	<150°C
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

**Taula 8. Limitacions al ús de l'aïllant tèrmic en mm.**

Cal tenir en compte que si són tuberies que circulen per l'exterior, s'ha d'afegir 10mm al valor tabulat.

Doncs en el nostre cas usarem una espuma elastomèrica de 30mm de gruix, ja que circula per l'exterior i la temperatura d'ús està entre 45 i 100 °C.

### **A.1.12. Estructura de suport**

Un dels elements més importants en tota instal·lació tèrmica per a assegurar un aprofitament òptim de l'energia solar és l'estructura de suport. A l'estructura de suport permet la fixació, la correcta inclinació i orientació del captador solar.

En aquest cas hem optat per una estructura d'alumini anonitzat caracteritzat per la seva facilitat de muntatge i el seu poc pes.

La capacitat de l'estructura serà d'una fila de captadors fixats en la façana sud de la casa.

Dissenyada per a suportar velocitats de vent de 150 Km/h, i acumulacions de neu.

## **ANNEX B. DESCRIPCIÓ TÈCNICA DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA**

### **B.1. Elements que intervenen en la instal·lació**

#### **B.1.1. Mòduls solars fotovoltaics**

Les funcions dels mòduls solars fotovoltaics són:

- La transformació de l'energia del sol en energia elèctrica. A partir que la llum solar irradia les cèl·lules fotovoltaïques, incloses en cada mòdul, aquestes generen un corrent continu.

La matèria prima per a la fabricació de les cèl·lules fotovoltaïques més utilitzada actualment és el silici. El silici utilitzat actualment en la fabricació de les cèl·lules que componen els mòduls fotovoltaics es presenta en tres formes diferents:

- Silici monocristal·lí: En aquest cas el silici que compon les cèl·lules dels mòduls és un únic cristall. La xarxa cristal·lina és la mateixa en tot el material i té molt poques imperfeccions. El procés de cristal·lització és complicat i costós, però no obstant això, és el que proporciona la major eficiència de conversió de llum en energia elèctrica.
- Silici policristal·lí: El procés de cristal·lització no és tan curós i la xarxa cristal·lina no és la mateixa en tot el material. Aquest procés és més barat que l'anterior però s'obtenen rendiments lleugerament inferiors.
- Silici amorf: En aquest no hi ha xarxa cristal·lina i s'obté un rendiment inferior als de composició cristal·lina. No obstant això posseeix l'avantatge, a més del seu baix cost, de ser un material molt absorbent pel que hi ha suficient amb una fina capa per a captar la llum solar.

Una placa la formen un nombre determinat de cèl·lules que estan protegides per un vidre, encapsulades sobre un material plàstic i tot el conjunt emmarcat amb un perfil metàl·lic. Es poden disposar en sèrie i/o paral·lel per a obtenir la tensió nominal que es requereix en cada cas.

El mòdul solar proposat és el model KC 200 GHT2 del fabricant Kyocera. Aquests mòduls estan constituïts per 54 cèl·lules rectangulars de silici policristal·lí de 150x155mm.

Per protegir-les contra condicions climàtiques adverses, les cèl·lules estan incrustades entre una protecció de cristall endurit (resistència a les granzades assajat segons IEC 61215 per TÜV) i làmines d'EVA (Etil-Vinil-Acetat). La part posterior està segellada amb làmines de PET (Poliestiré). El laminat està encastat en un marc d'alumini de fàcil muntatge. Són de construcció summament robusta que garanteix una vida de més de 20 anys en ambients climatològics adversos.

Les característiques elèctriques/físiques del mateix es mostren a la taula.

Especificacions tècniques	Descripció
Tipus de mòdul fotovoltaic	KC 200 GHT2
Rendiment (%)	16
Garantia de rendiment (anys)	10*/20**
Característiques elèctriques	
A 1000 W/m2 (STC***)	
Potència nominal (W)	200
Tensió max del sistema (V)	1000
Tensió en potència nominal (V)	26,3
Corrent de potència nominal (A)	7,61
Voc ;Tensió de marxa en buit (V)	32,9
Isc ;Corrent de curtcircuit (A)	8,21
A 800 W/m2 (NOCT****)	
Potència nominal (W)	142
Tensió en potència nominal (V)	23,2
Corrent de potència nominal (A)	6,13
Voc ;Tensió de marxa en buit (V)	29,9
Isc ;Corrent de curtcircuit (A)	6,62
NOCT**(°C)	+47
Tolerància de potència %	-5/+10
Coefficient de temperatura de la tensió en marxa en buit (V/°C)	-1,23x10 <sup>-1</sup>

Coeficient de temperatura de la corrent de curtcircuit (A/°C)	-3,18x10 <sup>-3</sup>
Reducció del nivell d'eficàcia de 1000 W/m <sup>2</sup> a 200 W/m <sup>2</sup> (%)	7,8
Característiques físiques	
Panells	
Mesures (mm)	1425 x 990 x 36
Àrea (m <sup>2</sup> )	1,41
Pes (kg)	18,5
Cèl·lules	
Nombre cèl·lules per mòdul	54
Tecnologia cel·lular	Silici policristal·lí
Tamany de les cèl·lules (mm)	150x155
Àrea de captació (m <sup>2</sup> )	1,25

**Taula 9. Característiques dels panells fotovoltaics.**

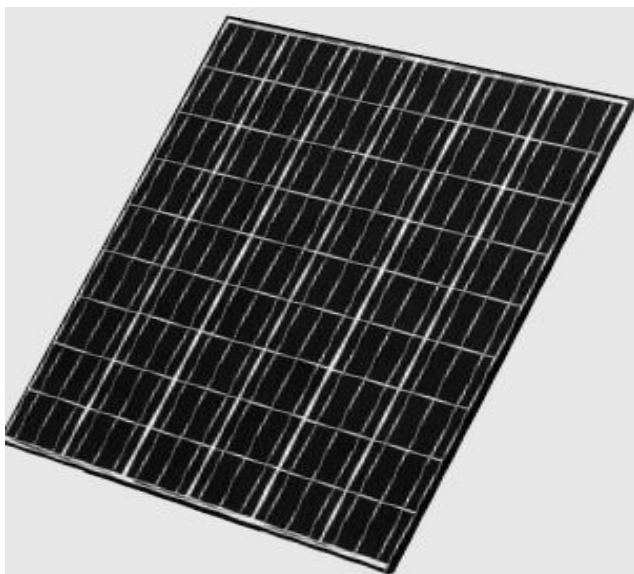
\* 10 anys al 90% de la potència mínima especificada sota condicions STC

\*\* 20 anys al 80% de la potència mínima especificada sota condicions STC

\*\*\* STC; són les condicions de prova estàndard: irradiació de 1000W/m<sup>2</sup>, massa d'aire 1,5; velocitat del vent 1 m/s; i temperatura de les cèl·lules de 25°C.

\*\*\*\* NOCT; són les condicions de prova segons la temperatura operativa nominal de les cèl·lules: irradiació de 800W/m<sup>2</sup>, massa d'aire 1,5; velocitat del vent 1 m/s; i temperatura ambient 20°C





Il·lustració 20. Fotografia del panell fotovoltaic KC200 GHT2

### B.1.2. Bateries

Les funcions de l'acumulador o bateries són:

- Subministrar una potència instantània, o durant un temps limitat, superior a la que el camp de panells podria generar fins i tot en les condicions més favorables. Tal és com l'arrencada de motors, per exemple els dels frigorífics, que requereixen durant uns segons molta més potència que en el seu funcionament normal.
- Mantenir un nivell de tensió estable, degut a que la tensió de sortida del panell varia en funció de la intensitat radiant, el qual pot no ser adequat pel funcionament dels aparells. L'acumulador proporciona un voltatge estable i constant (dins d'un rang) independentment de la radiació.

Cal conèixer que tot i que els panells poden subministrar a un voltatge de 26 V, doncs la intensitat de la corrent subministrada pel panell s'ajustarà automàticament a un valor tal que en la seva corba i-V, el voltatge sigui precisament el de la bateria.

Les bateries usades són de la casa VICTRON ENERGY, i el model és el Vasos GEL Long Life de 2 V OpzV de 1000 Ah.

Especificacions tècniques		Descripció
Mides		215 x 235 x 710 mm
Pes		68 kg
Tecnologia		Plaques tubulars GEL
Bornes		Coure, M8
Capacitat nominal		Descàrrega en 10h a 25°C
Duració de vida en flotació	a 20°C	20 anys
	a 30°C	10 anys
	a 40°C	5 anys
Profunditat de descàrrega (Pd)	100%	700 cicles
	50%	1200 cicles
	30%	2400 cicles

**Taula 10. Característiques de les bateries.**

En aquestes bateries el coeficient d'autodescàrrega ( $k_a$ ) és inferior al 2% al mes, a 20°C. L'autodescarga es duplica per cada 10°C d'augment de temperatura.(al desembre la temperatura mitja diària és inferior a 20°C)



**Il·lustració 21. Fotografia de la bateria.**

### B.1.3. Regulador

Els panells fotovoltaics es dissenyen per que puguin produir una tensió de sortida alguns volts superior a la tensió que requereix la bateria per carregar-se.

L'inconvenient d'aquesta lleugera sobretensió és doble. Per una part es perd una mica de l'energia màxima teòrica obtenible del panell (al voltant de 10%) i per l'altre part, quan la bateria arribi a l'estat de plena càrrega, no assolirà el potencial màxim que el panell

teòricament és capaç de subministrar, i aquest seguirà intentant injectar energia a través dels borns de la bateria, produint una sobrecàrrega perjudicial per la instal·lació, que si no és evitada pot arribar a destruir la bateria.

Doncs el regulador de càrrega té la funció de:

- Regular la corrent que absorbeix la bateria, amb el fi que en cap moment pugui arribar a sobrecàrregar-se, però evitant al mateix temps que deixi d'emmagatzemar, en la mesura del possible, energia provinent dels panells. Es a dir, que deixarà fluir l'energia justa per mantenir els les bateries en estat de plena càrrega (aquesta corrent mínima s'anomena de corrent de flotació).

En general, l'elecció del sistema de regulació per una instal·lació fotovoltaica ha d'assegurar les següents necessitats:

- Protecció de la bateria contra sobrecàrrega
- Protecció de la bateria contra descàrregues excessives mitjançant desconexió automàtica de la càrrega
- Reconexió automàtica o manual.
- Sistema d'alarma per baixa càrrega de la bateria
- Desconnectador manual de la alarma, que es connecti automàticament al augmentar de nou la càrrega de la bateria per sobre d'un valor prefixat.
- Diode de bloqueig

Per el nostre cas, hem escollit el regulador de la casa Outback i el model FLEXmax 80 MPPT que permet intensitats de corrent fins a 80A. Doncs, disposa de les següents característiques, a més a més de les anteriorment descrites:

Especificacions tècniques	Descripció
Model	FLEXmax 80 MPPT
Voltatge de bateria nominal (V)	12/24/48/60
Corrent màxima (A) a 40°C	80
Consum d'espera (W)	< 1
Eficiència de conversió a 48 V i 80A	97,5%
Regulació de càrrega	càrrega màxima (bulk), absorció, flotació, silenciosa i igualació
Pantalla de informació	Si
Controlador a distància	Si

Registre de dades	Ah, Wh, W pic, A, Voltatge de FV, temps de flotació, voltatge màxim i mínim de bateria, dels darrers 128 dies i els valors acumulats de Ah i kWh.
Rang de temperatures (°C)	-40 a 60
Garantia	5 anys
Pes (kg)	5,56
Dimensions (cm)	41,3x14x10

Taula 11. Característiques regulador



Il·lustració 22. Fotografia del regulador.



Il·lustració 23. Fotografia del maximitzador.

A més a més del regulador, en el sistema inclourem un maximitzador, que és un arrencador del grup electrogen, a partir de les dades del voltatge de la bateria que es situarà a continuació del regulador. Per al nostre cas, hem escollit el model Relay driver de la casa MORNING STAR.

#### B.1.4. Inversor

L'inversor té la funció de:

- adaptar l'energia lliurada pel generador fotovoltaic, en forma de corrent continu (CC o DC) a corrent altern (AC o CA).

Hi ha molts tipus d'inversors, que utilitzant diferents tecnologies, es comercialitzen en l'actualitat. Els que s'usen en instal·lacions connectades a xarxa elèctrica se'ls exigeix una baixa producció d'harmònics la seva adaptació a qualsevol xarxa elèctrica i una generació amb alt factor de potència.



**Il·lustració 24. Fotografia del inversor**

En aquest cas s'ha escollit el model aïllat XTH 6000-48 de 5000W de la casa STUDER. Aquest inversor és compacte i molt robust i presenta les següents característiques:

Especificacions tècniques	Descripció
Dades elèctriques	
Model	XTH 6000-48
Voltatge nominal de la bateria (V)	48V
Rang de voltatge d'entrada (V)	38-68V
Potència nominal (VA) a 25°C	5000VA
Potència (VA) durant 30 minuts a 25°C	6000VA
Potència (VA) durant 5 segons a 25°C	15000VA
Màxima càrrega	Fins a curt circuit
Màxima càrrega asimètrica	Fins a Pcont.
Càrrega de detecció (stand by) (W)	de 2 a 25 W
Cos Phi	0.1-1
Eficiència	96%
Consum en off /stand by/on (W)	1.6W/3W/22W
Voltatge de sortida (Vac)	Ona Sine 230Vac (+/- 2%) De 190 fins a 245Vac
Freqüència de sortida	50 Hz ajustable 45-65Hz +/- 0.05%
Distorsió harmònica	<2%
Corrent de càrrega ajustable	0-100 A
Dades generals	
Màxima corrent en relé de transferència	50A / 11.5kVA
Temps de transferència	<15ms

Pes	42kg
Mides	230x300x500 mm
Índex de protecció	IP23
Rang de temperatura operatiu	-20 to 55°C
Ventilació	Forçada des de 55°C
Nivell acústic	<40dB / <45dB (sense/amb ventilació)
Garantia	2 anys

**Taula 12. Característiques del inversor.**

A més a més té proteccions contra:

- sobretensió transitòries lleus
- fallo d'aïllament del camp de col·lectors fotovoltaics
- curtcircuits i sobrecàrregues a la sortida.

Conformitat amb la normativa: EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 55014, EN 55022, EN 61000-3-2, Dir. 89/336/EEC, LVD 73/23/EEC.

Els inversors són equips electrònics sofisticats i han de ser tractats en conseqüència. Per a la selecció del lloc destinat a la instal·lació del inversor és molt important considerar els següents aspectes:

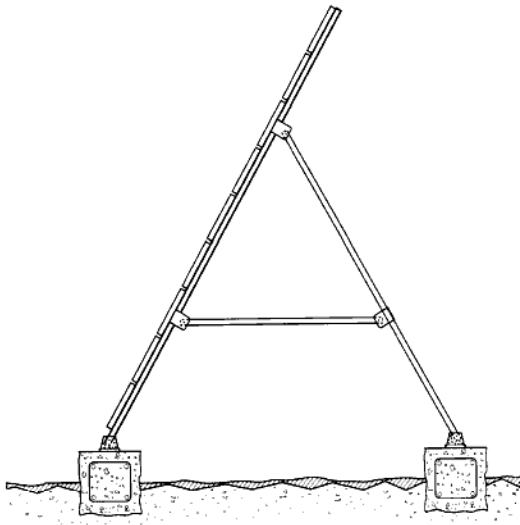
- El local de l'equip ha de disposar de suficient ventilació.
- La instal·lació ha de realitzar-se en llocs secs i protegits de fonts de calor i humitat. Exposar el inversor a goteres o projeccions d'aigua és particularment destructiu i potencialment perillós.
- El local no ha de contenir pols en suspensió que pugui afectar a la refrigeració de l'equip.
- Lloc protegit de la intempèrie.
- El local escollit per a instal·lar l'equip ha d'admetre la càrrega del pes de la màquina.

### B.1.5. Estructura de suport

Un dels elements més importants en tota instal·lació fotovoltaica per a assegurar un aprofitament òptim de l'energia solar és l'estructura de suport. A l'estructura de suport permet la fixació, la correcta inclinació i orientació del mòdul fotovoltaic, a més de suportar intensitats de vent de fins a 150 km. I acumulacions de neu.

En aquest cas hem optat per una estructura d'alumini anoditzat caracteritzat per la seva facilitat de muntatge i el seu poc pes.

La capacitat de l'estructura serà de dues files de panells en sentit vertical, modulables i per tant de longitud il·limitada.



Il·lustració 25. Fixacions per al suport dels panells.

### B.1.6. Proteccions

Es tracta d'un dels aspectes més importants de la instal·lació, degut a la existència de components electrònics, haurem de prestar especial atenció a las proteccions a instal·lar, d'aquesta manera evitarem un gran número de averies i accidents.

Proteccions, tipus i usos:

- Magnetotèrmics: són dispositius capaços de protegir contra sobreintensitats i curtcircuits, venen definits per las següents característiques:
  - Calibre: és la intensitat a la qual es dispara, aquests valor mai podrà ser major que el màxim valor de intensitat previst per aquell punt de la instal·lació.
  - Corba de dispar; dependrà del tipus de receptors que es vulguin protegir. El dispar magnètic defineix el valor d'intensitat que es capaç de suportar, en un petit període de temps, normalment s'usa el tipus C, però per exemple en motors de gran consum en el arranc es convenient usar el D, ja que qualsevol altre podria disparar-se en el moment del arranc i no deixar funcionar la instal·lació.

Tipus	Dispar magnètic	Aplicacions
B	3 o 5 vegades la intensitat nominal	Cables
C	5 o 10 vegades la intensitat nominal	Aplicacions generals, el més comú
D	10 o 14 vegades la intensitat nominal	Motors de gran consum d'arranc
Z	2,4 o 3,6 vegades la intensitat nominal	Circuits elèctrics

**Taula 13. Tipus i característiques dels magnetotèrmics.**

- Tensió de funcionament: és la tensió per la que està dissenyat.
- Intensitat de curtcircuit: és la màxima intensitat que és capaç de tallar sense fer-se malbé.
- N° de pols: normalment de dos o quatre, depenent del tipus de receptor.



- Fusibles: la seva missió és la mateixa que els magnetotèrmics, però no s'usen en llocs on es prevegin un alt nombre de disjunts, ja que cal substituir-los quan es fonen, però quan la intensitat és molt alta és convenient usar-los ja que són més econòmics. Les seves característiques són:
  - Calibre: és la intensitat a la qual es fon, aquest valor mai podrà ser major que el màxim valor de intensitat previst per aquell punt de la instal·lació.
  - Corba de fusió; dependrà del tipus de receptors que es vulguin protegir
  - Tensió de funcionament: és la tensió per la que està dissenyat.
  - Poder de ruptura: és la màxima intensitat que és capaç de tallar sense fer-se malbé.
  - N° de pols: normalment de dos o quatre, depenent del tipus de receptor.
  
- Varistors: aquests dispositius s'encarreguen de protegir la instal·lació front a los efectes de les tempestes elèctriques, o sobretensions originades per altres factors. També es denominen descarregadors. Eviten averies sobretot en panells i circuits electrònic. Existeixen dos tipus:
  - Descarregadors de corrent de llamp: es caracteritzen per ser capaços de derivar una gran quantitat de corrent (la d'un llamp).
  - Descarregadors de sobretensió: realitzen una doble tasca, a més de complementar la labor anterior, protegeixen als consumidors de sobretensions degudes a errors la distribució de la energia elèctrica.

Les seves característiques elèctriques són:

- Intensitat màxima: és la màxima intensitat que pot derivar el dispositiu en una sola ocasió sense espatllar-se.
- Intensitat nominal: és la màxima intensitat que pot derivar el dispositiu en vint ocasions sense espatllar-se.
- Tensió residual: és la tensió que apareix entre els extrems del dispositiu quan s'està derivant corrent..
- Nivell de protecció: es la tensió que apareix entre els extrems del varistor quan s'està derivant la corrent nominal.

Els varistors es col·loquen generalment en tots i cadascun dels circuits de la instal·lació fotovoltaica, a las sortides de cada una de les files de mòduls fotovoltaics i sobre cada element de protecció i desconexió corresponent.

- Interruptor diferencial: es tracta de l'únic dispositiu ideat per a la protecció de les persones, protegeix contra contactes indirectes, i ha d'estar associat a una correcte pressa de terra per al seu funcionament. El seu funcionament es basa en la detecció d'una intensitat de defecte ( $I_{def}$ ) derivada a terra. Les seves característiques són:
  - Calibre: intensitat màxima que es capaç de tallar sense que deteriori el seu funcionament.
  - Sensibilitat: intensitat de defecte que es capaç de detectar, quant més baix sigui aquest valor, major serà el grau de protecció, normalment s'usen de 30mA.
  - Tensió de funcionament: és la tensió per a la que està dissenyat.

Cal destacar que els interruptors diferencials no funcionen en corrent contínua.

- Presa de terra: a ella es deriven totes les corrents de defecte, s'instal·larà una presa de terra independent a la del neutre de la Companya elèctrica, amb una distància mínima entre ambdues de 15m, a aquesta presa de terra es connectaran les estructures dels panells, carcasses metàl·liques, i en definitiva, qualsevol element metàl·lic susceptible de posar-se en tensió. Aquest element de protecció ha d'estar associat a un interruptor diferencial adequat per a millorar la seva eficàcia.

La posada a terra és un conductor de protecció consistent en un cable i una resistència inferior a la del cos humà. Si la instal·lació està mal aïllada i el corrent passa per una persona en contacte, la major part del corrent es desvia pel conductor de protecció fins a terra. La posada a terra té tres elements importants: el conductor de protecció, que són cables elèctrics que uneixen els receptors de la instal·lació, la línia principal de terra, que és on hi van a parar tots els conductors de protecció, i la presa de terra, que consta de tres parts: el punt de posada de terra, la línia d'enllaç amb el terra i l'elèctrode. El principal elèctrode és una pica metàl·lica enterrada amb una longitud normalitzada de dos metres.

La presa de terra s'agafarà directament de la instal·lació elèctrica projectada. La secció del cable de presa de terra coincidirà amb la secció segons zona de cada punt de la instal·lació. Sortirà de cada element i el connectarà directament amb el terra.

### **B.1.7. Grup electrogen**

El generador escollit ha de ser capaç de subministrar els 4730 W, necessaris per donar la potència suficient a la instal·lació. Doncs, per les condicions del mercat escollirem un inversor de 5,5 KVA..

És un generador programable de 5,5KVA, gasolina amb sistema d'autoarranc per falta de corrent i/o arranc programable i autoapagat.



**Il·lustració 26. Fotografia del grup electrogen.**

## ANNEX C. CÀLCULS REQUERIMENTS DE CALEFACCIÓ

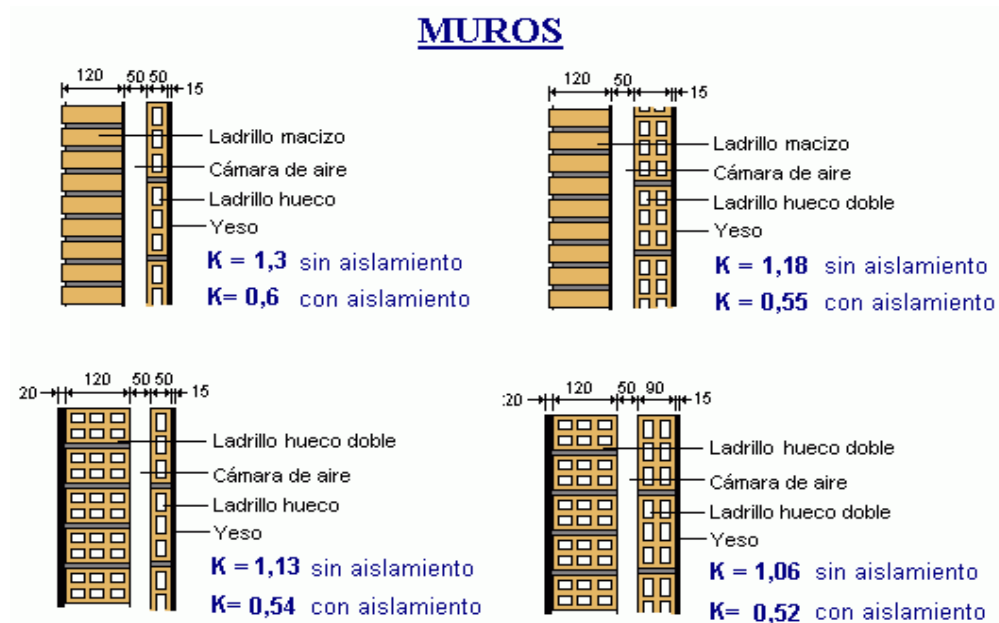
A grans trets, les pèrdues energètiques que hi ha en una vivenda es poden reduir a:

- Pèrdues per transmissió
- Pèrdues per ventilació i infiltració

### C.1. Pèrdues per transmissió

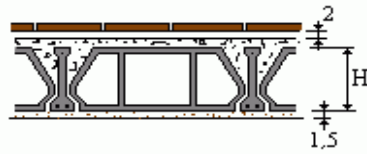
Es considera el coeficient de transmissió tèrmica "U" com el valor indicatiu de flux de calor per unitat de superfície que travessa un tancament quan la diferència de temperatura entre els dos costats és d'un grau centígrad.

Cadascun dels tancaments de que es compona una local o vivenda té unes característiques específiques respecte al coeficient de transmissió de calor U. En el cas de les il·lustracions la nomenclatura canvia de "U" a "K"



Il·lustració 27. Exemples de com varia el valor de transmissió en funció dels materials que formen el tancament, en aquest cas murs.

### FORJADOS



Forjados de bovedilla cerámica (valores de K)

Altura H cm	Sin aislamiento	Con aislamiento 2 cm
16	1,79	0,83
20	1,64	0,80
25	1,57	0,78

Forjados de bovedilla de hormigón (valores de K)

Altura H cm	Sin aislamiento	Con aislamiento 2 cm
16	1,96	0,87
20	1,89	0,85
25	1,64	0,80

Il·lustració 28. Exemples de com varia el valor de transmitància en funció dels materials que formen el tancament, en aquest cas forjats.

### HUECOS ACRISTALADOS

Acrilamiento	Espesor cámara de aire mm	K del vidrio	Tipo de carpintería	K (vidrio) + carpintería
Simple	—	4,9	Madera	4,3
			Metálica	5,0
Climalit	6	2,9	Madera	2,8
			Metálica	3,4
	8	2,7	Madera	2,7
			Metálica	3,3
	12	2,6	Madera	2,5
			Metálica	3,2

Il·lustració 29. Exemples de com varia el valor de transmitància en funció dels materials que formen el tancament, en aquest finestres.

A partir de conèixer:

$Q_T$ : quantitat d'energia per unitat de temps que passa pel tancament en direcció al lloc de menor energia (W)

U; La transmitància tèrmica és el flux de calor en règim estacionari dividit per l'àrea i per la diferència de temperatures dels medis situats a cada costat de l'element que es considera i

pren les unitats  $\frac{W}{m^2 \cdot K}$

L'àrea (A) és la superfície que separa dos medis situats contiguament ( $m^2$ ).

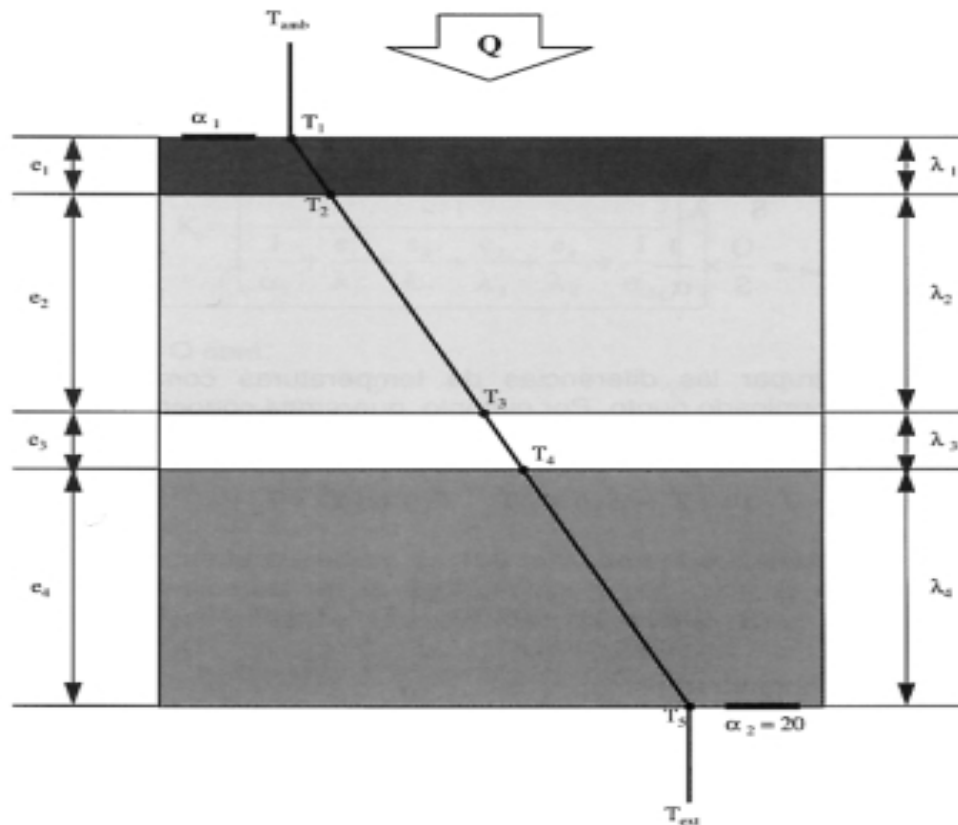
$\Delta K$  és la diferència de temperatures que hi ha en els 2 ambients contigus ( $^{\circ}K$ ).

I segons l'expressió

$$Q_T = \sum U_i \cdot A_i \cdot \Delta K$$

**Equació 1**

Totes les formules que aplicarem es troben al CTE, i específicament al Apèndix E "Càlcul dels paràmetres característics de la demanda". I les transmitàncies es calculen segons els ambients i materials que separen els tancaments:



**Il·lustració 30. Diagrama de la variació de temperatura entre dos medis separats.**

E.1.1 Tancaments en contacte amb l'aire exterior

E.1.2 Tancaments en contacte amb el terreny.

E.1.3 Particions interiors en contacte amb espais no habitables.

E.1.4 Forats i llumeneres.

### C.1.1. Tancaments de la vivenda

Les característiques, paràmetres i valors que es requereixen per fer els càlculs es troben a les bases de dades del programa "LIDER"; La aplicació LIDER és la implementació informàtica de l'opció general de verificació de la exigència de Limitació de demanda energètica (HE1), establerta en el Document Bàsic de Habitabilitat i Energia del Codi Tècnic de la Edificació, ofert pel Ministeri de l'Habitatge i per l'IDAE, Tancaments en contacte amb l'aire exterior.

- Paret mestra

Tipus	e (m)
Guix duresa mitja 600<d<900	0,015
Tabicó de LH doble de 60<e<90mm	0,07
Càmera d'aire sense ventilar i vertical de 10cm	0,05
Aïllament EPS	0,05
1/2 peu de LM mètric 40<G<50	0,15
Rebosat exterior ( morter de ciment)	0,015
Total	0,35

**Taula 14. Material i gruix de les capes que formen el tancament paret mestra.**



- Teulada

	e (m)
Teula d'argila cuita	0,01
Betum o làmina	03
morter de ciment o cal	0,01
EPS 0,038w/(mK)	0,05
FU entrebigat de formigó alleugerat de canto 25	0,25
Enfoscat de guix 1000<d<1300	0,01
Total	0,333

**Taula 15. Material i gruix de les capes que formen el tancament teulada.**

#### **C.1.1.1. Tancaments en contacte amb el sòl**

- Terres

Tipus	e (m)
Llosa ceràmica	0,02
Morter de ciment	0,02
Làmina separadora (plàstic)	01
Llosa de formigó armat	0,2
Capa de graves	0,2
Sòl	0
Total	0,441

**Taula 16. Material i gruix de les capes que formen el tancament en contacte amb el sòl.**

**C.1.1.2. Tancaments interiors en contacte amb espais no habitables**

- Envans

Tipus	e (m)
Guix duresa mitja 600<d<900	0,015
Tabicó de LH senzill de 30mm	0,03
Guix duresa mitja 600<d<900	0,015
Total	0,06

Taula 17. Material i guix de les capes que formen el tancament envà.

- Sostres i terres interiors

Tipus	e (m)
Rajola ceràmica	0,02
Formigó armat 2300<d<2500	0,02
EPS expandit	0,03
Revoltó	0,22
Enfoscat de guix 1000<d<1300	0,01
Total	0,3

Taula 18. Material i guix de les capes que formen el tancament sostres i terres interiors.

**C.1.1.3. Forats i llumeneres**

- Finestres

Vidres 4-12-331	Vidre doble en posició vertical
-----------------	---------------------------------

Taula 19. Material del tancament finestra.

- Portes

Tipus	e (m)
Fusta conglomerada	0,15

**Taula 20. Material i gruix del tancament porta.**

## **C.2. Pèrdues per ventilació i infiltració**

La ventilació consisteix en la renovació de l'aire viciat per un altre de net i menys contaminat procedent de l'exterior.

Las pèrdues per ventilació es poden calcular per la següent fórmula a partir de conèixer:

$Q_v$ ; són las pèrdues per ventilació (W)

$C_e$ ; calor específic de l'aire, que pren el valor de  $1284,49 \frac{J}{m^3 \cdot ^\circ K}$

$r$ ; és el número de renovacions/hora i és mesura depenent del tipus de local

Tipus de local	Renovacions hora
Vivendes	0,5 a 1,5
Bars	1,5 a 2,5
Fàbriques	2 a 4

**Taula 21. Renovacions per hora segons tipus de local**

$V$ ; és el volum de l'habitació ( $m^3$ )

$t_i$ ; és la temperatura a l'interior ( $^\circ K$ ).

$t_e$ ; temperatura a l'exterior ( $^\circ K$ ).

Doncs aplicarem els paràmetres anteriors a la formula

$$Q_v = C_e \cdot r \cdot V \cdot (t_i - t_e)$$

**Equació 2**

Les pèrdues per infiltració corresponen a una ventilació natural no provocada, i s'originen com a conseqüència de la manca hermeticitat de les unions dels diferents elements que componen una determinada construcció. Són unes pèrdues molt difícils de valorar i sòls l'experiència ens podrà donar una idea del seu valor real.

### ***C.3. Aplicació de les formules a la vivenda***

Com ja hem mencionat anteriorment, les formules i aplicacions de cada cas es troben en el CTE i les especificacions dels materials en la base de dades del programa LIDER. Doncs a partir de comprovar en els plànols, de consultar cada cas i aplicar-ne la formula que li pertoca arribem a una sèrie de valors que es troben en les taules de la mateixa carpeta.

## ANNEX D. CÀLCULS PER A LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA

El criteri de càlcul escollit, és aquell on la meitat de les necessitats energètiques anuals serà igual a la producció anual.

### D.1. Dades de partida

Paràmetres	Valors
Criteri de consum	Casa particular
Severitat climàtica (apèndix D del CTE)	C2
Població	Arenys de Munt
Província	Barcelona
Latitud	41,61°
Altitud (m)	200
Humitat relativa mitjana (psi)	68
Velocitat mitja de vent (km/h)	8

Taula 22. Dades de situació

### D.2. Càrrega de Consum

#### D.2.1. Necessitats energètiques per l'aigua calenta sanitària

Paràmetres	Valors
Necessitat A.C.S. ( $\frac{\text{litres}}{\text{persona} \cdot \text{dia}}$ )	30
Nombre de usuaris (persones)	5
Temperatura d'ús (°C)	60
$\delta_{\text{aigua}}$ : Densitat aigua ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) a 60°C	983,2
$C_{e, \text{aigua}}$ : Calor específic aigua ( $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ )	4184

Taula 23. Criteris de dimensionament per l'aigua calenta

	Dies	% ocupació	Consum ( $\frac{m^3}{dia}$ )	T <sup>a</sup> de la xarxa (°C)	$\Delta T^a$ Salt tèrmic (°C)	Nec. energia ( $\frac{MJ}{mes}$ )
Gener	31	100	0,15	8	52	994,69
Febrer	28,25	100	0,15	9	51	889,02
Març	31	100	0,15	11	49	937,31
Abril	30	100	0,15	13	47	870,05
Maig	31	100	0,15	14	46	879,92
Juny	30	100	0,15	15	45	833,03
Juliol	31	100	0,15	16	44	841,66
Agost	31	100	0,15	15	45	860,79
Setembre	30	100	0,15	14	46	851,54
Octubre	31	100	0,15	13	47	899,05
Novembre	30	100	0,15	11	49	907,07
Desembre	31	100	0,15	8	52	994,69
MITJA	30,44			12,25	47,75	896,57
TOTAL	365,25					10758,84

Taula 24. Càlculs necessitats energètiques de l'aigua calenta segons el mes.

Equacions relacionades

$$V\left(\frac{m^3}{s}\right) = \text{volum de consum o cabal.}$$

$$Q\left(\frac{J}{s}\right) = V \times \delta \times C_e \times \Delta T^a$$

Equació 3.

$$\Delta T^a(^{\circ}C) = T^a \text{ d'ús} - T^a \text{ de la xarxa}$$

Equació 4.

### D.2.2. Necessitats energètiques calefacció

Paràmetres	Valors
Area de transmissió	498,15m <sup>2</sup>
Volum ventilació	553,83 m <sup>3</sup>
Renovacions d'aire per hora	0,7 $\frac{\text{renovacions}}{\text{h}}$
Temperatura d'ús	20°C
C <sub>e, aire</sub> : Calor específic aire $\frac{\text{J}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$	1284,88
δ <sub>aire</sub> : Densitat aire ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) a 20°C	1,2
Nº hores de calefacció	17

**Taula 25. Criteris dimensionament calefacció.**

Equacions relacionades

- Pèrdues per transmissió

A (m<sup>2</sup>) = àrea de transmissió

U ( $\frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}^2}$ ) = coeficient de transmissió

$\Delta T = T^{\text{a}}_{\text{ambient}} - T^{\text{a}}_{\text{interior casa}}$

**Equació 5**

$\sum Q \left( \frac{\text{J}}{\text{s}} \right) = \sum (A_i \cdot U_i) \cdot \Delta T$

**Equació 6**

- Pèrdues per ventilació

n ( $\frac{\text{renovacions}}{\text{segon}}$ ) = renovacions d'aire de l'habitació cada segon

V (m<sup>3</sup>) = volum habitació

$$\sum Q \left( \frac{J}{s} \right) = \sum (n_i \cdot V_i) \cdot C_{e,aire} \cdot \Delta T^a$$

Equació 7

	T <sup>a</sup> ambient (°C)	Salt tèrmic (°C)	Pèrdues per transmissió (W)	Pèrdues per ventilació (W)	Total (W)	Nec. energia* ( $\frac{MJ}{dia}$ )	Nec. energia ( $\frac{MJ}{mes}$ )
Gener	10,0	10,0	6161,2	1383,2	7544	461,7	14313,3
Febrer	9,4	10,6	6530,9	1466,2	7997	489,4	13826,2
Març	12,7	7,3	4497,7	1009,8	5507	337,0	10448,7
Abril	14,8	5,2	3203,8	719,3	3923	240,0	7202,8
Maig	18,4	1,6	985,8	221,3	1207	73,8	2290,1
Juny	24,8	-4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juliol	26,2	-6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agost	27,7	-7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Setembre	21,9	-1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Octubre	17,0	3,0	1848,4	415,0	2263	138,5	4294,0
Novembre	14,5	5,5	3388,7	760,8	4149	253,9	7618,4
Desembre	10,6	9,4	5791,6	1300,2	7091	434,0	13454,5
TOTAL			32408,0	7275,9	39683	202,3	6120,7
MITJA	17,3		2700,7	606,3	3307	2428,6	73448,3

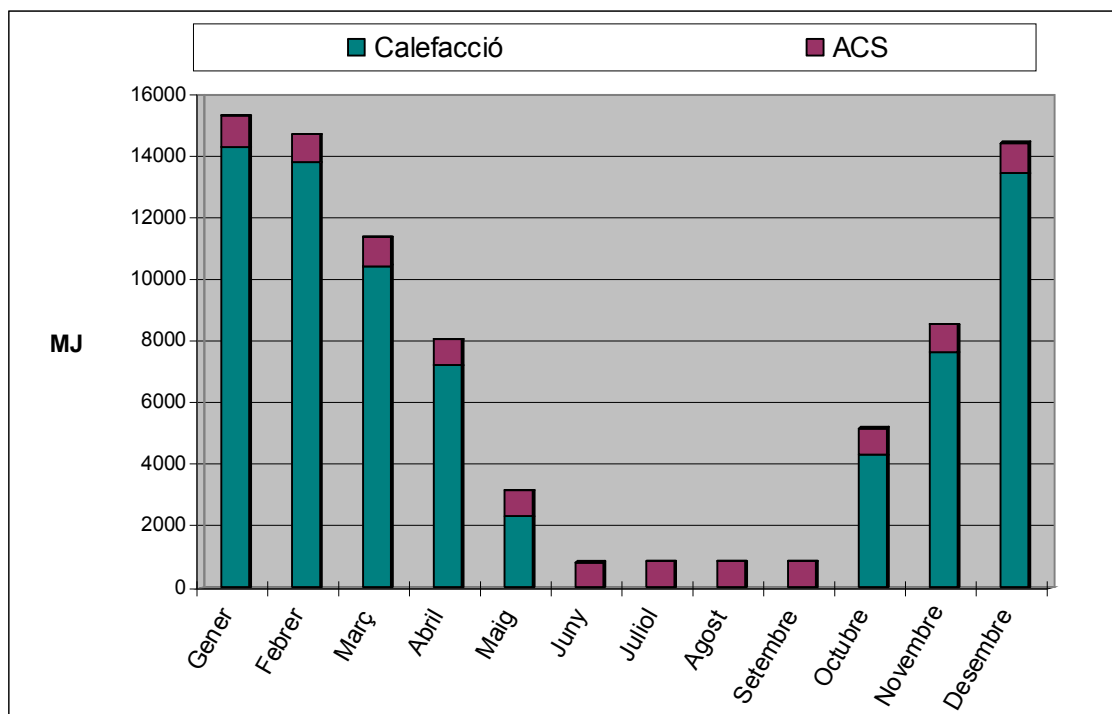
Taula 26. Càlculs de les necessitats de la calefacció segons el mes.

\*Cal tenir en compte, que cada dia, la calefacció sols romandrà engegada de 7 del matí a 12 de la nit, per tant 17h. A més ens hem basat en el valor mig de temperatura diària, tot i que durant la nit les temperatures són més fredes, i són les que fan baixar la mitjana diària.



**D.2.3. Necessitats energètiques totals (A.C.S. + calefacció).**

Mes	Total (MJ)	Mes	Total mensual (MJ)
Gener	15308,06	Juliol	841,66
Febrer	14715,28	Agost	860,79
Març	11386,07	Setembre	851,54
Abril	8072,91	Octubre	5193,06
Maig	3170,06	Novembre	8525,48
Juny	833,03	Desembre	14449,26
		Mesures anuals (MJ)	
MITJA		7017,27	
TOTAL		84207,20	

**Taula 27. Necessitats energètiques.****Gràfic 2. Demanda energètica d'ACS i calefacció**

### D.3. Energia solar disponible

Paràmetres	Valors
Latitud	41,61°
Longitud	2,55°
Alçada	200m
Inclinació captador solar	40°
Factor de correcció H*	0,9
Factor de correcció d'E**	0,94

**Taula 28. Estimacions de l'energia provinent del sol segons situació.**

\*En el nostre cas, tot i que ens trobem en una zona de muntanya, on l'atmosfera és més neta que la mitjana, però hi ha molta pols en l'ambient que es pot acumular en els captadors reduint-ne l'aprofitament d'energia.

\*\*Empíricament s'ha comprovat que no tota l'energia provinent del sol s'aprofita, doncs, s'aplica una reducció del 6% corresponent a les hores del dia en què els valors de radiació, deguts a la poca alçada del sol, són inferiors als mínims que pot aprofitar el captador. Aquest 6% de la energia total incident diària, té una escassa variació segons l'època de l'any; doncs  $100\% - 6\% = 94\%$ .

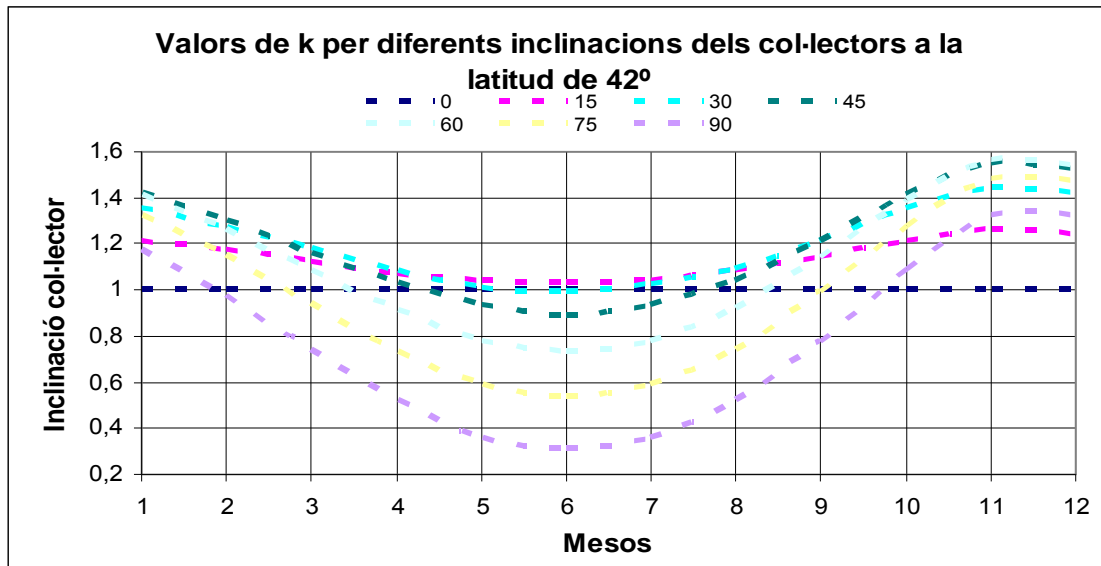
H; és l'energia que incideix sobre un  $m^2$  de superfície horitzontal un dia mig de cada mes. Aquests valor es troba tabulat.

k; és un valor de correcció de la captació solar degut a la inclinació del captador, doncs majors valors de k afavoriran la captació solar per determinats períodes de l'any.

Es recomana:

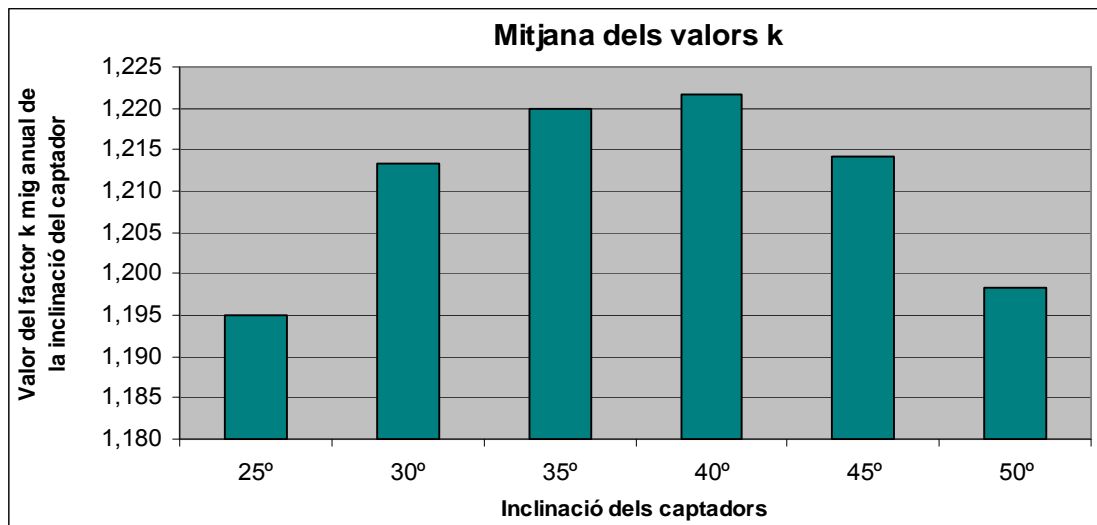
- Instal·lacions d'ús anual: Incl. dels captadors = [Latitud del lloc]. Per a Catalunya això suposa 40° – 45°.
- Instal·lacions d'ús estival: Incl. dels captadors = [Latitud del lloc – 10°]. Per Catalunya això suposa 30° – 35°.

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



Gràfic 3. Gràfica dels valors de k en funció de la inclinació del captador.

Doncs a la taula posterior comprovem quin és el valor de la inclinació que aporta un major factor de k, entre els rangs de 25° i 50°.



Gràfic 4. Mitjana anual del factor k, per diferents inclinacions.

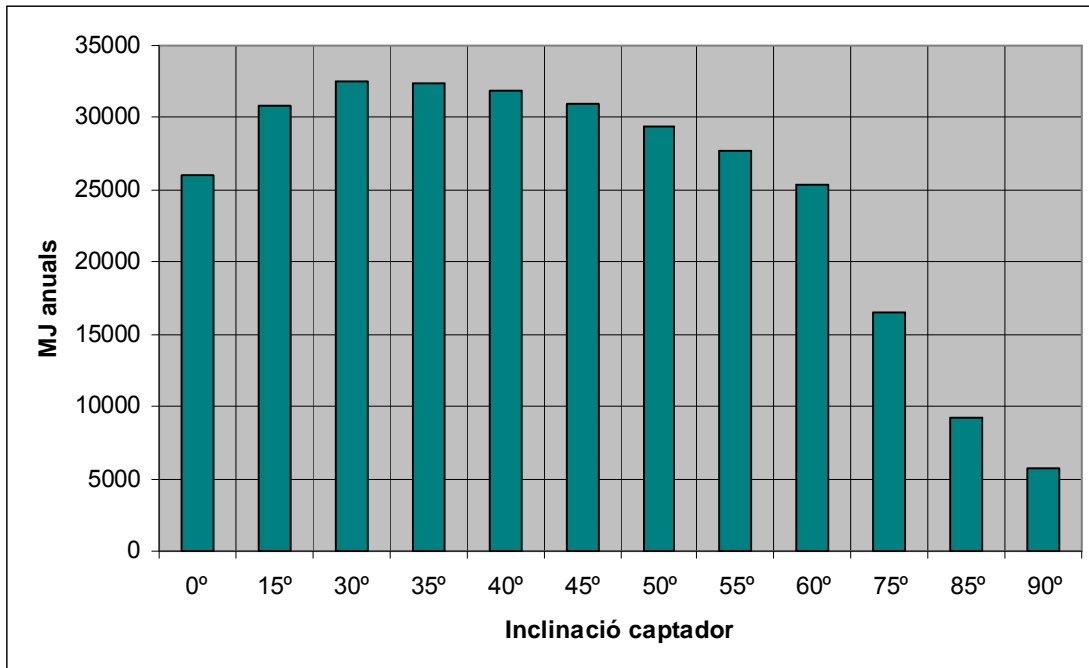
Cal tenir en compte, que els pics de demanda anual pot ser que no coincideixin amb els valors màxims de k.

Com desenvoluparem més endavant, trobem la inclinació òptima del captador, quan aquesta inclinació ens aporta una major substitució d'energia solar enfront de la convencional al llarg de l'any.

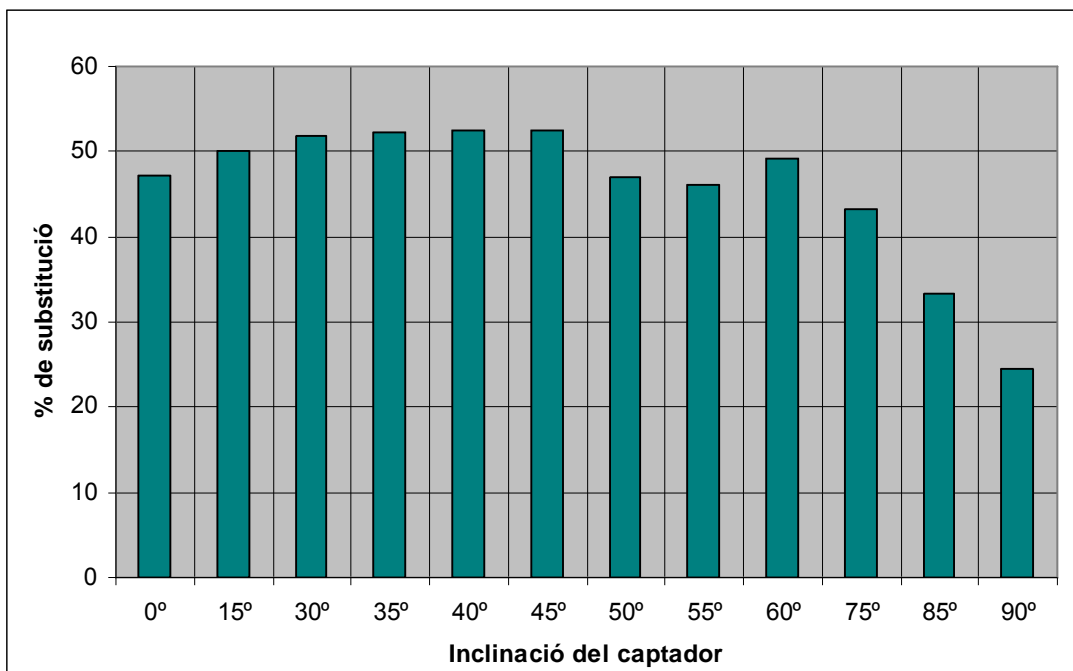
Inclinació	% de substitució d'energia convencional per energia solar per 20m <sup>2</sup> de captadors, segons inclinació								
	0	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	90°
Gener	0	0,85	1,29	1,58	1,87	1,35	1,35	1,73	0
Febrer	0,61	6,07	6,47	6,67	6,67	4,81	4,52	5,86	0,21
Març	12,51	19,52	19,52	19,52	18,74	13,02	12,46	15,62	2,39
Abril	31,20	36,50	35,84	34,51	33,18	22,30	20,37	25,23	0,00
Maig	100	100	100	100	100	71,12	63,38	72,41	0
Juny	100	100	100	100	100	100	100	100	0
Juliol	100	100	100	100	100	100	100	100	53,10
Agost	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Setembre	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Octubre	22,40	47,41	49,55	50,98	51,69	38,49	38,49	50,26	28,83
Novembre	0	11,66	13,06	13,90	14,75	10,97	11,18	15,03	8,29
Desembre	0	1,33	2,02	2,43	2,71	2,15	2,15	2,98	0
MITJA	47,23	51,94	52,31	52,47	52,47	47,02	46,16	49,09	24,40
Energia Obtinguda (MJ/mes)	25211	31578	31415	30847	29988	28437	26799	24601	5568

**Taula 29. Percentatge de substitució de l'energia convencional per energia solar al llarg de l'any per diferents inclinacions del captador i energia anual obtinguda pels captadors.**

Tot i que la màxim aportació solar és amb una inclinació del 30%, la màxima substitució solar és amb una inclinació de 40°; que és el criteri de limitació que hem imposat.



Gràfic 5. Gràfic d'energia obtinguda segons inclinació de 20,64m<sup>2</sup>, 4 captadors.



Gràfic 6. Gràfic de substitució energètica segons inclinació de 20,64m<sup>2</sup>, 4 captadors.

El desfase entre major energia obtinguda i percentatge de substitució d'energia solar és degut a que la demanda es concentra sobretot als mesos on fem us de la calefacció, doncs en aquests mesos el valor de k per 40° és superior que per una inclinació de 30°, i per

aquesta raó satisfem un major percentatge de substitució d'energia solar enfront convencional.

Llavors cal que substituïm el valor de k per una inclinació de 40° en l'equació:

$$E \left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right) = H' \cdot k \cdot \text{fct. de correcció E} \quad \text{Equació 8}$$

Doncs l'energia solar disponible:

	H (taules) ( $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$ )	H' ( $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$ )	k (inclinació =40°)	E ( $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$ )	Hores de sol útils	I ( $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ )
Gener	6,50	5,85	1,4	7,69	8	267,31
Febrer	9,50	8,55	1,3	10,44	9	322,47
Març	12,90	11,61	1,18	12,87	9	397,46
Abril	16,10	14,49	1,05	14,30	9,5	418,17
Maig	18,60	16,74	0,96	15,10	9,5	441,70
Juny	20,30	18,27	0,93	15,97	9,5	467,00
Juliol	21,60	19,44	0,96	17,54	9,5	512,94
Agost	18,10	16,29	1,06	16,23	9,5	474,60
Setembre	14,60	13,14	1,22	15,06	9	465,09
Octubre	10,80	9,72	1,4	12,79	9	394,80
Novembre	7,20	6,48	1,52	9,25	8	321,48
Desembre	5,80	5,22	1,5	7,360	7,5	272,60
MITJA	13,50	12,15	1,21	12,89	8,92	396,30
TOTAL	162,00	145,80	14,48	154,66	107	4755,65

**Taula 30. Energia solar disponible.**

Equacions relacionades

$$H' \left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right) = H \cdot \text{fct. de correcció H} \quad \text{Equació 9}$$

$$E \left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right) = H' \cdot k \cdot \text{fct. de correcció E}$$

**Equació 10**

$$I \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right) = \frac{E}{\text{segons útils de sol}}$$

**Equació 11**

### D.3.1. Criteris de rendiment

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

El rendiment del captador no és un valor fix, ja que depèn de factors que varien durant el seu funcionament: la temperatura mitjana del captador, la temperatura ambient i la intensitat de radiació solar.

Habitualment, per calcular el rendiment s'utilitza una expressió matemàtica, la correlació d'una recta amb uns paràmetres fixes que ens proporciona el fabricant.

Paràmetres	Valors
T <sup>a</sup> acumulació	60°C
T <sup>a</sup> mitja del captador*	T <sup>a</sup> acumulació = T <sup>a</sup> d'ús
Factor de correcció degut a les pèrdues dels elements de la instal·lació**	0,85
Àrea útil del captadors	5,16 m <sup>2</sup>

**Taula 31. Criteris de sortida pel càlcul de rendiment dels panells de la instal·lació.**

\*la temperatura mitja del captador, únicament pot mesurar-se experimentalment, però a efectes pràctics de càlcul, es suficient prendre com a valor de temperatura mitja, el valor mig de la temperatura d'acumulació. Per altre part és lògic, doncs al aconseguir-se un règim estable de treball, l'aigua de l'acumulador assolirà la mateixa temperatura que el fluid caloportador, el qual està en contacte directe amb el captador.

\*\*Des de que es capta el calor al captador fins que es transmet a l'acumulador, el fluid caloportador sofreix pèrdues estimades en un 85%.

Habitualment, per calcular el rendiment s'utilitza una expressió matemàtica, la correlació d'una recta amb uns paràmetres fixes que ens proporciona el fabricant:

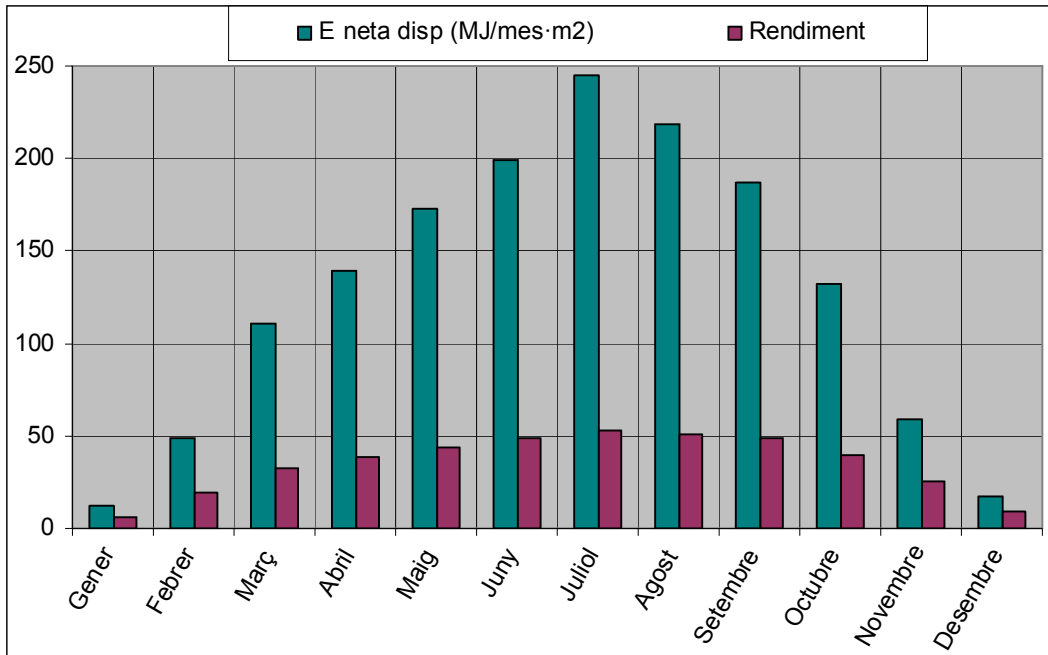
Paràmetres	Valors
Corba de rendiment col·lector	$\eta = \eta_0 - \left( a_1 \cdot \frac{T^a \text{ mitja} - T^a \text{ ambient}}{I} \right) - \left( a_2 \cdot \frac{(T^a \text{ mitja} - T^a \text{ ambient})^2}{I} \right)$
Col·lector model	Solvis F-552-D
Rendiment òptic $\eta_0$	0,819
Factor de pèrdues $a_1$	3,26
Factor de pèrdues $a_2$	0,0176

**Taula 32. Dades proporcionades pel fabricant per al càlcul del rendiment de la instal·lació.**

	$T^a$ ambient (°C)	Salt tèrmic: $T^a \text{ mitja} -$ $T^a \text{ ambient}$ (°C)	Rend. $\eta$ (%)	Aport solar $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}\right)$	Energia disponible $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{dia} \cdot \text{m}^2}\right)$	Energia disponible $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{mes} \cdot \text{m}^2}\right)$
Gener	11	49	4,93	0,46	0,39	12,09
Febrer	12	48	19,13	2,04	1,74	49,10
Març	14	46	32,74	4,22	3,58	111,11
Abril	17	43	38,92	5,46	4,64	139,30
Maig	20	40	44,31	6,54	5,56	172,29
Juny	24	36	49,70	7,80	6,63	198,83
Juliol	26	34	53,73	9,30	7,90	244,97
Agost	26	34	51,53	8,29	7,04	218,35
Setembre	24	36	48,70	7,34	6,24	187,14
Octubre	20	40	38,72	5,02	4,27	132,37
Novembre	16	44	24,06	2,32	1,98	59,27
Desembre	12	48	7,67	0,67	0,57	17,56
MITJA	19	42	34,51	4,95	4,21	128,53
TOTAL		498		59,46	50,54	1542,38

**Taula 33. Càlcul de l'energia disponible a partir del rendiment dels col·lectors.**





**Gràfic 7. Rendiment del col·lector i aport diari d'energia solar.**

Equacions relacionades

$$\eta = \eta_0 - \left( a_1 \cdot \frac{T^a \text{ mitja} - T^a \text{ ambient}}{I} \right) - \left( a_2 \cdot \frac{(T^a \text{ mitja} - T^a \text{ ambient})^2}{I} \right) \quad \text{Equació 12}$$

$$\text{Salt tèrmic (}^\circ\text{C)} = T^a \text{ mitja} - T^a \text{ ambient} \quad \text{Equació 13}$$

$$T^a \text{ mitja} = T^a \text{ d'ús} = T^a \text{ acumulació} \quad \text{Equació 14}$$

$$\text{Aport solar} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right) = E \cdot (\eta \%) \quad \text{Equació 15}$$

$$\text{Energia disp.} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{dia} \cdot \text{m}^2} \right) = \text{Aport solar} \cdot \text{Fct pèrdues de la instal·lació} \quad \text{Equació 16}$$

Arribats a aquest punt podem calcular la superfície de captació necessària per assolir tota la demanda anual; és a dir el total que es requereix 84207,20 MJ anuals a partir del total que

es disposa  $1542,38 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$ , calculant  $\frac{84207,20 \text{ MJ}}{1542,38 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}}$  doncs es requereix de  $54,6 \text{ m}^2$  de

captadors;

Cal tenir en compte que la demanda principal d'energia és al hivern, i la captació principal d'energia és a l'estiu, i això genera un desfasament entre demanda i consum.

### D.3.2. Substitució energètica

m <sup>2</sup> de captador solar	Substitució energia convencional per energia solar mensual (%)							
	1	10	20	30	40	50	60	80
Gener	0,08	0,79	1,58	2,37	3,16	3,95	4,74	6,32
Febrer	0,33	3,34	6,67	10,01	13,35	16,68	20,02	26,69
Març	0,98	9,76	19,52	29,28	39,03	48,79	58,55	78,07
Abril	1,73	17,26	34,51	51,77	69,02	86,28	100	100
Maig	5,43	54,35	100	100	100	100	100	100
Juny	23,87	100	100	100	100	100	100	100
Juliol	29,11	100	100	100	100	100	100	100
Agost	25,37	100	100	100	100	100	100	100
Setembre	21,98	100	100	100	100	100	100	100
Octubre	2,55	25,49	50,98	76,47	100	100	100	100
Novembre	0,70	6,95	13,90	20,86	27,81	34,76	41,71	55,62
Desembre	0,12	1,22	2,43	3,65	4,86	6,08	7,29	9,72
MITJA	9,35	43,26	52,47	57,87	63,10	66,38	69,36	73,03

**Taula 34. Substitució energètica**

Equacions aplicables

$$E \text{ solar total } \left( \frac{\text{MJ}}{\text{mes}} \right) = m^2 \text{ de captadors} \times E \text{ disp } \left( \frac{\text{MJ}}{\text{mes} \cdot \text{m}^2} \right) \quad \text{Equació 17}$$

$$\% \text{ de substitució} = \frac{\text{Energia solar total}}{\text{Necessitats energètiques totals}} \times 100 \quad \text{Equació 18}$$

Dèficit energètic = 100 - % de substitució

**Equació 19**

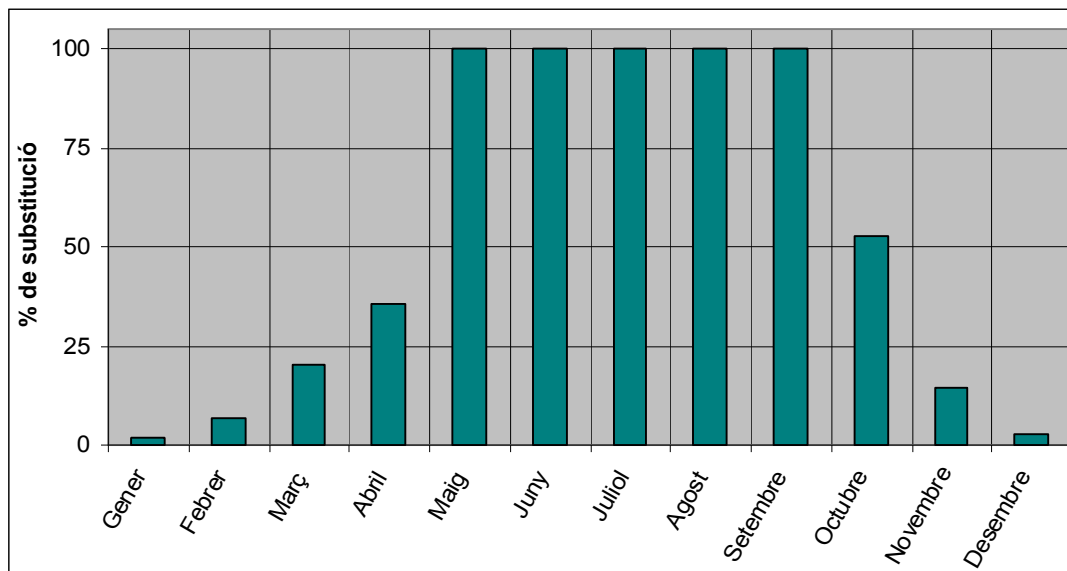
#### **D.4. Dimensionament de la superfície de captació**

Doncs el criteri per decidir els m<sup>2</sup> de panell a instal·lar, és la superfície de panells que satisfaci el 50% de la demanda.

Doncs amb 20m<sup>2</sup> de captadors, s'assoleix quasi bé un 53% de substitució anual de l'energia convencional per energia solar.

Amb 20,64 m <sup>2</sup> de captadors solars (4 captadors)			
	Energia solar Total (MJ)	% de substitució	Dèficit Energètic
Gener	203,43	1,33	98,67
Febrer	982,73	6,68	93,32
Març	2293,33	20,14	79,86
Abril	2985,67	36,98	63,02
Maig	3753,90	100,00	0,00
Juny	4312,79	100,00	0,00
Juliol	5286,02	100,00	0,00
Agost	4635,05	100,00	0,00
Setembre	3862,66	100,00	0,00
Octubre	2655,45	51,13	48,87
Novembre	1149,27	13,48	86,52
Desembre	300,70	2,08	97,92
MITJA	2701,75	52,65	47,35
TOTAL	32421,00	631,83	568,17

**Taula 35. Càlculs de substitució energètica amb 4 panells captadors**



**Gràfic 8. Percentatge de substitució energètica.**

Doncs anualment::

Paràmetres	Valors
Energia requerida (MJ)	84207,20
Energia solar aportada (MJ)	31834,79
Dèficit (MJ)	52372,41

**Taula 36. Totals d'energia requerits, aportats i el dèficit.**

#### **D.4.1. Orientació**

La desviació del plànol de captació solar respecte al sud 0° azimuth suposa una reducció en l'energia que incidirà diàriament sobre aquest, major com més gran sigui aquesta desviació. És per aquest motiu que els captadors s'orientaran al sud magnètic, amb la finalitat d'obtenir el millor rendiment possible.

#### **D.4.2. Càlcul d'ombres i distància entre col·lectors**

Per assolir el màxim aprofitament d'un sistema d'energia solar s'haurà de tenir cura de la incidència de possibles ombres sobre els captadors. En aquest cas no ens trobem amb cap tipus d'ombra ja que les plaques estan a una alçada suficientment gran com per no trobar-se cap tipus d'obstacle, en aquest sentit.

Els propis captadors són els únics elements que poden fer-se ombra entre si, però com que estan situats en una única filera situada a la façana de l'edifici doncs no es possible que es projectin ombres els uns als altres.

### D.5. Dimensionat del volum de l'acumulador

Un cop determinada la superfície captadora es pot escollir el volum d'acumulació. La relació més apropiada entre superfície captadora i volum d'acumulació per la latitud 41,60° és

d'entre 50 i 85  $\frac{\text{litres}}{\text{m}^2 \text{ de col·lector}}$ . En aquest cas s'ha determinat 70  $\frac{\text{litres}}{\text{m}^2 \text{ de col·lector}}$ .

Així doncs el volum resultant és de:

$$20\text{m}^2 \times 70 \frac{\text{litres}}{\text{m}^2 \text{ de col·lector}} = 1400 \text{ litres.}$$

Per tant l'acumulador que s'escull és el Solaris BSF-1500 de 1500 litres de capacitat.

### D.6. Dimensionament del circuit hidràulic

Paràmetres		Valors
Cabal recomanat ( $\frac{\text{litres}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \text{ de captador}}$ )		12-15
Superfície captació ( $\text{m}^2$ )		20,64
Doncs per 15 ( $\frac{\text{litres}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \text{ de captador}}$ )		
Cabal ( $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ )		0,3
Cabal ( $\frac{\text{litres}}{\text{h}}$ )		300
Coeficient J	Tuberies metàl·liques	2,2
	Tuberies plàstiques	2,4
Criteris		
Velocitat fluid (m/s)		≤1,5
$\frac{\Delta H}{m} = \frac{\text{Pèrdua de càrrega}}{\text{m de tuberia}} (\frac{\text{mmcda}}{\text{m}})$		≤40

La pèrdua de càrrega total del circuit (mcda)	$\leq 7$
---	----------

**Taula 37. Paràmetres de dimensionament del circuit hidràulic.**

El material del circuit serà de coure.

Per a calcular el diàmetre de les canonades utilitzarem la següent expressió:

$$D = J \times C^{0.35}$$

**Equació 20**

D = Diàmetre en cm

$$C = \text{Cabal en } \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

J = 2.2 per a canonades metàl·liques

Doncs el diàmetre calculat per la tuberia és de 1,44 cm.

Diàmetres mínims en mil·límetres recomanats per tuberies de instal·lacions solars.

	Distància del camp de col·lectors al local de màquina		Acero	Cobre
	≤ 50 metres	> 50 metres		
Caudal (l/s)	Menos de 800	Menos de 500	20	18
	De 801 a 1500	De 501 a 1500	25	22
	De 1501 a 2200	De 1501 a 1800	32	28
	De 2201 a 4300	De 1801 a 5600	40	42
	De 4301 a 8500	De 5601 a 11 000	65	50
	De 8501 a 14 000	De 11 001 a 17 000	80	80
	De 14 001 a 25 000	De 17 001 a 25 000	100	100

**Taula 38. Mesures mínimes en mm amb relació a la distància al camp de col·lectors.**

Doncs, prendrem la canonada normalitzada de diàmetre 18 mm.

Segons l'equació:

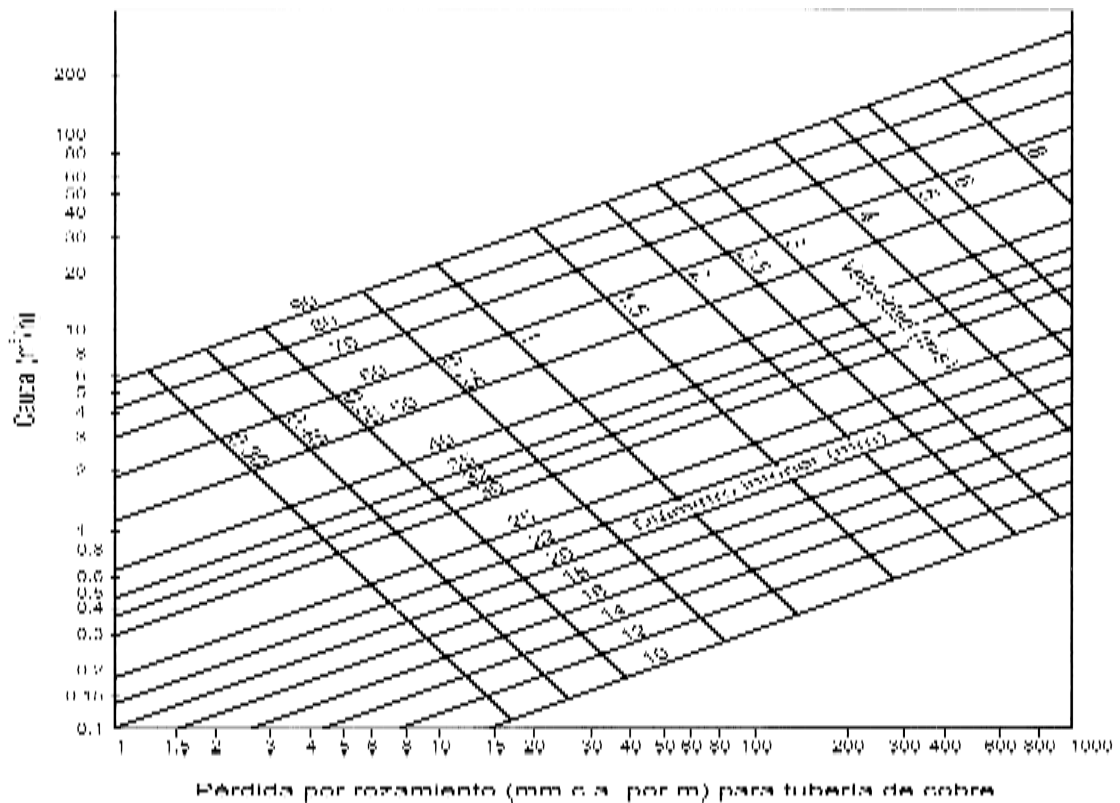
$Q = A \cdot v$

**Equació 21**

Paràmetres	Valors	Paràmetres	Valors
Q; Cabal (m <sup>3</sup> /s)	$8,33 \cdot 10^{-5}$	Q (m <sup>3</sup> /h)	0,3
D <sub>i</sub> ; Diàmetre interior (m)	0,0018	Diàmetre (mm)	18
Àrea (m <sup>2</sup> )	$25,4 \cdot 10^{-6}$		
v; velocitat del flux (m/s)	0,33		
l; Longitud tuberíes (m)	25		

**Taula 39. Paràmetres de les canonades**

**D.6.1. Pèrdua de càrrega del circuit de tuberíes**



**Gràfic 9. Àbac per al càlcul de pèrdua de càrrega a partir de Q, D<sub>i</sub>, v.**

Doncs la pèrdua de carrega per al traçat de les tuberíes és de 10 mmca/m., per tant 10 mmca/m x 40m = 400 mmca.

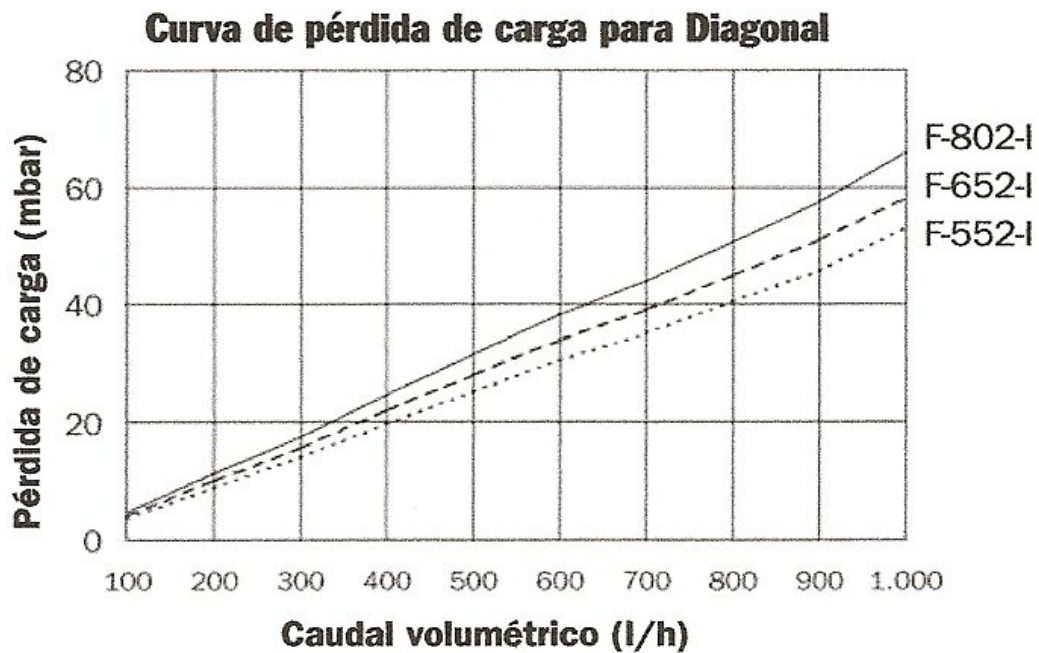
## D.6.2. Pèrdues de càrrega locals

### D.6.2.1. Pèrdua de càrrega del captador

Els captadors "Solvis Fera F-552-D" amb un cabal de 300l/h té una pèrdua de càrrega de 15mbar, doncs 15,30 mmca/captador, per tant en 4 captadors 61,2mmca.

$$15\text{mbar} \times \frac{1\text{bar}}{1000\text{mbar}} \times \frac{10000\text{Pa}}{1\text{bar}} \times \frac{0,102\text{mmca}}{1\text{Pa}} = 15,3 \text{ mmca}$$

$$15,3 \text{ mmca} \times 4\text{captadors} = 61,2 \text{ mmca}$$



Gràfic 10. Corba de càrrega d'un captador segons el cabal. En el nostre cas prenen el valor F-552-I.



**D.6.2.2. Pèrdua de carrega de l'acumulador**

La pèrdua de carrega de l'acumulador està especificada a les taules que ens aporta el fabricant; doncs per Solaris BSF-1500 és de 468 mbar, que si transformem, raó de 1 bar = 1039,78 mmca, doncs 486,62 mmca

**D.6.2.3. Pèrdua de càrrega de les singularitats de la instal·lació**

El mètode emprat és a partir del càlcul de  $L_e$ ; longitud equivalent (m)

Singularitat	$L_e$	Nombre de singularitats	valor
colzes 90° radi petit	1,5	12	22,5
Entrada a dipòsit	1,5	1	1,5
Sortida dipòsit	1,3	1	1,3
Contraccions brusques	0,5	5	2,5
Ampliacions brusques	0,5	5	2,5
Unió llisa	0,1	20	2,3
Vàlvules de tancament	0,5	4	2,0
Vàlvules de 3 vies	0,9	2	3,6
Vàlvules de 4 vies	1,8	1	1,8
Total en (m de $L_e$ )			38,3

**Taula 40. Valors de  $L_e$  per diferents singularitats del circuit hidràulic.**

Doncs:

$$\frac{\Delta H(\text{mmca})}{m \text{ de tuberia}} \times L_e (m) = \frac{10\text{mmca}}{m} \times 38,3m = 383\text{mmca}$$

**Equació 22**

Pèrdua de càrrega dels elements de la instal·lació

Paràmetres	Valors
Pèrdua de càrrega del circuit de tuberies (mmca)	400,0
Pèrdua de càrrega dels 4 captadors (mmca)	611,8
Pèrdua de càrrega de l'acumulador (mmca)	4772,2
Pèrdua de càrrega de les singularitats (mmca)	383,0
Total (mmca)	6166,0
Factor corrector degut a la temperatura	0,96
Total	5919,4
Coeficient de seguretat	15%
Total (mmca)	6807,3

**Taula 41. Pèrdua de càrrega dels elements de la instal·lació.**

Doncs es compleixen tots els criteris de regulació de la instal·lació

	Valor propi	Valor de regulació
Velocitat fluid (m/s)	0,33	≤1,5
$\frac{\Delta H}{m} = \frac{\text{Pèrdua de càrrega tuberies}}{m \text{ de tuberia}} \left( \frac{\text{mmcda}}{m} \right)$	25	≤40
La pèrdua de càrrega total del circuit (mcda)	6,81	≤7

**Taula 42. Criteris de regulació del circuit hidràulic.**

### **D.7. Dimensionat bomba de recircularització**

Per al càlcul de la potència de la bomba de recircularització ens fan falta els següents paràmetres:

W; potència de la bomba en W.

C; cabal del circuit en m<sup>3</sup>/s.

PC; pèrdua de càrrega del circuit en Pa.

$$W = C \times PC$$

**Equació 23**

$$6,81 \text{ mca} \times \frac{1000 \text{ mmca}}{1 \text{ mca}} \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,102 \text{ mmca}} = 66757,69 \text{ Pa}$$

$$C = 8,33 \cdot 10^{-5} (\text{m}^3/\text{s})$$

$$W = 8,33 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 66757,69 \text{ Pa} = 5,561 \text{ W}$$

Doncs amb la bomba de 25W que instal·lem al circuit tenim capacitat sobrada per circular l'aigua del circuit primari.

**D.8. Dimensionat aïllament**

L'espessor d'aïllament tèrmic necessari per a complir els requisits d'ús eficient de l'energia i per a la seguretat contra cremades per contactes accidentals s'obté segons la següent fórmula recollida del reglament d'instal·lacions tèrmiques (RITE) que és d'obligat compliment:

$e$ ; espessor (mm)

$\lambda$ ; conductivitat tèrmica  $\left(\frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}\right)$

$\lambda_{\text{ref}}$ ; conductivitat tèrmica de referència 0,040  $\left(\frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}\right)$

$e_{\text{ref}}$  : espessor de referència mínim de les taules d'espessors

$D_i$ ; diàmetre de la canonada en mm

$$e = \frac{D_i}{2 \cdot 10 \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \left( D_i + \frac{2 \cdot e_{ref}}{D_i} \right)}$$

**Equació 24**

Aquesta fórmula s'utilitza per a calcular l'espessor d'un aïllament tèrmic quan s'utilitza un material aïllant amb conductivitat tèrmica diferent a la de referència que és  $0,040 \frac{W}{m \cdot K}$ , ja que per a aquesta conductivitat existeix una taula d'espessors per a cada diàmetre de l'aparell o conducció quan l'aïllant tèrmic té la conductivitat tèrmica de referència, en el nostre cas l'escuma de poliestirè té una conductivitat de  $0,040 \frac{W}{m \cdot K}$ , igual a la de referència.

Doncs per cobrir 40 m linials de canonada de 18mm de diàmetre interior i 23 mm de diàmetre exterior caldran:

$$A_{\text{canonades}} = \pi \cdot \Phi_{\text{exterior}} \cdot l_{\text{canonades}}$$

**Equació 25**

$A_{\text{canonades}}$ ; és l'àrea total de les canonades.

$\pi$ ; és un valor tabulat que val 3,14159265.

$\Phi_{\text{exterior}}$ ; és el diàmetre exterior de la canonada.

$l_{\text{canonada}}$ ; és la longitud de les canonades.

$\Phi_{\text{exterior}}$	23mm
$l_{\text{canonada}}$	40m
$A_{\text{canonades}}$	5,78m <sup>2</sup>

**Taula 43. Requeriment d'aïllant (espuma elastomèrica).**

## **D.9. Dimensionat de a caldera**

Durant el mes més desfavorable es requerirà l'aportació d'energia convencional, per mitja de l'ús d'una caldera. Doncs primer analitzarem per saber quin és el mes més desfavorable i després comprovarem si la caldera escollida és capaç de subministrar la potència requerida.

Necessitats		
	Gener	Desembre
Calefacció ( $\frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$ )	461,72	434,02
ACS ( $\frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$ )	33,16	33,16
Total ( $\frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$ )	494,88	467,17
% substitució	1,63	2,51
Requeriments ( $\frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$ )	486,81**	455,45
Aportació caldera mínima		
Caldera (kW)	5,63	
Total ( $\frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$ )	486,432	
Aportació caldera Domusa Evolution EV 30 FM		
Caldera (kW)	30,2	
Total ( $\frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$ )	1848,24	

**Taula 44. Relació necessitats-aportació de la caldera.**

\*\*segons la taula observem que el Gener és el mes més desfavorable.

Com podem veure l'aportació és de  $1848,24 \frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$  que és un 379,65% de la demanda durant el mes més desfavorable (gener). Per tant es capaç de generar molta més energia de la que necessitem.

## D.10. Dimensionat dissipadors de calor

Durant els mesos amb on la instal·lació reculli molta més energia de la que requereix (mesos d'estiu; durant aquest mesos no ens cal calefacció) i com que l'acumulador suporta temperatures de fins a 95°C deixarem que l'aigua s'escalfi fins a 90°C i a partir d'aquesta temperatura activarem els dissipadors.

	Juny	Juliol	Agost	Setembre
Requeriments ( $\frac{\text{MJ}}{\text{mes}}$ )	1388,37	1415,52	1434,65	1406,88
Aportació ( $\frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$ )	4103,82	5056,26	4506,69	3862,66
Diferència ( $\frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$ )	2715,44	3640,73	3072,04	2455,7
Diferència (W)	1047,62	1404,60	1185,20	947,443

**Taula 45. Requeriment de potència dissipada.**

Doncs, el dissipador per gravetat instal·lat, es capaç de dissipar 2000W enfront dels 1047 W que requerim, un 191%, per tant és sobradament aplicable.

## **ANNEX E. ANNEX E. CÀLCUL PER A LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA**

El criteri de càlcul escollit, és aquell on, en condicions climatològiques normals, s'aconsegueix satisfer tota la demanda energètica i s'emmagatzema una previsió energètica per 3 dies de condicions desfavorables, a més de la instal·lació d'un grup electrogen autònom per situacions d'avaría o condicions meteorològiques adverses superiors a 3 dies.

### **E.1. *Justificació del criteri de càlcul.***

Els criteris de partida serveixen de base pel dimensionament de la instal·lació; així:

Si es té únicament en compte la conveniència d'aprofitar al màxim l'energia solar captada pels panells, s'hauria de dimensionar la bateria de forma de que mai pogués assolir la plena càrrega; aquest criteri no té molt sentit, ja que cal tenir en compte que el cost de la bateria, creix segons la capacitat nominal.

Un altre criteri és el d'evitar que els consums d'energia es restringeixin, però això ens obligaria a un sobredimensionat, tant de panells com de bateria, que sols seria justificable en determinades ocasions on el factor econòmic fos secundari.

Un criteri en principi més raonable, seria el d'intentar que els panells produeixin al llarg d'un dia mig de període de consum, tanta energia com teòricament puguin, segons la seva potència nominal. Però aconseguir aquesta premissa es realment difícil perquè caldria regular el perfil horari de la càrrega de consum per evitar una sobrecàrrega de la bateria, o per al contrari un esgotament de la mateixa.

Doncs el criteri que usarem serà el d'aconseguir, fins al límit de lo raonable, que els consums quedin garantits durant tot el període de la instal·lació, però sense descartar que en ocasions excepcionals, puguin arribar a restringir-se o fins i tot a suprimir-se, davant del risc d'una descàrrega excessiva de la bateria. Per això farem ús de les xifres estadístiques de radiació solar i altres variables, actuant amb un marge de seguretat per prevenir en el possible variacions, fluctuacions i desviacions significatives respecte a lo esperat

## E.2. Dades de partida

Doncs la base per al càlcul són: els consums elèctrics, la temporalitat d'us de la instal·lació i la radiació solar del mes més desfavorable del període escollit.

Si la instal·lació és anual el mes més desfavorable sol ser el desembre o el gener, doncs posteriorment el mes escollit serà justificat.

El dimensionament es farà a partir de càlculs del programa CENSOL 5.0 i posteriorment es farà una aproximació manual, per tal de comprovar-los.

## E.3. Càrrega de consum

Per disminuir els consums utilitzarem electrodomèstics de baix consum, en la mesura de lo possible. El consum dels electrodomèstics es troba indicat en la etiqueta de compra i està regulat per llei.

Classe energètica	Consum energètic*	Qualificació
A++	<30%	Molt baix consum
A+	30 - 42%	
A	42 -55%	Baix consum
B	55 -75%	
C	75 -90%	
D	95 -100%	Consum mig
E	100 -110%	
F	110 -125%	
G	>125 %	Alt consum

**Taula 46. Classificació energètica dels electrodomèstics.**

\*L'estalvi energètic que està estipulat segons el consum mig de l'electrodomèstic.

El nivell d'eficiència energètica indica el consum relatiu de l'electrodomèstic respecte al consum mig d'un aparell de similars característiques.



Doncs els consums dels electrodomèstics existents a la vivenda són els estipulats a la taula següent

	Unitats	Potència usual (W)	Hores diàries d'ús	Consum diari ( $\frac{W \cdot h}{\text{dia}}$ )
Cuina				
Estractor	1	300	2	600
Cuina elèctrica	0			
Forn elèctric	0			
Forn de micrones	1	700	0,5	350
Fregidora	0			
Batidor	1	600	0	120
Molinet de cafè	0			
Torradora	0			
Refrigeradora (nevera+congelador)	1	18	24	350
Congelador	0			
Rentaplats	0			
Neteja				
Rentadora	1	1200	1	1200
planxa	1	600	0,5	300
Secadora	0			
Menjador				
TV 40"	1	200	2	400
DVD	1	10	1,5	15
Equip de música	1	40	1	40
Dormitori				
TV 20"	1	58	2	116
Ràdio - Despertador	1	3	0,5	2
Escriptori				
Ordinador portàtil	1	200	2	400
Modem	1	9	2	18
Impressora	1	25	0,3	6
Telèfon	2	12	24	576

Carregador de mòbil	2	1	15	30
Altres				
Regulació caldera	1	10	24	240
Recircularització calefacció	1	100	17	1700
Il·luminació	1	630	1	630
TOTAL		4715,00	105,45	7092,75

**Taula 47. Consums energètics diaris de la vivenda.**

Els requeriments energètics de la instal·lació són  $7092 \frac{W \cdot h}{dia}$ .

#### **E.4. Càlcul de l'energia solar disponible**

Cal tenir en compte que com que el consum no és anual, els càlculs van referits al període més desfavorable (desembre).

A més a més, cal tenir present compte que el panell fotovoltaic estarà sotmès a les condicions climàtiques de la zona, a la pol·lució local, a la pols, a més estarà inclinat, per tant el valor d'energia incident per metre quadrat s'haurà de modificar per diversos factors de correcció. Doncs el mes més desfavorable pot ser que no sigui el que rep una menor energia provinent del sol.

Com podem observar, a la taula 3, el més amb menys radiació solar disponible és el desembre, i després de l'aplicació, deguda al factor de modificació relatiu a la inclinació del panell, observem que el mes amb menys hores solar pic (HSP) continua sent el desembre però molt proper al gener.

### **E.4.1. Orientació de les plaques**

La desviació del pla de captació solar respecte al sud, suposa una reducció en l'energia que incidirà diàriament sobre aquest. Doncs una major desviació respecte al sud produirà una captació menor d'energia.

En el nostre cas, com que no tenim cap limitació alhora d'orientar les plaques, ho farem de la manera que ens porti més energia.

### **E.4.2. Inclinació de les plaques**

Seguirem els criteris següents en funció de l'estació de l'any de màxima utilització de la instal·lació:

- Instal·lacions d'ús anual: Inclinació dels captadors = [Latitud del lloc]. Per Catalunya això suposa 40° – 45°.
- Instal·lacions d'ús estival: Inclinació dels captadors = [Latitud del lloc – 10°]. Per Catalunya això suposa 30° – 35°.
- Instal·lacions d'ús hivernal: Inclinació dels captadors = [Latitud del lloc + 10°]. Per Catalunya, 50° – 55°.

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

Tot i això, per escollir la inclinació òptima modificarem el valor de la inclinació en el programa CENSOL 5.0 fins obtenir l'opció que genera més energia. En el nostre cas la inclinació recomanada és la de 55°.

### **E.4.3. Radiació solar disponible**

Segons programa CENSOL 5.0, el qual té un base de dades referent a les radiacions que té cada latitud, doncs com a criteri que hem anunciat anteriorment, buscarem el màxim

abastiment energètic, per tant a l'hora de calcular escollim les dades del mes més desfavorable. Cal tenir en compte que el valor de la radiació incident s'ha de corregir per diferents factors: el microclima, pols al ambient, contaminació i la inclinació del panell, igual que hem calculat per termosolar. Doncs, aplicarem el mateix factor de correcció de 0,9.

Com que els fabricants de mòduls fotovoltaics expressen la potència de generació dels seus productes en (W) i a més en unes condicions estàndards de: radiació de 1000 W/m<sup>2</sup> i temperatura de cèl·lula de 25 °C,

Per tant, es interessant obtenir un valor comparable al dels assajos del laboratori, les hores sol pic o nombre d'hores a potència nominal equivalents (HSP). Aquest valor vindria a ésser les hores que hauria de lluir el sol a intensitat fixa de 1000 W/m<sup>2</sup> per produir la mateixa energia que arriba en realitat el dia mig del mes escollit, en que el sol varia d'intensitat contínuament durant el dia.

El mateix programa CENSOL 5.0 ens ofereix aquesta conversió.

Tot i això farem una aproximació manual.

	H (taules) MJ/m <sup>2</sup>	H <sub>corregida</sub>	k (55°)	HSP
Gener	6,5	5,85	1,44	2,34
Febrer	9,5	8,55	1,3	3,09
Març	12,9	11,61	1,13	3,64
Abril	16,1	14,49	0,97	3,90
Maig	18,6	16,74	0,85	3,95
Juny	20,3	18,07	0,8	4,06
Juliol	21,6	19,44	0,85	4,59
Agost	18,1	16,29	0,98	4,43
Setembre	14,6	13,14	1,19	4,34
Octubre	10,8	9,72	1,43	3,86
Novembre	7,20	6,48	1,5	2,70
Desembre	5,80	5,22	1,57	2,28
MITJA	13,50	12,15	1,1675	3,60
TOTAL	162,00	145,80	14,01	43,20

**Taula 48. Transformació energia captada en HSP.**

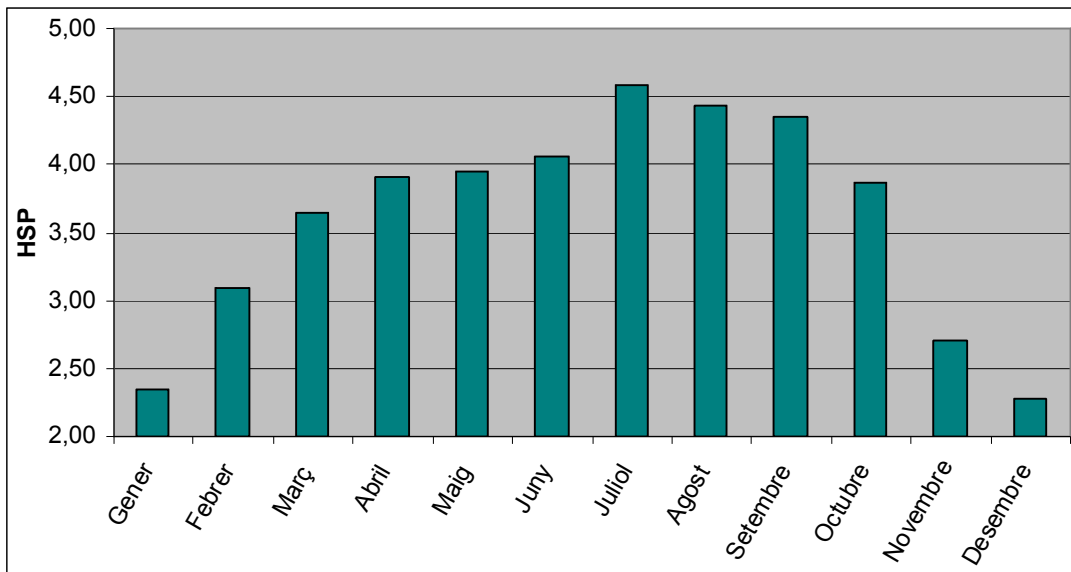
Equacions relacionades

$$H.S.P. = k \times 0,2778 \times H_{\text{corregida}}$$

**Equació 26**

$$H_{\text{corregida}} = H_{\text{tabulada}} \times 0,9$$

**Equació 27**



**Gràfic 11. Nombre hores solars pic al llarg de l'any.**

#### **E.4.4. Càlcul d'ombres i distància entre col·lectors**

Tal com hem vist per les instal·lació solar tèrmica, per assolir el màxim aprofitament d'un sistema d'energia solar s'haurà de tenir cura de la incidència de possibles ombres sobre els captadors. En aquest cas no ens trobem amb cap tipus d'ombra ja que les plaques estan a una alçada suficientment gran com per no trobar-se cap tipus d'obstacle, en aquest sentit.

Els propis captadors són els únics elements que poden fer-se ombra entre si. Doncs cal calcular la distància mínima de col·locació entre bateries de captadors per evitar que els del davant tapin els de darrera.

Tal com es veu en el dibuix, la distància mínima, entre captadors, és la suma de dues longituds ( $d_1$  i  $d_2$ ), corresponents a l'ocupació del primer captador més la longitud de l'ombra que aquest projecta.

Paràmetres	Valors
Latitud	41,61°
Alçada solar mínima anual al migdia solar a l'hemisferi nord que correspon al dia 21 de desembre)	24,89
Alçada suport (m)	0,05
l = Alçada captador (m)	1,425
Alçada total (suport + captador) (m)	1,475
d (m) = d <sub>1</sub> (m) + d <sub>2</sub> (m)	3,45
Coefficient de seguretat	10%
Distància entre panells (m)	3,80
Inclinació del panells que aporta la màxima energia en el més mes desfavorable segons CENSOL 5.0	55°

**Taula 49. Paràmetres per al càlcul de les distàncies entre panells.**

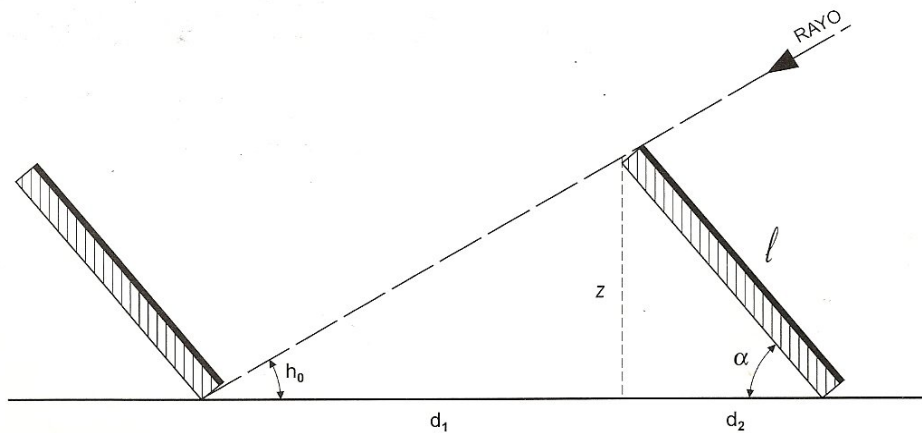
Equacions aplicables

$$h_0 = (90^\circ - \text{latitud del lloc}) - 23,5$$

**Equació 28**

$$d = d_1 + d_2 = l \cdot \left( \frac{\sin \alpha}{\tan h_0} + \cos \alpha \right)$$

**Equació 29**



**Il·lustració 31. Esquema de la distribució correcte dels panells.**

## **E.5. Dimensionat dels elements de la instal·lació**

El primer a decidir, com a pas previ al dimensionament de l'acumulador i panells, és el nombre màxim de dies d'autonomia previstos per a la instal·lació. Teòricament aquest nombre representaria el número de dies consecutius que podrien donar-se condicions desfavorables per a la captació (és a dir dies totalment ennuvolats), durant aquests dies els panells no recullen energia i tot el consum es fa a expenses del que hi ha emmagatzemat als acumuladors. Cal tenir en compte que en el nostre cas disposem d'un grup electrogen). Doncs preveurem 3 dies d'autonomia a les bateries.

### **E.5.1. Rendiment global**

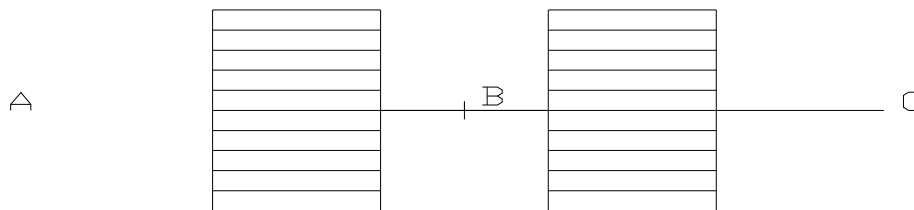
El rendiment de la instal·lació ve per una sèrie de factors entre els quals destaquen:

- El rendiment del panell
- La tolerància en els valors de potència nominal del mòdul fotovoltaic (entre un +0% i un -10%).
- La pèrdua de potència al treballar el mòdul en condicions d'operació distintes a les quals tenia quan que es va amidar la seva potència nominal. El mòdul, per exemple, adquireix en operació temperatures superiors als 25°C amb els quals es va amidar en fàbrica (pèrdues entre un 5 i un 10%).
- Les pèrdues del inversor estan compreses entre un 5 i un 11%.
- Altres pèrdues, generalment caigudes de tensió (se sol prendre un 3% aproximadament).

### E.5.2. Càlcul del nombre de panells i bateries

Posteriorment segons el programa informàtic CENSOL 5.0:

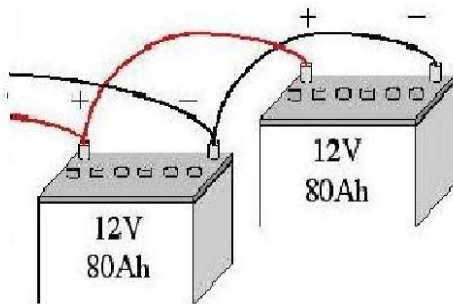
- Número total de panells; es requereix 23 panells fotovoltaics, n'instal·larem doncs 22 i s'aconseguirà una potència instal·lada de 4400 W, dels 4548W necessaris. Situats en 2 sèries de 11 panells en paral·lel.



Il·lustració 32. Esquema de la distribució dels 22 panells.

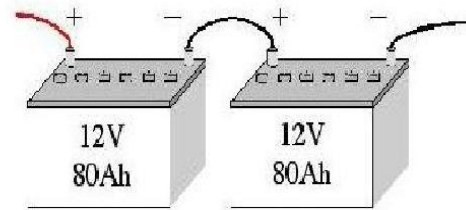
$$\text{Doncs } 20 \text{ panell} \times 200 \frac{\text{W}}{\text{panell}} = 4000 \text{ W}$$

- Número total de bateries; per satisfer la demanda són necessàries 26 bateries, 24 en sèrie i 2 en paral·lel amb les qual obtenim 2000 Ah dels 1944 Ah necessaris.



Capacidad Total = 80Ah + 80Ah = 160Ah  
 Voltaje Total = 12V

Il·lustració 33. Exemple de connexió de bateria en paral·lel.



Capacidad Total = 80Ah

Voltaje Total = 12V + 12V = 24V

Il·lustració 34. Exemple de connexió de bateria en sèrie.



Doncs, 2 bateries en paral·lel són 2000 Ah i 24 en sèrie són 48v, per tant el conjunt de bateries aporta 2000Ah a 48V.

Panells	
P; nombre de Panells	22
$P_s$ ; Panells en sèrie	2
$P_p$ ; Panells en paral·lel	11
$I_{\text{Panell}}$ (A)	7,61
$V_{\text{Panell}}$ (V)	26,3
$W_{\text{Panell}}$ (W)	200
$I_{\text{Sistema panells}}$ (A) = $I_{\text{Panell}} \times P_p$	$7,61 \times 11 = 83,71$
$V_{\text{Sistema panells}}$ (V) = $V_{\text{Panell}} \times P_s$	$26,3 \times 2 = 52,6$
$W_{\text{Sistema panells}}$ (W) = $W_{\text{Panell}} \times P$	$200 \times 22 = 4400$
Bateries	
B; Nombre de Bateries	26
$B_s$ ; Bateries en sèrie	24
$B_p$ ;Bateries en paral·lel	2
$C_{\text{bateria}}$ ; Capacitat bateria (Ah)	1000
$V_{\text{bateria}}$ ; Voltatge bateria (V)	2
$C_{\text{Sistema.bateries}}$ (Ah) = $C_{\text{bateria}} \times B_p$	$1000 \times 2 = 2000$
$V_{\text{Sistema.bateries}}$ (V)= $V_{\text{bateria}} \times B_s$	$2 \times 24 = 48$

**Taula 50. Característiques del sistema, del conjunt de panells i del conjunt de bateries.**

### E.5.2.1. Aproximació manual al dimensionament de les bateries

$E_T(\frac{W \cdot h}{\text{dia}})$ ; és l'energia anteriorment calculada, que es requereix per fer funcionar tots els aparells elèctrics de la vivenda.

$E(\frac{W \cdot h}{\text{dia}})$ ; és l'energia que cal emmagatzemar per satisfer la demanda, i a diferència d'  $E_T$  té en compte les pèrdues del sistema, que és el valor del rendiment.

R; és un factor global de rendiment de la instal·lació, equival a les pèrdues del sistema d'emmagatzematge.

$k_b$ ; coeficient de pèrdues per rendiment en el acumulador, és la fracció de l'energia que la bateria no retorna respecte a la absorbida procedent dels panells. Dins de la bateria, durant els processos químics que tenen lloc, sempre existeix la producció d'energia calorífica.

$k_v$ ; coeficient que agrupa qualsevol altres pèrdues que hi puguin existir: rendiment global de tota la xarxa de consum, pèrdues per efecte Joule,...).

$k_c$ ; coeficient de pèrdues en el convertidor.

$k_a$ ; coeficient de pèrdues per autodescàrrega diàries.

N; és el nombre de dies d'autonomia de les bateries.

$P_d$ ; profunditat de descàrrega de la bateria.

$C_u$ ; és la capacitat útil de la bateria.

C; és la capacitat nominal de la bateria assignada pel fabricant.

Paràmetres	Valors
$k_b$	0,05
$k_c$	0,04
$k_v$	0,15
$k_a$	$6,67 \cdot 10^{-4}$
N	3
$P_d$	0,3
R	0,75
$E_T \left( \frac{W \cdot h}{dia} \right)$	7092
$E \left( \frac{W \cdot h}{dia} \right)$	9394,23
Voltatge bateria (Vcc)	2

Nombre de bateries en serie	24
Voltatge del circuit de corrent contínua (Vcc)	48
C bateria (Ah)	1000
C <sub>u</sub> (Wh) sistema	28182,72
C <sub>u</sub> (Ah) sistema	587,14
C (Ah) sistema	1957,13
Nombre de bateries en paral·lel	2

**Taula 51. Paràmetres per al càlcul dels valors per dimensionar les bateries.**

Equacions aplicables.

$$E = \frac{E_T}{R} \quad \text{Equació 30}$$

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \cdot \left( 1 - \left( \frac{k_a \cdot N}{P_d} \right) \right) \quad \text{Equació 31}$$

$$C_u (W \cdot h) = E \cdot N \quad \text{Equació 32}$$

$$C_u (A \cdot h) = \frac{E \cdot N}{V_{cc}} \quad \text{Equació 33}$$

$$C (A \cdot h) = \frac{C_u (A \cdot h)}{P_d} \quad \text{Equació 34}$$

#### **E.5.2.2. Aproximació manual al dimensionament dels panells**

$E_p \left( \frac{W \cdot h}{\text{dia}} \right)$ ; és l'energia que cal que produeixin els panells en el més mes desfavorable, segons l'època de l'any es calcula a partir de l'energia que acumulen els panells multiplicat per un factor de correcció que representa les pèrdues degudes al desaprofitament d'energia del regulador. Pel període més desfavorable les bateries no estaran plenes, per tant l'energia que desaprofitarà serà sols d'un 10% aproximadament..

$P$ ; és la potència nominal del captador, agafada del catàleg del fabricant. A vegades com que les condicions d'assaig són diferents de les reals, s'estima el valor real de la potència un 90% del nominal.

Paràmetres	Valors
$E \left( \frac{W \cdot h}{\text{dia}} \right)$	9394,24
$E_p \left( \frac{W \cdot h}{\text{dia}} \right)$	10438,04
Potència nominal (W)	200
HSP Desembre	2,28
N panells	22,92
N panells	23

**Taula 52. Paràmetres per calcular el nombre de panells.**

Equacions aplicables

$$E_p = \frac{E}{0,9} \quad \text{Equació 35}$$

$$\text{Nombre de panells} = \frac{E_p}{P \cdot \text{HSP}} \quad \text{Equació 36}$$

### E.5.3. Dimensionat del regulador

El regulador ha de ser capaç de suportar corrents de 80 A i permetre un voltatge de 48 V.

$I_{\text{Sistema panells}} \text{ (A)}$	83,71
$V_{\text{Sistema panells}} \text{ (V)}$	52,6
$V_{\text{Sistema bateries}} \text{ (V)}$	48
$I_{\text{màx del regulador}} \text{ (A)}$	80
$V_{\text{del regulador}} \text{ (V)}$	12/24/48/60

**Taula 53. Paràmetres per al càlcul del regulador.**

### E.5.4. Dimensionat del inversor

L'inversor seleccionat permet la transformació de l'energia acumulada al conjunt de bateries, és a dir, que permet la transformació de 48 V en corrent contínua (Vcc) a 220 V en corrent alterna (Vac).

A més a més, és capaç de satisfer la demanda de potència necessària, ja que com que mai tots els aparells estaran funcionant simultàniament, doncs la potència punta serà sempre inferior al total calculat (4548 W). Ho corregim per un factor de 0,9 i obtenim que la demanda màxima de potència de 4093,2 W.

W calculats x factor de protecció = W necessaris

**Equació 37**

Aquesta dada és important alhora d'escollir el fusible de seguretat i el inversor.

Tot i que la demanda màxima de potència serà, com anteriorment hem mencionat, de 4548W, en certs períodes es pot superar degut a que l'arrencada de motors consumeix molta potència durant un període breu de temps. Tot i això, si es té un bon hàbit energètic alhora d'utilitzar els aparells que més potència demanen durant l'horari diürn, no caldrà un gran sobredimensionament del inversor. Doncs, el inversor escollit, és de 5000W i segons catàleg, permet pics de 6000w durant un màxim de 30 minuts o bé de 15000W durant 5 segons. A més a més hem de tenir present que els inversors són equips amb baix rendiment a baixes càrregues de treball, per tant no és útil aplicar un gran sobredimensionament al seu disseny en la instal·lació.

Inversor	
Voltatge nominal de la bateria (V)	48V
Rang de voltatge d'entrada (V)	38 – 68V
Intensitat (A)	0 – 100 A

**Taula 54. Paràmetres per a la idoneïtat de l'inversor.**

### E.5.5. Càlcul de les seccions del cablejat

Respecte al cablejat de la instal·lació, és molt important minimitzar tot el possible la longitud del cable a usar, per raons econòmiques.

Per raons pràctiques usarem el coure per realitzar la instal·lació.

La secció dels cables s'ha d'escollir de forma que les màximes caigudes de tensió entre ells comparades amb la tensió que estiguin treballat estiguin per sota dels següents límits.

	Valor màxim admissible (%)	Valor recomanat (%)
Tram panells-regulador	3	1
Tram regulador-acumulador	1	0,5
Tram acumulador-inversor	1	1
Tram inversor-grup electrogen	1	1
Tram línia principal il·luminació	3	3
Tram línia principal-altres	5	3

**Taula 55. Caigudes de tensió màximes admissibles.**

Doncs, segons conveni establert, la corrent elèctrica va de punts de major potèncial als de menor.

Per fer aquest càlcul es tindrà en compte que la instal·lació està composta per dues zones clarament diferènciades una de corrent continu (CC) i l'altre de corrent altern (CA). La zona de CC hi ha tres parts: connexió panells-regulador, regulador-bateria i bateria-inversor. En CA tenim dues parts: el tram de connexió entre l'inversor-generador i inversor-línia principal (a efectes pràctics).

Doncs:

$V$ ; voltatge (V); és el voltatge entre els punts AB.

$cdt_{AB}$ ; és percentatge de caiguda de tensió entre els punts AB.

Per als nostres càlculs usarem la caiguda de tensió recomanada.

$\Delta V$ ; és la variació de potèncial (V) entre els punts AB.

I; intensitat (A); és la intensitat que transcorre entre AB.

L (m); és la distància entre els punts AB.

$\rho$  ( $\frac{V \cdot m}{A}$ ); resistivitat del material conductor.

$\rho_{Cu}$  és de  $2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \frac{V \cdot m}{A}$

Equacions relacionades:

$$\Delta V = cdt_{AB} \cdot V$$

**Equació 38**

$$\frac{\Delta V}{I} = \frac{\rho \cdot L}{S} \Leftrightarrow S = \frac{\rho \cdot L \cdot I}{\Delta V}$$

**Equació 39**

- Per a corrent contínua (CC)

$$P_{instal·lada} (W) = V (V) \times I (A)$$

**Equació 40**

- Per corrent alterna (CA) s'aplica una modificació ja que existeix un desfase entre V i I, el  $\cos \varphi$ .

$$P_{instal·lada} (W) = V (V) \times I (A) \times \cos \varphi$$

**Equació 41**

Corrent contínua (CC)							
Tram	V (V)	Cdt <sub>recom</sub>	$\Delta V$	L (m)	I (A)	A (mm <sup>2</sup> )	$\varnothing$ (mm)
Panells-Regulador	48	0,01	0,48	20	76,1	69,76	9,42
Regulador-Acumulador	48	0,005	0,24	1	76,1	6,98	2,98
Acumulador-Inversor	48	0,01	0,48	2	76,1	6,98	2,98

Taula 56. Càlcul del cablejat per corrent contínua (CC).

Corrent alterna (CA)									
Tram	V (V)	P <sub>instal·l</sub> (W)	Cos $\varphi$	I(A)	Cdt <sub>recom</sub>	$\Delta V$	L (m)	A (mm <sup>2</sup> )	$\varnothing$ (mm)
Generador-Inversor	220	4000	0,9	20,20	0,01	2,2	50	10,10	3,60
Inversor-Línia principal	220	4000	0,9	20,20	0,03	6,6	2	0,13	0,41

Taula 57. Càlcul del cablejat per a corrent alterna (CA).

### E.5.6. Presa de terra

La instal·lació de presa de terra seguirà el que estableix el Reglament electrotècnic de Baixa tensió i les seves instruccions complementàries.

### E.5.7. Proteccions

Normalment, s'instal·la:

- Magnetotèrmic o fusibles entre panells i regulador, i entre regulador i bateries. Els fusibles són més barats i fan el mateix efecte, però tenen l'inconvenient de requereixen de recanvis.
- Fusible entre positiu de bateries i inversor. Aquí, segons normativa s'està obligat a posar un fusible, degut a que existeix normalment molta intensitat



- Varistors de protecció. Aquests elements eviten els danys causats per la sobretensió produïda per la caiguda de un llamp a prop, entre positiu i negatiu de panells, amb derivació a terra.
- Tres piques de terra una en la estructura de suport de panell, un altre al xasis de l'inversor, i un altre a la sortida AC per a consum.
- Magnetotèrmic i diferencial para la sortida de AC, fins arribar al quadre general de la vivenda.

### **E.5.8. Generador**

Degut a que poden existir períodes de baixa insolació o bé avaries en el sistema fotovoltaic, s'inclourà a la instal·lació un grup electrogen, per continuar disposant d'energia elèctrica tot i aquests esdeveniments.

Per tal de diferenciar entre l'ús d'un generador de gasoil o bé diesel, cal que ens preguntem sobre el període de funcionament d'aquest:

- Si l'ús del generador serà llarg o continuat, doncs, es preferible instal·lar un generador diesel.
- Si per al contrari, el seu ús, serà indicat per períodes curts ( 1 dia, 4 hores, 3 dies,...serà millor escollir un de gasoil, ja que el diesel, no s'arribarà a rentabilitzar.

Els generadors diesel disposen d'un menor consum i la vida del motor és molt més llarga, encara que el seu nivell de soroll és molt més alt i el preu del equip i les seves reparacions són més cares.

Els generadors gasolina ofereixen un nivell de so molt més baix que els diesel a més a més de tenir un menor preu i pes. Les reparacions en aquests tipus de generadors són menys costoses.

La diferència de so entre un generador insonoritzat i un convencional és abismal, encara que el preu també, serà l'instal·lador i el client qui hauran de valorar les molèsties que pot suposar la instal·lació d'un o altre.

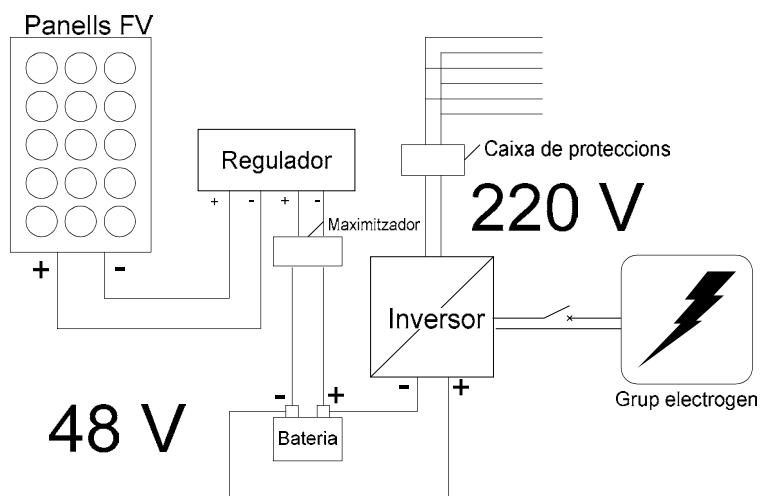
El generador escollit ha de ser capaç de subministrar els 4730 W, necessaris per donar la potència suficient a la instal·lació. Doncs, per les condicions del mercat escollirem un inversor de 5,5 KVA, de gasoil, per fer-ho coincidir alhora amb les necessitats de la caldera auxiliar solar-tèrmica.

### E.5.9. Vida útil

La vida útil d'una planta fotovoltaica és la dels seus components. Sempre que aquesta estigui ben dissenyada i es facin els manteniments recomanats. Aquest valors doncs per a Espanya són:

- Els mòduls o panells fotovoltaics >20 anys.
- Els aparells electrònics >30 anys.
- Els elements auxiliars (cablejat, caixes de connexió etc.) >35 anys.

### E.6. Esquema bàsic instal·lació



Il·lustració 35. Disseny bàsic instal·lació.

## ANNEX F. ESTUDI DE VIABILITAT

### F.1. Per a instal·lació solar tèrmica

A partir de conèixer el cost real de cada tipus de instal·lació (elements de la instal·lació més el preu del combustible), cal que treballem sobre els diferents costos de cadascuna. Ja que en la vivenda n'instal·larem una , l'altre o ambdues; i mesurarem els beneficis a partir de les diferents opcions que ens proporciona cadascuna.

#### F.1.1. Cost diferencial

El cost diferencial és separa en dues parts, el cost diferencial dels elements de la instal·lació i el cost diferencial de consum de combustible.

##### F.1.1.1. Cost diferencial dels elements de la instal·lació

$$\text{Cost real}_{\text{Instal·lació solar tèrmica}} = \text{Cost}_{\text{Instal·lació solar tèrmica}} + \text{Cost}_{\text{Instal·lació convencional}}$$

**Equació 42**

Cost instal·lació solar tèrmica	9959,72 €
Cost instal·lació convencional	4399,67 €
Cost real instal·lació solar tèrmica	14359,39

**Taula 58. Cost real de la instal·lació solar tèrmica amb el 16% d'IVA inclòs.**

Cost real instal·lació solar tèrmica	14359,39
Instal·lació convencional	4399,67 €
Diferència	9959,72 €

**Taula 59. Inversió diferencial.**

**F.1.1.2. Cost diferencial de combustible**

Doncs ens cal conèixer una sèrie de paràmetres per poder realitzar aquest càlculs:

$$10,1 \frac{\text{KW} \cdot \text{h}}{\text{litre de combustible}}; 0,66 \frac{\text{euros}}{\text{litre de combustible}}; 15,30 \frac{\text{KW} \cdot \text{h}}{\text{euro}};$$

Cal tenir en compte el rendiment de la caldera

En una instal·lació solar tèrmica						
Mes	Necessitat (MJ)	Aport solar	Dif real (MJ)	KW·h	Litres de gasoil	Cost (€)
Gener	15308,06	249,53	15058,54	4182,93	414,15	273,34
Febrer	14715,28	1013,43	13701,85	3806,07	376,84	248,71
Març	11386,07	2293,33	9092,74	2525,76	250,08	165,05
Abril	8072,91	2875,18	5197,73	1443,81	142,95	94,35
Maig	3170,06	3556,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Juny	833,03	4103,83	0,00	0,00	0,00	0,00
Juliol	841,66	5056,26	0,00	0,00	0,00	0,00
Agost	860,79	4506,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembre	851,54	3862,66	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	5193,06	2732,04	2461,03	683,62	67,68	44,67
Novembre	8525,48	1223,39	7302,09	2028,36	200,83	132,55
Desembre	14449,26	362,39	14086,87	3913,02	387,43	255,70
Total	84207,20	31834,79	66900,83	18583,56	1839,96	1214,37

**Taula 60. Càlcul de costos mensuals per la instal·lació solar tèrmica.**

Doncs en la instal·lació solar tèrmica tindrem uns costos per carburant de 1214,37€/any durant el primer any.

En una instal·lació convencional				
	Necessitat (MJ)	KW·h	Litres de gasoil	Cost (€)
Gener	15308,06	4252,24	421,01	277,87
Febrer	14715,28	4087,58	404,71	267,11
Març	11386,07	3162,80	313,15	206,68
Abril	8072,91	2242,47	222,03	146,54
Maig	3170,06	880,57	87,19	57,54
Juny	833,03	231,40	22,91	15,12
Juliol	841,66	233,80	23,15	15,28
Agost	860,79	239,11	23,67	15,62
Setembre	851,54	236,54	23,42	15,46
Octubre	5193,06	1442,52	142,82	94,26
Novembre	8525,48	2368,19	234,47	154,75
Desembre	14449,26	4013,68	397,39	262,28
Total	84207,20	23390,89	2315,93	1528,51

**Taula 61. Càlcul de costos mensuals per la instal·lació convencional.**

Doncs en la instal·lació solar tèrmica tindrem uns costos per carburant de 1528,51€/any durant el primer any.

Doncs el primer any tindrem un estalvi de 475,97 litres de gasoil i de 314,14 €.

### **F.1.2. Càlculs econòmics**

Cal tenir en compte que els preus dels combustibles, l'interés bancari,... són conceptes que varien de valor al llarg del temps, doncs per fer un càlcul més precís aplicarem una sèrie de formules econòmiques per aproximar-nos a la realitat. Primer pas és diferenciar els conceptes que aplicarem al càlcul:

El període de retorn del capital invertit és el temps que transcorre des de que es realitza la inversió fins que l'estalvi produït per la instal·lació amortitzi totalment la mateixa.

La taxa de rendibilitat interna ( $r$ ), és el tipus d'interès que hauria d'existir per què la inversió en la instal·lació solar, una vegada arribat al final de la seva vida útil, hauria d'haver produït el mateix benefici que la capitalització del diner.

Referent als factors tals com l'interès del diner ( $e$ ), la inflació ( $i$ ) o l'augment anual del cost dels combustibles substituïts ( $c$ ) (que determinaran l'estalvi net que la instal·lació produeix), aquests no es poden conèixer prèviament, i no existeix més solució que estimar-los d'acord amb les previsions econòmiques. Per tots aquests factors suposarem vàlids uns valors mitjos, constants al llarg dels anys, encara que sabem que es produiran fluctuacions en un i altre sentit. En tot cas sempre es podrien aplicar les correccions concretes que es consideressin adequades.

Paràmetres i equacions aplicables:

$A$ ; estalvi previst anualment

$c$ ; increment del anual del preu del combustible

$e$ ; interès

$t$ ; nombre d'anys

$$A \times \sum_1^t \left( \frac{1+c}{1+e} \right)^t$$

**Equació 43**

$M$ ; el cost del manteniment durant el primer any de vida de la instal·lació

$i$ ; inflació anual

$e$ ; interès

$t$ ; nombre d'anys

$$M \times \sum_1^t \left( \frac{1+i}{1+e} \right)^t$$

Equació 44

C; el cost de la inversió diferencial.

B; benefici net

$$B = A \times \sum_1^t \left( \frac{1+c}{1+e} \right)^t - M \times \sum_1^t \left( \frac{1+i}{1+e} \right)^t - C$$

Equació 45

Per t, anys de vida útil de la instal·lació

r; rendibilitat de la instal·lació

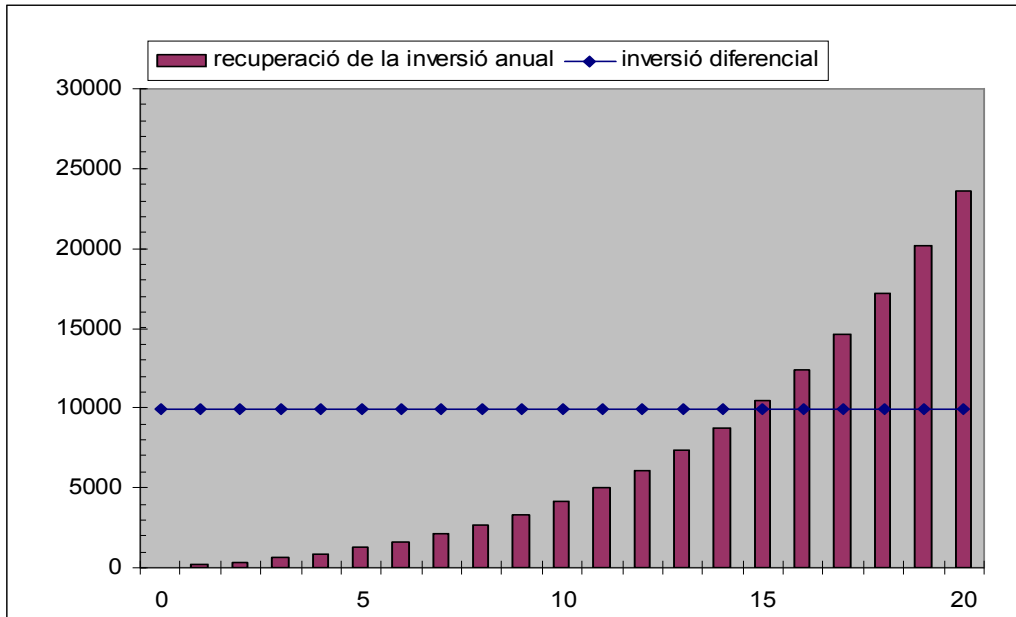
$$A \times \sum_1^t \left( \frac{1+c}{1+r} \right)^t - M \times \sum_1^t \left( \frac{1+i}{1+r} \right)^t - C = 0$$

Equació 46

Doncs per al nostres càlculs aplicarem els paràmetres següents:

Paràmetre	Abrev.	Valor	
Inversió diferencial	C		9959,72 €
Estalvi diferencial de benzina any 0	A		314,14 €
Manteniment any 0	M		150,00 €
Increment del cost del combustible	c	20,00%	
Interès del diner	e	5,00%	
Inflació anual	i	12,00%	
Rendibilitat de la instal·lació	r	12,00%	
Temps de vida	t		20 anys
Amortització			12 anys

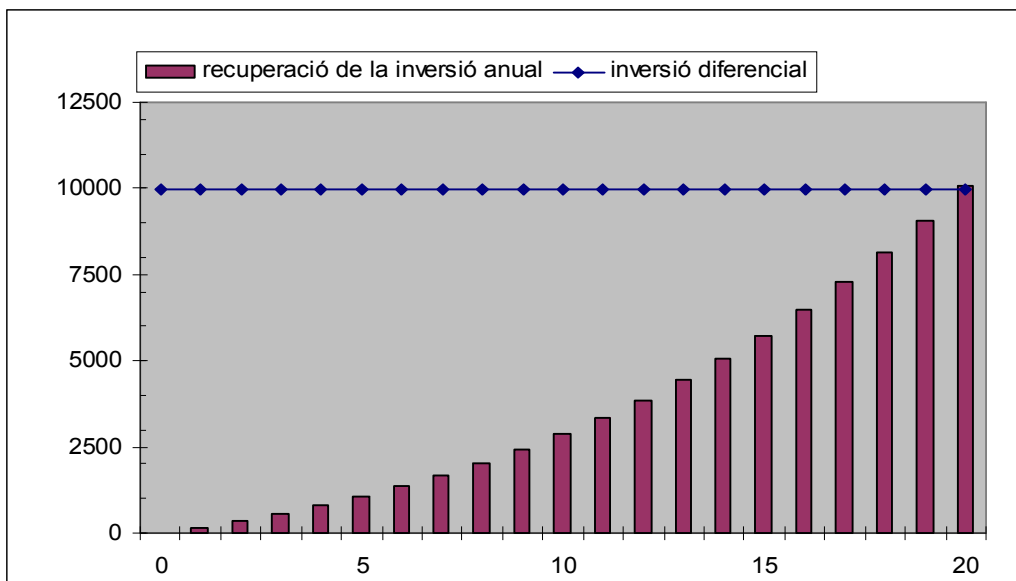
**Taula 62. Paràmetres del càlcul econòmic.**



**Gràfic 12. Recuperació de la inversió durant la vida útil d'aquesta.**

A partir de la gràfica podem observar que la inversió es recuperarà al cap d'uns 12-13 anys.

La rendibilitat, es pot calcular mitjançant l'equació 4, però també es pot calcular substituint l'interès i igualant el període útil de la instal·lació amb la recuperació de la inversió.



**Gràfic 13. Gràfica econòmica de la instal·lació amb una rendibilitat del 12.00%.**



## **F.2. Per a la instal·lació solar fotovoltaica**

Igual que en la instal·lació solar tèrmica, a partir de conèixer el cost real de cada tipus de instal·lació (elements de la instal·lació + preu del combustible), cal que treballem sobre els diferents costos de cadascuna. Ja que en la vivenda n'instal·larem una , l'altre o ambdues; i mesurarem els beneficis a partir de les diferents opcions que ens proporciona cadascuna.

Doncs usarem les mateixes equacions per al càlcul de viabilitat en la instal·lació solar tèrmica i la instal·lació solar fotovoltaica.

### **F.2.1. Cost diferencial**

El cost diferencial és separa en dues parts, el cost diferencial dels elements de la instal·lació i el cost diferencial de consum de combustible.

#### **F.2.1.1. Cost diferencial dels elements de la instal·lació**

Cost instal·lació solar fotovoltaica	36941,73 €
Cost instal·lació convencional	2836,55 €
Cost real instal·lació solar fotovoltaica	39778,28 €

**Taula 63. Cost real de la instal·lació solar tèrmica amb el 16% d'IVA inclòs.**

Cost real instal·lació solar tèrmica	39778,28 €
Instal·lació convencional	2836,55 €
Diferència	36941,73 €

**Taula 64. Inversió diferencial.**

**F.2.1.2. Cost diferencial de combustible**

Doncs ens cal conèixer una sèrie de paràmetres per poder realitzar aquest càlculs:

$$10,1 \frac{\text{KW} \cdot \text{h}}{\text{litre de combustible}}; 0,66 \frac{\text{euros}}{\text{litre de combustible}}; 15,30 \frac{\text{KW} \cdot \text{h}}{\text{euro}};$$

En una instal·lació solar fotovoltaica no tenim consum de gasoil en canvi en una instal·lació convencional:

En una instal·lació convencional				
	$\frac{W \cdot h}{\text{dia}}$	KWh	litres	Cost (€)
Gener	7092	219,85	21,77	14,37
Febrer	7092	200,35	19,84	13,09
Març	7092	219,85	21,77	14,37
Abril	7092	212,76	21,07	13,90
Maig	7092	219,85	21,77	14,37
Juny	7092	212,76	21,07	13,90
Juliol	7092	219,85	21,77	14,37
Agost	7092	219,85	21,77	14,37
Setembre	7092	212,76	21,07	13,90
Octubre	7092	219,85	21,77	14,37
Novembre	7092	212,76	21,07	13,90
Desembre	7092	219,85	21,77	14,37
Total			256,47	169,27

**Taula 65. Càlcul de costos mensuals per la instal·lació convencional.**

Doncs, tindrem un consum anual de 256,47 litres de gasoil i un cost anual de 169,27 €.

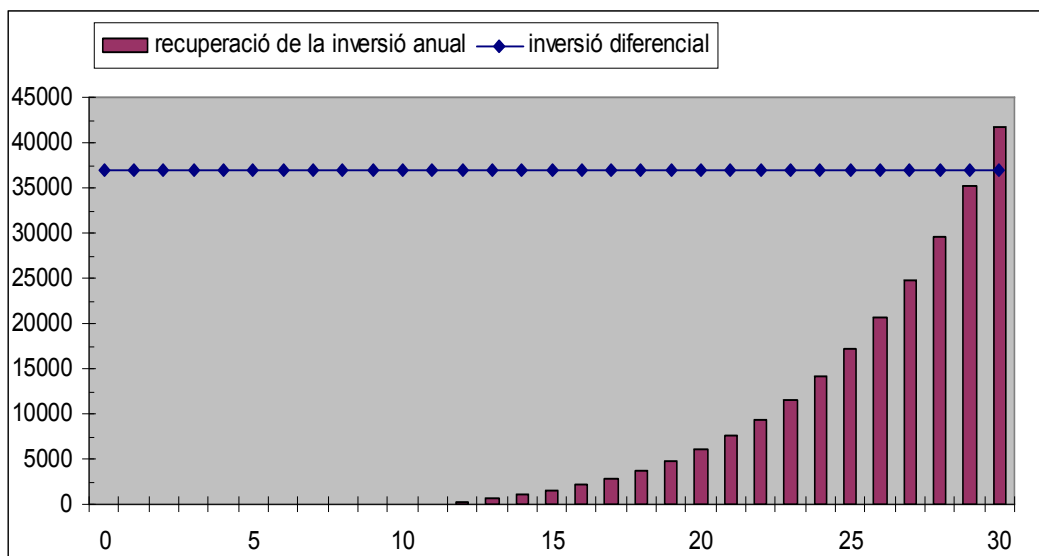
## F.2.2. Càlculs econòmics

Paràmetres i equacions aplicables:

Usarem les mateixes equacions que en el càlcul de viabilitat en energia solar tèrmica.

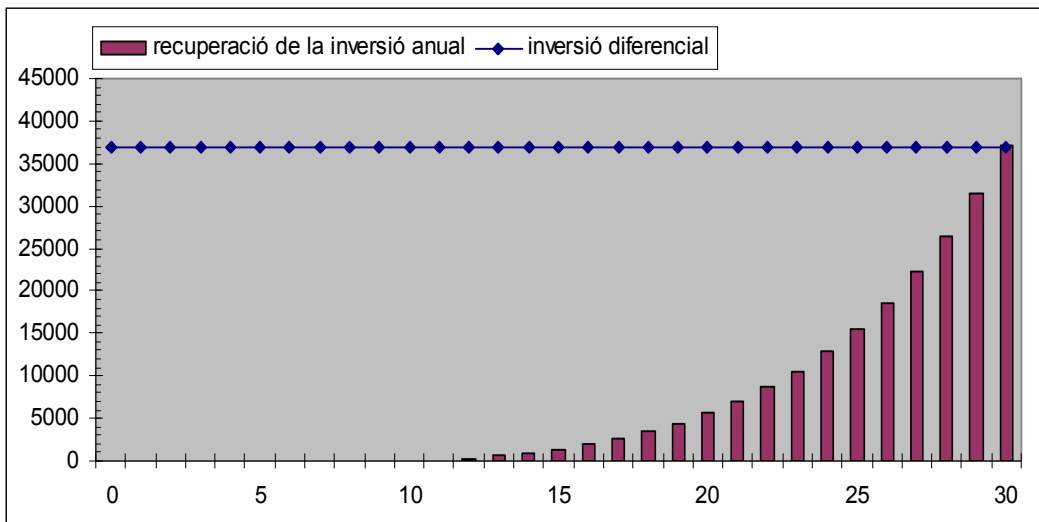
Inversió diferencial	C		36941,73 €
Estalvi diferencial de benzina any 0	A		169,27 €
Manteniment any 0	M		250,00 €
Increment del cost del combustible	c	20,00%	
Interès del diner	e	5,00%	
Inflació anual	i	12,00%	
Rendibilitat de la instal·lació	r	5,50%	
Temps de vida	t		30 anys
Amortització			30 anys

**Taula 66. Paràmetres del càlcul econòmic.**



**Gràfic 14. Recuperació de la inversió durant la vida útil d'aquesta.**

A partir de la gràfica podem observar que la inversió es recuperarà al cap d'uns 26 anys.



**Gràfic 15. Gràfica econòmica de la instal·lació amb una rendibilitat del 5,5%.**

## **ANNEX G. MANTENIMENT**

### **G.1. Per a la Instal·lació solar tèrmica**

Per a garantir una alta productivitat de la instal·lació, és essencial reduir els períodes per avaria o mal funcionament. Per a això són necessàries tant la supervisió de l'usuari del sistema, com l'assistència d'un servei tècnic.

En qualsevol cas, les instal·lacions tèrmiques requereixen de molt poc manteniment preventiu i, en general, són poc susceptibles a successos que provoquin la intervenció d'un manteniment correctiu. No obstant això, és recomanable seguir el programa de manteniment detallat a continuació.

#### **G.1.1. Operacions de manteniment i connexió a la xarxa a càrrec del servei tècnic**

- Control anual de anticongelant.
- Comprovació de la pressió i omplert del circuit.
- Purgat del circuit.
- Comprovació de la pressió de l'aire del vas d'expansió.
- Calibratge del sistema de control.
- A més s'inspeccionaran visualment i comprovaran:
  - Els col·lectors.
  - L'aïllament.
  - Vàlvules.

- Canonades.

### **G.1.2. Operacions de manteniment a càrrec de l'usuari.**

Les operacions posteriorment descrites es realitzaran per l'usuari almenys una vegada al més.

- Comprovar la pressió del circuit. Aquesta comprovació ha de realitzar-se en fred, preferiblement a primeres hores del matí. Quan la pressió baixi de  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  haurà de procedir a l'emplenat del circuit hidràulic o posar-se en contacte amb l'empresa amb la qual tingui contractada el manteniment.
- Purgar el sistema, eliminant la possible presència de l'aire en els desaireadors.
- És recomanable que l'usuari es familiaritzi amb les següents operacions bàsiques d'actuació sobre el sistema:
  - Omplert del circuit.
  - Arrencada i desocupada del sistema.
  - Operació sobre els termòstats de control.

## **G.2. Per a la instal·lació solar fotovoltaica**

### **G.2.1. Operacions de manteniment**

Al igual que per les instal·lacions tèrmiques, les instal·lacions fotovoltaïques, són instal·lacions poc susceptibles de rebre un manteniment correctiu, però cal realitzar-ne un de preventiu per a garantir-ne una alta productivitat de la instal·lació. Per aquest motiu és necessària tant la supervisió de l'usuari del sistema, com l'assistència d'un servei tècnic.

#### **G.2.1.1. Manteniment a càrrec del servei tècnic**

El servei tècnic hauria de ser avisat per l'usuari de la instal·lació quan es detecti alguna anomalia com la baixada de producció elèctrica, així com l'aparició de defectes en l'estructura de fixació del camp solar. En aquests casos es realitzarà un manteniment correctiu, que detecti l'origen de l'avaría i la repari. És igualment important efectuar un manteniment preventiu, mitjançant revisions periòdiques, en les quals, com a mínim, s'hauria d'incloure:

- Comprovació de tensió i intensitat per a cada sèrie de plaques fotovoltaïques (totes les sèries haurien de donar valors idèntics o molt similars). Es poden detectar fallades en les plaques, com díodes fosos o problemes de cablejat i connexions.
- Verificació de la solidesa de l'estructura del camp solar, repreni de cargols, estat de la protecció dels suports metàl·lics i ancoratges, etc.
- Caracterització de l'ona, freqüència i tensió de sortida en corrent altern de l'inversor.
- Comprovació de les proteccions, fusibles i diferencials.
- Verificació de les connexions del cablejat en la caixa de connexions.

**G.2.1.2. Manteniment a càrrec de l'usuari**

L'usuari de la instal·lació haurà de portar a terme les següents tasques de manteniment:

- Supervisió general. Correspon a la simple observació dels equips; això consisteix a comprovar periòdicament que tot estigui funcionant. Per a això n'hi ha prou en observar els indicadors de l'inversor, amb aquesta informació es comprova que l'inversor rep energia del camp solar i genera corrent altern. La verificació periòdica de les xifres d'electricitat generada ens permetrà detectar baixades de producció, que serien símptoma d'un mal funcionament. La producció solar final queda registrada en el comptador de venda d'electricitat que mensualment cal anotar per a l'emissió de la corresponent factura. El balanç mensual, encara que varia al llarg de l'any, es manté entorn d'un màxim i un mínim que s'ha de conèixer, pel que es podrà detectar ràpidament una baixada no habitual de producció, la qual cosa indicaria, probablement, una avaria (o una pertorbació periòdica de la xarxa).
- Neteja. La neteja inclou l'eliminació d'herbes, branques o objectes que projectin ombres sobre les plaques.
- Verificació visual del camp fotovoltaic. Amb l'objectiu de comprovar eventuais problemes de les fixacions de l'estructura sobre l'edifici, aflujament de cargols en la mateixa, o entre aquesta i les plaques, aparició de zones d'oxidació, etc.



## ÍNDEX DE CONTINGUTS

### *Índex de taules*

Taula 1. Característiques captador Solvis Fera. ....	5
Taula 2. Característiques acumulador. ....	8
Taula 3. Distàncies respecte la base. ....	9
Taula 4. Relació i dimensions de les connexions. ....	10
Taula 5. Característiques caldera Domusa EV 40 FM. ....	10
Taula 6. Característiques del vas d'expansió. ....	12
Taula 7. Característiques de l'espessor de l'aïllant tèrmic en mm. ....	19
Taula 8. Limitacions al ús de l'aïllant tèrmic en mm. ....	20
Taula 9. Característiques dels panells fotovoltaics. ....	23
Taula 10. Característiques de les bateries. ....	25
Taula 11. Característiques regulador. ....	27
Taula 12. Característiques del inversor. ....	29
Taula 13. Tipus i característiques dels magnetotèrmics. ....	31
Taula 14. Material i gruix de les capes que formen el tancament paret mestra. ....	39
Taula 15. Material i gruix de les capes que formen el tancament teulada. ....	40

Taula 16. Material i gruix de les capes que formen el tancament en contacte amb el sòl.....	40
Taula 17. Material i gruix de les capes que formen el tancament envà. ....	41
Taula 18. Material i gruix de les capes que formen el tancament sostres i terres interiors. ...	41
Taula 19. Material del tancament finestra. ....	41
Taula 20. Material i gruix del tancament porta.....	42
Taula 21. Renovacions per hora segons tipus de local .....	42
Taula 22. Dades de situació.....	44
Taula 23. Criteris de dimensionament per l'aigua calenta .....	44
Taula 24. Càlculs necessitats energètiques de l'aigua calenta segons el mes. ....	45
Taula 25. Criteris dimensionament calefacció.....	46
Taula 26. Càlculs de les necessitats de la calefacció segons el mes. ....	47
Taula 27. Necessitats energètiques.....	48
Taula 28. Estimacions de l'energia provinent del sol segons situació. ....	49
Taula 29. Percentatge de substitució de l'energia convencional per energia solar al llarg de l'any per diferents inclinacions del captador i energia anual obtinguda pels captadors. ....	51
Taula 30. Energia solar disponible.....	53
Taula 31. Criteris de sortida pel càlcul de rendiment dels panells de la instal·lació.....	54
Taula 32. Dades proporcionades pel fabricant per al càlcul del rendiment de la instal·lació.	55

Taula 33. Càlcul de l'energia disponible a partir del rendiment dels col·lectors. ....	55
Taula 34. Substitució energètica .....	57
Taula 35. Càlculs de substitució energètica amb 4 panells captadors.....	58
Taula 36. Totals d'energia requerits, aportats i el dèficit. ....	59
Taula 37. Paràmetres de dimensionament del circuit hidràulic.....	61
Taula 38. Mesures mínimes en mm amb relació a la distància al camp de col·lectors. ....	61
Taula 39. Paràmetres de les canonades.....	62
Taula 40. Valors de Le per diferents singularitats del circuit hidràulic. ....	64
Taula 41. Pèrdua de càrrega dels elements de la instal·lació.....	65
Taula 42. Criteris de regulació del circuit hidràulic. ....	65
Taula 43. Requeriment d'aïllant (espuma elastomèrica).....	67
Taula 44. Relació necessitats-aportació de la caldera. ....	68
Taula 45. Requeriment de potència dissipada. ....	69
Taula 46. Classificació energètica dels electrodomèstics.....	71
Taula 47. Consums energètics diaris de la vivenda. ....	73
Taula 48. Transformació energia captada en HSP.....	75
Taula 49. Paràmetres per al càlcul de les distàncies entre panells. ....	77

Taula 50. Característiques del sistema, del conjunt de panells i del conjunt de bateries.....	80
Taula 51. Paràmetres per al càlcul dels valors per dimensionar les bateries. ....	82
Taula 52. Paràmetres per calcular el nombre de panells. ....	83
Taula 53. Paràmetres per al càlcul del regulador.....	83
Taula 54. Paràmetres per a la idoneïtat de l'inversor. ....	84
Taula 55. Caigudes de tensió màximes admissibles. ....	85
Taula 56. Càlcul del cablejat per corrent contínua (CC). ....	87
Taula 57. Càlcul del cablejat per a corrent alterna (CA). ....	87
Taula 58. Cost real de la instal·lació solar tèrmica amb el 16% d'IVA inclòs. ....	90
Taula 59. Inversió diferencial. ....	90
Taula 60. Càlcul de costos mensuals per la instal·lació solar tèrmica. ....	91
Taula 61. Càlcul de costos mensuals per la instal·lació convencional.....	92
Taula 62. Paràmetres del càlcul econòmic.....	94
Taula 63. Cost real de la instal·lació solar tèrmica amb el 16% d'IVA inclòs. ....	96
Taula 64. Inversió diferencial. ....	96
Taula 65. Càlcul de costos mensuals per la instal·lació convencional.....	97
Taula 66. Paràmetres del càlcul econòmic.....	98

## ***Índex de gràfics***

Gràfic 1. Relació concentració de propilenglicol temperatura de congelació del fluid.....	15
Gràfic 2. Demanda energètica d'ACS i calefacció.....	48
Gràfic 3. Gràfica dels valors de k en funció de la inclinació del captador.....	50
Gràfic 4. Mitjana anual del factor k, per diferents inclinacions.....	50
Gràfic 5. Gràfic d'energia obtinguda segons inclinació de 20,64m <sup>2</sup> , 4 captadors.....	52
Gràfic 6. Gràfic de substitució energètica segons inclinació de 20,64m <sup>2</sup> , 4 captadors.....	52
Gràfic 7. Rendiment del col·lector i aport diari d'energia solar.....	56
Gràfic 8. Percentatge de substitució energètica.....	59
Gràfic 9. Àbac per al càlcul de pèrdua de càrrega a partir de Q, D <sub>i</sub> , v.....	62
Gràfic 10. Corba de càrrega d'un captador segons el cabal. En el nostre cas prenen el valor F-552-I.....	63
Gràfic 11. Nombre hores solars pic al llarg de l'any.....	76
Gràfic 12. Recuperació de la inversió durant la vida útil d'aquesta.....	95
Gràfic 13. Gràfica econòmica de la instal·lació amb una rendibilitat del 12.00%.....	95
Gràfic 14. Recuperació de la inversió durant la vida útil d'aquesta.....	98
Gràfic 15. Gràfica econòmica de la instal·lació amb una rendibilitat del 5,5%.....	99

## ***Índex d'il·lustracions***

Il·lustració 1. Fotografia captador Solvis Fera. ....	4
Il·lustració 2. Esquema configuració diagonal de 2 captadors solars.....	5
Il·lustració 3. Tall del captador solar Solvis Fera. ....	6
Il·lustració 4. Fotografia de l'acumulador Solaris BSF-1500. ....	7
Il·lustració 5. Vista de la tapa superior. ....	8
Il·lustració 6. Vista zenital. ....	8
Il·lustració 7. Vista frontal. ....	9
Il·lustració 8. Diferències entre els tipus de calderes.....	11
Il·lustració 9. Descripció del cicle de condensació.....	11
Il·lustració 10. Croquis del vas d'expansió.....	12
Il·lustració 11. Fotografia del vas d'expansió Aquaflex de 5 l. ....	12
Il·lustració 12. Tall del purgador. ....	13
Il·lustració 13. Fotografia del purgador Purg-o-mat. ....	13
Il·lustració 14. Elements del dissipador. ....	16
Il·lustració 15. Situació del dissipador darrera el captador. ....	16

Il·lustració 16. Funcionament normal. ....	17
Il·lustració 17. Dissipació per bomba.....	17
Il·lustració 18. Dissipació per gravetat.....	18
Il·lustració 19. Bomba electrocircularora.....	19
Il·lustració 20. Fotografia del panell fotovoltaic KC200 GHT2.....	24
Il·lustració 21. Fotografia de la bateria. ....	25
Il·lustració 22. Fotografia del regulador. ....	27
Il·lustració 23. Fotografia del maximitza-dor.....	27
Il·lustració 24. Fotografia del inversor .....	28
Il·lustració 25. Fixacions per al suport dels panells. ....	30
Il·lustració 26. Fotografia del grup electrogen. ....	35
Il·lustració 27. Exemples de com varia el valor de transmitància en funció dels materials que formen el tancament, en aquest cas murs. ....	36
Il·lustració 28. Exemples de com varia el valor de transmitància en funció dels materials que formen el tancament, en aquest cas forjats.....	37
Il·lustració 29. Exemples de com varia el valor de transmitància en funció dels materials que formen el tancament, en aquest finestres. ....	37
Il·lustració 30. Diagrama de la variació de temperatura entre dos medis separats. ....	38
Il·lustració 31. Esquema de la distribució correcte dels panells.....	77

Il·lustració 32. Esquema de la distribució dels 22 panells.....	79
Il·lustració 33. Exemple de connexió de bateria en paral·lel.....	79
Il·lustració 34. Exemple de connexió de bateria en sèrie.....	79
Il·lustració 35. Disseny bàsic instal·lació.....	89

### ***Índex d'equacions***

$Q_T = \sum U_i \cdot A_i \cdot \Delta K$	<b>Equació 1</b> .....	38
$Q_v = C_e \cdot r \cdot V \cdot (t_i - t_e)$	<b>Equació 2</b> .....	43
$Q\left(\frac{J}{s}\right) = V \times \delta \times C_e \times \Delta T^a$	<b>Equació 3</b> .....	45
$\Delta T^a(^{\circ}C) = T^a \text{ d'ús} - T^a \text{ de la xarxa}$	<b>Equació 4</b> .....	45
$\Delta T = T^a \text{ ambient} - T^a \text{ interior casa}$	<b>Equació 5</b> .....	46
$\sum Q\left(\frac{J}{s}\right) = \sum (A_i \cdot U_i) \cdot \Delta T$	<b>Equació 6</b> .....	46
$\sum Q\left(\frac{J}{s}\right) = \sum (n_i \cdot V_i) \cdot C_{e,aire} \cdot \Delta T^a$	<b>Equació 7</b> .....	47
$E\left(\frac{MJ}{m^2}\right) = H' \cdot k \cdot \text{fct. de correcció E}$	<b>Equació 8</b> .....	53



$H' \left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right) = H \cdot \text{fct. de correcció H}$	<b>Equació 9</b> .....	53
$E \left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right) = H' \cdot k \cdot \text{fct. de correcció E}$	<b>Equació 10</b> .....	54
$I \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right) = \frac{E}{\text{segons útils de sol}}$	<b>Equació 11</b> .....	54
$\eta = \eta_0 - \left( a_1 \cdot \frac{T^a \text{ mitja} - T^a \text{ ambient}}{I} \right) - \left( a_2 \cdot \frac{(T^a \text{ mitja} - T^a \text{ ambient})^2}{I} \right)$	<b>Equació 12</b> .....	56
Salt tèrmic (°C) = $T^a \text{ mitja} - T^a \text{ ambient}$	<b>Equació 13</b> .....	56
$T^a \text{ mitja} = T^a \text{ d'ús} = T^a \text{ acumulació}$	<b>Equació 14</b> .....	56
Aport solar $\left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right) = E \cdot (\eta \%)$	<b>Equació 15</b> .....	56
Energia disp. $\left( \frac{\text{MJ}}{\text{dia} \cdot \text{m}^2} \right) = \text{Aport solar} \cdot \text{Fct pèrdues de la instal·lació}$	<b>Equació 16</b> .....	56
E solar total $\left( \frac{\text{MJ}}{\text{mes}} \right) = \text{m}^2 \text{ de captadors} \times E \text{ disp} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{mes} \cdot \text{m}^2} \right)$	<b>Equació 17</b> .....	57
% de substitució = $\frac{\text{Energia solar total}}{\text{Necessitats energètiques totals}} \times 100$	<b>Equació 18</b> .....	57
Dèficit energètic = $100 - \% \text{ de substitució}$	<b>Equació 19</b> .....	58
$D = J \times C^{0.35}$	<b>Equació 20</b> .....	61
$Q = A \cdot v$	<b>Equació 21</b> .....	62

$$\frac{\Delta H(\text{mmca})}{\text{m de tuberia}} \times L_e(\text{m}) = \frac{10\text{mmca}}{\text{m}} \times 38,3\text{m} = 383\text{mmca} \quad \text{Equació 22} \dots\dots\dots 64$$

$$W = C \times PC \quad \text{Equació 23} \dots\dots\dots 66$$

$$e = \frac{D_i}{2 \cdot 10^{\frac{\lambda}{\lambda_{\text{ref}}} \cdot \ln \left( D_i + \frac{2 \cdot e_{\text{ref}}}{D_i} \right)}} \quad \text{Equació 24} \dots\dots\dots 67$$

$$A_{\text{canonades}} = \pi \cdot \Phi_{\text{exterior}} \cdot l_{\text{canonades}} \quad \text{Equació 25} \dots\dots\dots 67$$

$$H.S.P. = k \times 0,2778 \times H_{\text{corregida}} \quad \text{Equació 26} \dots\dots\dots 76$$

$$H_{\text{corregida}} = H_{\text{tabulada}} \times 0,9 \quad \text{Equació 27} \dots\dots\dots 76$$

$$h_0 = (90^\circ - \text{latitud del lloc}) - 23,5 \quad \text{Equació 28} \dots\dots\dots 77$$

$$d = d_1 + d_2 = l \cdot \left( \frac{\sin \alpha}{\tan h_0} + \cos \alpha \right) \quad \text{Equació 29} \dots\dots\dots 77$$

$$E = \frac{E_T}{R} \quad \text{Equació 30} \dots\dots\dots 82$$

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \cdot \left( 1 - \left( \frac{k_a \cdot N}{P_d} \right) \right) \quad \text{Equació 31} \dots\dots\dots 82$$

$$C_u(W \cdot h) = E \cdot N \quad \text{Equació 32} \dots\dots\dots 82$$

$$C_u(A \cdot h) = \frac{E \cdot N}{V_{cc}} \quad \text{Equació 33} \dots\dots\dots 82$$

$$C(A \cdot h) = \frac{C_u(A \cdot h)}{P_d} \quad \text{Equació 34} \dots\dots\dots 82$$

$$E_p = \frac{E}{0,9} \quad \text{Equació 35} \dots\dots\dots 83$$

$$\text{Nombre de panells} = \frac{E_p}{P \cdot \text{HSP}} \quad \text{Equació 36} \dots\dots\dots 83$$

$$W \text{ calculats} \times \text{factor de protecció} = W \text{ necessaris} \quad \text{Equació 37} \dots\dots\dots 84$$

$$\Delta V = cdt_{AB} \cdot V \quad \text{Equació 38} \dots\dots\dots 86$$

$$\frac{\Delta V}{l} = \frac{\rho \cdot L}{S} \Leftrightarrow S = \frac{\rho \cdot L \cdot l}{\Delta V} \quad \text{Equació 39} \dots\dots\dots 86$$

$$P_{\text{instal·lada}} (W) = V (V) \times I (A) \quad \text{Equació 40} \dots\dots\dots 86$$

$$P_{\text{instal·lada}} (W) = V (V) \times I (A) \times \cos \varphi \quad \text{Equació 41} \dots\dots\dots 86$$

$$\text{Cost real}_{\text{Instal·lació solar tèrmica}} = \text{Cost}_{\text{Instal·lació solar tèrmica}} + \text{Cost}_{\text{Instal·lació convencional}} \quad \text{Equació 42} \dots\dots 90$$

$$A \times \sum_1^t \left( \frac{1+c}{1+e} \right)^t \quad \text{Equació 43} \dots\dots\dots 93$$

$$M \times \sum_1^t \left( \frac{1+i}{1+e} \right)^t \quad \text{Equació 44} \dots\dots\dots 94$$

$$B = A \times \sum_1^t \left( \frac{1+c}{1+e} \right)^t - M \times \sum_1^t \left( \frac{1+i}{1+e} \right)^t - C \quad \text{Equació 45} \dots\dots\dots 94$$

$$A \times \sum_1^t \left( \frac{1+c}{1+r} \right)^t - M \times \sum_1^t \left( \frac{1+i}{1+r} \right)^t - C = 0 \quad \text{Equació 46} \dots\dots\dots 94$$





Sala	Tipus	Tancament exteriors o de façana			Tancaments interiors verticals			Terres			Sostres/Teulada			$\sum U \cdot A \left( \frac{W}{K} \right)$	Àrea (m <sup>2</sup> )
		$U \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$	A(m <sup>2</sup> )	UA $\left( \frac{W}{K} \right)$	$U \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$	A(m <sup>2</sup> )	UA $\left( \frac{W}{K} \right)$	$U \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$	A (m <sup>2</sup> )	UA $\left( \frac{W}{K} \right)$	$U \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$	A (m <sup>2</sup> )	UA $\left( \frac{W}{K} \right)$		
Façanes	Parets	0,44	557,03	246,71	0	0	0	1,18	142,50	167,65	0,48	89,76	42,82	640,50	859,42
	Finestres	2,80	47,13	131,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Portes	2,23	23,00	51,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Total		627,16	430,03		0	0		142,50	167,65		89,76	42,82		
20	Parets	0,44	31,68	14,03	2,27	29,58	67,12	1,18	24,75	29,12				127,07	98,90
	Finestres	2,80	6,00	16,80	0	4,50	0	0	0	0					
	Portes	0	2,40	0	0	0	0	0	0	0					
	Total		40,08	30,83		34,08	67,12		24,75	29,12					
17	Parets	0,44	18,18	8,05	2,27	24,85	56,40	0,50	12,39	6,19				88,92	63,75
	Finestres	2,80	6,53	18,28	0	0	0	0	0	0					
	Portes	0	0	0		1,80	0	0	0	0					
	Total		24,71	26,33		26,65	56,40		12,39	6,19					

11	Parets	0,44	36,29	16,07	2,32	8,05	18,65							56,39	53,68
	Finestres	2,80	7,74	21,67	0	0	0								
	Portes	0	0	0		1,60	0								
	Total		44,03	37,74		9,65	18,65								
12	Parets	0,44	19,64	8,70	2,25	24,50	55,03							77,73	50,74
	Finestres	2,80	5,00	14,00	0	0	0								
	Portes	0	0	0		1,60	0								
	Total		24,64	22,70		26,10	55,03								
14	Parets	0,44	19,57	8,67	2,27	20,48	46,47							69,13	46,55
	Finestres	2,80	5,00	14,00	0	0	0								
	Portes	0	0	0		1,50	0								
	Total		24,57	22,67		21,98	46,47								
16	Parets	0,44	20,44	9,05	2,27	10,50	23,83							33,58	32,79
	Finestres	2,80	0,25	0,70	0	0	0								
	Portes	0	0	0		1,60	0								
	Total		20,69	9,75		12,10	23,83								

7	Parets	0,44	35,18	15,58	2,27	15,60	35,40							62,18	57,98
	Finestres	2,80	4,00	11,20	0	0	0								
	Portes	0	0	0		3,20	0								
	Total		39,18	26,78		18,80	35,40								
5	Parets	0,44	3,53	1,56	2,27	3,75	8,51							10,77	9,13
	Finestres	2,80	0,25	0,70	0	0	0								
	Portes	0	0	0		1,60	0								
	Total		3,78	2,26		5,35	8,51								
3	Parets	0,44	22,56	9,99	2,32	3,00	6,95							24,50	29,86
	Finestres	2,80	2,70	7,56	0	0	0								
	Portes	0	0	0		1,60	0								
	Total		25,26	17,55		4,60	6,95								
2	Parets	0,44	23,01	10,19	2,25	7,73	17,35							35,10	35,04
	Finestres	2,80	2,70	7,56	0	0	0								
	Portes	0	0	0		1,60	0								
	Total		25,71	17,75		9,33	17,35								



6	Parets	0,44	6,05	2,68	2,25	10,50	23,58							30,74	19,75
	Finestres	2,80	1,60	4,48	0	0	0								
	Portes	0	0	0		1,60	0								
	Total		7,65	7,16		12,10	23,58								
<b>Total</b>			280,29	221,53		180,73	359,28		37,14	35,31		0	0	616,12	498,15

Taula 2. Factor de transmitància U, àrea de cada tancament, producte d'ambdós i total.

Paràmetres				Pèrdues per transmissió (W)											
	A útil casa (m <sup>2</sup> )	A de transmissió (m <sup>2</sup> )	UA( $\frac{W}{\text{°K}}$ )	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
Ti	°K			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Te	°K			10,0	9,4	12,7	14,8	18,4	24,8	26,2	27,7	21,9	17,0	14,5	10,6
Ti-Te	°K			10,0	10,6	7,3	5,2	1,6	-4,8	-6,2	-7,7	-1,9	3,0	5,5	9,4
/Ti-Te/	°K			10,0	10,6	7,3	5,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	5,5	9,4
Casa	306,18	859,42	640,50	6404,97	6789,27	4675,63	3330,58	1024,80	0	0	0	0	1921,49	3522,73	6020,67
sala															
20	24,75	98,90	127,07	1270,65	1346,89	927,58	660,74	203,30	0	0	0	0	381,20	698,86	1194,42
17	12,388	63,75	88,92	889,22	942,57	649,13	462,39	142,27	0	0	0	0	266,76	489,07	835,86
11	18,95	53,68	56,39	563,90	597,74	411,65	293,23	90,22	0	0	0	0	169,17	310,15	530,07
12	18,304	50,74	77,73	777,27	823,90	567,41	404,18	124,36	0	0	0	0	233,18	427,50	730,63
14	17,319	46,55	69,13	691,35	732,83	504,68	359,50	110,62	0	0	0	0	207,40	380,24	649,86
16	4,3645	32,79	33,58	335,80	355,95	245,13	174,62	53,73	0	0	0	0	100,74	184,69	315,65
7	30,9	57,98	62,18	621,85	659,16	453,95	323,36	99,50	0	0	0	0	186,55	342,02	584,53
5	3,024	9,13	10,77	107,74	114,20	78,65	56,02	17,24	0	0	0	0	32,32	59,26	101,27
3	14,448	29,86	24,50	245,00	259,71	178,85	127,40	39,20	0	0	0	0	73,50	134,75	230,30
2	15,351	35,04	35,10	351,02	372,08	256,24	182,53	56,16	0	0	0	0	105,31	193,06	329,96
6	8,7975	19,75	30,74	307,43	325,88	224,42	159,86	49,19	0	0	0	0	92,23	169,09	288,99
<b>Total</b>	168,60	498,15	616,12	6161,23	6530,90	4497,70	3203,84	985,80	0	0	0	0	1848,37	3388,67	5791,55

Taula 3. Pèrdues per transmissió.

Paràmetres		Pèrdues per ventilació (W)											
	V(m <sup>3</sup> )	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
Ti	°K	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Te	°K	10	9,40	12,70	14,80	18,40	24,80	26,20	27,70	21,90	17,00	14,50	10,60
Ti-Te	°K	10	10,60	7,30	5,20	1,60	-4,80	-6,20	-7,70	-1,90	3,00	5,50	9,40
/Ti-Te/	°K	10	10,60	7,30	5,20	1,60	0	0	0	0	3,00	5,50	9,40
n (renovacions aire hora: 0,5-1,5) 1/h		0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Ce aire J/m <sup>3</sup> °C		1284,49	1284,49	1284,49	1284,49	1284,49	1284,49	1284,49	1284,49	1284,49	1284,49	1284,49	1284,49
Casa	1249,60	3121,02	3308,28	2278,34	1622,93	499,36	0	0	0	0	936,31	1716,56	2933,76
Sala													
20	86,63	216,36	229,34	157,94	112,51	34,62	0	0	0	0	64,91	119,00	203,37
17	43,36	108,29	114,79	79,05	56,31	17,33	0	0	0	0	32,49	59,56	101,79
11	66,33	165,65	175,59	120,93	86,14	26,50	0	0	0	0	49,70	91,11	155,72
12	64,06	160,01	169,61	116,81	83,20	25,60	0	0	0	0	48,00	88,00	150,41
14	60,62	151,40	160,48	110,52	78,73	24,22	0	0	0	0	45,42	83,27	142,31
16	15,28	38,15	40,44	27,85	19,84	6,10	0	0	0	0	11,45	20,98	35,86
7	92,70	231,53	245,42	169,02	120,40	37,04	0	0	0	0	69,46	127,34	217,64
5	9,07	22,66	24,02	16,54	11,78	3,63	0	0	0	0	6,80	12,46	21,30
3	43,34	108,26	114,75	79,03	56,29	17,32	0	0	0	0	32,48	59,54	101,76
2	46,05	115,02	121,92	83,97	59,81	18,40	0	0	0	0	34,51	63,26	108,12
6	26,39	65,92	69,87	48,12	34,28	10,55	0	0	0	0	19,78	36,26	61,96
<b>Total</b>	553,83	1383,24	1466,24	1009,77	719,29	221,32	0	0	0	0	414,97	760,78	1300,25

Taula 4. Pèrdues per ventilació

Pèrdues per ventilació + Pèrdues per transmissió													
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Total
Tota la casa (W)	9525,99	10097,55	6953,97	4953,52	1524,16	0	0	0	0	2857,80	5239,30	8954,43	50106,71
Hab x hab (W)	7544,47	7997,14	5507,46	3923,12	1207,12	0	0	0	0	2263,34	4149,46	7091,80	39683,91
%	19,01	20,15	13,88	9,89	3,04	0	0	0	0	5,70	10,46	17,87	100
TOTAL													
J/dia	4,62E+08	4,89E+08	3,37E+08	2,40E+08	7,39E+07	0	0	0	0	1,39E+08	2,54E+08	4,34E+08	2,43E+09
MJ/dia	461,72	489,42	337,06	240,10	73,88	0	0	0	0	138,52	253,95	434,02	2428,66

Taula 5. Pèrdues totals: per transmissió i ventilació.