

## Treball final de grau

**Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica**

**Títol: Càlcul i dimensionat d'una instal·lació d'energia solar tèrmica amb suport d'una caldera de biomassa per un geriàtric**

**Document: 1. Memòria**

**Alumne: Pol Guirado Valls**

**Tutors:** Albert Massaguer Colomer i Eduard Massaguer Colomer

**Departament:** Enginyeria Elèctrica Mecànica i de la construcció industrial

**Àrea:** Mecànica de fluids

**Convocatòria (mes/any): Juny 2015**

## ÍNDEX

1. Introducció.....	4
1.1. Antecedents .....	4
1.2. Objecte.....	4
1.3. Especificacions i abast .....	5
2. Estudi de l'edifici.....	6
2.1. Ús i distribució de l'edifici.....	6
2.2. Ús de l'ACS .....	7
2.3. Sistema d'energia existent.....	7
2.4. Sistema envolvent .....	8
2.4.1 Solera .....	8
2.4.2 Façana .....	8
2.4.3 Coberta.....	9
2.5. Sistema de compartimentació .....	9
2.5.1 Envà interior de 10 cm.....	9
2.5.2 Envà interior de 17 cm.....	10
2.5.3 Forjat interior entrepisos .....	10
2.5.4 Portes de pas interior.....	11
2.6. Comunicacions exteriors .....	11
3. Demanda tèrmica de l'edifici .....	13
4. Demanda d'ACS.....	14
5. Instal·lació solar tèrmica.....	15
5.1. Captadors tèrmics .....	15
5.2. Acumulador solar .....	16
5.3. Vasos d'expansió .....	16
5.4. Estructures de suport .....	17
5.5. Bombes de circulació .....	17
5.6. Aerotermo .....	18
5.7. Canonades del circuit primari .....	19
5.8. Sistema de regulació i control.....	19
5.9. Petit material .....	20
6. Instal·lació de la caldera de biomassa.....	21
6.1. Caldera de biomassa.....	21

6.2. Sitja de pellets .....	21
6.3. Dipòsit d'inèrcia .....	22
6.4. Vas d'expansió .....	23
6.5. Caudalímetre.....	23
6.6. Sistema d'aspiració de combustible.....	23
6.7. Extracció de fums.....	24
6.8. Bomba de circulació .....	24
6.9. Petit material .....	24
6.10. Material elèctric i de control.....	25
6.11. Canonades.....	26
6.12. Equipament existent.....	26
7. Descripció de la instal·lació .....	27
6.1. Instal·lació hidràulica i de control.....	27
6.2. Instal·lació d'aspiració de combustible.....	29
8. Qualificació energètica .....	31
9. Comparativa i amortització .....	32
10. Resum del pressupost.....	33
11. Conclusions.....	34
12. Relació de documents .....	35
13. Bibliografia.....	36
14. Glossari .....	37
A. Càlculs .....	38
A.1. Càlcul de la demanda energètica.....	38
A.1.1 Demanda d'ACS.....	38
A.1.2 Demanda tèrmica de l'edifici.....	39
A.2. Instal·lació solar tèrmica.....	41
A.2.1 Captadors tèrmics .....	41
A.2.2 Acumulador solar .....	44
A.2.3 Vasos d'expansió .....	45
A.2.4 Bombes de circulació .....	46
A.2.4 Bombes de circulació .....	46
A.2.5 Aerotermo .....	48
A.2.6 Canonades del circuit primari .....	48

---

A.3.Instal·lació de la caldera de biomassa.....	50
A.3.1 Caldera de biomassa .....	51
A.3.2 Sitja de pellets.....	51
A.3.3 Canonades.....	51
A.3.4 Bomba de circulació .....	53
B. Qualificació energètica.....	54
C. Comparativa i amortització .....	55
D. Simulació amb Transol .....	56

## **1. INTRODUCCIÓ**

### **1.1 Antecedents**

El Mirador de l'Estany és una residència geriàtrica que es troba al centre de la comarca del Pla de l'Estany.

Aquest edifici té dues plantes i un nivell d'ocupació regular al llarg de l'any, per la naturalesa de l'activitat que s'hi produeix, dada que es tindrà en compte alhora de calcular la demanda d'aigua calenta sanitària, anomenada ACS a partir d'aquest moment en tots els documents, i demanda tèrmica de calefacció.

Actualment, la demanda d'ACS i de calefacció està coberta per una caldera de gasoil tradicional. Aquesta caldera, segons els tècnics de manteniment de l'edifici en qüestió, necessita ser canviada, i es troba en una sala on a més es fa servir de traster.

### **1.2 Objecte**

L'objecte d'aquest projecte és el de substituir el sistema actual de producció d'ACS i calefacció per instal·lacions d'energies renovables. Aquestes instal·lacions seran una de solar tèrmica i una caldera de biomassa.

El que es pretén és que la instal·lació solar tèrmica adquireixi un paper protagonista en la producció d'ACS, utilitzant de recolzament la caldera de biomassa. Aquesta instal·lació serà dimensionada de tal manera que, en la mesura del possible, no sigui necessària la intervenció de la caldera de biomassa en els mesos on no sigui necessària la calefacció. Per tant, la instal·lació solar tèrmica ha de ser dimensionada per produir gairebé tota la demanda des de març fins setembre, inclosos. Això propiciarà l'eliminació de parades i engegades de la caldera de biomassa, fent més eficient el sistema. Aquest fet, farà necessària la incorporació d'algun element dissipador d'energia, per els mesos d'estiu.

La caldera de biomassa també haurà de ser dimensionada. Aquesta es dimensionarà sense tenir en compte la instal·lació d'energia solar tèrmica, ja que en cas d'avaria, aquesta pugui satisfer tota la demanda energètica.

Per dimensionar la caldera de biomassa es farà un estudi de l'envolvent tèrmica de l'edifici, per obtenir, amb l'ajuda d'un software, la demanda d'energia tèrmica necessària i fer així un bon dimensionat de la caldera. També serà una dada decisiva el nombre de radiadors i la potència de cada un d'ells, als que haurà de subministrar energia la nova caldera.

Es calcularà també la demanda d'ACS que consumirà l'edifici, tenint en compte un nivell d'ocupació regular, i la naturalesa de l'activitat que s'hi produeix. Aquesta dada serà utilitzada per dimensionar la caldera i la instal·lació solar tèrmica.

Un cop dimensionades les dues instal·lacions, es dissenyarà el circuit hidràulic del conjunt, mirant d'obtenir un disseny que aporti el màxim rendiment a la nova instal·lació.

Finalment, el projecte també comptarà amb un estudi comparatiu entre la nova situació i l'antiga, on l'únic sistema d'energia era una caldera de gasoil.

### **1.3 Especificacions i abast**

Amb aquest projecte han de quedar satisfetes totes les especificacions del peticionari. Aquest, ha remarcat la necessitat de transformar la sala on es troba la caldera actual en una sala de màquines. És a dir, el projecte remodelarà la sala actual per a convertir la sala de la instal·lació acabada en una sala de màquines, tal i com descriu tant el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), com el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis (RITE).

S'ha de complir també, que amb la nova instal·lació hi hagi una reducció de despeses respecte l'antiga, tot mantenint el correcte subministrament d'ACS i calefacció, considerant aquesta una tasca de vital importància tenint en compte l'activitat de l'edifici.

Resumint, aquest projecte dissenyarà una nova instal·lació, formada per una caldera de biomassa i un captador solar tèrmic, tenint en compte tots els aspectes tècnics, de disseny segons preferències del peticionari i de la normativa vigent.

Queda exclòs del present projecte el dimensionament de la instal·lació de tuberies de calefacció i de terminals, així com les tuberies d'ACS i els seus terminals, ja que es conservaran els existents.

## 2. ESTUDI DE L'EDIFICI

En aquest capítol es farà un estudi de les dades rellevants de l'edifici objecte, per el correcte dimensionat de les dues instal·lacions.

Aquestes dades seran dades de partida que s'utilitzaran més endavant per els càlculs necessaris per el correcte dimensionat i disseny de la nova instal·lació.

En primer lloc però, la taula 1 mostra les dades de l'emplaçament de l'edifici:

<b>Província</b>	Girona
<b>Població</b>	Banyoles
<b>Direcció</b>	Carrertera de Figueres km 1,5
<b>C.P.</b>	17820
<b>Coordenades</b>	42.135280, 2.763338

Taula 1. Dades de localització

### 2.1 Ús i distribució de l'edifici

Com ja s'ha comentat a la introducció, l'edifici objecte d'estudi d'aquest document és una residència geriàtrica tradicional. Els clients són regulars al llarg de l'any, així com les activitats programades per el personal del centre.

El centre ofereix servei de cuina-menjador. Tot el menjar servit és cuinat i tractat al mateix centre, de tal manera que això representa un consum d'ACS.

L'edifici té dues plantes. A la planta baixa hi ha una zona d'oficines, que compta amb dos despatxos, dos serveis per les visites i personal, dues cuines, una sala d'estar-menjador, un vestuari per al personal, i és on es troba la sala de màquines, tot i que aquesta no és accessible des de l'interior de l'edifici. La maner d'accedir-hi és per l'exterior i la porta és tancada amb una clau només disponible per el personal del centre.

A la primera planta és on es troben les habitacions dels clients. En total hi ha 17 habitacions, i cada una d'elles incorpora un lavabo, sense dutxa ni banyera, individual. És en aquesta planta també on hi ha dos serveis amb banyera, que són utilitzats per el personal per les tasques d'higiene programades per els clients.

## 2.2 Ús de l'ACS

El consum d'ACS més elevat es produeix a primera hora del matí. És a aquesta hora on es prepara l'esmorzar, i posteriorment es fan les tasques de neteja del material fet servir, i on es duen a terme les tasques d'higiene dels clients.

Durant el matí hi ha un consum més o menys constant, fins el mig dia, quan és hora de preparar el dinar. En aquest punt hi trobem un pic de consum que es repeteix a l'hora de sopar. Entre mig d'aquest dos punts hi ha un consum més o menys constant, on s'hi produeixen consums espontanis no programats, com els que es poden produir en els vestuaris de personal o en els serveis de visites. Aquest perfil de consum és una variació del anomenat diari matinal.

El perfil de consum mensual és més o menys constant, amb petites fluctuacions, essent menor el consum en els mesos més calorosos.

## 2.3 Sistema d'energia existent

Com s'ha comentat a la introducció, l'actual sistema d'energia encarregat de subministrar ACS i calefacció a tot l'edifici és una caldera de gasoil. Aquesta caldera escalfa l'aigua d'un acumulador d'ACS de 500 L o envia aigua calenta al circuit tancat de calefacció. Aquest enviament d'energia es fa a través de tres bombes de circulació de calefacció, situades al retorn del circuit, que corresponen a tres zones diferents de l'edifici. Aquestes bombes no seran substituïdes en el present projecte. Les unitats terminats del circuit de calefacció són radiadors d'alta temperatura, distribuïts de manera uniforme a les estàncies de l'edifici. Aquests terminals tampoc es dimensionaran ni substituiran.

Zona	Quantitat	Potència (W)	Total (W)
Habitacions	17	650	11050
Menjador-Sala d'estar	7	1000	7000
Oficines	3	380	1140
Vestuari	1	950	950
Serveis de personal	2	380	760
Passadís	3	480	1440
<b>TOTAL</b>			<b>22340</b>

Taula 2. Terminals existents



A la Taula 2 s'ha mostrat tots els terminals existents i la seva potència. S'ha sumat també la potència total de terminals instal·lada. Aquesta dada serà important alhora de dimensionar la caldera de biomassa.

## **2.4 Sistema envolvent**

S'entén com a sistema envolvent al conjunt de materials que componen l'envolvent constructiva de l'edifici i està en contacte amb l'exterior d'aquest.

### **2.4.1 Solera**

S'entén com a solera el forjat horitzontal en contacte amb el sòl del terreny. La solera existent està formada per quatre capes: a la part més baixa i per tant en contacte directe amb el sòl del terreny hi ha una solera de formigó armat de 15centímetres d'espessor, feta amb formigó HA-25/B/20/IIa, y una malla electrosoldada ME 20 x 20 Ø 5-5 B. Sobre el formigó existeix una capa de grava de compactació de 3 centímetres, fent la funció de base per el paviment. Sobre la base del paviment hi ha una capa de morter M5 de 3 centímetres i baldoses ceràmiques de 1 centímetre. Entre totes les capes descrites donen un espessor total de 21 centímetres.

Amb l'anterior disposició de capes de material, la solera proporciona una limitació de la demanda energètica de Us: 0,58 W/(m<sup>2</sup>·K) i la superfície construïda total de solera és d'uns 350 m<sup>2</sup>.

### **2.4.2 Façana**

La façana és la construcció vertical amb contacte amb l'exterior. En aquest cas està composta per cinc capes, la primera d'elles és una capa de 1,5 centímetres de morter que cobreix una capa de gero, ½ peu LP català de 13 centímetres d'espessor. Es disposa d'una cambra d'aire de 7 centímetres, que acaba amb un paredó de LH doble de gran format de, també, 7 centímetres d'espessor i revestida de 1,5 centímetres de guix de mija duresa, deixant un espessor total de 30 centímetres.

Amb l'anterior disposició de capes de material, la solera proporciona una limitació de la demanda energètica de  $U_s$ :  $1,08 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  i la superfície construïda total de façana és d'uns  $474 \text{ m}^2$ .

### **2.4.3 Coberta**

La coberta és el forjat superior de l'edifici en contacte amb l'exterior. En aquest cas, la capa més exterior és un paviment de gres rústic de 1 centímetre, disposat sobre de morter M5 de 4 centímetres. La coberta existent disposa de dues capes impermeabilitzadores, una de 0,08 centímetres de tela geotèxtil de polièster disposada sobre una tela asfàltica monocapa adherida de 0,36 centímetres.

Les dues capes impermeabilitzadores descansen sobre una capa d'aïllant tèrmic de llana mineral soldable de 5 centímetres, sota la qual hi ha el formigó de formació de pendents amb un espessor de 10 centímetres i un forjat unidireccional de bovedilla de formigó de 30 centímetres (25+5).

La coberta, doncs, té un espessor total de 50,44 centímetres, una limitació de la demanda tèrmica  $U_s$ :  $0,27 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  i una superfície total de  $77 \text{ m}^2$ .

## **2.5 Sistemes de compartimentació**

S'entenen com a sistemes de compartimentació al conjunt de materials que separen les diferents estàncies interiors de l'edifici. S'inclouran en aquest apartat les portes interiors.

### **2.5.1 Envà interior de 10 cm**

Aquesta paret interior està composta per dues capes de guix de 1,5 centímetres, situades a les parts més exteriors d'una altra capa de fàbrica de totxana ceràmica buida de 7 centímetres, deixant així un espessor total de 10 centímetres.

Amb l'anterior disposició de capes de material, l'envà proporciona una limitació de la demanda energètica de  $U_s$ :  $2,12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  i la superfície construïda total de façana és d'uns  $287 \text{ m}^2$ .

### 2.5.2 Envà interior de 17 cm

Aquesta paret interior està composta per dues capes de guix de 1,5 centímetres, situades a les parts més exteriors d'una altra capa de fàbrica de totxana ceràmica perforada (gero) de 14 centímetres, deixant així un espessor total de 10 centímetres.

Amb aquesta disposició de capes de material, l'envà proporciona una limitació de la demanda energètica de  $U_s$ :  $1,84 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  i la superfície construïda total de façana és d'uns  $123 \text{ m}^2$ .

### 2.5.3 Forjat interior entrepisos

L'edifici disposa de dues plantes, amb lo qual només hi hauria d'haver un forjat entrepisos. Però l'edifici en disposa d'un altre que separa la part superior de la segona planta i la coberta, deixant unes golfes no habitables i no utilitzables.

Els dos forjats es componen d'un falç sostre de plaques de guix de 1,6 centímetres coberta de llana mineral de 4 centímetres. Existeix també una cambra d'aire de 26 centímetres que separa el falç sostre del forjat unidireccional de bovedilla de formigó de 30 centímetres (25+5).

En el cas del forjat superior, la llista de capes acaba aquí, deixant un espessor total de 61,6 centímetres, una limitació de la demanda energètica de  $U$ :  $0,52 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  i una superfície total de  $330 \text{ m}^2$ .

El forjat inferior entrepisos disposa a més d'una capa de grava de compactació de 2 centímetres, sota una de morter M5 de 3 centímetres i una de 1 centímetre de baldoses ceràmiques, que componen el sòl de la segona planta. Sumant aquestes capes queda un total de 67,7 centímetres d'espessor, una limitació de la demanda energètica de  $U$ :  $0,51 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  i una superfície total de  $239 \text{ m}^2$ .

### 2.5.4 Portes de pas interior

Les portes existents són de fusta d'una sola fulla de 203x82,5x3,4cm, de tauler de fibres acabat en melamina. Hi ha un total de 48 unitats i tenen una transmitància tèrmica de U: 1,64 W/(m<sup>2</sup>·K).

### 2.6 Comunicacions exteriors

S'entendrà com a comunicació exterior tant les finestres com les portes que comuniquin amb l'exterior. En el cas de les portes l'edifici disposa de dos tipus de portes. El primer tipus es tracta d'una porta d'acer galvanitzat d'una fulla amb un acabat de pintura i resina epoxi. Té unes mesures de 79x 204 cm, existeixen 3 unitats i tenen una transmitància tèrmica U: 0,59 W/(m<sup>2</sup>·K).

El segon tipus de porta correspon a la porta principal del menjador principal. En aquest cas es tracta d'una porta de doble vidre, de 150x203 cm i una transmitància tèrmica 2,00 W/(m<sup>2</sup>·K).

A la següent taula es mostren les dimensions, les unitats existents i la transmitància tèrmica de finestres de doble vidre, correderes 4/6/4 amb fusteria d'alumini, totes elles formades per dues fulles i amb persiana de PVC:

Dimensions (amplada x altura) cm	Unitats	Transmitància tèrmica W/(m <sup>2</sup> K)
220 x 220	2	3,68
30 x 220	1	3,64
280 x 220	1	3,64
120 x 120	3	4,02
200 x 120	1	3,83
220 x 120	1	3,83
12 x 120	1	3,83
50 x 100	1	4,09
80 x 100	2	4,09
120 x 100	2	4,09
25 x 100	1	4,09
160 x 220	1	3,76

Taula 3. Finestres 4/6/4 correderes de doble vidre amb fusteria d'alumini

A la següent taula es mostren les dimensions, les unitats existents i la transmitància tèrmica de les finestres de doble vidre abisagrada amb obertura a l'interior, 4/6/4, amb fusteria d'alumini i amb persiana de PVC:

Dimensions (amplada x altura) cm	Unitats	Transmitància tèrmica W/(m <sup>2</sup> K)
85 x 180	17	3,95
300 x 220	1	3,87

Taula 4. Finestres 4/6/4 abisagrades de doble vidre amb fusteria d'alumini

### 3. DEMANDA TÈRMICA DE L'EDIFICI.

Per al càlcul de la demanda tèrmica de l'edifici, es a dir, el consum energètic previst en calefacció anualment, s'ha utilitzat el software Cype Ingenieros.

El procediment de càlcul de Cype consisteix en la simulació anual d'un model zonal de l'edifici amb acoblament tèrmic entre zones, mitjançant un mètode complet simplificat en base horària de tipus dinàmic descrit a la UNE-EN ISO 13790:2011, la implementació de la qual ha sigut validada mitjançant els tests descrits a la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings – Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods – General criteria and validation procedures).

Aquest procediment de càlcul utilitza un model equivalent resistència capacítància ( R-C) de tres nodes en base horària. Aquest model fa una distinció entre la temperatura del aire interior i la temperatura mitjana radiant de les superfícies interiors de l'edifici, permetent el seu ús en comprovacions de confort tèrmic, i augmentant la consideració de parts radiants i convectives dels guanys solars, lluminosos i càrregues internes.

En aquest procediment de càlcul es considera l'activitat, el disseny, l'emplaçament i la orientació de l'edifici. També es té en compte l'acoblament tèrmic entre els diferents recintes del edifici. Per fer-ho, es construeix l'edifici en el software en tres dimensions, descrivint en cada cas els materials de tots els elements constructius. Aquestes dades són les descrites en els primers apartats d'aquest document i contempnen l'aïllament i la inèrcia tèrmica de tots els materials existents a l'edifici.

El programa té en compte les pèrdues i els guanys d'energia per conducció a través de l'envolvent tèrmica de l'edifici, composta per l'envolvent i les seves comunicacions exteriors. Es té en compte, l'energia per la radiació solar que entra per les comunicacions exteriors, així com les ombres que es fa el propi edifici. També té en compte els intercanvis d'energia produïts per intercanvis d'aire, tenint en compte la qualitat d'aire exigida en els diferents espais i les estratègies de control aplicades.

El resultat és de 35.247 kWh/ any.

#### 4. DEMANDA D'ACS

Per a determinar el consum s'aplicarà el document HE4 del CTE en el que es donen els consums diaris d'ACS a 60 °C, en funció del tipus d'edifici. Aquesta temperatura de referència de 60 °C correspon a la d'acumulació d'ACS per a la prevenció de la legionel·losis i és la mínima marcada per el CTE en instal·lacions centralitzades, com el present cas.

Segons aquest document, per una residència de gent gran, s'ha de considerar un consum d'ACS diària de 41 litres / persona i dia. La residència disposa de 17 departaments individuals, per tant, el consum diària d'ACS serà de 697 litres / dia, amb una demanda anual, comptant 365 dies, serà de 254405 litres / any.

Un cop obtinguda la dada de litres necessaris d'ACS és necessari per dimensionar les dues noves instal·lacions calcular l'energia que aquests litres representen. A la Taula 5 es mostra l'energia mensual que representen i la total anual:

Mes	Demanda energètica mensual ACS (kWh)
Gener	1356,50
Febrer	1283,70
Març	1240,20
Abril	1256,00
Maig	1136,00
Juny	1069,10
Juliol	906,70
Agost	839,00
Setembre	960,60
Octubre	1048,00
Novembre	1227,00
Desembre	1283,70
<b>TOTAL</b>	<b>13606,50</b>

Taula 5. Demanda energètica d'ACS

En resum, l'energia necessària anualment per dur a terme la producció d'ACS és de 13606,5 kWh.

## 5. INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA

En aquest capítol es descriuran els elements més importants que formaran part d'aquesta instal·lació, i se'n diran les seves característiques. També s'anomenarà, la seva ubicació física en l'edifici.

### 5.1 Captadors tèrmics

El model escollit per aquesta instal·lació és el Vitosol 200 F SH-2, de la marca Viessman Werke GmbH & Co. A la Taula 6 es mostren les característiques d'aquest captador solar tèrmic:

Model Vitosol SH2		
Característica	Unitats	Valor
Superfície bruta	m <sup>2</sup>	2,49
Superfície d'apertura	m <sup>2</sup>	2,31
Superfície d'absorció	m <sup>2</sup>	2,32
Amplada	mm	2380,00
Altura	mm	1056,00
Profunditat	mm	90,00
Rendiment òptic	%	84,10
Coef. De pèrdues per calor K1	W/(m <sup>2</sup> k)	3,24
Coef. De pèrdues per calor K2	W/(m <sup>2</sup> k <sup>2</sup> )	0,02
Capacitat tèrmica	KJ/(m <sup>2</sup> k)	7,60
Pes	kg	52,00
Volum de fluid	lítres	2,48
Pressió de servei	bar	6,00
Temperatura max. De inactivitat	°C	221,00
Conexió	mm (diàmetre)	22,00

Taula 6. Característiques tècniques del captador solar tèrmic

En total seran necessàries 14 unitats d'aquest model. El conexasió entre panells serà en paral·lel en una sola sèrie.

La seva ubicació és a la teulada d'orientació sud que cobreix la terrassa de la primera planta. Aquesta teulada té una inclinació de 15°, però els panells estaran, gràcies a l'estructura de suport, a 45° en total. La orientació serà d'azimut 0, per tant paràmetres òptims.



En total hi ha una superfície neta de captació de 32,34 m<sup>2</sup>, i un volum a l'interior del captador solar tèrmic total de 34,72 litres.

## 5.2 Acumulador solar

L'acumulador estriat és de la marca GreenHeiss RB2500, amb un volum total d'acumulació de 2500 litres. Aquest model conté un serpenti intercanviador de calor en el seu interior. A la Taula 7 es mostren algunes de les seves característiques:

Model RB2000		
Característica	Unitats	Valor
Volum d'acumulació	litres	2500
Pes	kg	250
Temperatura màxima	°C	95
Pressió de treball màxima	bar	8
Dimensions	mm	1500 x 2500
Nombre d'entrades (sense serpenti)	-	6

Taula 7. Característiques de l'acumulador solar

A més, compta amb dues entrades per sondes, una a la part superior i una altre a la part inferior del dipòsit.

## 5.3 Vasos d'expansió

En aquesta part de la instal·lació, la solar tèrmica, s'incorporaran dos dipòsits. Un d'ells serà per el circuit primari, per on hi circula el líquid caloportador d'aigua amb un 30% de glicol. Aquest circuit compren les canonades del mateix i tot el volum de líquid de l'interior del captador solar tèrmic. L'altre vas d'expansió en aquesta instal·lació és el que es col·locarà al acumulador solar.

Els resultats dels càlculs són un vas d'expansió de 12 litres per el circuit primari, i un de 25 per l'acumulador solar.

A les Taules 8 i 9 es mostren les característiques dels dos vasos escollits. Són diferents donat que un d'ells és d'aplicació solar i l'altre per ACS. Els dos són de la marca Waft:

Aplicació	Solar
Capacitat	12 litres
Diàmetre	270 mm
Altura	314 mm
Pressió màxima	10 bar
Tipus de membrana	Fixe
Temperatura	0 °C a 130 °C
Connexió	3/4"

Taula 8. Característiques vas d'expansió solar

Aplicació	ACS
Capacitat	25 litres
Diàmetre	300 mm
Altura	440 mm
Pressió màxima	10 bar
Tipus de membrana	Fixe
Temperatura	0 °C a 100 °C
Connexió	3/4"

Taula 9. Característiques vas d'expansió ACS (acumulador solar)

#### 5.4 Estructures de suport

L'estructura metàl·lica de suport dels col·lectors es construirà mitjançant perfil d'alumini anoditzat amb totes les garanties de fabricació i seguretat estructural. L'estructura i el sistema de fixació dels col·lectors permetran les dilatacions tèrmiques necessàries sense transmetre càrregues que puguin afectar al captadors ni al circuit hidràulic.

El material, alumini anoditzat, aporta una gran resistència a les condicions ambientals i a la corrosió.

Aquestes estructures donaran una inclinació extra, comptant amb la pròpia de la teulada, de 30°, de manera que els col·lectors quedaran finalment inclinats a 45°. Les estructures es subjectaran sobre la teulada utilitzant barilla roscada i tac químic.

#### 5.5 Bombes de circulació

La instal·lació solar tèrmica comptarà amb dues bombes. Aquestes s'han dimensionat tenint en compte el cabal calculat de 2,3 m<sup>3</sup>/h.

La primera bomba és la que impulsa el fluid caloportador a través del circuit primari, és a dir, el que passa per els panells, el serpentí, i en alguns moments, per l'aeroterme. Aquesta bomba serà de la marca Grundfos, model Magna 1 D-32-100.

La segona bomba és la que farà una recirculació entre l'acumulador solar i l'acumulador existent d'ACS. La bomba escollida és la Grundfos Alpha 1.

Les dues bombes es situaran a la sala de màquines, i són de tecnologia electrònica, tal i com marca la normativa vigent.

## 5.6 Aeroterme

L'objecte d'aquest projecte, de dimensionar la instal·lació solar tèrmica de manera que s'hagi de fer servir el mínim, a ser possible zero, la caldera de biomassa, en els mesos on no és necessària la calefacció, fa que en certs mesos, els més calorosos, sigui necessària la dissipació d'energia. És per aquest motiu que la instal·lació incorporarà un aeroterme dissipador d'energia.

El dissipador escollit per la instal·lació és de un ventilador simple, de la marca GreenHeiss, AB-163/4. A la Taula 10 es mostren les característiques més importants:

<b>AB-163/4</b>	
Potència	14 kW
Q fluid	2,8 m <sup>3</sup> /h
Consum	165 W
Dimensions	540 x 431 x 440 mm
Conexió	1"
Pes	36 kg
dB (A)	52

Taula 10. Característiques de l'aeroterme

L'aeroterme es col·locarà a la paret lateral de la teulada on es col·locaran els panells. El seu impacte visual no té importància per el peticionari. Anirà penjat en dues potes d'alumini, i s'aïllarà contra les vibracions amb silent blocks.

## 5.7 Canonades del circuit primari

Les canonades del circuit primari, que connecten els mòduls solars tèrmics amb l'entrada i sortida de l'acumulador solar, seran d'acer inoxidable.

Aquest circuit tancat té una longitud total, impulsió i retorn de 40 metres. Tindrà una secció normalitzada de 32 mm.

En quan als aïllaments de les canonades, hi haurà dos zones amb dos aïllaments diferents. La primera zona correspon a aquelles on la canonada es veurà exposada a la radiació solar. Per aquests trams, tots els exteriors, es recobrirà la tuberia d'aïllant armacel, que és resistent a aquests efectes. Per els trams interiors, es farà servir armaflex.

## 5.8 Sistema de regulació i control

El sistema de control escollit ha de ser capaç de controlar dues vàlvules de tres vies motoritzades i tres bombes de circulació ( les dues solars i la de calefacció). Segons el sistema de control dissenyat, aquest, es farà amb les dades de temperatura llegides a cinc llocs diferents, per tant, ha de poder tenir almenys 5 entrades per sondes.

El regulador de sistema escollit és el Deltasol E, de la marca Resol. Aquesta central de control té capacitat per entrar 10 sondes de temperatura i 6 sortides de tensió de xarxa, 3 d'elles amb semiconductors que poden controlar la tensió, amb la finalitat de regular la velocitat.

Aquest regulador no només regularà la instal·lació solar tèrmica, també s'encarregarà de la regulació de la caldera de biomassa.

La seva ubicació serà a la sala de màquines, en un lloc molt accessible, ja que la central haurà de ser programada, segons el funcionament de disseny, i a més, aquesta disposa d'una pantalla en la que es pot fer un seguiment de l'estat de la instal·lació (lectures de les temperatures de les sondes).

## 5.9 Petit material

A part de l'equipament principal descrit en els apartats anteriors es preveuen la incorporació dels elements mostrats a la Taula 11:

Material	Quantitat
Aixetes de pas 32 mm <sup>2</sup>	14
Purgador	3
Vàlvula de seguretat	1
Vàlvula antiretorn	2

Taula 11. Petit material

No es comptabilitza el petit material com ràcords, colzes o manguitos, ja que en el moment de la instal·lació, l'operari, amb la supervisió de l'enginyer encarregat de l'obra, es decidirà el millor disseny segons eficiència i gustos del peticionari.

## **6. INSTAL·LACIÓ DE LA CALDERA DE BIOMASSA**

A continuació es descriurà l'equipament que formarà part de la instal·lació i el motiu per el qual han sigut estriats. El l'últim apartat a més, es descriurà els element ja existents i que no es pretén substituir amb l'aplicació d'aquest projecte.

### **5.1 Caldera de biomassa**

La caldera escollida és de la marca Paradigma, i del model Pelletti Touch 32 kW.

Segons els càlculs de demanda energètica de l'edifici, amb una caldera d'una potència inferior se'n faria prou. S'ha triat d'aquesta potència perquè la diferència de preu és mínima i segons el peticionari es preveu una ampliació de l'edifici que comportarà un major consum no tingut en compte.

Es tracta d'una caldera alimentada per pellets, amb cremador d'acer inoxidable, transport automàtic a través de sistema d'aspiració Vakuum. La seva alta temperatura de treball garanteix baixes emissions de substàncies nocives, ja sigui a ple funcionament o a mitja càrrega. És capaç de mantenir un alt rendiment dins un grau de modulació d'entre el 30 i el 70 per cent, té encesa automàtica i es pot adaptar a qualsevol sistema de calefacció. El seu rendiment és del 93%.

Les pèrdues de calor són mínimes gràcies al seu aïllament eficaç, i no necessita vàlvula de descàrrega tèrmica ni tenir el vas obert.

Disposa de calaix de recollida de cendres amb un sistema de compressió automàtic i un sistema de neteja automàtic de el intercanviador i el conducte de fums interior de la caldera.

A la caldera se li inclourà un kit d'extracció de cendres estàndard de 25-32 kW, de manera que aquesta sigui més fàcil l'acumulació i extracció d'aquestes.

### **5.2 Sitja de Pellets**

El dimensionament de la sitja s'ha fet de manera que es procura una sola càrrega de combustible anualment, coincidint amb el manteniment de la instal·lació.

El resultat és una sitja de 18 m<sup>3</sup>.

La construcció i el disseny de la sitja corre a càrrec d'una empresa especialitzada, és a dir, aquest projecte no té en compte el disseny i càlculs d'aquesta. L'empresa ja té en compte que es tracta d'una sitja on s'emmagatzema pellet i la sensibilitat que aquest té a la humitat, per tant utilitzarà materials aïllants.

A petició del peticionari, el tancament superior de la sitja, amb l'objectiu de no mantenir aigua estancada i drenar correctament aquesta, tindrà una forma inclinada.

Un cop construïda la sitja al seu interior l'empresa instal·ladora incorporarà un teló de protecció dels pellets. Es tracta d'un sistema que fa que alhora de l'emplenat de la sitja, el pellet no impacti directament contra la paret i es trenqui.

A la sitja s'incorporarà un kit d'emplenat i buidat DN100, que consisteix en dues abraçaderes amb dos tubs de connexió de 100 mm de diàmetre que es poden tancar amb clau.

### **5.3 Dipòsit d'inèrcia**

Un dipòsit d'inèrcia és un element que evita freqüents cicles d'arrencada i parada, amb lo que es disminueix el rendiment estacional dels generadors. És preferible que quan una caldera funcioni en calent una reserva d'aigua allargui el seu funcionament de manera que no sigui necessària la intervenció de la caldera repetides vegades.

Segons el RITE s'estima que per a un correcte funcionament i garantir un cicle de funcionament d'una duració mínima la capacitat del dipòsit d'inèrcia ha de ser d'uns 15 litres per kW de potència del sistema de generació.

En aquest cas, el fabricant ens ha recomanat el dipòsit de la mateixa marca de la caldera, Paradigma, el model PSR, que consta de 8 entrades/sortides, i una capacitat de 500 litres.

Segons el càlcul pot semblar un dipòsit just, però s'ha de recordar que la caldera ha estat sobre dimensionada, a part de per temes de possibles futures ampliacions, per un tema

econòmic, per tant, seguint les indicacions del fabricant i tenint això en compte aquest serà el dipòsit d'inèrcia utilitzat.

#### **5.4 Vas d'expansió**

El vas d'expansió és un element utilitzat en circuits de calefacció per a absorbir el volum que es produeix al expandir-se, per l'escalfament, el fluid caloportador que conté el circuit. Aquest ha d'estar connectat a la caldera.

Aquest serà de la marca Waft de 50 litres. Aquest ha sigut recomanat específicament per el fabricant de la caldera. A més, aquest vas d'expansió era un element ja existent, que degut al seu estat haurà de ser substituït.

#### **5.5 Caudalímetre**

Un caudalímetre és un aparell al que se li posa una consigna de caudal, i aquest procura que el valor de consigna sigui el caudal que circuli per el circuit escollit.

La necessitat d'un caudalímetre sorgeix de la necessitat de saber en tot moment el caudal que passa per la caldera de biomassa. Aquesta disposa de diferents regulacions automàtiques i programes de protecció i comandament que per a que funcionin correctament s'ha d'ajustar un caudal constant. Aquest caudalímetre serà de la marca Paradigma, el model 20-70l/m.

#### **5.6 Sistema d'aspiració de combustible**

El sistema de transport de combustible des de la sitja fins a la cambra de combustió de la caldera es farà amb una talpa amb sistema Vakum, com la que es pot observar a la Figura 1.

La talpa de la Figura 1 connecta amb un tub de PVC antiretorn que porta el pellet fins a la cambra de combustió. A més és necessari un altre tub de les mateixes dimensions per a fer el retorn d'aire. El tub és de DN100.





Figura 1. Sistema de talpa per recollida de pellet

### 5.7 Extracció de fums

La Pelletti Touch, segons el fabricant, ha de disposar d'un regulador de tir per a conductes de ventilació. És indispensable per al bon funcionament de la caldera.

La xemeneia després de la inspecció d'un tècnic s'ha arribat al resultat de que es pot aprofitar la ja instal·lada que funciona amb la caldera que es substituirà. El tros de recorregut necessari per a la connexió es farà amb xemeneia d'acer inoxidable doble capa, recomanat pel fabricant.

Es substituirà també el capçal exterior de la xemeneia, antipluja i d'acer inoxidable també.

### 5.8 Bomba de circulació

La bomba de circulació d'aquesta instal·lació és la que actuarà en els moments en els que l'energia solar tèrmica no sigui suficient per abastir d'ACS a l'edifici. Aquesta bomba farà circular el líquid del circuit tancat per la caldera, que l'escalfarà i transmetrà el calor a través del serpentí de l'acumulador existent d'ACS de 500 litres.

El model escollit és el mateix que el de re-circulació de la instal·lació solar tèrmica, la Grundfos Alpha 1.

### 5.9 Petit material

A part de l'equipament principal descrit en els apartats anteriors es preveuen la incorporació dels elements mostrats a la Taula 12:

Material	Quantitat
Aixetes de pas 25 mm <sup>2</sup>	4
Purgador	2
Vàlvula de seguretat	1
Vàlvula antiretorn	1

Taula 12. Petit material

No es comptabilitza el petit material com ràcords, colzes o manguitos, ja que en el moment de la instal·lació, l'operari, amb la supervisió de l'enginyer encarregat de l'obra, es decidirà el millor disseny segons eficiència i gustos del peticionari.

### 5.11 Material elèctric i de control

La centraleta de control per a la instal·lació de calefacció és la mateixa que controlarà la de energia solar tèrmica. Per fer una instal·lació moderna, eficaç i tal i com recomana el RITE, s'ha decidit centralitzar els relès i tots els components elèctrics de protecció i comandament en un sol quadre, que es col·locarà just al costat de la centraleta.

A la sala de màquines hi arriba una línia de 4 mm<sup>2</sup>, etiquetada com a tal en el quadre general de proteccions de l'edifici. Aquesta línia es connectarà en un IGA de 16 A. Al costat d'aquest IGA es col·locarà un diferencial, per protegir de contactes indirectes, que serà de 40A, per motius econòmics.

El quadre també contindrà un PIA per cada element elèctric existent a la sala de màquines. A la Taula 13 es mostra aquesta informació:

Element	PIA (A)	Secció de cable (mm <sup>2</sup> )
Bomba de circulació solar	6	1,5
Bomba de re-circulació	6	1,5
Bomba de la caldera	6	1,5
Bomba calefacció 1	6	1,5
Bomba calefacció 2	6	1,5
Bomba calefacció 3	6	1,5
Aeroterms	6	2,5
Caldera de biomassa	10	2,5
Vàlvula 3 vies solar	6	1,5
Vàlvula 3 vies calefacció	6	1,5

Taula 13. Components del quadre elèctric

Tots els components del quadre anterior estaran etiquetats, de manera que sigui possible per qualsevol tècnic identificar a quin equip correspon cada interruptor.

### **5.12 Canonades**

Les canonades a calcular en aquesta nova instal·lació són les que van de la caldera als dos dipòsits, el d'acumulació d'ACS i el d'inèrcia.

Aquestes canonades seran de coure i de 25 mm<sup>2</sup>. S'utilitzarà com aïllant armaflex.

### **5.13 Equipament existent**

En aquest apartat es vol esmentar els equips existents i que han sigut testejats per un tècnic per assegurar que el seu estat és correcte i no influirà negativament a la nova instal·lació, així com el possible i correcte acoblament entre instal·lacions:

Acumulador Rehau de 500 litres amb serpentí intercanviador.

Tres bombes de circulació Wilo R25/7, de calefacció.

Tota la instal·lació de radiadors interior, va ser dimensionada i comprovat el seu bon funcionament. Aquesta instal·lació inclou els aparells terminals com les claus de pas individuals entre d'altres.

Aixeta de tall general. Aquesta aixeta no és dins de la sala de màquines és just després del comptador d'aigua de la companyia i no es substituirà.

Termòstats interior. Aquests són els encarregats de la circulació de les tres bombes anomenades anteriorment, també existents.

Vàlvula mescladora. Aquesta vàlvula és l'encarregada d'afegir aigua de la xarxa a la sortida de l'acumulador, que estarà acumulada a uns 60 °C, fins que arriba a la temperatura de consum, uns 45 °C.

## 7. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

En aquest capítol es descriurà el funcionament de les instal·lacions hidràuliques, elèctriques i de control, i la instal·lació d'aspiració de combustible. En aquesta descripció apareixeran els elements descrits en el capítol anterior i s'explicaran la seva posició a la instal·lació i la manera que s'ha dissenyat perquè funcionin.

### 6.1 Instal·lació hidràulica i de control

Com s'ha comentat a l'objecte, i al llarg d'aquest document, l'objectiu d'aquesta instal·lació és el de que la nova caldera de biomassa funcioni només els mesos de calefacció, fent protagonista durant tot l'any a la instal·lació d'energia solar tèrmica en la producció d'ACS.

En total, l'esquema de funcionament total, constarà de sis sondes, sis elements actuadors i un relé de detecció de potencial. A la Taula 14 es mostren aquests elements i el nom que tindran a partir d'aquest moment, coincidint amb el nom que té a l'entrada de la centraleta de control:

Element	Nom/Entrada RESOL
Bomba de circulació solar	R1
Bomba de re-circulació	R2
Bomba de calefacció	R3
Vàlvula 3 vies solar	R4
Vàlvula 3 vies calefacció	R5
Aerotermino	R6
Sonda a la impulsió de panells	S1
Sonda a l'acumulador solar	S2
Sonda al dipòsit d'ACS	S3
Sonda al retorn de panells	S4
Sonda al dipòsit d'inèrcia	S5
Sonda exterior	S6

Taula 14. Elements d'actuació i de lectura del sistema de control

La canonada provinent de la xarxa de distribució es connectarà a la entrada A1 de l'acumulador solar. Aquesta entrada està a la part inferior d'aquest dipòsit. En el mateix, es connectarà la impulsió del circuit tancat solar a B2, el retorn a B1, el vas d'expansió d'aquest acumulador a A3 i la sortida d'aigua calenta a C.

Totes les entrades utilitzades tindran una aixeta de tall de pas, i les no utilitzades ja porten un tap incorporat. El mateix succeirà amb els altres dos dipòsits de la instal·lació.

Al retorn del circuit solar s'hi col·locarà el vas d'expansió de 12 litres, una vàlvula de seguretat i la bomba de circulació solar.

En les tres bombes utilitzades per aquesta instal·lació s'ha previst una aixeta de pas a cada costat, per motius de manteniment o reparació, i una vàlvula antiretorn, per la protecció d'aquest equip. Les bombes es col·locaran al retorn del circuit on estiguin, perquè el seu treball sigui a una menor temperatura.

A la impulsió una vàlvula de tres vies envia el líquid caloportador a l'aeroterme o a l'acumulador solar.

La centralita de control es programarà de tal manera que sempre que hi hagi diferència de temperatura en la que S1 sigui major a S2 (impulsió panells i acumulador solar, respectivament), R1 o la bomba solar, funcionarà amb la finalitat de transmetre aquesta energia que s'està captant.

El funcionament normal de la vàlvula de tres vies 1 és a la sortida A, que arriba a B2 (acumulador solar). Si la temperatura de la sonda S1 excedeix els 105 °C, la centralita envia senyal a aquesta vàlvula i a R6, de tal manera que la vàlvula queda en posició B i l'aeroterme està en funcionament. D'aquesta manera el líquid caloportador, a una temperatura no segura, passa per l'aeroterme fins que la temperatura de S1, cau a 80 °C. Quan això passa es torna a la primera posició, vàlvula en A i R6 desconnectat.

Per tal de mantenir la mateixa temperatura en l'acumulador solar i dipòsit d'ACS, s'ha fet una connexió de re-circulació entre ells. Quan hi ha una diferència de més de 8 °C entre les sondes S2 i S3 (acumulador solar i dipòsit d'ACS), la centralita envia senyal a R2, que és la bomba de re-circulació. Aquesta es para quan la diferència de temperatures és de almenys 5 °C. Aquesta re-circulació que s'ha comentat uneix la sortida d'aigua calenta del dipòsit d'ACS G amb l'entrada d'aigua freda de l'acumulador solar A1.

Amb la finalitat de poder anular per complet la instal·lació solar tèrmica, en el cas de avaria o manteniment, s'ha fet un by-pass que en cas de tancar l'entrada de l'aigua de la xarxa a A1, es podria obrir el by-pass i entrar aigua directament al dipòsit d'ACS per D.

La posició normal de la vàlvula de tres vies de la caldera és en A, ja que sempre es donarà prioritat a l'ACS davant de la calefacció.

Si la temperatura de S3 baixa dels 55 °C, s'envia un senyal a R3, la bomba de la caldera de biomassa, que activa per cabal la caldera que escalfa l'aigua. En el moment que s'arriba a 65 °C, es desconnecta R3. Això en totes les èpoques de l'any.

En els mesos on la calefacció és necessària, interessa mantenir el dipòsit d'inèrcia a 80 °C. Per tant la consigna d'engegada i parada de R3, quan la vàlvula de la caldera estigui en posició B, vindrà definida per la sonda S5, amb un rang de 10 °C, és a dir s'enviarà senyal a 75°C i es tallarà a 85°C. Els mesos de calefacció es programaran a la centraleta.

La centraleta Resol disposa d'una entrada per detectar una entrada de potencial R7. Aquesta entrada s'aprofitarà per detectar quan s'ha engegat algun dels termòstats interiors, que controlen l'engegada i parada de la bomba. En aquest moment, l'acció descrita anteriorment de control de la calefacció. Per tant, es farà un pont dels relés que activen les bombes existents de calefacció fins a l'entrada R7.

Al retorn del circuit de calefacció s'hi col·locarà el nou vas d'expansió de 50 litres. Aquest vas farà la seva funció per el circuit sencer de calefacció i per el dipòsit d'inèrcia.

Les sondes S4 i S6, que corresponen a la sonda del retorn del circuit primari solar i a la temperatura exterior, tenen la funció de monitorització.

A les parts més altes dels circuits hidràulics s'hi col·locaran purgadors, per eliminar el possible aire existent a les canonades.

En un punt del retorn del circuit primari solar, s'hi col·locarà una vàlvula d'emplenat. Aquesta vàlvula tindrà la funció de buidar, emplenar o regular de percentatge de glicol aquest circuit tancat.

## **6.2 Instal·lació d'aspiració de combustible**

Aquesta instal·lació ja ha estat introduïda en el capítol anterior. Es farà el connexionat de l'anada de combustible amb tub de PVC antiretorn, des de l'entrada de la cambra de

combustió fins a la talpa d'aspiració. El retorn d'aire es farà des de la caldera fins la sitja amb tub del mateix diàmetre, 100mm, que el d'anada de combustible.

Dins la sitja, es deixarà marge de tub d'aspiració suficient amb l'objectiu que la talpa pugui aspirar pellet en la totalitat de la sitja.

La caldera ja incorpora una senyal d'alarma quan el combustible s'acaba.

## 8. QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA

Quan es fan instal·lacions d'energies renovables és interessant fer una qualificació abans i després d'aquesta instal·lació per veure quin guany de nivell hi ha.

Per aquest projecte s'ha fet servir per obtenir el certificat el programa oficial de l'IDAE, el Calener Vyp.

El indicador total es refereix a  $\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ , i amb l'antiga instal·lació el resultat és de 41,1, i amb la nova és de 7,2. A aquests indicadors també se li assigna una lletra, que va des de la A fins la G, essent la A la millor, i un color, de verd a vermell essent el verd el millor. La nova instal·lació és de la lletra A, mentre que l'antiga és una C.



## 9. COMPARATIVA I AMORTITZACIÓ

Un dels aspectes importants d'aquest projecte és demostrar i aconseguir una situació millor a la que hi ha actualment. És interessant també, que si aquesta situació s'aconsegueix hi hagi un temps d'amortització, com a mínim, inferior al temps de vida útil de la nova instal·lació.

Per a fer l'estudi d'amortització s'han fet servir les dades reals que es mostren a la Taula 3.

	Caldera de gasoil	Caldera de biomassa
<b>Rendiment (%)</b>	0,75	0,93
<b>Preu combustible (€/l, €/kg)</b>	0,92	0,23
<b>PCI (kWh/l , kWh/kg)</b>	9,98	5,20
<b>Cost combustible anual (€)</b>	6005,12	1734,25

Taula 3. Dades per a l'estudi d'amortització

El resultat, del que es detalla el càlcul a l'annex A, és que l'amortització serà de 10,5 anys.

A més, la nova caldera suposa 19.550,6 kg d'estalvi d'emissions de CO<sub>2</sub> anualment.

El càlcul dels anys d'amortització s'ha fet tenint en compte el preu del combustible actual. És molt probable, i realista, pensar que aquest valor s'incrementarà en els pròxims anys. Històricament així ha sigut, i el fet de que no siguin fonts renovables, els combustibles fòssils tenen més probabilitat a pujar de preu que, com és aquest cas, el pellet. Per tant, no és arriscat assegurar que la amortització d'aquesta instal·lació es produirà abans d'aquests 10,5 anys. La vida útil de la instal·lació solar tèrmica s'estima en 20 anys, de la mateixa manera que amb la caldera de biomassa.

## **10. RESUM DEL PRESSUPOST**

El cost total del present projecte, que tracta de la substitució d'una caldera de gasoil per una de biomassa, amb la construcció de la sitja de pellets i tota la instal·lació necessària per al el seu correcte funcionament, juntament amb una instal·lació d'energia solar tèrmica, que consta de 14 panells, ascendeix a quaranta-quatre mil nou-cents catorze amb tretze cèncims, sense IVA.

## 11. CONCLUSIONS

Totes les peces estriades per a la instal·lació nova, així com la disposició d'aquestes han sigut justificades, de manera redactada o amb càlculs de l'annex, i sempre s'ha seguit la normativa vigent que afecta a la instal·lació, detallada al document de plec de condicions.

A més, l'objectiu principal d'aquest projecte, que era l'estalvi energètic de la nova instal·lació respecta l'anterior es demostra en aquest document, a part d'una disminució d'emissions de CO<sub>2</sub>.

També, com es pot comprovar a la Taula 18, les intervencions de la caldera de biomassa en els mesos en els que no hi ha necessitat de calefacció, és mínima, i això era un altre dels objectius que queda complert.

L'amortització de les noves instal·lacions es produeix, més o menys, a la meitat de la vida útil d'aquestes. Per tant, és una amortització acceptable, tot i que, com s'ha comentat anteriorment en aquest document, s'hagi fet sense tenir en compte un augment molt probable del preu del combustible fòssil al que aquestes energies renovables substitueixen. Es pot afirmar doncs, que el temps real d'amortització, serà menor al calculat.

Per tant, es pot concloure que es compleixen les expectatives del projecte, tècnicament i econòmicament.

Pol Guirado Valls  
Graduat en Enginyeria Elèctrica

Girona, 16 de Juny de 2015

## **12. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Aquest projecte consta dels següents documents: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

### 13. BIBLIOGRAFIA

RITE. El nuevo reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.

(<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>, 15 de març de 2015)

CTE. Código técnico de la edificación.

(<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/>, 15 de març de 2015)

GRUNDFOS. Sistemas de bombeo. ([http://es.grundfos.com/bombas\\_grundfos.html](http://es.grundfos.com/bombas_grundfos.html), 23 de abril de 2015)

PARADIGMA. Energias renovables, calderas de leña y pellet bio power

([http://es.grundfos.com/bombas\\_grundfos.html](http://es.grundfos.com/bombas_grundfos.html), 24 de abril de 2015)

SOLARIS. Tecnología natural, productos. (<http://www.solaris.es/accesorios-solares.aspx>, 27 de maig de 2015)

GRINACA. Válvulas, griferias y productos.

(<http://www.grinaca.com.ve/productos.php?idfamilia=31&cat=3&tabla=conexyniplesgalva&categoria=3>, 27 de maig de 2015)

MINETUR. Guía técnica. Agua caliente sanitaria central.

(<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/rite/reconocidos/reconocidos/acs.pdf>, 22 de maig de 2015)

VISSMANN. Datos técnicos Vitosol 200 –F

([http://www.viessmann.es/content/dam/internetes/pdf\\_documents/brochures/vitosol/datos\\_tecnicos\\_vitosol200-f.pdf](http://www.viessmann.es/content/dam/internetes/pdf_documents/brochures/vitosol/datos_tecnicos_vitosol200-f.pdf), 24 de maig 2015)

RESOL. Productos Resol.

(<http://www.resol.de/index/produktdetail/kategorie/7/id/8/sprache/es>, 1 de juny de 2015)

## **14. GLOSSARI**

ACS: Aigua Calenta Sanitària

BOE: Boletín oficial del Estado

CTE: Código Técnico de la Edificación

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energia

IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido

PCI: Poder Calorífico Interior

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios

RD: Real Decreto

UNE: Una Norma Española

## A. CÀLCULS

En aquest annex es mostraran els càlculs que s'han fet, i les dades que s'han utilitzat, que justifiquen els altres capítols d'aquest document.

### A.1 Càlcul de la demanda energètica

En aquest apartat s'explicarà com s'han obtingut els resultats de les dues demandes que apareixen en el document: la demanda tèrmica, que correspon a la calefacció, i la de ACS. En els dos casos s'ha utilitzat un programa per obtenir el resultat, i en els dos casos el programa utilitzat és acceptat per la normativa vigent com a càlcul fiable.

#### A.1.1 Demanda d'ACS

Segons el Codi Tècnic de l'Edificació, capítol HE4, per una residència de gent gran, s'ha de considerar un consum d'ACS diària de 41 litres / persona i dia.

La residència disposa de 17 departaments individuals, per tant, el consum diària d'ACS serà de 697 litres / dia, amb una demanda anual, comptant 365 dies, serà de 254405 litres / any.

Segons la normativa, he de realitzar els càlculs de les necessitats energètiques per a escalfar l'aigua a una temperatura de 60°C.

La despesa energètica per aconseguir ACS a 60°C s'obté a partir de l'expressió de l'Equació 1:

$$\dot{Q}=\dot{m}\cdot C_p\cdot(60-T_f \quad \&) \quad (\text{Eq.1})$$

$\dot{m}$  és el cabal màssic diari de consum d'aigua

$C_p$  és el calor específic de l'aigua (4,18 kJ/kg·°C)

$T_f$  és la temperatura de l'aigua freda de la xarxa

La temperatura de l'aigua freda de la xarxa de Banyoles s'ha extret del programa CHEQ4 i es mostra a la Figura 2:

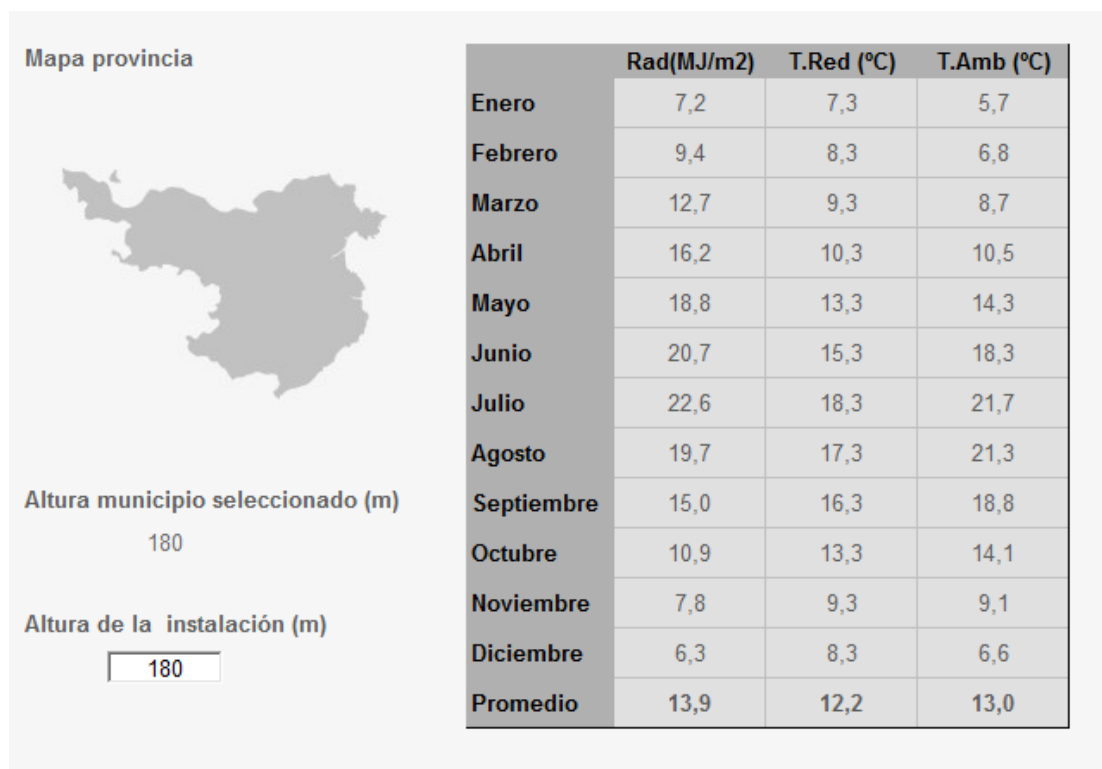


Figura 2. Dades per a l'estudi d'amortització

Si es fa servir les dades anteriors i es calcula mensualment la demanda energètica, i finalment es suma per obtenir la demanda anual, surt un valor de 13.404,4 kWh.

Per fer aquest projecte s'ha fet una simulació amb el programa Transol. Amb les dades introduïdes a aquest programa, que són les exposades en aquest document, la demanda anual ha sortit 13.606 kWh. Aquesta és la dada de demanda que s'ha escollit per fer la resta de càlculs d'aquest document, ja que resulta ser la més restrictiva, i per tant la més segura per la nova instal·lació.

### A.1.2 Demanda tèrmica de l'edifici

Per al càlcul d'aquesta demanda s'ha fet servir únicament el programa Cype Ingenieros, concretament, l'eina CypeCAD MEP.



El mètode de càlcul que utilitza aquest programa ja ha sigut descrit en el capítol 4 d'aquest document.

En aquest apartat es mostraran les dades introduïdes al programa, així com els resultats obtinguts.

Tot i que en el capítol 2 d'aquest document ja es fa menció de tots els materials utilitzats, a continuació es mostra una figura on es poden veure tots els materials existents a l'edifici i les característiques individuals d'aquests.

Capas						
Material	e	$\rho$	$\lambda$	RT	Cp	$\mu$
1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	13	900	0.512	0.2539	1000	10
Base de gravilla de machaqueo	2	1950	2	0.01	1045	50
Falso techo registrable de placas de escayola	1.6	825	0.25	0.064	1000	4
Forjado unidireccional 25+5 cm (Bovedilla de hormigón)	30	1241.11	1.429	0.21	1000	80
Formación de pendientes con hormigón ligero con arcilla expandida	10	600	0.19	0.5263	1000	4
Fábrica de ladrillo cerámico hueco	7	930	0.438	0.16	1000	10
Fábrica de ladrillo cerámico hueco	14	820.974	0.152	0.9211	1000	10
Fábrica de ladrillo cerámico perforado	14	900	0.609	0.23	1000	10
Geotextil de poliéster	0.08	250	0.038	0.0211	1000	1
Guarnecido de yeso	1.5	1150	0.57	0.0263	1000	6
Impermeabilización asfáltica monocapa adherida	0.36	1100	0.23	0.0157	1000	50000
Lana mineral	4	70	0.034	1.1765	840	1
Lana mineral	4	40	0.035	1.1429	840	1
Lana mineral soldable	5	40	0.039	1.2821	1000	1
Mortero de cemento	4	1900	1.3	0.0308	1000	10
Mortero de cemento M-5	3	1900	1.3	0.0231	1000	10
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	1.5	1125	0.55	0.0273	1000	10
Mortero monocapa	1.5	1300	0.7	0.0214	1000	10
Pavimento de gres rústico	1	2500	2.3	0.0043	1000	30
Poliestireno expandido	3	30	0.036	0.8333	1000	20
Revoco liso con acabado lavado de mortero de cal	1	1900	1.3	0.0077	1000	10
Solado de baldosas cerámicas de gres rústico	1	2500	2.3	0.0043	1000	30
Solera de hormigón armado	15	2500	2.3	0.0652	1000	80
Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm < E < 90 mm	7	630	0.212	0.3302	1000	10
Yeso, dureza media 600 < d < 900	1.5	750	0.3	0.05	1000	4
Abreviaturas utilizadas						
e	Espesor (cm)		RT	Resistencia térmica ( $m^2 \cdot K/W$ )		
$\rho$	Densidad ( $kg/m^3$ )		Cp	Calor específico ( $J/(kg \cdot K)$ )		
$\lambda$	Conductividad térmica ( $W/(m \cdot K)$ )		$\mu$	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (l)		

Figura 3. Resum dels materials existents a l'edifici i les seves característiques

S'han introduït al programa també altres dades: L'emplaçament és Banyoles, es troba a una altitud sobre el nivell del mar de 172 metres, a una latitud de 42.12 graus. La temperatura seca a l'estiu és de 27,05 °C i a l'hivern de 0,02 °C. La velocitat mitjana del vent és de 3,6 m/s i la temperatura del terreny de 6,07 °C. La humitat relativa al hivern és del 90%, i existeix una oscil·lació mitjana de temperatura diària de 8,04 °.

A la Figura 2 es mostra el resultat obtingut per el programa. Es pot observar també que hi ha una marca de que no compleix la normativa vigent. Això es refereix als materials utilitzats i l'envolvent tèrmica no seria legal avui en dia, no obstant l'objectiu d'aquest document és el de dimensionar una instal·lació de biomassa, no el de legalitzar una envolvent tèrmica.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh /año) (kWh/ (m²·a))	
<b>Balance energético anual del edificio.</b>														
$Q_{tr,op}$	20.1	27.1	39.8	52.8	224.8	341.5	728.3	583.8	273.4	108.3	28.9	20.1	-60604.8	-100.2
$Q_{tr,w}$	-8138.2	-6821.4	-6697.1	-5548.9	-4405.6	-3302.6	-2724.2	-2981.3	-3478.9	-4526.5	-6533.1	-7895.9	-17566.2	-29.0
$Q_{tr,ac}$	3.3	4.3	5.7	8.3	49.2	77.8	187.2	149.2	65.4	21.0	4.7	3.3		
$Q_{ve}$	-2416.0	-2009.6	-1958.1	-1583.5	-1250.6	-913.0	-735.7	-805.1	-944.9	-1272.1	-1916.5	-2340.3		
$Q_{inc,s}$	149.5	130.9	129.1	97.6	74.2	40.8	36.8	51.8	94.9	123.3	121.0	139.8		
$Q_{sol}$	-149.5	-130.9	-129.1	-97.6	-74.2	-40.8	-36.8	-51.8	-94.9	-123.3	-121.0	-139.8		
$Q_{est}$	0.5	0.7	0.8	0.6	1.8	4.2	10.8	8.8	3.9	0.9	0.5	0.5	-815.1	-1.3
$Q_{h}$	-126.3	-98.2	-94.9	-76.2	-57.2	-35.5	-25.4	-30.1	-38.0	-56.8	-94.0	-116.5		
$Q_{c}$	1569.1	1385.9	1549.2	1447.0	1569.1	1488.1	1508.0	1569.1	1427.0	1569.1	1508.0	1488.1	17978.3	29.7
$Q_{hc}$	-8.6	-7.6	-8.5	-8.0	-8.6	-8.2	-8.3	-8.6	-7.8	-8.6	-8.3	-8.2		
	1971.5	2303.5	2691.8	2495.7	2510.3	2486.0	2710.0	2968.8	2830.6	2829.2	2228.9	1907.8	29602.2	48.9
	-21.8	-25.3	-29.6	-27.7	-28.1	-28.0	-30.3	-33.0	-31.2	-31.0	-24.6	-21.2		
	-152.7	-14.7	-77.2	203.4	-400.6	-88.8	-209.2	9.7	468.6	-4.6	218.9	47.2		
	<b>7299.0</b>	<b>5255.4</b>	<b>4578.2</b>	<b>3036.6</b>	<b>1801.6</b>	<b>351.6</b>	--	--	<b>52.4</b>	<b>1371.2</b>	<b>4586.6</b>	<b>6915.2</b>	<b>35247.8</b>	<b>58.3</b>
	--	--	--	--	-6.1	-373.1	-1411.2	-1431.3	-620.4	--	--	--	-3842.1	-6.4
	<b>7299.0</b>	<b>5255.4</b>	<b>4578.2</b>	<b>3036.6</b>	<b>1807.7</b>	<b>724.7</b>	<b>1411.2</b>	<b>1431.3</b>	<b>672.8</b>	<b>1371.2</b>	<b>4586.6</b>	<b>6915.2</b>	<b>39089.9</b>	<b>64.6</b>

Figura 4. Resultat de la demanda tèrmica per Cype Ingenieros

El "no cumple" de la figura es deu a que la envolvent és antiga i no compleix amb la normativa actual de materials.

El nombre que interessa d'aquesta figura és l'annual de  $Q_c$ , que correspon a la demanda de calefacció. Per tant la demanda és 35.247,8 kWh/annuals.

## A.2 Instal·lació solar tèrmica

En aquest apartat es justificaran els càlculs que s'han fet per l'elecció dels components de la instal·lació solar tèrmica, explicats en capítols anteriors.

### A.2.1 Captadors tèrmics

Per complir amb l'objecte d'aquest projecte, de no fer servir la caldera en els mesos de no calefacció, es pot, per exemple, dimensionar els captadors perquè produeixin el 100 % d'ACS al mes de Abril.

L'energia necessària considerada al mes d'Abril són 1256 kWh.

Les dades de la irradiació solar a l'emplaçament de la instal·lació s'han extret del software proporcionat per la comissió europea, JRC, el PVGIS. A la Figura 4 es mostra la sortida de tal software:

**Monthly Solar Irradiation**

**PVGIS Estimates of long-term monthly averages**

Location: 42°7'5" North, 2°45'54" East, Elevation: 180 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 38 degrees  
Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.1 %

Month	$H_h$	$H_{opt}$	$H(45)$	$I_{opt}$	$T_{24h}$	$N_{DD}$
Jan	2050	3790	3980	65	6.8	272
Feb	3020	4820	4970	58	7.5	232
Mar	4370	5670	5700	45	10.5	162
Apr	5000	5460	5340	29	13.3	95
May	6000	5800	5560	15	17.1	12
Jun	6860	6260	5930	8	21.6	2
Jul	6760	6320	6010	12	24.2	1
Aug	5980	6250	6060	24	24.3	1
Sep	4710	5770	5750	40	20.0	15
Oct	3380	4930	5030	53	16.4	76
Nov	2250	3960	4130	63	10.9	233
Dec	1830	3650	3860	68	7.4	282
<b>Year</b>	<b>4360</b>	<b>5230</b>	<b>5190</b>	<b>38</b>	<b>15.0</b>	<b>1383</b>

$H_h$ : Irradiation on horizontal plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)  
 $H_{opt}$ : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)  
 $H(45)$ : Irradiation on plane at angle: 45deg. (Wh/m<sup>2</sup>/day)  
 $I_{opt}$ : Optimal inclination (deg.)  
 $T_{24h}$ : 24 hour average of temperature (°C)  
 $N_{DD}$ : Number of heating degree-days (-)

Figura 5. Resultat del PVGIS sobre la irradiació a l'emplaçament

Segons el criteri de càlcul a seguir, la dada que interessa és la irradiació que es produeix en una superfície inclinada a 45 ° i orientada al Sud en el mes d'Abril. Aquest valor és 5,46 kWh/m<sup>2</sup>.

Per calcular el nombre de panells necessaris amb el mètode f-chart, es necessiten el conjunt d'expressions que a continuació s'exposen

$$F_{mes} = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3 \quad (\text{Eq.2})$$

$$D_1 = \frac{Sc \cdot \mu_o \cdot MAI \cdot 0,95 \cdot G \cdot N}{DE} \quad (\text{Eq.3})$$

$$D_2 = \frac{Sc \cdot K_{global} \cdot F_{cint} \cdot (100 - T_{amb}) \cdot F_{Cacum} \cdot f_{cacs} \cdot 24 \cdot N}{DE_{mes}} \quad (\text{Eq.4})$$

$$F_{Cacum} = \left( \frac{\frac{V_{acum}}{Sc}}{75} \right)^{-0,25} \quad (\text{Eq.5})$$

$$f_{cacs} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot T_{acs} + 3,86 \cdot T_{xarxa} - 2,32}{100 - T_{amb}} \quad (\text{Eq.6})$$

On,

G: irradiació solar diària als captadors

Sc: superfície de captació

$\mu_o$ : rendiment òptic del panell

F<sub>Cacum</sub>: factor de correcció de l'acumulador

V<sub>acum</sub>: volum de l'acumulador solar

T<sub>amb</sub>: temperatura mitjana de l'ambient a l'emplaçament

MAI: modificador de l'angle d'incidència dels captadors

F<sub>cint</sub>: factor de correcció del conjunt captador-intercambiador (0,95)

Fmes: contribució solar del mes a la demanda d'energia destinada a ACS

Seguint amb el criteri, el que interessa d'aquest conjunt d'equacions és que al final Fmes sigui del 100%. A les Taules 16 i 17 es mostren els paràmetres fets servir i els resultats:

<b>Panells</b>	14,00
<b>N</b>	30,00
<b>Sc (m<sup>2</sup>)</b>	2,31
<b>G (kwh/m<sup>2</sup>)</b>	5,46
<b>Vacum (L)</b>	2500,00
<b>k1</b>	3,24
<b>k2</b>	0,02
<b>%</b>	0,84
<b>Tamb (°C)</b>	10,50
<b>Tx (°C)</b>	10,30
<b>Tacs (°C)</b>	60,00

Taula 16. Paràmetres de la instal·lació per els càlculs

<b>D1</b>	3,3696
<b>Facs</b>	1,0927
<b>FCacum</b>	0,9925
<b>D2</b>	7,3461
<b>F(%)</b>	1,1278

Taula 17. Resultats f-chart

Com es pot comprovar, si es posa el nombre de panells proposat en aquest document, s'arriba, de fet es sobrepassa, el valor del 100% de contribució solar. El fet de sobrepassar aquest valor podria ser alarmant, però amb la simulació del Transol la contribució solar per el mes d'Abril és del 98,26 %, per tant es seguirà amb aquest nombre de panells.

### A.2.2 Acumulador solar

L'acumulador solar s'ha dimensionat amb la següent expressió, que garanteix complir amb la normativa:

$$50 < \frac{V}{S} < 180 \quad (\text{Eq.7})$$

On  $V$  és el volum en litres de l'acumulador i  $S$  és la superfície total de captació, en aquest cas  $32,34 \text{ m}^2$ . Segons això el volum de l'acumulador ha d'estar entre  $1617 \text{ L}$  i  $5821$ . La opció estriada ha estat un acumulador solar de  $2500$  litres, que sumant el existent d'ACS fa un volum total d'acumulació de  $3000$  litres.

### A.2.3 Vasos d'expansió

Per el càlcul del vas d'expansió del circuit primari solar, s'ha tingut en compte els  $40$  metres de canonada d'acer inoxidable de  $32 \text{ mm}$ , entre impulsó i retorn, i el volum d'aigua interior en el camp de captació. Aquests valors són  $34,72$  litres en el camp de captació i  $32,2$  litres en les canonades. Aquest últim valor s'ha calculat tenint en compte un diàmetre  $D$  interior de  $31,62 \text{ mm}$  i l'Equació 3:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L \cdot 1000 \text{ [litres]} \quad (\text{Eq.8})$$

Per el càlcul del vas d'expansió és recomanable sumar un  $20\%$  al total de volum de líquid existent. Per tant, el total de litres al circuit primari considerats són  $80,3$  litres.

Per calcular el volum del vas d'expansió necessari, es necessita saber el volum útil. Per fer-ho s'han fet servir el conjunt d'expressions que s'exposen a continuació:

$$V_u = V_t \cdot C_d \quad (\text{Eq.9})$$

$$C_d = C_a \cdot a \cdot (1,8 \cdot T_{\max} + 32)^b \quad (\text{Eq.10})$$

$$C_a = 0,0203, T_{\max} = 70^\circ\text{C}$$

$$a = -0,0134 \cdot [(\%G)^2 - 143,8 \cdot \%G + 1918,2] \quad (\text{Eq.11})$$

$$b = 0,00025 [(\%G)^2 - 94,57 \cdot \%G + 500] \quad (\text{Eq.12})$$

Els resultats de càlcul han estat  $a=20,043$ ;  $b=-0,359$ ;  $C_d=0,0614$ ; i  $V_u=4,9$  litres. Amb aquest últim valor i la combinació de les següents dues expressions s'obté el volum de vas necessari:

$$V_{\text{vas}} = \frac{V_u}{F_p} \quad (\text{Eq.13})$$

$$F_p = 1 - \frac{P_{ai}}{P_{af}} \quad (\text{Eq.14})$$

$P_{ai}$  és la pressió absoluta del circuit primari en condicions inicials i  $P_{af}$  és la pressió absoluta del circuit primari a la temperatura màxima. Aquestes són 2,5 i 5 bar, respectivament. El resultat és un vas d'expansió de 9,8 litres, i el volum comercial immediatament superior és de 12 litres que és l'escollit.

Pel que fa al vas de l'acumulador, aquest s'ha calculat tal com recomana el RITE, essent de un 10 % del volum d'acumulació, per tant 25 litres.

#### A.2.4 Bombes de circulació

La bomba de re-circulació correspon al model més petit de bomba electrònica de la marca Grundfos. Amb les característiques tècniques que té n'hi ha més que suficient per complir la seva funció.

Per calcular la bomba del circuit primari, la primera dada a calcular ha estat el cabal que hi circularà per aquest circuit. Per fer-ho s'ha fet servir l'Equació 15:

$$Q = \frac{P_c}{C_e \cdot P_e \cdot \Delta T} \quad (\text{Eq.15})$$

On:

$P_c$ : és la potència del captador tèrmic, que s'ha considerat 1kW per placa

$C_e$ : calor específic de l'aigua amb 30% de glicol, 0,89 cal/(g·K)

$P_e$ : potència específica de l'aigua, 1035 kg/m<sup>3</sup>

$\Delta T$ : és l'increment de temperatura de l'anada respecte el retorn. Els fabricants recomanen utilitzar un valor de 15 K.

El resultat és un cabal de 2,3 m<sup>3</sup>/h.

A més, s'ha tingut en compte que de la sala de màquines on es troba la bomba fins als captadors solars tèrmics hi ha una altura (columna d'aigua) de 6,5 metres. Per tant, amb aquestes dues dades, a la Figura 5 es mostra la justificació de l'elecció de la Grundfos, model Magna 1 D-32-100:

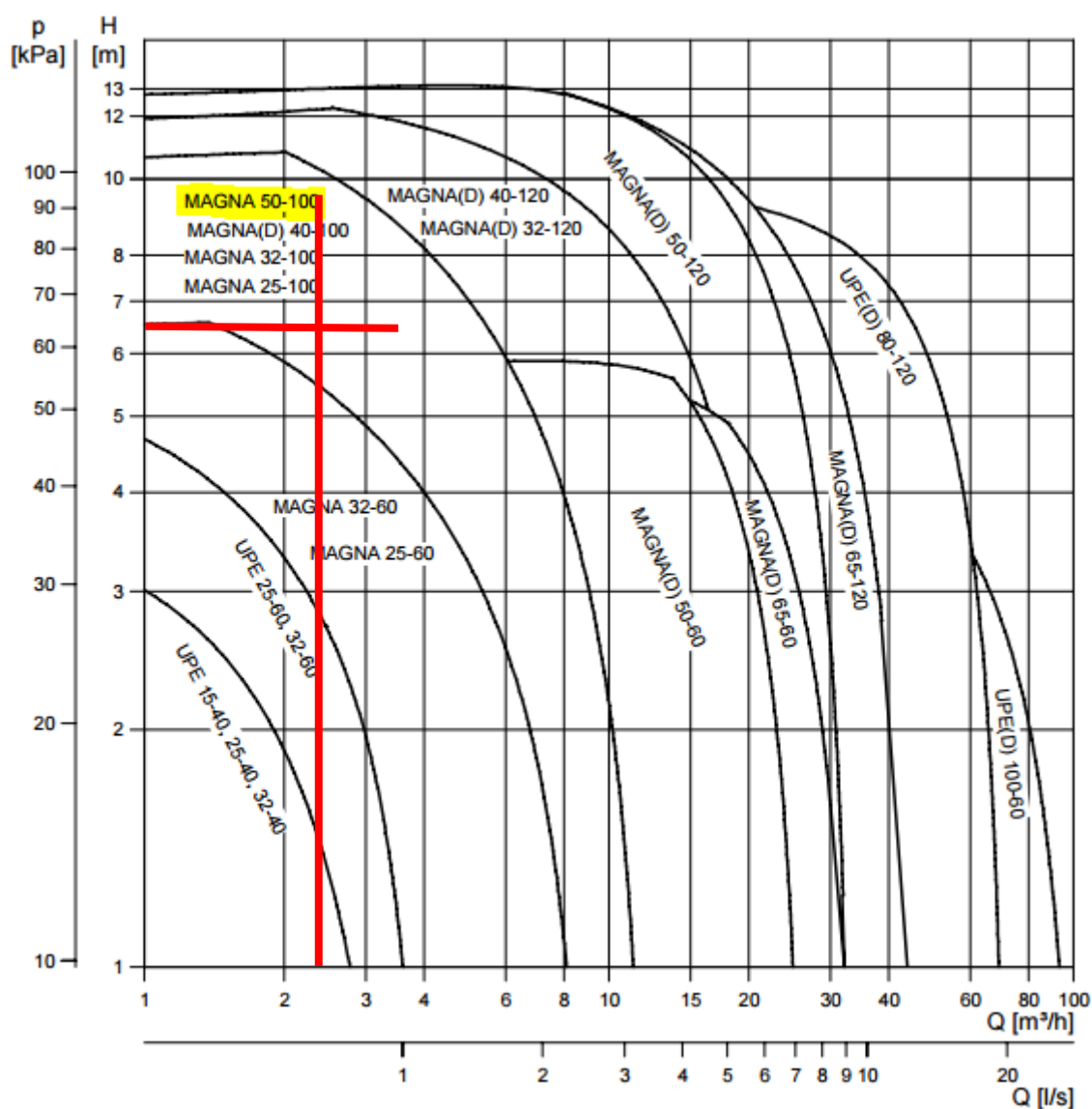


Figura 7. Corbes de funció de la marca Grundfos



A la Figura 6 es presenta la corba de funcionament de la Grundfos Alpha 1, l'escollida per dur a terme la re-circulació. Es comprova com és viable la seva instal·lació:

### Performance Curve:

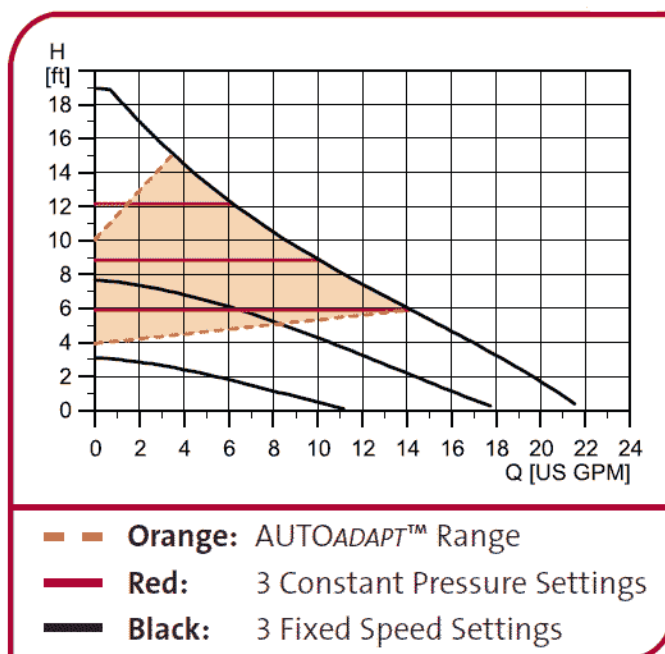


Figura 8. Corba de funcionament Grundfos Alpha 1

### A.2.5 Aerotermo

Per dimensionar l'aerotermo s'ha considerat una temperatura exterior de 35 °C, s'ha tingut en compte que el líquid caloportador del circuit primari és aigua amb el 30% de glicol, i que hi ha d'haver un salt tèrmic de 105 °C a 80 °C.

Per escollir la potència i model, s'ha fet servir les gràfiques proporcionades per el fabricant. A la Figura 7 es mostra com s'ha escollit el model. Per una temperatura de 100 °C, l'aerotermo ha de produir un salt tèrmic de uns 20 °C

El model que s'adapta a aquestes especificacions és el ja comentat, AB 163/4, que té una potència de 14 kW.

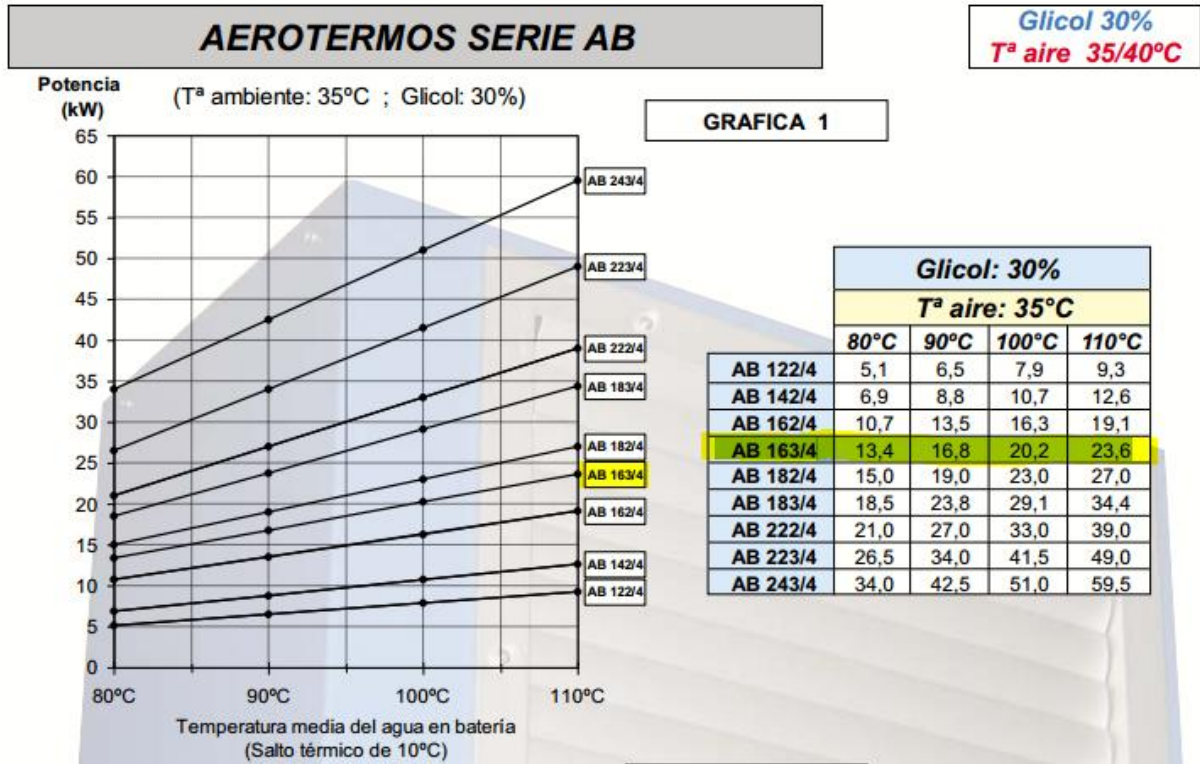


Figura 9. Corbes de funcionament de l'aerotermino

### A.2.6 Canonades del circuit primari

Per el dimensionat de les canonades d'acer del circuit primari s'han fet servir dos mètodes de càlcul. El primer és utilitzant la combinació de l'Equació 16 i l'Equació 17:

$$S = \frac{Q}{V} \tag{Eq.16}$$

$$S = \pi \cdot r^2 \tag{Eq.17}$$

La V d'aquestes expressions representa la velocitat lineal (m/s) a la que circularà el fluid. Els tècnics amb experiència recomanen que aquest valor estigui entre 1 i 1,5 perquè per valors majors es produeix soroll. Si es fa servir 1 m/s en aquest paràmetre el diàmetre necessari obtingut és de 28,521 mm. El diàmetre immediatament superior normalitzat és el de 28,575 mm, que correspon a un diàmetre nominal de 25 mm o de 1 polzada, però s'ha considerat un valor massa ajustat i s'optarà per un diàmetre normalitzat de 32 mm per aquest circuit.

Amb l'àbac de la Figura 7 es mostra com el càlcul fet anteriorment es compleix:

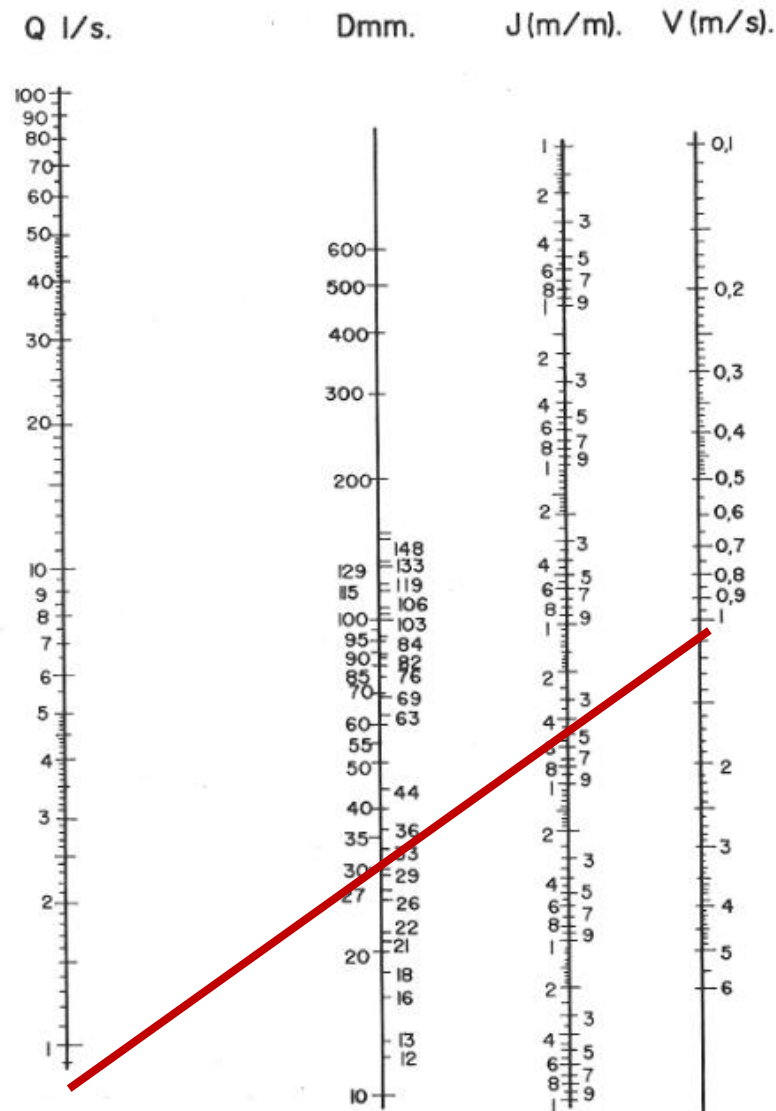


Figura 10. Àbac de dimensionat de canonades

### A.3 Instal·lació de la caldera de biomassa

En aquest apartat es faran els càlculs que justifiquen els aparells que formaran part de la instal·lació de la caldera de biomassa.

Els sub-apartats dels que es compona aquest apartat són els aparells que s'han calculat en aquest projecte. Components com el vas d'expansió i el dipòsit d'inèrcia han vingut recomanats per el fabricant, i per tant no s'hi inclourà el seu càlcul. D'altres elements com

les vàlvules i les aixetes no necessiten un càlcul per a ser estriades. La seva elecció depèn únicament del diàmetre del lloc on han de anar col·locats i el preu que un estigui disposat a pagar.

El material elèctric tampoc serà calculat, ja que tots els elements utilitzats venen ja marcats per el fabricant o són els mínims requerits, en el cas dels cables conductors.

### **A.3.1 Caldera de biomassa**

La caldera proposada ha de ser capaç de proporcionar la demanda energètica calculada anteriorment d'ACS i de demanda tèrmica de calefacció. Aquesta demanda en total ascendeix a 48.850 kWh/any.

Per tenir un primer càlcul de la potència necessària de la caldera, el fabricant de Paradigma ha indicat que les calderes treballen una mitjana de 2400 hores anuals. Per tan, si es divideix la demanda per les hores mitjanes que el fabricant ha recomanat específicament s'obté la potència teòrica. L'Equació 18 ho mostra:

$$\text{Potència} = \frac{\text{Demanda total}}{\text{Hores de funcionament}} \quad (\text{Eq.18})$$

El resultat és una potència calculada de 21 kW.

La Taula 2, pàgina 6 capítol 2, és un resum dels terminals (radiadors) existents i la potència de cada un d'ells. La caldera ha de ser capaç de poder tenir una potència pic igual a aquesta suma, que és de 22,34 kW. Com es pot veure els dos valors obtinguts de manera diferent són molt semblants, per tan es donen per vàlids.

Com s'ha comentat a la memòria, per preu i per previsions de futures ampliacions la potència escollida és de 32 kW.

### **A.3.2 Sitja de pellets**

Per a dimensionar el volum que ha de tenir la Sitja s'ha fet servir l'expressió l'Equació 19:

$$\text{Volum} = \frac{\text{Demanda}}{\mu * \text{PCI}} \quad (\text{Eq.19})$$

On:

Demanda: és la demanda total en kWh, i en aquest cas val 48.850 kWh

PCI: poder calorífic del pellet, té un valor de 5,2 kWh/kg

$\mu$ : Rendiment de la caldera, 0.93

El resultat en kg es divideix per 650, ja que 1 m<sup>3</sup> són 650 kg de pellet, i dóna un resultat de volum de 15,54 m<sup>3</sup>. S'ha decidit que la sitja sigui de 18 m<sup>3</sup> per tenir un espai de maniobra, tan de la talpa d'aspiració com si és necessari per un tècnic.

Per al càlcul del volum de la sitja, s'ha agafat la demanda anual de manera que només s'hagi de fer la recàrrega de pellet un cop a l'any.

### A.3.3 Canonades

Les canonades es pretenen fer de coure. Per tant el seu diàmetre haurà de tenir un valor normalitzat d'aquest material.

El primer pas per a obtenir el diàmetre de les canonades és calcular el cabal que hi circularà per elles. Es farà per el cabal que ha de circular entre la caldera i l'acumulador d'inèrcia, ja que aquest serà el més gran. Per fer-ho s'utilitza la següent expressió, ja vista però amb valors diferents en aquest cas:

$$Q = \frac{P_c}{C_e * P_e * \Delta T} \quad (\text{Eq.20})$$

On:

P<sub>c</sub>: és la potència de l'aparell, en aquest cas la caldera de 32 kW

Ce: calor específic de l'aigua, 1 cal/(g·K)

Pe: potència específica de l'aigua, 1 kg/l

$\Delta T$ : és l'increment de temperatura de l'anada respecte el retorn. Els fabricants recomanen utilitzar un valor de 15 K.

El resultat del cabal que circularà per el circuit, i a partir del qual es dimensionaran les canonades és de 1,83 m<sup>3</sup>/h.

Amb la combinació de les Equacions 16 i 17 s'obté el diàmetre interior que han de tenir les canonades.

A la Eq. 5, la V representa la velocitat del fluid que hi circularà. Els tècnics amb experiència recomanen que aquest valor estigui entre 1 i 1,5 perquè la instal·lació no faci soroll, com s'ha comentat anteriorment. Amb aquesta dada i el cabal Q obtingut anteriorment, el resultat és un diàmetre interior de 25,5 mm. El diàmetre immediatament superior normalitzat és el de 28,575 mm, que correspon a un diàmetre nominal de 25 mm o de 1 polzada.

#### **A.3.4 Bomba de circulació**

Com en el cas de la bomba de circulació, s'ha escollit la més petita de les electròniques de la marca Grundfos, la Alpha 1. Amb aquesta bomba, de la que es pot veure la seva corba de treball a la Figura 6, hi ha més que suficient per fer circular l'aigua al circuit tancat de caldera dipòsit d'inèrcia o dipòsit d'ACS.

## B. QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA

El programa oficial de l'IDAE que s'ha fet servir per comparar la certificació energètica de l'edifici abans i després de la instal·lació de la caldera de biomassa i la instal·lació solar tèrmica és el Calener VyP. A aquest programa, de manera semblant al Cype Ingenieros, s'ha d'introduir l'edifici i els recintes que el formen en 3D, tot definint els elements constructius (materials), i llavors s'han d'introduir els sistemes de calefacció i producció d'acs, així com els diferents equips (acumuladors). Llavors el programa fa una valoració i dóna un indicador com a resultat, a continuació podem observar a la Figura 8 i la Figura 9 les etiquetes que el programa ha donat de sortida, corresponents a l'abans i al després, respectivament:

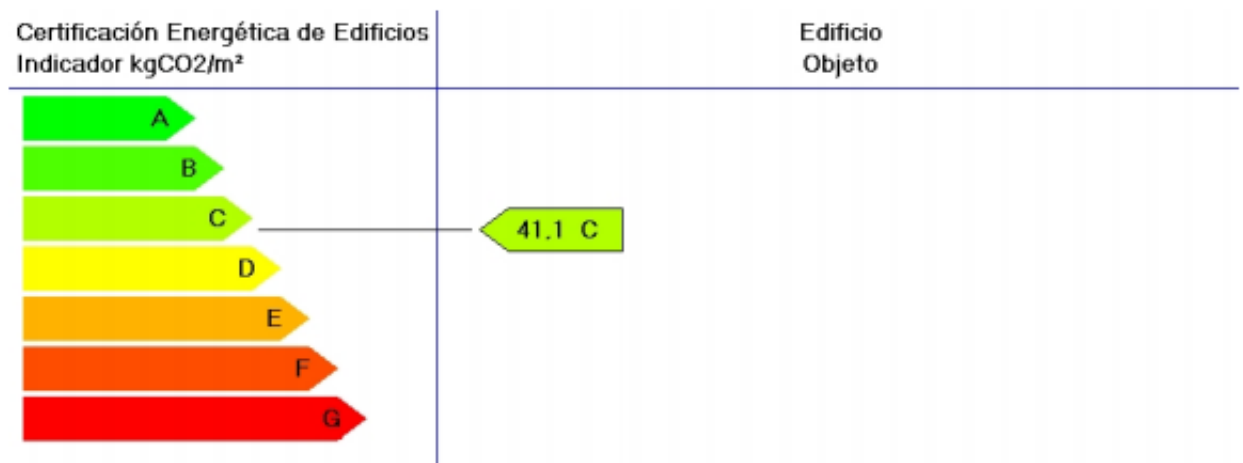


Figura 11. Etiqueta corresponent a l'edifici abans de la instal·lació

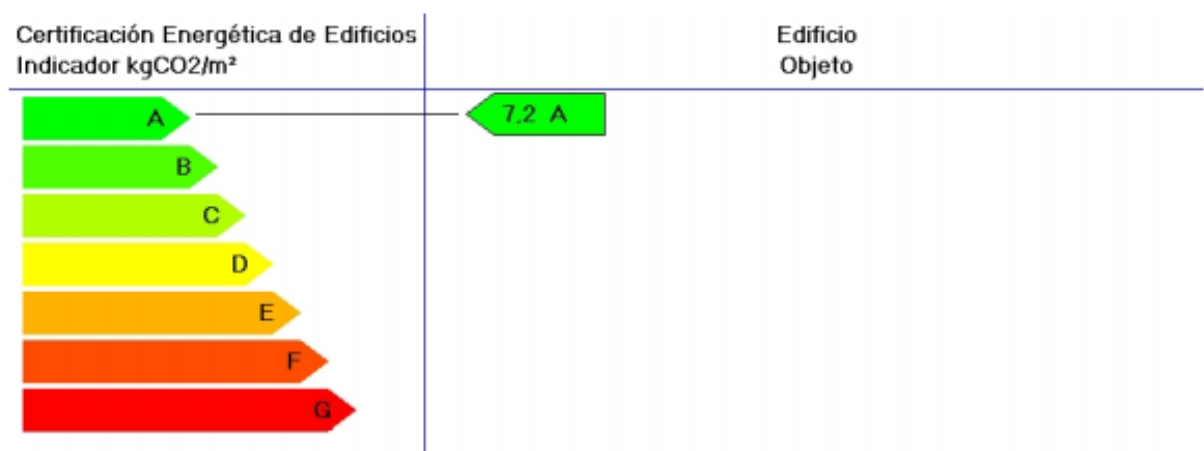


Figura 12. Etiqueta corresponent a l'edifici abans de la instal·lació

### C. COMPARATIVA I AMORTITZACIÓ

En aquest apartat s'explicarà com s'ha calculat el temps d'amortització i quins valors i paràmetres s'han fet servir. Així com la diferència d'emissions de CO<sub>2</sub> entre la caldera antiga de gasoil i la de biomassa.

El primer valor que s'ha calculat és la demanda total, que és la suma de calefacció i d'aigua, ja esmentada anteriorment i amb un valor de 48.850 kWh anuals. En l'antiga situació actual, la caldera de gasoil ha de suplir tot aquesta energia. Si aquesta té un rendiment de 0,75, vol dir que ha de consumir 65.133 kWh.

Del total d'energia, la instal·lació solar tèrmica suplirà, segons el càlcul de la fracció solar, un 91% de la demanda d'ACS, que en total són 13.606 kWh/any. Per tant, en la situació proposada en aquest document, 12.381 kWh seran produïts per la instal·lació solar tèrmica i 36.469 kWh per la nova caldera de biomassa.

La caldera de biomassa té un rendiment de 0,93, per tant haurà de consumir 39.213 kWh/any.

Per calcular el preu que suposa aquest consum d'energia, segons el tipus de combustible de cada caldera, primer s'ha de dividir per el PCI de cada combustible, que en el cas del pellet és 5,2 kWh/kg i en el cas del gasoil 9,98 kWh/litre, i llavors multiplicar aquest valor per el preu unitari de mesura (kg i litres respectivament). Això resulta un cost en pellets de 1.734€/any i de gasoil 6005 €/any.

Per calcular el temps d'amortització, s'ha dividit el preu de la inversió, sense tenir en compte l'IVA, per la diferència de cost de combustible consumit anualment, deixant com a resultat el temps d'amortització, que ha pres un valor de 10,5 anys.

Per a calcular la diferència d'emissions de CO<sub>2</sub> anuals, s'han agafat els valors extrets del IDAE per quilovat hora i s'han multiplicat per el consum de combustible, tenint en compte el rendiment de la caldera. El índex de producció de CO<sub>2</sub> del pellet és de 0,018 kg/kWh i el del gasoil C de 0,311 kg/kWh. La producció doncs, seguint l'ordre anterior és de 705,8 kg i 20.256,4 kg.



## D. SIMULACIÓ AMB TRANSOL

A continuació es mostrarà la simulació i resultats feta amb el programa Transol de la instal·lació solar tèrmica. El primer que s'ha hagut de fer és introduir les dades que s'han comentat al llarg d'aquest document, la primera d'elles la temperatura de la xarxa de l'emplaçament. Aquesta s'ha introduït segons les del CHEQ4:

The screenshot shows the 'Propiedades de simulación' (Simulation Properties) window of the Transol software. It is divided into two tabs: 'Propiedades de simulación' (selected) and 'Datos meteorológicos' (Meteorological Data). The 'Propiedades de simulación' tab contains the following settings:

- Periodo simulado:** 'Un año' (One year)
- Duración:** 'Un año' (One year)
- Horas:** '1' h (Start) and '8760' h (End)
- Fechas:** 'Enero 01 01' (Start) and 'Diciembre 31 24' (End)
- Paso de tiempo utilizado durante la simulación:** '0.5' h
- 'Trazar las curvas de simulación en una gráfica' (Plot simulation curves in a graph)
- Agua fría (Cold Water):**
  - 'El programa genera automáticamente la temperatura' (The program automatically generates the temperature)
  - 'Correlación basada en la temperatura promedio anual del agua' (Correlation based on the average annual water temperature)
    - Temp. promedio: '12', Amplitud: '8', Día pico: '227'
  - 'Según la normativa' (According to the regulation)
    - Francia: 'Abbeville'
    - España: 'A Coruña'
    - Proximidad del mar (Near the sea)
    - Altitud: '152'
  - 'Usar las temperaturas medias mensuales (°C)' (Use monthly average temperatures in °C)
 

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
7.3	8.3	9.3	10.3	13.3	15.3
Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
18.3	17.3	16.3	13.3	9.3	8.3

Buttons at the bottom include '< Anterior', 'Siguinte >', 'Anular', 'Definir un entorno...', and 'Ayuda'.

Figura 13. Temperatures de la xarxa introduïdes

A continuació s'ha hagut d'introduir el perfil de consum d'ACS. Això significa la manera en que aquesta és consumida. Com s'ha comentat, el consum mensual és més o menys constant, amb un petit descens en els mesos més calorosos, i el consum diari és d'acord a les activitats programades del centre. Els dos perfils es mostren a les Figures 8 i 9:

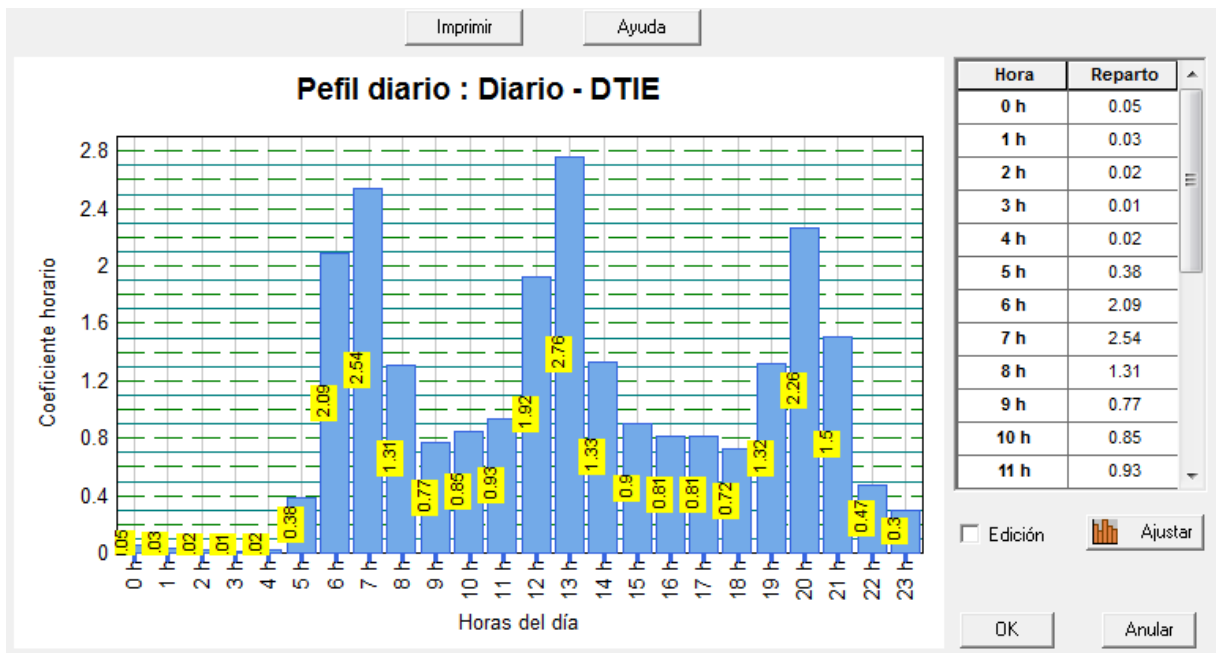


Figura 14. Perfil de consum diari

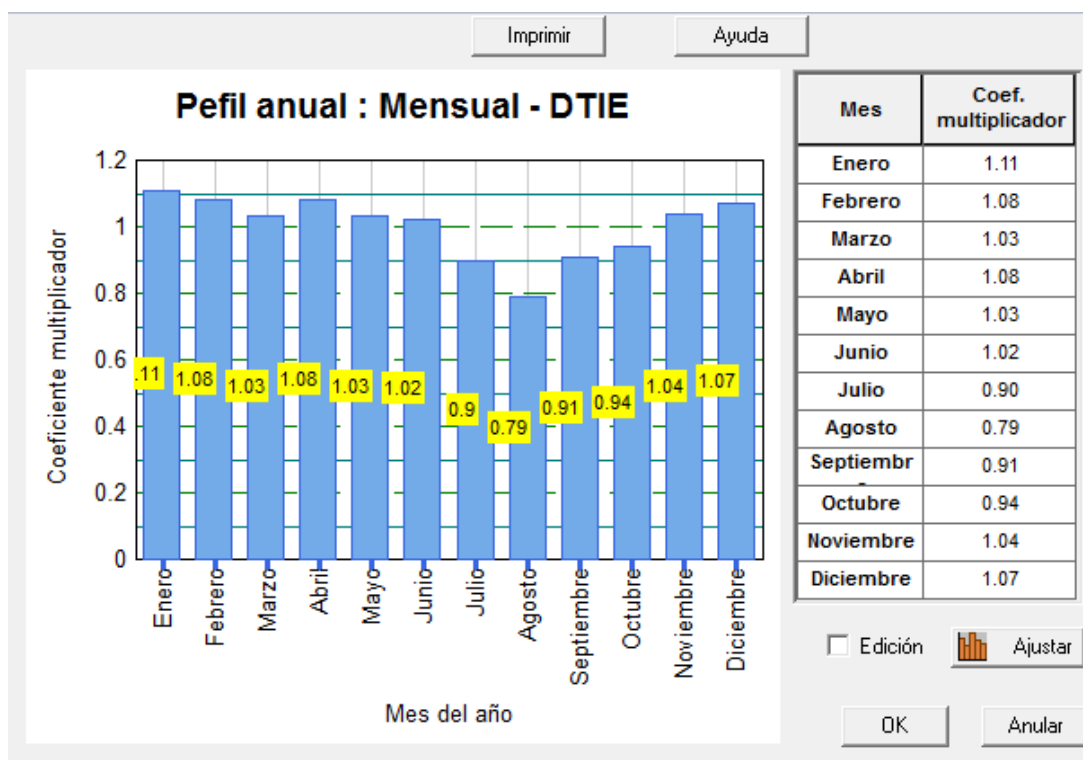


Figura 15. Perfil de consum mensual

El consum diari, la quantitat, ha estat introduït al programa segons els càlculs ja mostrats en aquest document :

The screenshot displays the 'Transol DEMO 3.1' software interface. On the left, the 'Temperatura del agua' is set to 45 °C, and the 'Demanda diaria en ACS' is 697 l/día. Below this, there are options for 'Perfil simple' (daily, annual) and 'Perfil detallado' (monthly, weekly). The 'Perfil horario' section includes a file import path. A monthly system operation table is shown with checkboxes for each month, and an option to 'Activar ahorro cambio horario'. On the right, the 'Base de datos' section lists panel details: 'Captador plano', 'Viessmann Werke GmbH & Co', 'VITOSOL 200-F SH2', and 'CENER'. The 'Características' section lists technical parameters like  $n_0$ , IAM,  $a_1$ ,  $a_2$ , height,  $Q_t$ , and capacity. Below this, the number of collectors (8) and unit area (2.310 m²) are specified. The 'Orientación' section shows a total area of 18.48 m², an inclination of 40°, and a ground inclination of 0°. A diagram illustrates the panel orientation. The 'Capacidad térmica del fluido' section has 'Anticongelante a 30%' selected. The 'Campo de captadores' section shows 1 row, 21.1750 m length, 8 collectors in series, and 2.259 m spacing between rows.

Figura 16. Consum d'ACS i característiques del panell

A la Figura 11 es mostren les dades del panell escollit. En aquest cas només s'ha hagut d'introduir la inclinació a la que aquests es col·locaran, ja que el programa disposa d'una base de dades tècniques del panells.

També s'ha introduït les dades de l'acumulador solar calculat en aquest document. A la figura 12 se'n mostra la finestra on s'han introduït aquestes dades.

Tot i que el programa Transol ofereix fer un estudi econòmic, sobre bombeig i sobre el sistema de control, no s'han fet servir aquests parametres per la simulació ni per cap càlcul en aquest projecte. Tots ells s'han fet de manera manual i independent.

Un altre càlcul que s'ha fet de manera manual i independent és el càlcul de les canonades. Aquesta dada si s'ha hagut d'introduir al programa.

Núm. de acumuladores: 1

Tipo de acumulador:

Tipo: vertical\_2500l

Volumen: 2500 l

Altura: 1.72 m

Diámetro: 1.36 m

Superficie del intercambiador: 5.61 m²

Coefficiente de pérdidas: 1.935 kJ/hm²K

Calcular

Posición de las conexiones:

Entrada circuito solar: 0.5

Salida circuito solar: 0

Salida agua caliente: 1

Entrada agua fría: 0

Dispositivo estratificador

Acumulador en exterior:

OK Anular Ayuda

Figura 17. Dades introduïdes de l'acumulador solar

A la Taula 18 es mostra el balanç energètic que ha donat el programa de sortida:

	<b>Demanda ACS (kWh)</b>	<b>Producció solar (kWh)</b>	<b>Aportació auxiliar (kWh)</b>	<b>Fracció solar (%)</b>
<b>Total</b>	13615,0	12347,0	1274,0	91,0
<b>Enero</b>	1357,8	1006,2	363,1	74,1
<b>Febrero</b>	1284,6	995,4	297,2	77,5
<b>Marzo</b>	1241,1	1236,2	0,0	99,6
<b>Abril</b>	1257,8	1242,9	22,3	98,8
<b>Mayo</b>	1138,3	1122,9	11,6	98,7
<b>Junio</b>	1070,8	1076,0	0,0	100,5
<b>Julio</b>	907,7	918,1	0,0	101,1
<b>Agosto</b>	839,6	838,3	0,0	99,8
<b>Septiembre</b>	961,7	950,2	0,0	98,8
<b>Octubre</b>	1049,5	1025,3	33,1	97,7
<b>Noviembre</b>	1228,8	1022,7	184,7	83,2
<b>Diciembre</b>	1284,9	917,3	364,8	71,4

Taula 18. Balanç energètic amb el Transol

La Taula 18 mostra com es compleix el propòsit d'aquest projecte. Pràcticament no hi ha intervenció del sistema auxiliar en producció d'ACS en els mesos on no és necessària la calefacció tampoc. Es pot veure també que en tan sols dos mesos de l'any, es supera el 100% de fracció solar, però només es sobrepassa un 1,1% com a màxim. Per resoldre aquest excés d'energia, la instal·lació ja compta amb un arotermo dissipador d'energia correctament dimensionat.

A la Figura 18 es mostra el repartiment de l'energia captada en el camp solar tèrmic:

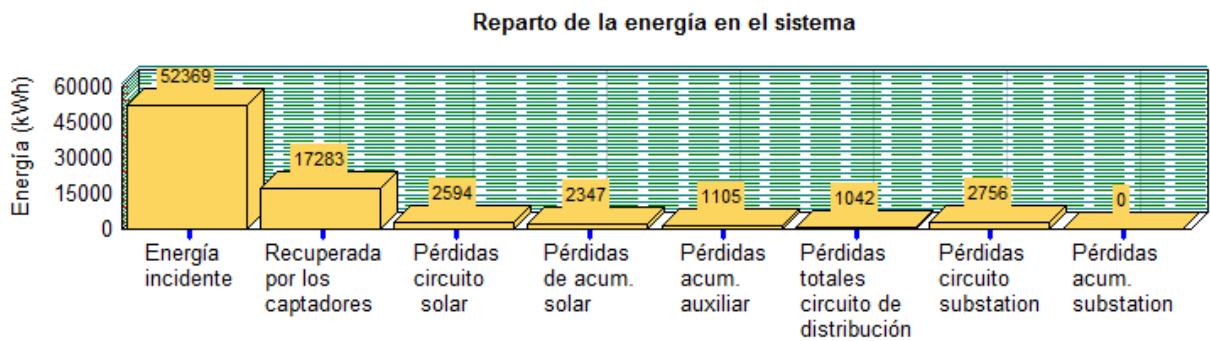


Figura 18. Gràfic del repartiment de l'energia incident al camp solar

A la Figura 19 es mostra la temperatura esperada a l'acumulador solar:

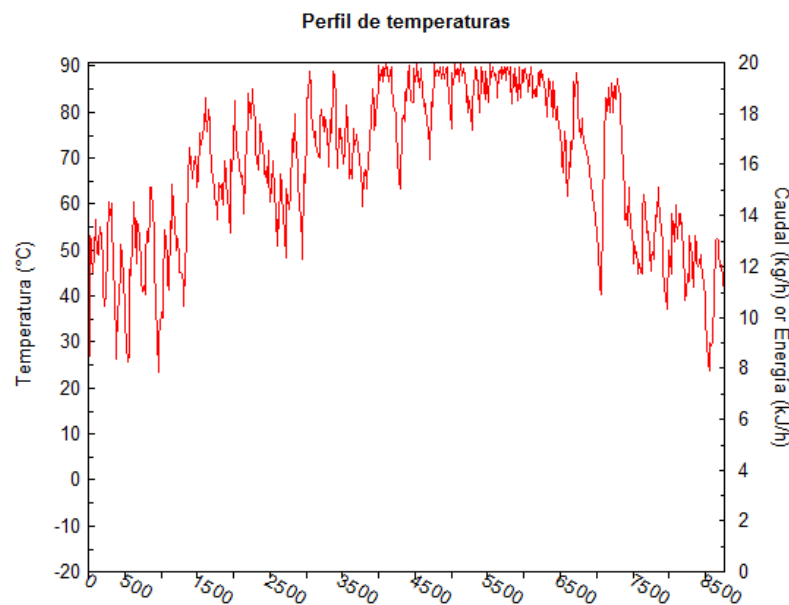


Figura 19. Gràfic de temperatures esperades a l'acumulador solar