

SISTEMES DE CALEFACCIÓ I AIGUA CALENTA SANITÀRIA



Pseudònim: David Gilmour

2n A Batxillerat

Departament de Matemàtiques

INS Sa Palomera

9 de desembre de 2013

Índex

Agraïments	Pàg.	3
Part teòrica (sistemes de calefacció i ACS)	Pàg.	4
Part pràctica (els captadors solars)	Pàg.	84
Conclusió	Pàg.	89
Índex bibliogràfic	Pàg.	90

AGRAÏMENTS

Vull agrair la col·laboració de totes les empreses que han dedicat una petita part del seu temps a ajudar un estudiant amb el seu treball de recerca facilitant algun pressupost. Aquestes empreses estan citades en els annexos, on consten els respectius pressupostos. En especial, però, agrair a *Gasfriocalor*, que ha sigut tan amable d'ajudar-me en diverses ocasions.

També vull agrair l'ajuda prestada pel Servei Tècnic Oficial (SAT) de Junkers a Blanes, el qual va ajudar-me en la comprensió del funcionament de diversos sistemes que desconeixia.

Per últim, agraeixo l'esforç de la meva tutora en aquest treball ajudant-me a prendre decisions i a triar una direcció concreta del treball i guiant-me pel bon camí.

PART TEÒRICA

Sistemes de calefacció i ACS

Índex (part teòrica)

Introducció	Pàg. 6
Dades cadastrals de l'habitatge	Pàg. 7
1 ^a part (demanda d'energia)	Pàg. 8
2 ^a part (despeses econòmiques)	Pàg. 25

INTRODUCCIÓ

El present treball es basa en la investigació, el càlcul i la comparació d'alguns dels sistemes de calefacció i d'Aigua Calenta Sanitària (ACS) més coneguts i utilitzats i alguns altres, que no ho són tant, però que utilitzen energies renovables i que podran ser molt importants en el futur. Per tant, ens plantejem una qüestió: quin és el sistema de calefacció i ACS més econòmic, ecològic i funcional? Al finalitzar el treball, obtindrem una resposta el més aproximada possible a la realitat

Aquest treball el vaig triar com a segona opció, però després de modificar petits conceptes amb la tutora, puc dir que m'agrada igual o més que la primera opció, ja que tracta d'un tema relacionat amb l'enginyeria industrial, una de les branques d'aquesta disciplina que m'agradaria estudiar.

Els càlculs realitzats en aquest treball els hem fet amb les dades d'un habitatge real, les dades cadastrals del qual estan incloses en un dels apartats.

Per poder realitzar la comparació final dels diferents sistemes de calefacció i ACS hem hagut de fer una sèrie de càlculs. Primerament, hem calculat la demanda d'energia de l'habitatge, és a dir, la quantitat de calor necessària per escalfar l'aire del seu interior i l'ACS. A més a més, hem hagut de calcular les pèrdues de calor per aconseguir un resultat més aproximat a la realitat. Seguidament, hem fet un recull dels sistemes mixtos més utilitzats i d'altres que utilitzen energies renovables per, més endavant, calcular el cost que suposaria el cobriment d'aquesta demanda d'energia amb els diferents tipus de sistemes, calculant també el cost de la instal·lació d'aquests. Finalment, hem comparat els costos econòmics dels sistemes per analitzar-los i treure les nostres pròpies conclusions.

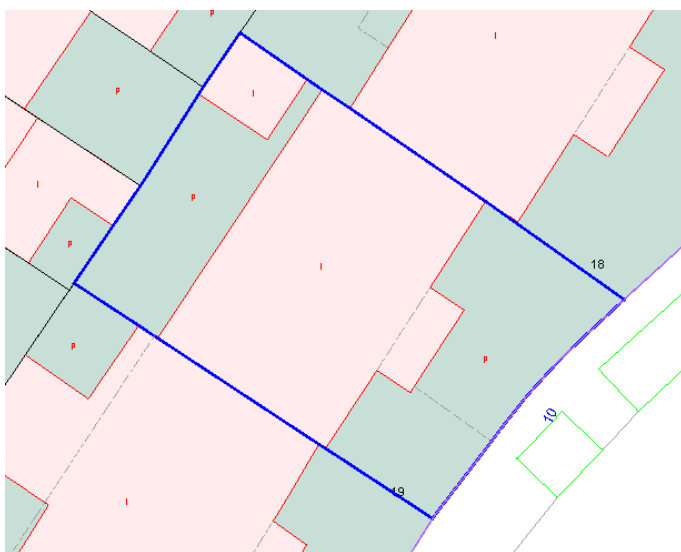
DADES CADASTRALS DE L'HABITATGE

L'habitatge objecte d'aquest treball, està situat a les afores de Blanes, al barri de Mas Cremat. És una casa unifamiliar de 100 m² que té gairebé 40 anys. Aquestes són les dades cadastrals de l'habitatge:

Dades del Bé Immoble					
Referència cadastral	1046819DG8114N0001GB				
Localització	C/ GRECO 10 17300 BLANES (GIRONA)				
Classe	Urbà				
Superfície	100 m ²				
Coeficient de participació	100,000000%				
Us	Residencial				
Any de construcció	1974				
Dades de la Finca en la que s'integra el Bé Immoble					
Localització	C/ GRECO 10 17300 BLANES (GIRONA)				
Superfície construïda	100 m ²				
Superfície sòl	230 m ²				
Tipus Finca	Parcel·la construïda sense divisió horitzontal				
Elements Construïts del Bé Immoble					
	Us	Escala	Planta	Porta	Superfície cadastral (m ²)
	HABITATGE	T	OD	OS	75
	HABITATGE	T	OD	OS	25

Taula: Dades cadastrals. (Font: Seu Electrònica del Cadastre. Ministeri d'Hisenda i Administracions públiques).

Cartografia cadastral



NOTA: La superfície que prenem com a referència pels càlculs posteriors no és la que ens diu el cadastre, sinó que agafem la superfície de la casa en la que actua la calefacció.

Fig.: Cartografia Cadastral. (Font: Seu Electrònica del Cadastre. Ministeri d'Hisenda i Administracions públiques).

1^a PART

Demanda d'energia

Índex (demanda d'energia)

1. Demanda d'energia de l'ACS.	Pàg. 10
1.1. Volum d'ACS.	Pàg. 10
1.1.1. Número de persones que viuen a l'habitatge.	Pàg. 11
1.1.2. Volum total d'ACS.	Pàg. 11
1.2. Diferència de temperatura de l'ACS.	Pàg. 11
1.3. Consum d'energia diari de l'ACS.	Pàg. 11
1.4. Consum d'energia mensual de l'ACS.	Pàg. 12
2. Demanda d'energia de la calefacció.	Pàg. 13
2.1. Calefacció ideal.	Pàg. 13
2.1.1. Massa de l'aire.	Pàg. 13
2.1.1.1. Volum de l'aire.	Pàg. 14
2.1.1.2. Temperatura de l'aire.	Pàg. 14
2.1.1.3. Càlcul de la massa de l'aire a escalfar.	Pàg. 14
2.1.2. Diferència de temperatura de l'aire.	Pàg. 15
2.1.3. Consum d'energia diari de la calefacció ideal.	Pàg. 15
2.1.4. Consum d'energia mensual de la calefacció ideal.	Pàg. 16
2.2. Pèrdues de calefacció.	Pàg. 16
2.2.1. Pèrdues pels tancaments.	Pàg. 16
2.2.1.1. Coeficient de transmissió de calor.	Pàg. 17
2.2.1.1.1. Conductivitat tèrmica dels materials.	Pàg. 18
2.2.1.1.2. Resistències tèrmiques superficials.	Pàg. 18
2.2.1.1.3. Suma del quocient de l'espessor per la conductivitat tèrmica.	Pàg. 18
2.2.1.1.4. Càlcul del coeficient de transmissió de calor.	Pàg. 19
2.2.1.2. Superfície dels tancaments.	Pàg. 19
2.2.1.3. Graus-dia mensuals.	Pàg. 19
2.2.1.4. Càlcul de les pèrdues pels tancaments.	Pàg. 19
2.2.2. Pèrdues per ventilació.	Pàg. 20
2.2.2.1. Cabal d'aire.	Pàg. 21
2.2.2.1.1. Cabal d'aire a la cuina i al bany.	Pàg. 21
2.2.2.1.2. Cabal d'aire als dormitoris i al menjador.	Pàg. 21
2.2.2.1.3. Cabal d'aire final.	Pàg. 22
2.2.2.2. Diferència de temperatura.	Pàg. 22
2.2.2.3. Càlcul de les pèrdues per ventilació.	Pàg. 22
2.3. Demanda total d'energia de la calefacció.	Pàg. 23
3. Demanda total d'energia (ACS + calefacció).	Pàg. 24

1. Demanda d'energia de l'ACS.

Primerament, hem de calcular la demanda d'energia de l'ACS, és a dir, la quantitat d'energia necessària per escalfar l'aigua sanitària que prové de la xarxa pública fins la temperatura de servei.

Per calcular el consum energètic de l'ACS utilitzarem la següent fórmula:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

$$Q = V \cdot \delta \cdot C_e \cdot \Delta T$$

←

$m = \delta \cdot V$

On:

Q = quantitat de calor (kcal)

V = volum d'ACS (l)

δ = densitat de l'aigua (kg/l) = 1 kg/l

C_e = calor específica [kcal/(kg·°C)] = 1 kcal/(kg·°C)

ΔT = diferència de temperatura de l'aigua (°C)

1.1. Volum d'ACS.

Amb la següent taula podem determinar que cada individu de l'habitatge consumirà 30 l d'ACS al dia, ja que es tracta d'un habitatge unifamiliar.

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

Taula 1.2.-1: Demanda de referència d'ACS a 60°C. (Font: CTE-DB-HE-4 Estalvi d'energia).

La temperatura de l'ACS posem que és de 60 °C ja que és la temperatura que imposa el govern en la seva *Guia Tècnica d'aigua calenta sanitària central*.

1.1.1. Número de persones que viuen a l'habitatge.

A partir que l'habitatge està format per 3 dormitoris, podem determinar amb la següent taula que hi viuran **4** persones:

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

Taula 1.1.1.-1: Càlcul del nombre de persones per habitatge. (Font: CTE-DB-HE-4 Estalvi d'energia).

1.1.2. Volum total d'ACS.

A continuació calcularem el volum total d'ACS de l'habitatge:

$$V_{dia} = n_{persones} \cdot V_{usuaris} = 4 \text{ persones} \cdot 30 \text{ l/persona} = 120 \text{ l/dia}$$

1.2. Diferència de temperatura de l'ACS.

Referent a la diferència entre la temperatura de l'aigua que arriba a l'habitatge des de la xarxa pública i la temperatura final de l'ACS després d'escalfar-la.

Aquesta és la temperatura de l'aigua de la xarxa segons CENSOLAR:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
20 GERONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3

Taula 1.2.-1: Temperatura mínima mitjana de l'aigua de la xarxa general (en °C). (Font: CENSOLAR).

Amb la següent taula calculem aquesta diferència de temperatura:

(°C)	Gen	Feb	Març	Abr	Maig	Juny	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec
T _{xarxa}	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6
T _{servei}	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
ΔT	54	53	51	49	48	47	46	47	48	49	51	54

Taula 1.2.-2: Diferència de temperatura de l'ACS (°C).

1.3. Consum d'energia diari de l'ACS.

Utilitzant la fórmula anterior, calcularem amb la següent taula la demanda d'energia mitjana diària de l'ACS per escalfar-la fins els 60 °C:

SISTEMES DE CALEFACCIÓ I ACS

	V (l)	δ (kg/l)	C_e [kcal/(kg·°C)]	ΔT (°C)	Q_{ACS} (kcal/dia)
Gen	120	1	1	54	6480
Feb	120	1	1	53	6360
Mar	120	1	1	51	6120
Abr	120	1	1	49	5880
Mai	120	1	1	48	5760
Jun	120	1	1	47	5640
Jul	120	1	1	46	5520
Ago	120	1	1	47	5640
Set	120	1	1	48	5760
Oct	120	1	1	49	5880
Nov	120	1	1	51	6120
Des	120	1	1	54	6480

Taula 1.3.-1: Demanda d'energia de l'ACS (kcal/dia).

1.4. Consum d'energia mensual de l'ACS.

Sabent que $860,420650096 \text{ kcal} = 1 \text{ kWh}$, aprofitem per realitzar una conversió d'unitats, deixant el resultat final en kWh; a més a més de calcular la demanda d'energia de l'ACS mensual.

	Dies/mes	Q_{ACS} (kWh/dia)	Q_{ACS} (kWh/mes)
Gener	31	7,5312	233,4672
Febrer	28	7,3917	206,9685
Març	31	7,1128	220,4968
Abril	30	6,8339	205,0160
Maig	31	6,6944	207,5264
Juny	30	6,5549	196,6480
Juliol	31	6,4155	198,8795
Agost	31	6,5549	203,2029
Setembre	30	6,6944	200,8320
Octubre	31	6,8339	211,8499
Novembre	30	7,1128	213,3840
Desembre	31	7,5312	233,4672
ANUAL			2531,74 kWh/any

Taula 1.4.-1: Consum d'energia mensual de l'ACS.

2. Demanda d'energia de la calefacció.

A continuació, es troben els càlculs de la quantitat d'energia necessària per escalfar l'aire de l'interior de l'habitatge fins la temperatura de confort.

2.1. Calefacció ideal.

Per calcular la demanda d'energia de la calefacció ideal (sense pèrdues) utilitzarem la següent fórmula:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

On:

Q = quantitat de calor (kcal)

m = massa de l'aire que volem escalfar (kg)

C_e = calor específica de l'aire [kcal/(kg·K)] = 0,24 kcal/(kg·K)

ΔT = diferència de temperatura de l'aire (K)

2.1.1. Massa de l'aire.

Primerament, hem de calcular la quantitat d'aire, en kilograms, que hem d'escalfar. Ho farem aplicant la següent expressió:

$$m = \frac{P \cdot V \cdot PM}{R \cdot T}$$

On:

m = massa d'aire a escalfar (kg)

P = pressió atmosfèrica (atm) = 1 atm

V = Volum de l'aire a escalfar (m³)

PM = Pes molecular de l'aire (kg/kmol) = 28,96 kg/kmol

R = Constant universal dels gasos [(atm·m³)/(K·kmol)] = 0,0820562 (atm·m³)/(K·kmol)

T = Temperatura a la que es troba l'aire a escalfar (K)

2.1.1.1. Volum de l'aire.

Per calcular el volum de l'aire que hi ha dintre de l'habitatge utilitzarem la següent fórmula:

$$V = A \cdot h = 67,44 \cdot 2,41 = 162,5304 \text{ m}^3$$

On:

V = volum d'aire (m^3)

A = àrea de l'habitatge (m^2) = 67,44 m^2

h = altura mitjana de l'habitatge (m) = 2,41 m

2.1.1.2. Temperatura de l'aire.

A la següent taula, podem veure la temperatura ambient mitjana mensual a la província de Girona:

	Gen	Feb	Març	Abr	Maig	Juny	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	ANY
°C	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10	17
K	282	283	286	288	292	296	299	298	296	291	286	283	290

Taula 2.1.1.2.-1: Temperatura ambient a la província de Girona. (Font: CLEANERGYsolar).

2.1.1.3. Càlcul de la massa de l'aire a escalfar.

A continuació, calcularem la massa d'aire a escalfar en els diferents mesos de l'any:

$$m = \frac{P \cdot V \cdot PM}{R \cdot T}$$

	P (atm)	V (m^3)	PM (kg/kmol)	R [(atm·m ³)/(K·kmol)]	T (K)	m (kg)
Gen	1	162,5304	28,96	0,0820562	282	203,41
Feb	1	162,5304	28,96	0,0820562	283	202,69
Març	1	162,5304	28,96	0,0820562	286	200,57
Abr	1	162,5304	28,96	0,0820562	288	199,17
Maig	1	162,5304	28,96	0,0820562	292	196,44
Juny	1	162,5304	28,96	0,0820562	296	193,79
Jul	1	162,5304	28,96	0,0820562	299	191,85
Ago	1	162,5304	28,96	0,0820562	298	192,49
Set	1	162,5304	28,96	0,0820562	296	193,79
Oct	1	162,5304	28,96	0,0820562	291	197,12
Nov	1	162,5304	28,96	0,0820562	286	200,57
Des	1	162,5304	28,96	0,0820562	283	202,69

Taula 2.1.1.3.-1: Massa de l'aire a escalfar (mitjana mensual).

2.1.2. Diferència de temperatura de l'aire.

Aquest apartat fa referència a la diferència de temperatura entre l'aire exterior i interior de l'habitatge.

El RITE (Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis) del 2013 ens proporciona aquestes dades sobre la temperatura interior:

Estación	Temperatura operativa °C
Verano	23...25
Invierno	21...23

Fig. 2.1.2.-1: Temperatura operativa de l'interior dels habitatges unifamiliars. (Font: RITE, Versió Consolidada, setembre 2013).

La temperatura mitja mensual exterior a la província de Girona l'obtenim a CLEANERGYsolar.com.

(K)	Gen	Feb	Març	Abr	Maig	Juny	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
T _{int.}	295	295	297	297	297	297	297	297	295	295	295	295
T _{ext.}	282	283	286	288	292	296	299	298	296	291	286	283
ΔT	13	12	11	9	5	1	-2	-1	-1	4	9	12

Taula 2.1.2.-1: Diferència de temperatura de l'aire a l'habitatge.

2.1.3. Consum d'energia diari de la calefacció ideal.

A partir d'aquí, ja tenim totes les dades necessàries per calcular l'energia que necessitem per escalfar l'aire de l'habitatge.

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

	m (kg)	C _e [kcal/(kg·K)]	ΔT (K)	Q (kcal/dia)
Gen	203,41	0,24	13	634,64
Feb	202,69	0,24	12	583,75
Març	200,57	0,24	11	529,49
Abr	199,17	0,24	9	430,21
Maig	196,44	0,24	5	235,73
Juny	193,79	0,24	1	46,51
Jul	191,85	0,24	-2	-92,09
Ago	192,49	0,24	-1	-46,20
Set	193,79	0,24	-1	-46,51
Oct	197,12	0,24	4	189,23
Nov	200,57	0,24	9	433,22
Des	202,69	0,24	12	583,75

Taula 2.1.3.-1: Demanda d'energia de la calefacció ideal al dia (kcal/dia).

2.1.4. Consum d'energia mensual de la calefacció ideal.

Seguidament, farem el càlcul de l'energia necessària cada mes en kWh/mes, sabent que:

$$860,420650096 \text{ kcal} = 1 \text{ kWh}$$

NOTA: en els mesos en els que l'energia és negativa, posarem que és nul·la ja que, en el nostre cas, no hi haurà un sistema de refrigeració, sinó que només s'instal·larà un de calefacció:

	Dies/mes	Q (kWh/dia)	Q (kWh/mes)
Gener	31	0,7376	22,8654
Febrer	28	0,6784	18,9966
Març	31	0,6154	19,0770
Abril	30	0,5000	15,0001
Maig	31	0,2740	8,4932
Juny	30	0,0541	1,6216
Juliol	31	0	0
Agost	31	0	0
Setembre	30	0	0
Octubre	31	0,2199	6,8179
Novembre	30	0,5035	15,1050
Desembre	31	0,6784	21,0319
ANUAL			129,01 kWh/any

Taula 2.1.4.-1: Energia necessària per la calefacció ideal cada mes (sense pèrdues).

2.2. Pèrdues de calefacció.

La majoria de l'energia que consumeix un sistema de calefacció s'utilitza per compensar aquestes pèrdues, que són molt elevades. Les pèrdues més importants que sofreix la calefacció són dues: pels tancaments, és a dir, la calor que s'escapa de l'interior de l'habitatge fins l'exterior a través de les parets; i per ventilació, és a dir, l'intercanvi d'aire fred i calent amb l'exterior de l'habitatge mitjançant l'apertura de finestres, portes, etc. Aquests fets provoquen que hi hagi una demanda d'energia de la calefacció molt més elevada que si no hi haguessin pèrdues.

2.2.1. Pèrdues pels tancaments.

Per calcular l'energia de la calefacció que es perd pels tancaments utilitzarem la següent expressió:

$$Q_t = 86400 \cdot U \cdot A \cdot GDM$$

On:

Q = flux de calor (J)

86400 = segons al dia $\left(\frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right)$

U = coeficient de transmissió de calor [W/(m²·K)]

A = superfície dels tancaments (m²)

GDM = graus-dia mensuals (K)

La raó de multiplicar per 86400 és que sense fer-ho ens sortiria el resultat en watts (W).

Nosaltres volem el volem en Joules, que equival a W·s. Un dia té 86400 segons.

2.2.1.1. Coeficient de transmissió de calor.

El coeficient de transmissió de calor és un dels valors que hem de calcular per poder utilitzar la fórmula anterior. Per fer-ho, farem servir una altra expressió:

$$U = \frac{1}{Rse + \sum \frac{e}{\lambda} + Rsi}$$

On:

U = coeficient global de transmissió dels tancaments [(m²·K)/W]

Rse = resistències tèrmiques superficials corresponents a l'aire exterior [(m²·K)/W]

e = espessor dels materials (m)

λ = conductivitat tèrmica dels materials [W/(m·K)]




Rsi = resistències tèrmiques superficials corresponents a l'aire interior [(m²·K)/W]

2.2.1.1.1. Conductivitat tèrmica dels materials.

Conductivitat tèrmica de materials de construcció y aïllants	
Material	Conductivitat tèrmica (λ) (W/m·K)
Aire	0,026
Cemento	1,047
Fibra de vidrio	0,035
Hormigón	1,4
Ladrillo	0,8
Tela asfáltica	0,04
Vidrio	0,81
Lana mineral	0,38

Taula 2.2.1.1.1.-1: Conductivitat tèrmica dels materials de construcció i aïllants. (Font: CAT-EC-CTE, Catàleg d'elements de construcció del CTE).

2.2.1.1.2. Resistències tèrmiques superficials.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi	
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,04	0,13	→ Murs i finestres.
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,04	0,10	→ Sostre.
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17	→ Sòl.

Taula 2.2.1.1.1.-1: Resistències tèrmiques superficials en $(m^2 \cdot K)/W$. (Font: CTE DB HE 1 Apèndix E).

2.2.1.1.3. Suma del quocient de l'espessor per la conductivitat tèrmica.

En la següent taula trobem la suma del quocient de l'espessor dels materials (e) per la conductivitat tèrmica dels mateixos (λ). En el cas del sòl no necessitem l'espessor dels seus materials ja que el seu coeficient de transmissió de calor és sempre el mateix $[0,65 (m^2 \cdot K)/W]$:

Tancaments	Material	e (m)	λ [W/(m·K)]	$\Sigma(e/\lambda)$
Murs	Ciment	0,14	1,047	5,752
	Maons	0,14	0,8	
	Fibra de vidre	0,08	0,035	
	Llana mineral	0,12	0,038	
Finestres	Vidre	0,008	0,81	0,241
	Aire	0,006	0,026	
Sostres	Formigó	0,4	1,4	5,422
	Tela asfáltica	0,02	0,04	
	Maons	0,04	0,8	
	Fibra de vidre	0,05	0,035	
	Llana mineral	0,12	0,038	

Taula 2.2.1.1.3.-1: Suma del quocient de l'espessor per la conductivitat tèrmica $[\Sigma(e/\lambda)]$.

2.2.1.1.4. Càlcul del coeficient de transmissió de calor.

A continuació calculem els coeficients de transmissió de calor dels diferents tancaments aplicant la fórmula anterior:

$$U = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{si}}$$

	Rse [(m ² ·K)/W]	Rsi [(m ² ·K)/W]	Σ(e/λ)	U [(m ² ·K)/W]
Murs	0,04	0,13	5,752	0,169
Finestres	0,04	0,13	0,241	2,433
Sostres	0,04	0,10	5,422	0,18
Sòls	-	-	-	0,65

Taula 2.2.1.1.4.-1: Càlcul del coeficient de transmissió de calor dels diferents tancaments.

2.2.1.2. Superfície dels tancaments.

A la següent taula podem veure la superfície dels diferents tancaments de l'habitatge:

	Murs	Finestres	Sostre	Sòl
Superfície (m²)	43	15,5	67,44	67,44

Taula 2.2.1.2.-1: Superfícies dels diferents components de l'habitatge.

2.2.1.3. Graus-dia mensuals.

A continuació, podem observar una taula amb els graus-dia mensuals a la província de Girona:

	Gen	Feb	Març	Abr	Maig	Juny	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
GD15/15	300	199	167	91	21	1	0	0	2	41	133	232

Taula 2.2.1.3.-1: Graus-dia mensuals a Girona amb base 15°C. (Font: UNE-100-002-88).

2.2.1.4. Càlcul de les pèrdues pels tancaments.

Primerament, amb les dades calculades anteriorment podem obtenir el coeficient de transmissió multiplicat per l'àrea dels tancaments (UA):

Coeficient global de transmissió (U) · Superfície (A) (W/K)		
Murs	A_{murs}	43
	U_{murs}	0,169
	$A \cdot U$	7,267
Finestres	$A_{finestres}$	15,5
	$U_{finestres}$	2,433
	$A \cdot U$	37,712
Sostre	A_{sostre}	67,44
	U_{sostre}	0,18
	$A \cdot U$	12,139
Sòl	$A_{sòl}$	67,44
	$U_{sòl}$	0,65
	$A \cdot U$	43,84
TOTAL		100,958 W/K

Taula 2.2.1.4.-1: Coeficient global de transmissió multiplicat per la superfície (UA).

Ara ja tenim totes les dades per poder calcular la pèrdua d'energia pels tancaments:

$$Q_t = 86400 \cdot U \cdot A \cdot GDM$$

	86400	UA (W/K)	GDM (K)	Q (MJ/mes)	Q_t (kWh/mes)
Gen	86400	100,958	300	2616,831	726,8976
Feb	86400	100,958	199	1735,831	482,1754
Març	86400	100,958	167	1456,703	404,6397
Abr	86400	100,958	91	793,772	220,4923
Maig	86400	100,958	21	183,178	50,8828
Juny	86400	100,958	1	8,723	2,4230
Jul	86400	100,958	0	0	0
Ago	86400	100,958	0	0	0
Set	86400	100,958	2	17,446	4,8460
Oct	86400	100,958	41	357,634	99,3427
Nov	86400	100,958	133	1160,129	322,2579
Des	86400	100,958	232	2023,683	562,1341
ANUAL					2876,1 kWh/any

Taula 2.2.1.4.-2: Càlcul de les pèrdues d'energia de la calefacció pels tancaments (Q_t).

2.2.2. Pèrdues per ventilació.

Per calcular les pèrdues per ventilació utilitzarem la següent expressió:

$$Q_v = 86400 \cdot C \cdot C_e \cdot \Delta T \cdot n$$

On:

Q_v = quantitat de calor (J)

$$86400 = \text{segons al dia} \left(\frac{24h}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{3600s}{1h} \right)$$

C = cabal d'aire (m^3/h)

C_e = calor específica de l'aire [$0,35 (W \cdot h)/(m^3 \cdot ^\circ C)$]

ΔT = diferència entre la temperatura exterior i interior ($^\circ C$)

n = nombre de dies mensuals (dies/mes)

2.2.2.1. Cabal d'aire.

En la següent taula es representen els cabals de ventilació mínims exigits pel CTE.

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local ⁽¹⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

Taula 2.2.2.1.-1: Cabals de ventilació mínims exigits. (Font: CTE DB-HS 3).

En el cas de la cuina i el bany, el cabal serà d'extracció, és a dir, l'aire del seu interior sortirà a l'exterior. Per l'altra banda, al menjador i als dormitoris, l'aire de l'exterior de l'habitatge hi entrarà. Per tant, hem d'utilitzar el cabal més gran d'entre aquests dos tipus.

2.2.2.1.1. Cabal d'aire a la cuina i al bany.

$$C_C = \frac{2 \text{ l}}{s \cdot m^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot 14,76 \text{ m}^2 = 106,272 \text{ m}^3/h$$

$$C_B = \frac{15 \text{ l}}{s} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 54 \text{ m}^3/h$$

$$C_E = C_C + C_B = 106,272 + 54 = \mathbf{160,272 \text{ m}^3/h}$$

2.2.2.1.2. Cabal d'aire als dormitoris i al menjador.

$$C_D = \frac{5 \text{ l}}{s \cdot pers.} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot 4 \text{ pers.} = 72 \text{ m}^3/h$$

$$C_M = \frac{3 \text{ l}}{s \cdot pers.} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot 4 \text{ pers.} = 43,2 \text{ m}^3/h$$

$$C_I = C_D + C_M = 72 + 43,2 = 115,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.2.2.1.3. Cabal d'aire final.

El cabal d'aire final serà el més gran entre el d'extracció i el d'inserció. Per tant, el cabal serà:

$$C = 160,272 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.2.2.2. Diferència de temperatura.

Amb la següent taula calculem la diferència entre la temperatura de l'aire exterior a la província de Girona i la temperatura ambient interior dels habitatges segons IDAE:

(K)	Gen	Feb	Març	Abr	Maig	Juny	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
T _{int.}	295	295	297	297	297	297	297	297	295	295	295	295
T _{ext.}	282	283	286	288	292	296	299	298	296	291	286	283
ΔT	13	12	11	9	5	1	-2	-1	-1	4	9	12

Taula 2.2.2.2.-1: Diferència de temperatura de l'aire.

2.2.2.3. Càlcul de les pèrdues per ventilació.

$$Q_v = 86400 \cdot C \cdot C_e \cdot \Delta T \cdot n$$

	86400	C _e (W·h/m ³ ·°C)	C (m ³ /h)	ΔT (K)	n (dies/mes)	Q _v (MJ)	Q _v (kWh/mes)
Gen	86400	0,35	160,272	13	31	1953,19	542,5528
Feb	86400	0,35	160,272	12	28	1628,47	452,3517
Març	86400	0,35	160,272	11	31	1652,70	459,0831
Abr	86400	0,35	160,272	9	30	1308,59	363,4969
Maig	86400	0,35	160,272	5	31	751,23	208,6741
Juny	86400	0,35	160,272	1	30	145,40	40,3885
Jul	86400	0,35	160,272	-2	31	0	0
Ago	86400	0,35	160,272	-1	31	0	0
Set	86400	0,35	160,272	-1	30	0	0
Oct	86400	0,35	160,272	4	31	600,98	166,9393
Nov	86400	0,35	160,272	9	30	1308,59	363,4969
Des	86400	0,35	160,272	12	31	1802,94	500,8179
ANUAL							3097,80 kWh/any

Taula 2.2.2.3.-1: Càlcul de les pèrdues d'energia de la calefacció per ventilació (Q_v).

NOTA: en els mesos de juliol, agost i setembre hem substituït les pèrdues per ventilació per 0 ja que l'habitatge no presenta cap demanda d'energia de la calefacció.

2.3. Demanda total d'energia de la calefacció.

Ara sumarem les pèrdues calculades anteriorment i la demanda d'energia de la calefacció ideal:

Demanda d'energia de la calefacció ($Q_{\text{CALEF.}}$) (kWh/mes)				
	Calefacció ideal	Pèrdues		Calef. + pèrdues
	Q_c	Q_t	Q_v	$Q_{\text{CALEF.}}$
Gen	22,8654	726,8976	542,5528	1292,3157
Feb	18,9966	482,1754	452,3517	953,5237
Març	19,0770	404,6397	459,0831	882,7998
Abr	15,0001	220,4923	363,4969	598,9892
Maig	8,4932	50,8828	208,6741	268,0502
Juny	1,6216	2,4230	40,3885	44,4332
Jul	0	0	0	0
Ago	0	0	0	0
Set	0	4,8460	0	0
Oct	6,8179	99,3427	166,9393	273,0999
Nov	15,1050	322,2579	363,4969	700,8598
Des	21,0319	562,1341	500,8179	1083,9840
ANUAL				6098,06 kWh/any

Taula 2.3.-1: Demanda d'energia total per la calefacció.

NOTA: als mesos de juny i setembre trobem pèrdues pels tancaments, però com que no hi ha cap demanda energètica de calefacció, els substituïm per 0.

3. Demanda total d'energia (ACS + calefacció).

	Q_{ACS} (kWh/mes)	+	$Q_{CALEF.}$ (kWh/mes)	=	Q_{TOTAL} (kWh/mes)
Gener	233,4672		1292,3157		1525,78
Febrer	206,9685		953,5237		1160,49
Març	220,4968		882,7998		1103,30
Abril	205,0160		598,9892		804,01
Maig	207,5264		268,0502		475,58
Juny	196,6480		44,4332		241,08
Juliol	198,8795		0		198,88
Agost	203,2029		0		203,20
Setembre	200,8320		0		200,83
Octubre	211,8499		273,0999		484,95
Novembre	213,3840		700,8598		914,24
Desembre	233,4672		1083,9840		1317,45
ANUAL					8629,79 kWh/any

Taula 3.-1: Demanda total d'energia.

A continuació, trobem un gràfic en el que es veu clarament com, durant els mesos d'estiu, la demanda d'energia de la calefacció és nul·la, a causa de l'elevada temperatura de la zona durant aquest període estival. A la vegada, la demanda d'energia de l'ACS augmenta subtilment durant l'hivern perquè la temperatura de l'aigua que ve de la xarxa pública és més elevada i, per tant, els salt tèrmic és més gran que a l'estiu.

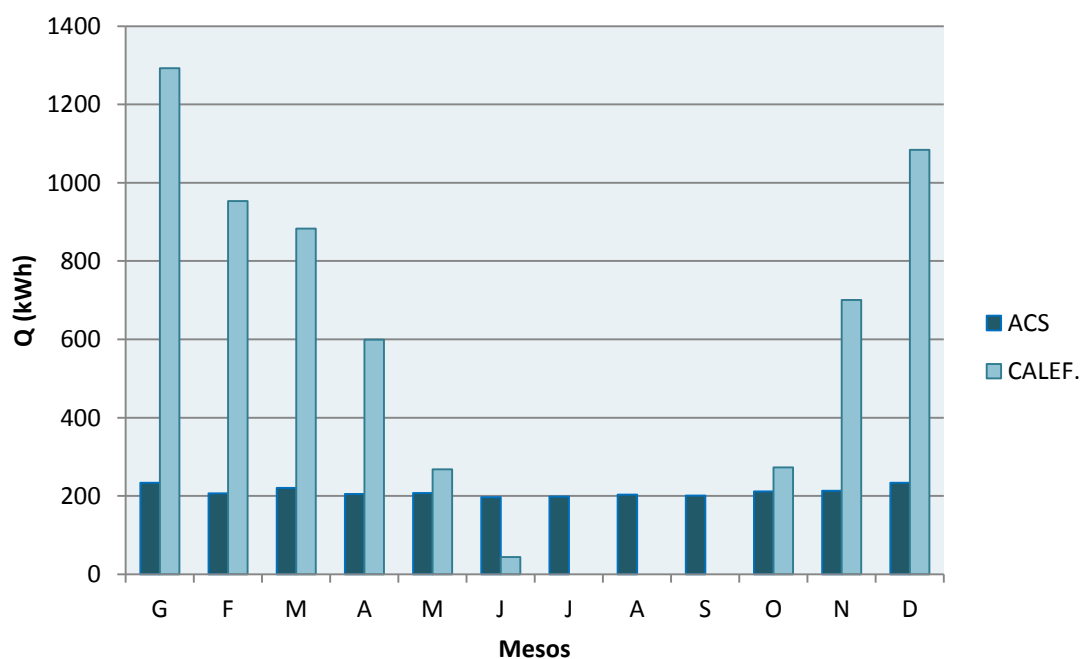


Fig. 3.-1: Demanda total d'energia.

2^a PART

Despeses econòmiques

Índex (despeses econòmiques)

1. Potència tèrmica.	Pàg. 30
2. Caldera de gas natural.	Pàg. 31
2.1. Caldera.	Pàg. 31
2.1.1. Funcionament.	Pàg. 31
2.1.2. Característiques de la caldera.	Pàg. 32
2.1.2.1. Tipus de combustible.	Pàg. 32
2.1.2.2. Col·locació.	Pàg. 32
2.1.2.3. Tecnologia.	Pàg. 32
2.1.2.4. Regulació del cremador.	Pàg. 32
2.1.2.5. Lloc d'on agafa l'oxigen per la combustió.	Pàg. 32
2.1.2.6. Tipus de servei.	Pàg. 33
2.1.2.7. Potència.	Pàg. 33
2.1.3. Marca i model de la caldera.	Pàg. 33
2.1.4. Preu de la caldera.	Pàg. 34
2.2. Radiadors.	Pàg. 34
2.2.1. Elements necessaris.	Pàg. 35
2.2.2. Marca i model dels radiadors.	Pàg. 35
2.2.3. Preu dels radiadors.	Pàg. 36
2.3. Gas natural.	Pàg. 36
2.3.1. Energia consumida.	Pàg. 37
2.3.2. Terme energia (TEU).	Pàg. 38
2.3.3. Terme fix (TF).	Pàg. 38
2.3.4. Impost hidrocarburs general (IHG).	Pàg. 38
2.3.5. Lloguer d'equips (LLE).	Pàg. 39
2.3.6. Cost mensual total del gas natural.	Pàg. 40
2.4. Despeses anuals totals.	Pàg. 40
3. Caldera de biomassa.	Pàg. 41
3.1. Caldera.	Pàg. 41
3.1.1. Funcionament.	Pàg. 41
3.1.2. Característiques de la caldera.	Pàg. 42
3.1.2.1. Tipus de combustible.	Pàg. 42
3.1.2.2. Tecnologia.	Pàg. 42
3.1.2.3. Tipus de servei.	Pàg. 42
3.1.2.4. Automatització.	Pàg. 43
3.1.2.5. Lloc d'on agafa l'oxigen per la combustió.	Pàg. 43
3.1.2.6. Emmagatzematge del combustible.	Pàg. 43
3.1.2.7. Potència.	Pàg. 43
3.1.3. Model i marca de la caldera.	Pàg. 43
3.1.4. Preu de la caldera.	Pàg. 44
3.2. Radiadors.	Pàg. 45
3.3. Pèl·lets de fusta.	Pàg. 45

3.3.1. Quantitat de pèl·lets de fusta.	Pàg. 45
3.3.1.1. Energia consumida.	Pàg. 45
3.3.1.2. Càlcul de la quantitat de pèl·lets de fusta.	Pàg. 46
3.3.2. Preu dels pèl·lets de fusta.	Pàg. 46
3.4. Despeses totals anuals.	Pàg. 47
4. Bomba de calor aire-aigua.	Pàg. 48
4.1. Bomba de calor.	Pàg. 48
4.1.1. Funcionament.	Pàg. 48
4.1.1.2. Característiques de la bomba de calor.	Pàg. 48
4.1.1.2.1. Subministrament.	Pàg. 48
4.1.1.2.2. Tipus d'energia que la fa funcionar.	Pàg. 48
4.1.1.2.3. Tipus de bombes.	Pàg. 49
4.1.1.2.4. Tipus de servei.	Pàg. 49
4.1.1.3. Marca i model de la bomba de calor.	Pàg. 49
4.1.1.4. Preu de la bomba de calor.	Pàg. 50
4.1.2. Radiadors.	Pàg. 50
4.1.3. Electricitat.	Pàg. 51
4.1.3.1. Energia consumida.	Pàg. 51
4.1.3.2. Terme energia (TEU).	Pàg. 51
4.1.3.3. Terme potència (TPU).	Pàg. 52
4.1.3.4. Impost electricitat (IE).	Pàg. 52
4.1.3.5. Lloguer d'equips (LLE).	Pàg. 53
4.1.3.5. Cost mensual total de l'electricitat.	Pàg. 53
4.1.4. Despeses anuals totals.	Pàg. 53
5. Estufes i escalfador de gas butà.	Pàg. 54
5.1. Estufes a gas butà.	Pàg. 54
5.1.1. Característiques de les estufes.	Pàg. 54
5.1.2. Nombre d'estufes necessàries.	Pàg. 55
5.1.3. Marca i model de les estufes.	Pàg. 55
5.1.4. Preu de les estufes.	Pàg. 55
5.2. Escalfador a gas butà.	Pàg. 56
5.2.1. Característiques de l'escalfador.	Pàg. 56
5.2.1.1. Tipus de servei.	Pàg. 56
5.2.1.2. Lloc d'on agafa l'oxigen per la combustió.	Pàg. 56
5.2.1.3. Regulació del cremador.	Pàg. 56
5.2.2. Marca i model de l'escalfador.	Pàg. 56
5.2.3. Preu de l'escalfador.	Pàg. 57
5.2.4. Gas butà.	Pàg. 57
5.2.4.1. Energia consumida.	Pàg. 58
5.2.4.1.1. Energia consumida de l'escalfador.	Pàg. 58
5.2.4.1.2. Energia consumida total.	Pàg. 58
5.2.4.2. Massa de gas butà.	Pàg. 58
5.2.4.3. Nombre de bombones.	Pàg. 59
5.2.4.4. Preu del gas butà.	Pàg. 59

5.2.5. Despeses anuals totals.	Pàg. 59
6. Plaques solars tèrmiques recolzades per una caldera de gas natural.	Pàg. 60
6.1. Funcionament.	Pàg. 61
6.2. Conjunt solar.	Pàg. 61
6.2.1. Captador solar.	Pàg. 61
6.2.1.1. Característiques del captador solar.	Pàg. 61
6.2.1.1.1. Segons la temperatura.	Pàg. 61
6.2.1.1.2. Tipus de captador.	Pàg. 61
6.2.1.1.3. Segons la protecció.	Pàg. 61
6.2.1.1.4. Tipus de circulació.	Pàg. 62
6.2.1.2. Marca, model i preu.	Pàg. 62
6.2.2. Interacumulador solar.	Pàg. 62
6.2.2.1. Marca, model i preu.	Pàg. 62
6.2.3. Cost de la instal·lació del conjunt solar.	Pàg. 63
6.3. Caldera de gas natural.	Pàg. 63
6.4. Radiadors.	Pàg. 64
6.5. Gas natural.	Pàg. 64
6.5.1. Terme energia (TEU).	Pàg. 64
6.5.1.1. Contribució solar.	Pàg. 64
6.5.1.1.1. F-Chart per l'ACS.	Pàg. 65
6.5.1.1.1.1. Paràmetre D_1 .	Pàg. 65
6.5.1.1.1.1.1. Cargues calorífiques mensuals.	Pàg. 65
6.5.1.1.1.1.2. Energia absorbida pel captador.	Pàg. 66
6.5.1.1.1.1.3. Resultats del paràmetre D_1 .	Pàg. 67
6.5.1.1.1.2. Paràmetre D_2 .	Pàg. 68
6.5.1.1.1.2.1. Carga calorífica mensual.	Pàg. 68
6.5.1.1.1.2.2. Energia perduda pel captador.	Pàg. 68
6.5.1.1.1.2.3. Resultats del paràmetre D_2 .	Pàg. 70
6.5.1.1.1.3. Contribució solar de l'ACS.	Pàg. 70
6.5.1.1.2. F-Chart per la calefacció.	Pàg. 71
6.5.1.1.2.1. Paràmetre D_1 .	Pàg. 71
6.5.1.1.2.1.1. Carga calorífica mensual.	Pàg. 71
6.5.1.1.2.1.2. Energia absorbida pel captador.	Pàg. 71
6.5.1.1.2.1.3. Resultats del paràmetre D_1 .	Pàg. 72
6.5.1.1.2.2. Paràmetre D_2 .	Pàg. 72
6.5.1.1.2.2.1. Carga calorífica mensual.	Pàg. 72
6.5.1.1.2.2.2. Energia perduda pel captador.	Pàg. 72
6.5.1.1.2.2.3. Resultats del paràmetre D_2 .	Pàg. 73
6.5.1.1.2.3. Contribució solar de la calefacció.	Pàg. 74
6.5.1.1.3. Contribució solar total.	Pàg. 74
6.5.1.1.4. Compliment del CTE.	Pàg. 76
6.5.1.1.4.1. Contribució solar.	Pàg. 77
6.5.1.1.4.1.1. Contribució solar mínima.	Pàg. 77
6.5.1.1.4.1.2. Contribució solar màxima.	Pàg. 77

6.5.1.1.4.2. Acumulació solar.	Pàg. 77
6.5.1.2. Consum d'energia de la caldera.	Pàg. 78
6.5.1.3. Càlcul del terme energia.	Pàg. 79
6.5.2. Terme fix (TF).	Pàg. 79
6.5.3. Impost hidrocarburs general (IHG).	Pàg. 79
6.5.4. Lloguer d'equips (LLE).	Pàg. 80
6.5.5. Cost mensual total del gas natural.	Pàg. 81
6.6. Despeses anuals totals.	Pàg. 81
7. Comparació dels diferents sistemes.	Pàg. 82
7.1. Inversions inicials.	Pàg. 82
7.2. Cost de les fonts d'energia.	Pàg. 82
7.3. Elecció del sistema més adient.	Pàg. 83

1. Potència tèrmica.

Una de les característiques que necessitem saber a l'hora de triar un aparell determinat per cobrir aquesta demanda d'energia de l'habitatge és la potència d'aquest. Per trobar-la, d'una manera aproximada, hem realitzat els següents passos:

$$Q = q \cdot A \cdot FC$$

On:

Q = potència nominal de la caldera (kW).

q = demanda tèrmica específica (130 W/m²): segons el grau d'aïllament de l'habitatge.

A = àrea a calefactar (67,44 m²).

FC = factor de correcció pel tipus d'edifici (0,9 en el cas d'una casa adossada).

$$Q = 130 \cdot 67,44 \cdot 0,9 = 7.890,5 \text{ W} = 7,9 \text{ kW}$$

Per tant, a l'hora d'escollir una aparell per instal·lar-lo, haurem de triar-ne un d'una potència útil de **7,9 kW** aproximadament.

2. Caldera de gas natural.

El gas natural és un combustible fòssil i una de les diverses fonts d'energia no renovables més importants i utilitzades. De tots combustibles fòssils, el gas natural és el que té menor impacte mediambiental, tant en l'etapa d'extracció, elaboració i transport, com en la fase d'utilització. Ho podem observar en el següent gràfic:

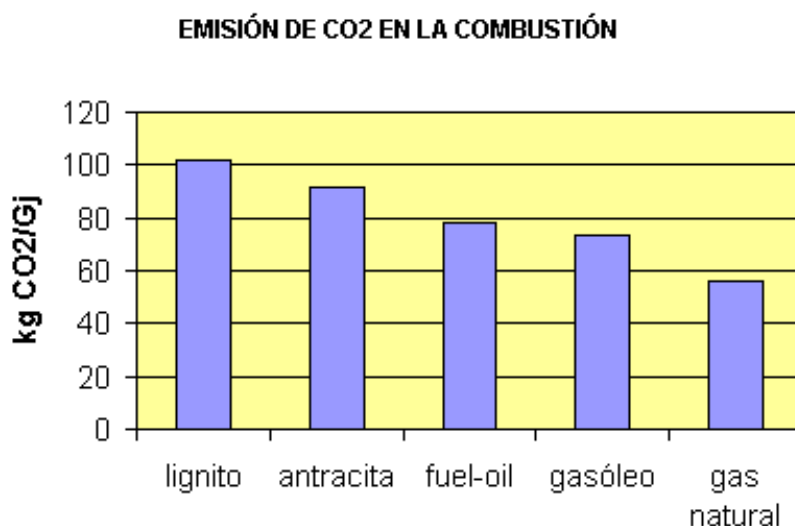


Fig. 2.-1: Emissions de CO₂ en la combustió dels combustibles fòssils. (Font: www.minetur.gob.es, Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme).

Seguidament, trobem els càlculs de totes les despeses que suposaria la instal·lació completa de totes les parts d'un sistema centralitzat amb caldera de gas natural, que són la caldera, els radiadors i el gas natural.

2.1. Caldera.

2.1.1. Funcionament.

La caldera té dos circuits, un tancat (el de la calefacció) i un obert (el de l'ACS), és a dir, en el primer no entra ni surt aigua, mentre que en el segon l'aigua es renova constantment. Quan hi ha una demanda d'ACS, una vàlvula de tres vies i dues posicions s'acciona i desvia l'aigua del circuit obert fins l'intercanviador, el qual transmet el calor de la combustió del gas natural a l'aigua. Funciona igual quan hi ha una demanda de calefacció, però té preferència per la d'ACS, és a dir, quan hi ha una demanda d'ACS la calefacció deixa de funcionar.

2.1.2. Característiques de la caldera.

Aquí definirem les característiques que busquem en una caldera. Primerament, sabem que ha de ser mixta, és a dir, que subministri aigua a la calefacció i a l'ACS (Aigua Calenta Sanitària). El mercat de les calderes de combustió ens ofereix una àmplia gamma d'aquests aparells, per això hem d'escollir la que s'adapti millor a les nostres necessitats.

2.1.2.1. Tipus de combustible.

El combustible que utilitzarem serà el gas natural, per tant, necessitem una caldera per **combustibles gasosos**.

2.1.2.2. Col·locació.

Aquesta caldera de gas natural serà **mural**, és a dir, penjada de la paret. La raó és que són les més utilitzades i comercialitzades i n'hi ha més tipus per escollir que no pas les de peu.

2.1.2.3. Tecnologia.

La caldera que s'ajusta més a les nostres necessitats és la **caldera convencional**, ja que al tenir radiadors d'alumini, necessitem una caldera que treballi amb temperatures més elevades. En canvi, si disposéssim d'una instal·lació de sòl radiant, que treballa amb temperatures de l'aigua més baixes, escolliríem la de condensació, ja que té un rendiment de més del 100 % al aprofitar la calor de la condensació del vapor d'aigua i, així, estalviar combustible.

2.1.2.4. Regulació del cremador.

El sistema que nosaltres volem és el de **regulació modulant**, que regula de forma contínua el consum calorífic del cremador, incorporant una electrovàlvula de gas que regula el seu grau d'apertura en funció de la temperatura d'entrada de l'aigua i la desitjada. Amb aquest tipus de regulació del cremador estalviarem en el consum del gas.

2.1.2.5. Lloc d'on agafa l'oxigen per la combustió.

Les **calderes estanques** són aquelles que agafen l'oxigen de l'exterior del local on estan instal·lades, necessari per la combustió i l'expulsen per la mateixa xemeneia, també a

l'exterior, la qual consta de dos tubs concèntrics, un d'entrada i l'altre de sortida de l'aire mitjançant un extractor que l'expulsa i fa entrar de nou. Hem escollit una estanca vers una atmosfèrica ja que la segona, segons el *R.D. 1027/2007 B.O.E. 29 agost de 2007* del RITE (Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis), ja no es pot instal·lar. Les atmosfèriques agafen l'aire de l'interior del local i tenen el perill de deixar sense oxigen el lloc on estan instal·lades si no hi ha una bona ventilació.

2.1.2.6. Tipus de servei.

La caldera que s'ajusta més a les nostres necessitats és una **instantània**. Les calderes amb acumulació tenen l'avantatge de que si obres una aixeta surt aigua calenta ràpidament i poden suportar una gran demanda d'ACS en un mateix moment, per exemple si hi ha més d'una dutxa funcionant. Però aquest no és el nostre cas, ja que l'habitatge només consta d'un bany. D'aquesta manera ens estalviarem el cost d'un acumulador i l'espai que ocupa.

2.1.2.7. Potència.

Amb la potència útil que requereix l'habitatge per l'ACS i la calefacció, que és de 7,9 kW, podrem calcular la potència nominal que necessitem que tingui la nostra caldera amb els següents càlculs:

$$\eta = \frac{E_U}{E_C} \qquad E_C = \frac{E_U}{\eta} \qquad E_C = \frac{7,9}{0,929} = \mathbf{8,5 \text{ kW}}$$

Per tant, la nostra caldera haurà de tenir com a mínim una potència de **8,5 kW**.

2.1.3. Marca i model de la caldera.

A l'hora de triar una marca per la nostra caldera de gas natural, és important que ens decantem per les primeres marques. La vida útil d'una caldera és de més de 10 anys. Escollir una primera marca suposa un cost addicional d'aproximadament 25 €/any, però evitarà problemes al llarg de la vida de l'aparell, com per exemple disponibilitat de recanvis i assistència tècnica.

La caldera que considerem més apta per les nostres necessitats, dintre de conceptes econòmics i funcionals, és la **BAXIROCA Victoria Plus 24/24 F**. Aquesta caldera compleix totes les característiques citades anteriorment. Ofereix una potència útil

situada entre 9,3 i 24 kW i, a més a més, té la possibilitat de funcionar com a recolzament d'un sistema solar i amb sòl radiant (treballant amb temperatures més baixes). També té un elevat component estètic que, unit amb les seves compactes dimensions (ample 400mm x profund 299mm x alt 730mm), la fan fàcilment integrable en múltiples espais de l'habitatge. Aquestes són algunes de les seves característiques tècniques més importants:

- Alimentación eléctrica:	230 V - 50 Hz monofásica
- Rendimiento a potencia nominal (80/60°C):	92,9%
- Rendimiento con carga parcial del 30% (50/30°C):	90,3%
- Prioridad A.C.S.:	SI
- Potencia Calefacción y A.C.S.:	Modulante
- Sistema regulación:	Electrónico
- Selección temperatura Calefacción:	Desde el panel de control
- Presión mínima encendido A.C.S.:	0,15 bar
- Caudal mínimo encendido A.C.S.:	2 l / min.
- Encendido:	Electrónico automático

Taula 2.1.3.-1: Característiques tècniques BAXIROCA Victoria Plus 24/24 F. (Font: www.gasfriocalor.com).

2.1.4. Preu de la caldera.

Hem escollit una empresa que inclou la instal·lació de la caldera, anomenada "Calefacciones Metrogas". És una empresa de Barcelona que es va fundar fa més de 20 anys i que es dedica a instal·lacions d'ACS, gas, calderes de gas i calefacció per clients particulars. A l'any 2000 van guanyar el "Premi a la qualitat" otorgat per Gas Natural Fenosa en instal·lacions de gas i calefacció. Per aquestes raons i la seva relació preu-qualitat l'hem escollit.



Fig. 2.1.4.-1: BAXIROCA Victoria Plus 24/24 F. (Font: www.shopmania.es).

El preu que ens ofereix aquesta empresa és de **885,00 €** (amb instal·lació i I.V.A. inclosos).

2.2. Radiadors.

En el càlcul de les despeses d'un sistema de calefacció amb gas natural, en aquest cas, també hem de tenir en compte els radiadors, amb els que es transmet la calor de l'aigua a l'ambient de l'habitatge. I com hem fet amb la caldera, també haurem d'escollir una marca i calcular totes les despeses que suposen.

2.2.1. Elements necessaris.

En el mercat actual dels radiadors, no es paga per cada radiador, sinó per cada element que compris. Els elements són cadascuna de les parts en les que està dividit un radiador. Per calcular la quantitat d'elements que necessitem hem utilitzat la següent fórmula:

$$n_{elem.} = (A \cdot E/m^2) / E_{elem.}$$

On:

$n_{elem.}$ = nombre d'elements.

A = àrea de l'habitatge calefactat (m^2).

E/m^2 = energia necessària per cada m^2 de l'habitatge (segons el seu grau d'aïllament) [105 kcal/(h· m^2)].

$E_{elem.}$ = energia que desprèn cada element (ho indica el fabricant) [108,86 kcal/(h·elem.)].

$$n_{elem.} = (67,44 \cdot 105) / 108,86 = 65,05 \text{ elements}$$

En aquests casos sempre s'arrodoneix a l'alça. Per tant necessitarem **66 elements** dividits en 9 radiadors situats al llarg de l'habitatge.

2.2.2. Marca i model dels radiadors.

Els elements que hem escollit són els **Rayco Magno 600**. Hem contactat amb una empresa que els instal·la i ens ha fet un pressupost d'aquest elements, tots els materials necessaris pel correcte funcionament d'aquests i la seva instal·lació. Les característiques principals d'aquests elements són les següents:

MODELOS	Altura total m/m	Distancia ejes m/m	Anchura frontal m/m	Profundidad lateral m/m	Capacidad de agua en litros	Peso en Kg	ø de conexión	Exponente n=	Emisión con $\Delta t=50^\circ K$ según norma EN 442	
									W	Kcal/h.
Magno /350	350	260	80	95	0,350	0,907	1"	1,27	75,3	65,06
Magno /425	425	350	80	95	0,375	1,183	1"	1,31	96,4	83,29
Magno /600	580	500	80	95	0,490	1,62	1"	1,34	126	108,86
Magno /700	680	600	80	95	0,570	1,77	1"	1,34	145	125,28
Magno /800	780	700	80	95	0,650	1,99	1"	1,35	164	141,70

Taula 2.2.2.-1: Característiques tècniques de la gamma Rayco Magno. (Font: Industries Rayco S.A.).

I aquesta és una imatge dels radiadors Rayco Magno 600:



Fig. 2.2.2.-1: Elements Rayco Magno 600. (Font: www.climamania.com).

2.2.3. Preu dels radiadors.

Aquest és el pressupost que ens ha facilitat l'empresa "Gasfriocalor", en el qual s'inclouen els mateixos radiadors, el seu subministrament mitjançant les canonades que van unides a la caldera, les claus dels radiadors, el termòstat, la instal·lació del conjunt i les despeses d'enviament:

9 radiadors (66 elements Rayco Magno 600)	9 €/elem. x 66 elem. =	594,00 €
Subministrament (canonades, claus, etc.), instal·lació, termòstat, despeses d'enviament.		1326,06 €
Subtotal		1920,06 €
	I.V.A. (21% de 1920,06) =	403,21 €
TOTAL		2323,27 €

Fig. 2.2.3.-1: Pressupost dels radiadors. (Font: www.gasfriocalor.com).

2.3. Gas natural.

Hi ha un gran nombre d'empreses i comercialitzadores que ofereixen diverses tarifes per la contractació de gas natural. Per això hem de tenir cura de triar la més convenient per les nostres necessitats.

La tarifa més adequada i la que hem trobat més regular és la Tarifa d'Últim Recurs (TUR). Així és com es denominen els preus del gas i l'electricitat regulats per l'Estat. És una tarifa segura ja que es calcula cada trimestre fent la mitjana entre tota l'oferta disponible del mercat lliure. Amb això es pretén garantir un preu just. Encara que no és la més barata, és còmoda, doncs la contractació en el mercat lliure requereix estar atent

a les ofertes entre les comercialitzadores, i moltes vegades el benefici que s'aconsegueix no justifica la molèstia.

Les condicions i preus de la TUR estan publicats al BOE núm. 314 de 31/12/2012.

Tarifa		Término	
		Fijo (€/cliente)/mes	Variable cent/kWh
T.1	Consumo inferior o igual a 5.000 kWh/año.	4,30	5,750871
T.2	Consumo superior a 5.000 kWh/año e inferior o igual a 50.000 kWh/año.	8,580	5,078971

Taula 2.3.-1: Preus TUR. (Font: BOE núm. 314 de 31/12/2012).

El nostre consum anual (E_c) és de 8629,79 kWh, per tant hem de contractar la T.2.

2.3.1. Energia consumida.

L'energia consumida és la que hem de pagar a l'empresa subministradora. El rendiment és el coeficient que expressa la relació entre l'energia que es subministra a la caldera (energia consumida, E_c) i la que surt d'aquesta (energia útil, E_u) en forma de calor, en aquest cas. Quan els rendiments són menors del 100 %, l' E_u sempre serà més petita que l' E_c . Però hi ha casos, en la gamma de les calderes, que el rendiment és major del 100%; és el cas de les calderes de condensació que, gràcies a que aprofiten la calor que provoca la condensació del fum que perden en la combustió, utilitzen menys gas per escalfar la mateixa quantitat d'aigua.

La demanda energètica que vam calcular anteriorment per a cada mes de l'any seria l' E_u , però l'energia que nosaltres paguem a la companyia subministradora és l' E_c .

Per tant, si la nostra caldera Baxiroca té un rendiment (η) del 91 %, utilitzarem la següent fórmula per calcular la quantitat d'energia que haurem de pagar a la companyia (E_c):

$$\eta = \frac{E_U}{E_C} \qquad E_C = \frac{E_U}{\eta} \qquad E_C = \frac{E_U}{0,91}$$

	E_u (kWh)	E_c (kWh)
Gener	1525,78	1676,68
Febrer	1160,49	1275,26
Març	1103,30	1212,42
Abril	804,01	883,53
Maig	475,58	522,62
Juny	241,08	264,92
Juliol	198,88	218,55
Agost	203,20	223,30
Setembre	200,83	220,69
Octubre	484,95	532,91
Novembre	914,24	1004,66
Desembre	1317,45	1447,75

Taula 2.3.1.-1: Càlcul de l'energia consumida per la caldera de gas natural.

2.3.2. Terme energia (TEU).

El cost del consum és de 0,05078971 €/kWh. Per tant, el cost mensual de l'energia consumida serà el següent:

	Consum mensual (kWh)	Cost de l'energia (€/kWh)	Cost del consum (€)
Gener	1676,68	0,05078971	85,16
Febrer	1275,26	0,05078971	64,77
Març	1212,42	0,05078971	61,58
Abril	883,53	0,05078971	44,87
Maig	522,62	0,05078971	26,54
Juny	264,92	0,05078971	13,46
Juliol	218,55	0,05078971	11,10
Agost	223,30	0,05078971	11,34
Setembre	220,69	0,05078971	11,21
Octubre	532,91	0,05078971	27,07
Novembre	1004,66	0,05078971	51,03
Desembre	1447,75	0,05078971	73,53

Taula 2.3.2.-1: Cost consum del gas natural.

2.3.3. Terme fix (TF).

El terme fix és independent del consum del gas, és a dir, cada més s'ha de pagar el mateix, tant com si gastes molt gas com si no utilitzes la caldera. Depèn de la tarifa contractada. En el cas de la T.2 el terme fix és de **8,58 €/mes**.

2.3.4. Impost hidrocarburs general (IHG).

L'aplicació d'aquest impost la va establir el Ministeri d'Indústria, complint amb la *Llei 15/2012 del 27 de desembre*, i grava tots els consumidors de gas a partir de l'1 de gener

de 2013. Els consumidors domèstics seran gravats amb un impost general de 0,00234 €/kWh.

La següent taula mostra el cost mensual d'aquest impost segons el nostre consum:

	Consum mensual (kWh)	Cost IHG (€/kWh)	IHG (€)
Gener	1676,68	0,00234	3,923
Febrer	1275,26	0,00234	2,984
Març	1212,42	0,00234	2,837
Abril	883,53	0,00234	2,067
Maig	522,62	0,00234	1,223
Juny	264,92	0,00234	0,620
Juliol	218,55	0,00234	0,511
Agost	223,30	0,00234	0,523
Setembre	220,69	0,00234	0,516
Octubre	532,91	0,00234	1,247
Novembre	1004,66	0,00234	2,351
Desembre	1447,75	0,00234	3,388

Taula 2.3.4.-1: Impost hidrocarburs general.

2.3.5. Lloguer d'equips (LLE).

Aquest és el cost mensual del lloguer d'un comptador de gas natural que imposa el BOE núm. 314 a 31 de desembre de 2012:

Caudal del comptador (m³/h)	Tarifas del alquiler
Hasta 3 m ³ /hora	0,69 €/mes
Hasta 6 m ³ /hora	1,25 €/mes
Superior a 6 m ³ /hora. % por 1.000 del valor medio del contador que se fija a continuación.	12,5 por 1.000 del valor medio del contador que se fija a continuación/mes.

Taula 2.3.5.-1: Cost del lloguer d'un comptador de gas natural. (Font: BOE núm. 314 a 31 de desembre de 2012).

2.3.6. Cost mensual total del gas natural.

	TEU (€)	TF (€)	IHG (€)	LLE (€)	Subtotal (€)	TOTAL (amb 21% d'I.V.A.) (€)
Gener	85,16	8,58	3,923	0,69	98,35	119,01
Febrer	64,77	8,58	2,984	0,69	77,02	93,20
Març	61,58	8,58	2,837	0,69	73,69	89,16
Abril	44,87	8,58	2,067	0,69	56,21	68,01
Maig	26,54	8,58	1,223	0,69	37,03	44,81
Juny	13,46	8,58	0,620	0,69	23,35	28,25
Juliol	11,10	8,58	0,511	0,69	20,88	25,27
Agost	11,34	8,58	0,523	0,69	21,13	25,57
Setembre	11,21	8,58	0,516	0,69	21,00	25,41
Octubre	27,07	8,58	1,247	0,69	37,59	45,48
Novembre	51,03	8,58	2,351	0,69	62,65	75,81
Desembre	73,53	8,58	3,388	0,69	86,19	104,29
COST ANUAL					615,09	744,26

*Taula 2.3.5.-1: Cost mensual total del gas natural.***2.4. Despeses anuals totals.**

Cost referent a la suma de les despeses anuals del gas natural, de la caldera i dels radiadors. Suposant que la inversió en els materials (caldera i radiadors) la paguéssim durant el primer any; conseqüentment, durant els pròxims anys, només hauríem de pagar el cost del gas natural.

	Caldera (€)	Radiadors (€)	Gas natural (€/any)	TOTAL (€/any)
Despeses	885,00	2.323,27	744,26	3.952,53

Taula 2.4.-1: Despeses anuals totals del sistema de gas natural.

3. Caldera de biomassa.

El terme biomassa fa referència a la matèria orgànica que constitueix els residus i restos d'éssers vius formada per algun procés biològic o artificial. S'utilitza com a combustible per a la generació d'energia, en aquest cas, tèrmica. La diferència principal entre els combustibles fòssils i la biomassa és que els primers no poden ser produïts per l'home, que només pot actuar com a recol·lector, mentre que idealment la biomassa és conreable. A la pràctica, per criteris de sostenibilitat i sobretot de capacitat de càrrega, resulta que no tenim espai suficient a la Terra per conrear tanta biomassa com per substituir l'energia obtinguda actualment amb els combustibles fòssils. Aquest és el cicle de formació de la biomassa:

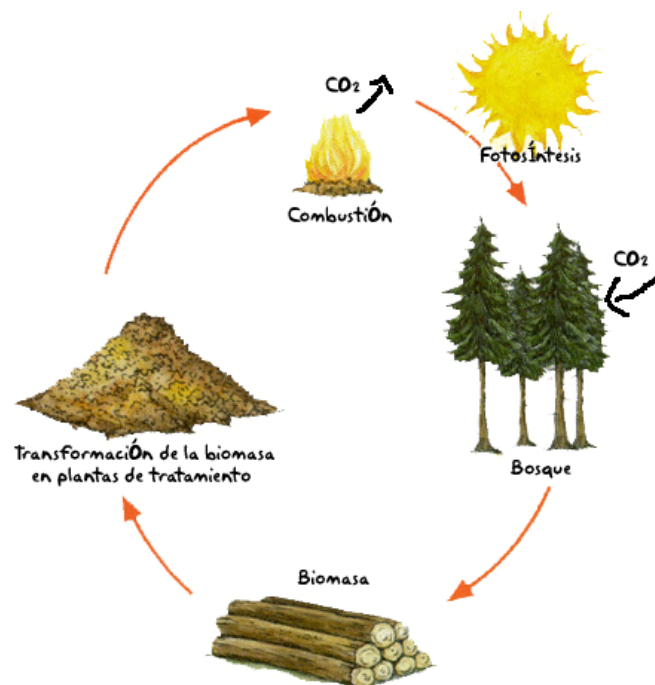


Fig. 3.2.-1: Cicle de formació de la biomassa. (Font: www.fundacionsustrai.org).

Les despeses que suposa un sistema de calefacció i ACS amb biomassa són la caldera, els radiadors i el combustible que, en aquest cas, són pèl·lets de fusta.

3.1. Caldera.

3.1.1. Funcionament.

Quan el combustible arriba al plat de combustió, aquest es crema fent que els fums calents que surten de la combustió, pugin fins l'intercanviador de calor, on s'escalfa

l'aigua dels circuits de calefacció i ACS. Seguidament, els fums són dirigits amb un ventilador fins la xemeneia, per la qual són expulsats.

3.1.2. Característiques de la caldera.

La caldera de biomassa que necessitem ha de ser mixta (ACS i calefacció). En el cas de la biomassa, el mercat de les calderes no és tan ampli com ho pot ser el de les de gas natural. Tot i així hem de trobar la més adequada segons les nostres necessitats, dintre dels diferents tipus de calderes de biomassa.

3.1.2.1. Tipus de combustible.

La nostra caldera serà una específica per **pèl·lets de fusta** ja que són altament eficients vers les mixtes que són més cares. En alguns casos poden utilitzar altres biocombustibles amb característiques similars sempre que el fabricant així ho garanteixi. Existeixen calderes multicomcombustibles que permeten la combinació de diferents tipus de biomassa, com els pèl·lets de fusta i estelles, però que són fabricades amb potències molt elevades. Com que el nostre habitatge presenta una demanda d'energia baixa no necessitem tanta potència en la caldera.

3.1.2.2. Tecnologia.

La tecnologia que hem escollit i que s'adapta més a les nostres necessitats funcionals i econòmiques és la **caldera estàndard de biomassa**. Està dissenyada per un biocombustible determinat (pèl·lets de fusta, estelles, llenya...) i poden arribar a rendiments del 94 %, tot i que pot ser possible l'ús d'un biocombustible alternatiu amb un rendiment més baix.

3.1.2.3. Tipus de servei.

Depenent del tipus de servei, busquem una caldera **instantània**, és a dir, que es posa en funcionament quan hi ha qualsevol demanda d'energia. Això suposa un consum més gran de combustible però, per altra banda, ens estalviarem l'elevat cost d'un acumulador que emmagatzemi l'aigua calenta.

3.1.2.4. Automatització.

Segons el nivell de comoditat i de qualitat de la caldera, escollirem una **totalment automatitzada**, és a dir, que el client hagi de fer el mínim treball possible pel bon manteniment de la caldera. Aquesta automatització comprèn accions com la modulació de la potència, transport del combustible fins la caldera, l'extracció de les cendres, la neteja del plat de combustió i de l'intercanviador de calor, etc.

3.1.2.5. Lloc d'on agafa l'oxigen per la combustió.

La combustió es realitzarà en un lloc tancat dintre de la caldera. Les calderes que realitzen la combustió amb aquest mètode s'anomenen **estanques**. Els avantatges que tenen són la seguretat, ja que no emet CO_2 dintre de l'habitació on està instal·lada, sinó que ho fa a l'exterior, i no tenen perquè ser instal·lades en una sala de calderes.

3.1.2.6. Emmagatzematge del combustible.

El lloc on emmagatzemarem els pèl·lets de fusta serà en una **tremuja** metàl·lica, que ve incorporada a la caldera. L'inconvenient principal és que s'ha d'omplir manualment diversos cops a l'any ja que no té una gran capacitat. En canvi, estalviarem molt espai i, sobretot, diners.

3.1.2.7. Potència.

Amb la potència útil que requereix l'habitatge per l'ACS i la calefacció, que és de 7,9 kW, podem calcular la potència nominal que necessitem que tingui la nostra caldera amb els següents càlculs:

$$\eta = \frac{P_U}{P_C} \qquad P_C = \frac{P_U}{\eta} \qquad P_C = \frac{7,9}{0,907} = \mathbf{8,71 \text{ kW}}$$

Per tant, la nostra caldera haurà de tenir com a mínim una potència de **8,71 kW**.

3.1.3. Model i marca de la caldera.

Triar una primera marca en el mercat de les calderes de biomassa és molt important ja que ofereixen una vida útil molt més llarga que les segones marques, disponibilitat de recanvis, manteniment, i molts més avantatges que compensen el seu cost més elevat. La caldera que hem triat és la **BioCalora Series 3000 Basic**. BioCalora és el

distribuïdor líder a Espanya de calderes i estufes de biomassa per ús domèstic. Aquest model té un disseny compacte. A l'apartat de les característiques de la caldera, hem dit que buscàvem una instantània, doncs aquesta que hem trobat es troba en un punt intermedi: no necessita cap acumulador però disposa d'un gran volum d'aigua al seu interior per fer un servei instantani de l'ACS. D'aquesta manera la caldera no haurà de posar-se en funcionament cada cop que hi hagi una demanda d'energia. Això redueix el consum de combustible i els costos d'instal·lació i l'espai ocupat per aquest acumulador. La caldera se subministra amb el cremador, el cargol sense fi d'alimentació i la tremuja metàl·lica de 300 litres de capacitat.



Fig. 3.1.3.-1: Caldera BioCalora S3000B. (Font: www.biocalora.com).

Aquestes són les característiques tècniques d'aquesta caldera:

Datos técnicos			Dimensiones		
Potencia térmica nominal	kW	10-14,5	Altura total	mm	1750
Rango de potencia térmica	kW	11-15	Anchura cuerpo	mm	590
Calor cedido al ambiente	kW	1,0	Anchura con maneta limpieza	mm	650
Consumo a potencia nominal	kg/h	3,5	Profundidad cuerpo	mm	730
Consumo a potencia mínima	kg/h	2,5	Profundidad con tubos	mm	780
Poder calorífico combustible	kW/Kg	5	Profundidad quemador	mm	1148
Eficiencia potencia máxima	%	90,7	Diámetro tubo humos	mm	≥150
Eficiencia potencia mínima	%	93,7	Altura centro tubo humos	mm	1470
Peso caldera	Kg	366	Descentrado tubo humos	mm	80
Volumen agua	Litros	200	Peso en vacío	Kg	366
Temperatura máxima de trabajo	°C	80	Volumen agua	Litros	200
Temperatura mínima de trabajo	°C	70	Salida de humos		
Temperatura mínima de retorno	°C	55	Temperatura de humos (mín / max)	°C	105-134
Caudal agua calefacción recomendado	Kg/h	900/1000	Tiro chimenea mínimo necesario	Pa	12,2
Presión de trabajo	bar	1-2	Tiro chimenea mínimo necesario	mbar	0,12
Presión máxima de trabajo	bar	2	Diámetro salida de humos	mm	150
Consumo eléctrico nominal	W	60	Diámetro chimenea	mm	150
Consumo eléctrico encendido	W	300			
Voltaje		220V - 50 Hz - 5 A			

Taula 3.1.3.-1: Característiques tècniques BioCalora Series 3000 Basic. (Font: "La guía de instalaciones térmicas con biomasa" de BioCalora).

3.1.4. Preu de la caldera.

Aquest és el pressupost de la caldera BioCalora, que ens ha proporcionat l'empresa d'instal·lacions "Gasfriocalor":

BioCalora Series 3000 Basic	5974,00 €
Transport	350,00 €
Instal·lació	500,00 €
Subtotal	6824,00 €
I.V.A. (21% de 6824)	1433,04 €
TOTAL	8257,04 €

Taula 3.1.4.-1: Pressupost caldera BioCalora Series 3000 Basic. (Font: "Gasfriocalor").

3.2. Radiadors.

Pel que fa als radiadors, utilitzarem els mateixos que els del gas natural, ja que el combustible utilitzat no afecta en el tipus de radiador. Per tant, la despesa dels radiadors serà de **2.323,27 €** (apartat 2.2.2. de la 2^a part teòrica, despeses econòmiques).

3.3. Pèl·lets de fusta.

El cremador que hem escollit per la nostra caldera BioCalora és específic per pèl·lets de fusta d'alta qualitat. Concretament, aquesta marca ens recomana que tinguin el certificat EN plus A1, que es basa en la norma europea EN 14961-2. Aquesta normativa es refereix als pèl·lets de fusta par ús no industrial. La gamma EN plus es divideix en tres qualitats, l'A1, l'A2 i la B. L'A1 representa pèl·lets de fusta verges i residus de fusta sense tractar químicament, amb baixos continguts en cendres, nitrogen i clor.

Com que tenim un sistema d'emmagatzematge dels pèl·lets de fusta basat en una tremuja, els hem de demanar en sacs i no a granel.

3.3.1. Quantitat de pèl·lets de fusta.

Per saber quants sacs hem de comprar, hem de saber quants quilograms de pèl·lets de fusta necessitem.

3.3.1.1. Energia consumida.

La quantitat de combustible que utilitzarem no depèn de la demanda d'energia de l'habitatge, sinó de la de la caldera. Com va passar amb la de gas natural, hem de calcular l'energia consumida (E_c). En aquest cas, però, el rendiment de la caldera BioCalora és del 93,7 %.

$$\eta = \frac{E_U}{E_C} \quad E_C = \frac{E_U/any}{\eta} \quad E_C = \frac{8629,79}{0,937} = 9.210,02 \text{ kWh/any}$$

3.3.1.2. Càlcul de la quantitat de pèl·lets de fusta.

La quantitat de pèl·lets de fusta que necessitem és el quocient entre l'energia consumida i el poder calorífic dels pèl·lets de fusta amb el certificat EN plus A1, que és de 5 kWh/kg, aproximadament:

$$n = \frac{E_C}{P_C}$$

On:

n = quantitat de pèl·lets de fusta (kg/any).

E_C = energia consumida a l'any (9.210,02 kWh/any).

P_C = poder calorífic dels pèl·lets de fusta amb certificat EN plus A1 (5 kWh/kg).

$$n = \frac{9.210,02 \text{ kWh/any}}{5 \text{ kWh/kg}} = \mathbf{1842 \text{ kg/any}} = 1,84 \text{ t/any}$$

3.3.2. Preu dels pèl·lets de fusta.

L'empresa distribuïdora de pèl·lets de fusta que hem triat és "Pellet Girona". Es troba relativament a prop del nostre habitatge i disposa del certificat EN plus A1.

"Pellet Girona" reparteix els pèl·lets de fusta en sacs de 15 kg. Per tant nosaltres necessitarem el següent nombre de sacs:

$$n = \frac{1842 \text{ kg/any}}{15 \text{ kg/sac}} = 122,8 \text{ sacs/any}$$

Aquest és el pressupost del consum de pèl·lets en un any:

Cost dels sacs	122,8 sacs x 4,63 €/sac =	568,56 €
Cost del transport	122,8 sacs x 0,84 €/sac =	103,15 €
TOTAL (I.V.A. 21% inclòs)		671,71 €

Taula 3.3.2.-1: Pressupost dels pèl·lets de fusta. (Font: www.pelletgirona.com).

3.4. Despeses totals anuals.

Cost referent a la suma de les despeses anuals dels pèl·lets de fusta, de la caldera i dels radiadors. Suposant que la inversió en els materials (caldera i radiadors) la paguéssim durant el primer any; consegüentment, durant els pròxims anys, només hauríem de pagar el cost dels pèl·lets.

	Caldera (€)	Radiadors (€)	Pèl·lets (€/any)	TOTAL (€/any)
Despeses	8.257,04	2.323,27	671,71	11.252,02

Taula 3.4.-1: Despeses totals anuals del sistema de biomassa.

4. Bomba de calor aire-aigua.

La bomba de calor funciona seguint el principi d'un frigorífic, que retira el calor dels aliments i el treu a l'exterior. En el cas de la bomba de calor aire-aigua, es tracta d'aprofitar, de forma natural, el calor de l'ambient per escalfar aigua. Aquest és un dels sistemes de calefacció i ACS més eficients ja que pot tenir rendiments majors del 400%, ja que l'única energia que consumeix és la de transportar l'aire des de l'exterior fins l'interior de l'aparell. Això vol dir que si consumeix 1 kWh d'electricitat, en produirà 4 d'energia tèrmica.

Les despeses de les que consta la instal·lació d'una bomba de calor aire-aigua en un habitatge són la mateixa bomba de calor, l'electricitat i els radiadors.

4.1. Bomba de calor.

Per escollir una bona bomba de calor hem de tenir en compte els diferents tipus que hi ha i buscar-ne el més adient pel nostre ús.

4.1.1. Funcionament.

El calor de l'ambient escalfa el líquid refrigerant, que en aquest procés s'evapora. Posteriorment, un compressor comprimeix el refrigerant gasós, potenciant encara més el seu escalfament. A la bomba de calor, el refrigerant gasós i calent, pot ara transmetre el seu calor al circuit de calefacció i d'ACS. Quan es refreda, el refrigerant torna al seu estat líquid i es polvoritza a través d'una vàlvula d'expansió, que potencia el refredament del refrigerant permetent-li tornar a absorbir el calor de l'ambient i, així poder començar de nou el cicle.

4.1.1.2. Característiques de la bomba de calor.

4.1.1.2.1. Subministrament.

La bomba de calor treballarà tant per la calefacció com per l'ACS, per tant, necessitem una bomba de calor **mixta**.

4.1.1.2.2. Tipus d'energia que la fa funcionar.

El transportament de l'aire d'un lloc a l'altre es farà mitjançant un motor elèctric, per tant, l'energia que utilitzarà serà l'**elèctrica**.

4.1.1.2.3. Tipus de bombes.

També podem dividir les bombes de calor en diversos tipus segons els elements que intervenen en l'intercanvi de calor. La nostra bomba serà, com hem dit avants, d'**aire-aigua**, ja que aquesta agafa l'aire per escalfar l'aigua. D'aquesta manera la bomba de calor funcionarà com una caldera de gas natural o de biomassa, pel que fa al subministrament de l'aigua calenta, que serà per radiadors (en el cas de la calefacció).

4.1.1.2.4. Tipus de servei.

El servei que proporcionarà la bomba de calor no serà instantani, sinó que aquesta disposarà d'un **dipòsit d'ACS** per estalviar energia i augmentar l'eficiència, ja que la bomba de calor no s'haurà de posar en marxa cada cop que hi hagi una demanda o cada cop que obris l'aixeta.

4.1.1.3. Marca i model de la bomba de calor.

Escollir una bomba de calor que tingui totes aquestes característiques que necessitem, a més a més que sigui una primera marca fiable i no molt cara, no és fàcil. Amb tot això, la bomba de calor que hem triat és la **Viessmann Vitocal 222-S**. Aquesta es caracteritza per una elegant unitat interior extremadament silenciosa, i per una moderna unitat exterior, que ha d'estar situada fora de l'habitatge. Això ofereix l'avantatge d'una instal·lació flexible i ràpida, adaptable a qualsevol instal·lació. Aquesta bomba de calor té un elevat grau d'eficiència ja que incorpora la tecnologia inverter, que adapta la capacitat del compressor a la necessitat exacta de calor. També incorpora, en la seva unitat interior, un interacumulador d'ACS per augmentar l'eficiència de la bomba de calor i que aquesta no hagi de posar-se en funcionament cada cop que hi hagi una demanda. Pel que fa a la potència tèrmica nominal d'aquesta bomba de calor, hem triat el model de 8,39 kW, que s'ajusta perfectament a la nostra potència necessària.

Aquestes són les principals característiques tècniques de la bomba de calor:

Vitocal 222-S	Modelo	AWT-AC 221.A07
Rango de potencia térmica (EN 14511, A7/W35 °C, salto térmico 5 K)		
Potencia térmica nominal	kW	8,39
Coefficiente de rendimiento ϵ (COP)		4,35
Modulación de potencia	kW	1,8 - 9,5
Rango de potencia frigorífica (EN 14511, A35/W18 °C, salto térmico 5 K)		
Potencia frigorífica nominal	kW	8,80
Coefficiente de rendimiento ϵ (EER)		3,35
Modulación de potencia	kW	1,6 - 8,0
Volumen acumulador A.C.S. Vitocal 242-S	l	220
Volumen acumulador A.C.S. Vitocal 222-S	l	170

Taula 4.1.1.3.-1: Característiques tècniques Viessmann Vitocal 222-S. (Font: www.viessmann.es).

I aquestes són algunes imatges del conjunt que forma la bomba de calor:



Fig. 4.1.1.3.-1: Imatges de la bomba de calor Viessmann Vitocal 222-S. (Font: www.viessmann.es).

4.1.1.4. Preu de la bomba de calor.

Hem contactat amb una empresa de Girona, anomenada “Servillar Palafrugell”, que ens ha proporcionat un pressupost de la instal·lació d’aquesta bomba de calor. Aquesta empresa es dedica a la instal·lació de sistemes de calefacció, aire condicionat, electricitat, sistemes solars, electrodomèstics, etc. Aquest és el pressupost:

Viessmann Vitocal 222-S	5751,00 €
Instal·lació	150,00 €
Subtotal	5901,00 €
I.V.A. (21% de 5901)	1239,21 €
TOTAL	7140,21 €

Taula 4.1.1.4.-1: Pressupost de la bomba de calor Viessmann Vitocal 222-S. (Font: “Servillar Palafrugell”).

4.1.2. Radiadors.

Els radiadors seran els mateixos que hem utilitzat amb la caldera de gas natural i la de biomassa, ja que independentment del tipus de font d’energia, el que circula pels

radiadors és sempre aigua. Per tant, el preu total dels radiadors, subministrament, instal·lació, etc. serà de **2.323,27 €** (apartat 2.2.2. de la 2^a part teòrica, despeses econòmiques).

4.1.3. Electricitat.

Com ho vam fer amb el gas natural, escollirem la Tarifa d'Últim Recurs (TUR).

Aquestes són els preus que imposa la TUR:

Tarifa de acceso	Término de potencia en €/kW y mes	Término de energía €/kWh
2.0A	2,970789	0,124985

Taula 4.1.3.-1: TUR electricitat. (Font: www.endesaonline.es).

4.1.3.1. Energia consumida.

Com que la bomba de calor té un rendiment del 464 % (COP = 4,64), hem de calcular la quantitat d'energia (E_c) que haurem de pagar a la companyia subministradora de l'electricitat. Per fer-ho, utilitzarem la següent fórmula:

$$\eta = \frac{E_U}{E_C} \qquad E_C = \frac{E_U}{\eta} \qquad E_C = \frac{E_U}{4,64}$$

	E_u (kWh/mes)	E_c (kWh/mes)
Gener	1525,78	328,83
Febrer	1160,49	250,11
Març	1103,3	237,78
Abril	804,01	173,28
Maig	475,58	102,50
Juny	241,08	51,96
Juliol	198,88	42,86
Agost	203,2	43,79
Setembre	200,83	43,28
Octubre	484,95	104,52
Novembre	914,24	197,03
Desembre	1317,45	283,93

Taula 4.1.3.1.-1: Càlcul de l'energia consumida per la bomba de calor.

4.1.3.2. Terme energia (TEU).

El preu de l'energia imposat pel govern en la TUR és de 0,124985 €/kWh. Per tant, el cost mensual de l'energia consumida serà el següent:

	Consum (kWh/mes)	Cost de l'energia (€/kWh)	Cost del consum(€/mes)
Gener	328,83	0,124985	41,10
Febrer	250,11	0,124985	31,26
Març	237,78	0,124985	29,72
Abril	173,28	0,124985	21,66
Maig	102,50	0,124985	12,81
Juny	51,96	0,124985	6,49
Juliol	42,86	0,124985	5,36
Agost	43,79	0,124985	5,47
Setembre	43,28	0,124985	5,41
Octubre	104,52	0,124985	13,06
Novembre	197,03	0,124985	24,63
Desembre	283,93	0,124985	35,49

Taula 4.1.3.2.-1: Cost del consum d'electricitat de la bomba de calor.

4.1.3.3. Terme potència (TPU).

Depèn de la potència contractada i cada mes és el mateix, independentment del consum elèctric, que ne la nostra bomba de calor serà el següent:

$$\eta = \frac{P_U}{P_C} \qquad P_C = \frac{P_U}{\eta} = \frac{7,9}{4,64} = 1,7 \text{ kW}$$

Segons la TUR és de 2,970789 €/kW i mes. El cost mensual serà el següent:

$$\text{TPU} = 2,970789 \text{ €/(kW} \cdot \text{mes)} \times 1,7 \text{ kW} = \mathbf{5,05 \text{ €/mes}}$$

4.1.3.4. Impost electricitat (IE).

Aquest impost sobre l'electricitat es basa en multiplicar la suma del cost del terme energia i potència per 1,05113 i per 0,04864.

	Σ TPU i TEU (€/mes)	Impost electricitat (€/mes)
Gener	46,15	2,359
Febrer	36,31	1,856
Març	34,77	1,778
Abril	26,71	1,365
Maig	17,86	0,913
Juny	11,54	0,590
Juliol	10,41	0,532
Agost	10,52	0,538
Setembre	10,46	0,535
Octubre	18,11	0,926
Novembre	29,68	1,517
Desembre	40,54	2,073

Taula 4.1.3.4.-1: Càlcul de l'impost sobre l'electricitat

4.1.3.5. Lloguer d'equips (LLE).

El lloguer d'un comptador elèctric digital, que actualment imposa el Govern vers els analògics, és de **0,81 €/mes**.

4.1.3.6. Cost mensual total de l'electricitat.

	TEU (€)	TPU (€)	IE (€)	LLE (€)	Subtotal (€)	TOTAL (amb 21% d'I.V.A.) (€)
Gener	41,10	5,05	2,359	0,81	49,32	59,68
Febrer	31,26	5,05	1,856	0,81	38,98	47,16
Març	29,72	5,05	1,778	0,81	37,36	45,20
Abril	21,66	5,05	1,365	0,81	28,89	34,95
Maig	12,81	5,05	0,913	0,81	19,58	23,70
Juny	6,49	5,05	0,590	0,81	12,94	15,66
Juliol	5,36	5,05	0,532	0,81	11,75	14,22
Agost	5,47	5,05	0,538	0,81	11,87	14,36
Setembre	5,41	5,05	0,535	0,81	11,81	14,28
Octubre	13,06	5,05	0,926	0,81	19,85	24,01
Novembre	24,63	5,05	1,517	0,81	32,01	38,73
Desembre	35,49	5,05	2,073	0,81	43,42	52,54
COST ANUAL					317,76	384,49

Taula 4.1.3.5.-1: Cost mensual total de l'electricitat consumida per la bomba de calor.

4.1.4. Despeses anuals totals.

Cost referent a la suma de les despeses anuals de la bomba de calor, de l'electricitat i dels radiadors. Suposant que la inversió en els materials (bomba de calor i radiadors) la paguéssim durant el primer any; conseqüentment, durant els pròxims anys, només hauríem de pagar el cost de l'electricitat.

	Bomba de calor (€)	Radiadors (€)	Electricitat (€/any)	TOTAL (€/any)
Despeses	7.140,21	2.323,27	384,49	9.847,97

Taula 4.1.4.-1: Despeses anuals totals de la instal·lació d'una bomba de calor.

5. Estufes i escalfador de gas butà.

El motiu pel qual hem triat aquest sistema és que no tan sols hem de buscar noves tecnologies que tinguin grans rendiments i alts nivells de comoditat, sinó que també hem d'anar una mica enrere en el temps per trobar tecnologies que utilitzen gas butà i que, encara avui, es segueixen utilitzant. Segurament, la utilització de bombones de gas butà no és el més còmode, però probablement sigui un dels sistemes més barats, pel que fa als materials que s'utilitzen per transformar-lo en calor.

L'inconvenient que tenen aquests tipus de sistemes que utilitzen gas butà és que s'ha d'anar canviant manualment les bombones de butà cada cop que es gastin.

Les despeses que comprèn aquest sistema són l'escalfador, les estufes i el gas butà.

5.1. Estufes a gas butà.

Per la calefacció utilitzarem estufes de gas butà, que són uns aparells que emeten calor a través de la combustió d'aquest gas. Escalfen l'ambient molt més ràpid que les estufes elèctriques ja que generen més potència. Durant la combustió del gas es produeix anhídrid carbònic (CO_2), quan s'uneixen una molècula de carboni (C) i dos d'oxigen (O_2) formant el CO_2 , anomenat també diòxid de carboni. Però si l'habitació és petita i tancada, impedit la renovació de l'aire, quan es consumeix l'oxigen, comença a produir-se monòxid de carboni (CO), que té conseqüències letals, ja que no fa olor i no avisa, produint la mort. Per tant, sempre s'ha de tenir una porta o finestra oberta per que l'aire es renovi i no es produeixi el monòxid de carboni (CO).

5.1.1. Característiques de les estufes.

D'estufes de gas butà no n'hi ha molts tipus, però tot i així hem de fixar-nos bé i escollir el que més s'ajusta a les nostres necessitats. Així que aquests són els diferents tipus i les seves característiques:

- Per infrarojos: escalfen per radiació i generen una major sensació de calor però a la vegada produeixen alts nivells de CO_2 .
- Per convecció: aquest sistema escalfa l'aire i fa que aquest pesi menys i pugi, al fer-ho genera un buit que és ocupat per aire fred, llavors l'aire calent baixa i torna a començar el cicle ascendent i descendent calefactant tot l'ambient.

- **Catalítiques:** funcionen per combustió de gas, a través d'un panell que generalment és fabricat amb platí i estructura de doble capa, el qual irradia calor, sense flama viva. Escalfa, a la vegada, per radiació i per convecció.

Hem escollit les **catalítiques** ja que escalfen d'una manera més equilibrada, pel que fa a la distribució de la calor.

5.1.2. Nombre d'estufes necessàries.

Com que les estufes de gas butà tenen un 100 % de rendiment, podem afirmar que la potència que la potència que consumiran aquestes estufes serà de **7,9 kW**.

Si cada estufa té una potència de 2,8 kW, en necessitem:

$$7,9 \text{ kW} \cdot \frac{1 \text{ estufa}}{2,8 \text{ kW}} = 2,82 \text{ estufes}$$

Arrodonint a l'alça, necessitem **3 estufes**.

5.1.3. Marca i model de les estufes.

Per escollir una marca ens hem de fixar en la relació preu-qualitat, per això hem triat l'**HJM GC2800**. HJM és una empresa que es dedica principalment a la climatització. Es tracta d'una estufa de gas butà catalítica de 2,8 kW. L'avantatge de les estufes de gas butà és que no necessiten cap instal·lació, a més a més del seu baix cost.



Fig. 5.1.3.-1: Estufa de gas butà HJM GC2800. (Font: www.hjm.es).

5.1.4. Preu de les estufes.

Hem trobat una pàgina web on venen aquesta estufa a molt bon preu. Aquesta pàgina és www.etendencias.com, que pertany a **CASLE, S.A.** Aquest és el pressupost de les estufes de gas butà catalítiques HJM GC2800:

Estufes HJM GC2800	3 un. x 64,5 € =	193,50 €
Transport		33,69 €
Subtotal		227,19 €
I.V.A. (21% de 227,19)		47,10 €
TOTAL		274,29 €

Taula 5.1.4.-1: Pressupost de les estufes HJM GC2800. (Font: www.etendencias.com).

5.2. Escalfador a gas butà.

Per l'ACS instal·larem un escalfador, que és molt semblant a les calderes tradicionals, però s'anomena així quan només funciona per l'ACS. Escalfa l'aigua amb un intercanviador que rep el calor d'una flama.

5.2.1. Característiques de l'escalfador.

5.2.1.1. Tipus de servei.

L'escalfador incorpora un sistema de **microacumulació**, que consisteix en un petit dipòsit dintre del mateix aparell en el que es va acumulant l'aigua ja calenta, preparada perquè quan s'obri l'aixeta surti calenta. Amb aquest sistema estalviarem gas i aigua a la vegada.

5.2.1.2. Lloc d'on agafa l'oxigen per la combustió.

La combustió dintre de l'escalfador es farà en un lloc tancat. Aquests escalfadors s'anomenen **estancs**. Hem escollit aquest tipus d'escalfadors ja que, per altra banda, els atmosfèrics, que realitzen la combustió en una cambra oberta, no es poden instal·lar ja que el RITE (Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis) ho ha prohibit.

5.2.1.3. Regulació del cremador.

L'escalfador tindrà un sistema **modulant**, que consisteix en regular la quantitat de gas per la combustió segons la quantitat d'energia que es demanda. Així estalviarem en el consum del gas.

5.2.2. Marca i model de l'escalfador.

L'escalfador que hem triat i que compleix totes les característiques anteriors, és el **Saunier Duval Opalia F 11 E**. *Saunier Duval* és una corporació que pertany a *Vaillant Group*, un grup empresarial d'àmbit multinacional, que lidera a Europa en el subministrament de sistemes intel·ligents pel confort domèstic. Es dedica principalment a les activitats d'ACS, calefacció i climatització. *Saunier Duval* ha innovat molt en el món de la tecnologia del confort, seguretat i medi ambient, sent el fabricant que ha desenvolupat la primera caldera mural mixta a gas, la caldera estanca, l'escalfador sense pilot, la caldera mural de condensació directa i altres creacions que s'utilitzen arreu del

món. Aquesta marca, doncs, ens aporta fiabilitat i seguretat amb el nostre escalfador, en aquest cas.



Fig. 5.2.2.-1: Escalfador Saunier Duval Opalia F 11 E. (Font: www.gasfriocalor.com).

Aquesta és la seva fitxa tècnica:

	Opalia F 11 E
Tipo Encendido	Sin piloto
Encendido Piloto	Red eléctrica
Caudal Específico (Dt = 25°C)	11
Dimensiones (mm)	682x352x266
Gas	Natural/Butano

Taula 5.2.2.-1: Característiques tècniques Saunier Duval Opalia F 11 E. (Font: www.saunierduval.es).

5.2.3. Preu de l'escalfador.

L'empresa que ens ha facilitat el pressupost amb tots els costos addicionals que comporta la instal·lació d'aquest escalfador ha sigut "Gasfriocalor". Aquest és el pressupost:

Escalfador Saunier Duval Opalia F 11 E	424,00 €
Instal·lació, transport, etc.	100,00 €
Subtotal	524,00 €
I.V.A. (21% de 524)	110,04 €
TOTAL	634,04 €

Taula 5.2.3.-1: Pressupost Saunier Duval Opalia F 11 E. (Font: Gasfriocalor).

5.2.4. Gas butà.

El gas butà es comercialitza en bombones, per tant, sabent el preu de cada bombona, podrem calcular quin serà el cost anual del gas butà amb aquest sistema.

5.2.4.1. Energia consumida.

L'energia consumida és la que hem de pagar. Per tant, si sabem l'energia útil i el rendiment dels aparells, la podrem calcular.

Les estufes de gas butà tenen uns rendiments molt pròxims al 100 %, amb la qual cosa no fa falta calcular l'energia consumida, ja que serà igual o gairebé igual a l'útil.

5.2.4.1.1. Energia consumida de l'escalfador.

L'escalfador que hem triat té un rendiment del 87 %. Per calcular l'energia consumida, doncs, utilitzarem la següent fórmula:

$$\eta = \frac{E_U}{E_C} \quad E_C/\text{any} = \frac{E_U/\text{any}}{\eta} \quad E_C = \frac{2531,74}{0,87} = \mathbf{2.910,05 \text{ kWh/any}}$$

5.2.4.1.2. Energia consumida total.

Per saber el total de l'energia consumida per l'escalfador i les estufes haurem de sumar el consum de cada aparell.

$$E_c = E_{\text{CALEF.}} + E_{\text{ACS}} = E_{\text{ESTUFES}} + E_{\text{ESCALFADOR}} = 6098,06 + 2910,05 = \mathbf{9.008,11 \text{ kWh/any}}$$

5.2.4.2. Massa de gas butà.

A partir de l'energia consumida podrem calcular la massa de gas butà a la que equival aquest consum d'energia.

Primer de tot, passarem els kWh a kJ:

$$9.008,11 \frac{\text{kWh}}{\text{any}} \times \frac{3600 \text{ kJ}}{1 \text{ kWh}} = 32.429.196 \text{ kJ/any}$$

Ara ja podem calcular la massa amb el poder calorífic (P_C) del gas butà, que és de 49.608 kJ/kg.

$$m = \frac{E}{P_C} = \frac{32.429.196 \text{ kJ/any}}{49.608 \text{ kJ/kg}} = 653,71 \text{ kg/any}$$

5.2.4.3. Nombre de bombones.

Amb la massa de gas butà que necessitem i els quilograms que hi ha en cada bombona (12,5 kg) podrem calcular el nombre de bombones que necessitem.

$$n = \frac{m}{12,5 \text{ kg}} = \frac{653,71 \text{ kg/any}}{12,5 \text{ kg/bom.}} = 52,3 \text{ bombones/any}$$

5.2.4.4. Preu del gas butà.

Per calcular el preu de les 52,3 bombones de gas butà que es consumeixen anualment hem de saber el preu de cada bombona, que es de 17,5 €, segons el BOE nº 161 de 06/07/2013.

$$n = 52,3 \frac{\text{bom.}}{\text{any}} \times 17,5 \frac{\text{€}}{\text{bom.}} = 915,25 \text{ €/any}$$

5.2.5. Despeses anuals totals.

Cost referent a la suma de les despeses anuals del gas butà, de l'escalfador i de les estufes. Suposant que la inversió en els materials (escalfador i estufes) la paguéssim durant el primer any; conseqüentment, durant els pròxims anys, només hauríem de pagar el cost del gas butà.

	Estufes (€)	Escalfador (€)	Gas butà (€/any)	TOTAL (€/any)
Despeses	274,29	634,04	915,25	1.823,58

Taula 5.2.5.-1: Despeses anuals totals del sistema de gas butà.

6. Plaques solars tèrmiques recolzades per una caldera de gas natural.

L'energia solar és aquella que obtenim de la radiació solar. Es tracta d'una energia renovable, és a dir, que mai s'esgota, i gratuïta, de moment. En aquest cas utilitzarem aquesta radiació solar per escalfar l'ACS i l'aigua que circularà pels radiadors destinats a escalfar l'habitatge. Amb l'energia solar, però, no podem cobrir tota la demanda d'energia de l'habitatge, per això hem d'instal·lar un altre sistema de recolzament que, en el nostre cas, serà amb gas natural.

L'aparell que capta la radiació solar serà un col·lector (placa o captador) solar pla, que es compon de les següents parts principals:

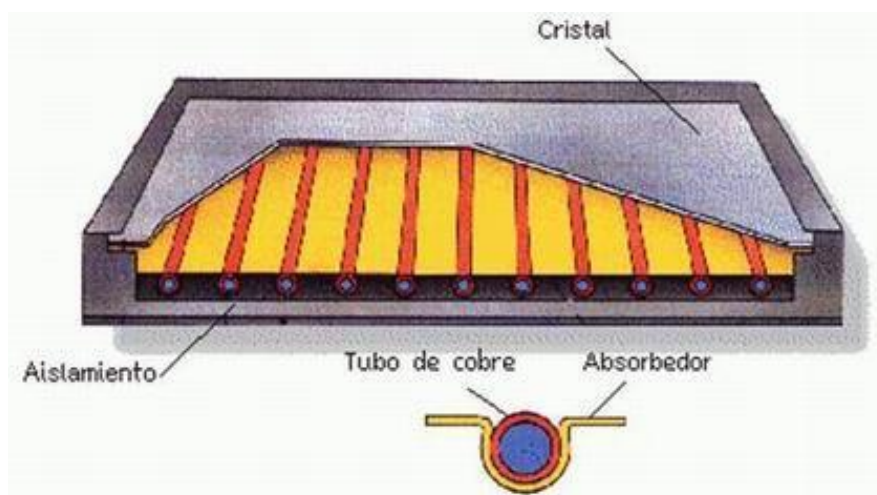


Fig. 6.-1: Parts principals d'un captador solar pla. (Font: www.informativos.net).

Altres components que conformen les plaques solars planes són l'aïllament tèrmic i la caixa protectora.

Per dintre del tub de coure circula un fluid caloportador que transporta aquesta energia tèrmica cap a l'acumulador, on la intercanvia a l'aigua de l'ACS.

En aquest apartat calcularem el cost de la instal·lació d'aquest sistema, que consta de les següents parts: conjunt solar (captador i interacumulador solar), caldera de gas natural, radiadors i gas natural.

6.1. Funcionament.

Un fluid especial que circula pel captador s'escalfa gràcies a la radiació solar. Aquest fluid arriba a l'interacumulador on, mitjançant un intercanviador, transmet el seu calor a l'ACS de l'acumulador. L'aigua de la calefacció s'escalfa igual que la de l'ACS, llevat que en aquest cas no s'utilitza cap acumulador, sinó que el conducte de la calefacció passa pel costat de l'intercanviador i s'escalfa. Quan hi ha qualsevol demanda d'energia, l'aigua de l'interacumulador arriba a la caldera de gas natural, on s'acaba d'eleva la seva temperatura fins la de servei, això fa que l'aigua d'ambdós circuits presenti un salt tèrmic molt més petit que si no hi fos el sistema solar. Els circuits de calefacció i ACS són completament independents.

6.2. Conjunt solar.

El conjunt solar es compon del captador i l'interacumulador solar.

6.2.1. Captador solar.

El captador o col·lector solar és un dispositiu dissenyat per recollir l'energia radiada pel Sol i convertir-la en energia tèrmica.

6.2.1.1. Característiques del captador solar.

6.2.1.1.1. Segons la temperatura.

El captador serà de **baixa temperatura**, és a dir, d'ús domèstic.

6.2.1.1.2. Tipus de captador.

El captador solar que instal·larem serà **pla**. Aquest tipus de captadors consisteixen en una capsa metàl·lica per on circula un fluid, el qual s'escalfa quan s'exposa a la radiació solar.

6.2.1.1.3. Segons la protecció.

Hem escollit uns captadors **protegits**, els quals consten d'una protecció amb un vidre molt fi a la cara que està exposada al Sol, que limita les pèrdues de calor, i les altres cinc cares del captador són opaques i estan aïllades tèrmicament.

6.2.1.1.4. Tipus de circulació.

La circulació del fluid que passa pel captador serà **forçada**, és a dir, una bomba comandada impulsa el fluid cap al captador o l'interacumulador.

6.2.1.2. Marca, model i preu.

Hi ha un ampli mercat de captadors solar, per això hem de triar el que s'adeqüi més a les nostres necessitats. El captador que hem escollit és el **ESCOSOL SOL 2800 XBA**, de l'empresa Salvador Escoda S.A., el qual presenta una gran qualitat, fiabilitat i durabilitat. Aquestes són les seves característiques tècniques:

Modelo	SOL 2800 XBA
Dimens. ext. LxAxH mm	2322x1217 x100
S. Total m ²	2,83
S. absorción m ²	2,55
Rendimiento	
η_0	0,749
a^1 W/m ² /K	5,819
Contraseña de homologación	GPS-8444

Taula 6.2.1.2.-1: Característiques tècniques ESCOSOL SOL 2800 XBA. (Font: www.salvadorescoda.com).



Fig. 6.2.1.2.-1: ESCOSOL SOL 2800 XBA. (Font: www.salvadorescoda.com).

El preu del captador solar és de **419,00 €**.

6.2.2. Interacumulador solar.

L'interacumulador solar té la funció d'intercanviar el calor del fluid caloportador a l'aigua de l'acumulador a través d'un intercanviador i emmagatzemar aquesta aigua, mantenint-la calenta.

6.2.2.1. Marca, model i preu.

L'interacumulador **Salvador Escoda BDE 150** és el que hem triat per la nostra instal·lació. Es tracta d'un interacumulador solar que presenta una bona relació qualitat-preu. Aquestes són les seves característiques tècniques:

Modelo			BDE 150	
Instalación	Capacidad	l	150	
	Superficie de intercambio	m ²	1,15	
	Entrada agua de calentamiento	°C	80	60
Prestaciones	Salida agua de calentamiento	°C	60	50
	Caudal bomba calentamiento	l/h	1800	1800
	Tiempo de calentamiento para Δ=35°C	min.	19	37
	Producción continua agua sanit. a 45°C	l/h	605	295
	Potencia intercambiador	kW	24,5	12
Presión máx. de trabajo	Circuito calentamiento	bar	3	
	Circuito sanitario	bar	6	
	Salida agua caliente sanitaria		3/4" M	
Conexiones	Entrada agua fría sanitaria		3/4" M	
Peso	Neto/bruto	Kg	73/75	



Taula 6.2.2.1.-1: Característiques tècniques Salvador Escoda BDE 150. (Font: www.salvadorescoda.com).

Fig. 6.2.2.1.-1: Salvador Escoda BDE 150. (Font: www.salvadorescoda.com).

El preu de l'interacumulador és de **600,00 €**.

6.2.3. Cost de la instal·lació del conjunt solar.

Aquest és el pressupost de la instal·lació del conjunt solar (captador i interacumulador solar), proporcionat per l'empresa Getèxit S.L. Es tracta d'un pressupost aproximat:

ESCOSOL SOL 2800 XBA	419,00 €
BDE 150	600,00 €
Instal·lació	394,00 €
Subtotal	1413,00 €
I.V.A. (21% de 1413)	296,73 €
TOTAL	1709,73 €

Taula 6.2.3.-1: Cost de la instal·lació del conjunt solar.

6.3. Caldera de gas natural.

La caldera de gas natural que escollirem per duu a terme els treballs de recolzament al sistema solar serà la mateixa que vam utilitzar en el sistema centralitzat de gas natural, és a dir, la **BAXIROCA Victoria Plus 24/24 F**. Les seves característiques tècniques i especificacions es troben a l'apartat 2.1.3. d'aquesta mateixa part dels càlculs de les despeses econòmiques.

Fig. 6.3.-1: BAXIROCA Victoria Plus 24/24 F. (Font: www.shopmania.es).



El seu preu és de **885,00 €** (amb instal·lació i I.V.A. (21%) inclosos).

6.4. Radiadors.

Els radiadors emprats en aquest sistema seran exactament els mateixos que vam utilitzar en el sistema de gas natural, de biomassa i amb bomba de calor. Són els **Rayco Magno 600**, les característiques tècniques dels quals es troben a la *Taula 2.2.2.-I* d'aquesta mateixa part dels càlculs de les despeses econòmiques.



Fig. 6.4.-1: Elements Rayco Magno 600. (Font: www.climamania.com).

El preu d'aquests radiadors és de **2323,27 €** (amb instal·lació i I.V.A. (21%) inclosos).

6.5. Gas natural.

La tarifa de gas natural que hem contractat és la mateixa que la que vam escollir pels càlculs del sistema centralitzat amb caldera de gas natural, la TUR T.2.

Tarifa		Término	
		Fijo (€/cliente)/mes	Variable cent/kWh
T.1	Consumo inferior o igual a 5.000 kWh/año.	4,30	5,750871
T.2	Consumo superior a 5.000 kWh/año e inferior o igual a 50.000 kWh/año.	8,580	5,078971

Taula 6.5.-1: Preus TUR. (Font: BOE núm. 314 de 31/12/2012).

6.5.1. Terme energia (TEU).

Primer de tot hem de calcular l'energia consumida per la caldera de gas natural. Per fer-ho, avants calcularem la contribució d'energia del sistema solar mitjançant el mètode F-Chart.

6.5.1.1. Contribució solar.

Pel dimensionament de les instal·lacions d'energia solar tèrmica es suggereix el mètode de les corbes f (F-Chart), que permet realitzar el càlcul de la cobertura d'un sistema solar, és a dir, de la seva contribució a l'aportació de calor total necessari pel cobriment de les cargues tèrmiques, y del seu rendiment mitjà en un llarg període de temps.

Àmpliament acceptat com un procés de càlcul suficientment exacte per llargues estimacions. Per desenvolupar-lo s'utilitzen dades mensuals mitjanes meteorològiques, y és perfectament vàlid per determinar el rendiment o el factor de cobertura solar en instal·lacions d'escalfament, en tot tipus d'edificis, mitjançant captadors solar plans.

L'equació utilitzada en el mètode F-Chart és aquesta:

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

Els càlculs de la contribució solar per l'ACS i la calefacció els farem per separat, ja que els càlculs són una mica diferents.

6.5.1.1.1. F-Chart per l'ACS.

6.5.1.1.1.1. Paràmetre D_1 .

El paràmetre D_1 expressa la relació entre l'energia absorbida per la placa del captador pla i la carga calorífica total d'escalfament durant un mes:

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

6.5.1.1.1.1.1. Cargues calorífiques mensuals.

Referent a la demanda energètica que suposa l'escalfament de l'ACS, el qual hem de tornar a calcular ja que, en el cas d'utilitzar un interacumulador, l'ACS només s'ha d'escalfar fins els 45 °C. Aquesta aigua, després, passarà per la caldera, on s'escalfarà fins la temperatura de servei (60 °C).

Per fer-ho, utilitzarem la següent expressió:

$$Q_{ACS} = C_e C N (t_{ac} - t_x)$$

On:

Q_{ACS} = Carga calorífica mensual d'escalfament d'ACS (J/mes)

C_e = Calor específica de l'aigua [4187 J/(kg·°C)]

C = Consum diari d'ACS (120 l/dia): segons CTE HE4 Apartat 3.1.1 Taula 3.1

t_{ac} = Temperatura de l'ACS d'acumulació (45 °C)

t_x = Temperatura de l'ACS de la xarxa (°C): segons IDAE.

N = Nombre de dies del mes (dies/mes)

	C_e [J/(kg·°C)]	C (l/dia)	N (dies/mes)	t_{ac} (°C)	t_x (°C)	Q_{ACS} (J/mes)
Gen	4187	120	31	45	6	607449960
Feb	4187	120	28	45	7	534596160
Mar	4187	120	31	45	9	560723040
Abr	4187	120	30	45	11	512488800
Mai	4187	120	31	45	12	513996120
Jun	4187	120	30	45	13	482342400
Jul	4187	120	31	45	14	482844840
Ago	4187	120	31	45	13	498420480
Set	4187	120	30	45	12	497415600
Oct	4187	120	31	45	11	529571760
Nov	4187	120	30	45	9	542635200
Des	4187	120	31	45	6	607449960
ANUAL						6369934320

Taula 6.5.1.1.1.1.-1: Carga calorífica d'ACS d'acumulació.

6.5.1.1.1.2. Energia absorbida pel captador.

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

$$E_a = S_c F'_r(\tau\alpha) R_1 N$$

On:

E_a = Energia absorbida pel captador (J/mes)

S_c = Superfície del captador (2,55 m²)

R_1 = Radiació diària mitjana mensual incident sobre la superfície de captació per unitat d'àrea (J/m² i dia): segons IDAE.

N = Nombre de dies del mes (dies/mes)

$F'_r(\tau\alpha)$ = Factor adimensional, que ve donat per la següent expressió:

$$F'_r(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n [(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n] (F'_r / F_r)$$

On:

$F'_r(\tau\alpha)$ = Factor adimensional.

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

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

F'_r / F_r = Factor de correcció del conjunt captador-intercanviador. Es recomana prendre el valor de 0,95.

$$F'_r(\tau\alpha) = 0,749 \cdot 0,96 \cdot 0,95 = 0,71136$$

	S_c (m ²)	R_1 (J/m ² i dia)	N (dies/mes)	$F'_r(\tau\alpha)$	E_a (J/mes)
Gen	2,55	7100000	31	0,683088	383386555
Feb	2,55	10500000	28	0,683088	512111074
Mar	2,55	14200000	31	0,683088	766773111
Abr	2,55	15900000	30	0,683088	830874089
Mai	2,55	18700000	31	0,683088	1009764590
Jun	2,55	19000000	30	0,683088	992868408
Jul	2,55	22300000	31	0,683088	1204157773
Ago	2,55	18500000	31	0,683088	998964968
Set	2,55	14900000	30	0,683088	778617857
Oct	2,55	11700000	31	0,683088	631777845
Nov	2,55	7800000	30	0,683088	407598610
Des	2,55	6600000	31	0,683088	356387502
ANUAL					8873282381

Taula 6.5.1.1.1.2.-1: Energia absorbida pel captador cada mes de l'any.

6.5.1.1.1.3. Resultats del paràmetre D_1 .

$$D_1 = E_a / Q_{ACS}$$

	E_a (J/mes)	Q_{ACS} (J/mes)	D_1
Gen	383386555	607449960	0,63114097
Feb	512111074	534596160	0,95794005
Mar	766773111	560723040	1,3674721
Abr	830874089	512488800	1,62125316
Mai	1009764590	513996120	1,96453738
Jun	992868408	482342400	2,05843071
Jul	1204157773	482844840	2,49388141
Ago	998964968	498420480	2,00426148
Set	778617857	497415600	1,56532657
Oct	631777845	529571760	1,19299761
Nov	407598610	542635200	0,75114664
Des	356387502	607449960	0,58669442

Taula 6.5.1.1.1.3.-1: Paràmetre D_1 .

6.5.1.1.1.2. Paràmetre D_2 .

El paràmetre D_2 expressa la relació entre les pèrdues d'energia al captador, per una determinada temperatura, i la carga calorífica d'escalfament durant un mes:

$$D_2 = \text{Energia perduda pel captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

6.5.1.1.1.2.1. Carga calorífica mensual.

La carga calorífica mensual és la mateixa que hem calculat abans pel paràmetre D_1 .

6.5.1.1.1.2.2. Energia perduda pel captador.

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

$$E_p = S_c F'_r U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2$$

On:

E_p = Energia perduda pel captador (J/mes)

S_c = Superfície del captador (2,55 m²)

$F'_r U_L = F_r U_L (F'_r / F_r)$

On:

$F_r U_L$ = Pendent de la corba característica del captador (coeficient global de pèrdues del captador) [5,819 W/(m²·K)].

F'_r / F_r = Factor de correcció del conjunt captador-intercanviador. Es recomana prendre el valor de 0,95.

$$F'_r U_L = F_r U_L (F'_r / F_r) = 5,819 \cdot 0,95 = 5,52805$$

t_a = Temperatura mitjana mensual de l'ambient (°C): segons IDAE.

Δt = Període de temps, considerat en segons, en el que es perd energia, és a dir, tot el dia (s/mes).

$$\Delta t = \frac{\text{dies}}{\text{mes}} \cdot \frac{\text{h}}{\text{dia}} \cdot \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{s}}{\text{min}}$$

SISTEMES DE CALEFACCIÓ I ACS

	<i>dies/mes</i>	<i>h/dia</i>	<i>min./h</i>	<i>s/min.</i>	<i>s/mes</i>
Gen	31	24	60	60	2678400
Feb	28	24	60	60	2419200
Mar	31	24	60	60	2678400
Abr	30	24	60	60	2592000
Mai	31	24	60	60	2678400
Jun	30	24	60	60	2592000
Jul	31	24	60	60	2678400
Ago	31	24	60	60	2678400
Set	30	24	60	60	2592000
Oct	31	24	60	60	2678400
Nov	30	24	60	60	2592000
Des	31	24	60	60	2678400

Taula 6.5.1.1.1.2.2.-1: Segons que té cada mes.

K_1 = Factor de correcció per emmagatzemament que s'obté a partir de la següent fórmula:

$$K_1 = [\text{kg acumulació}/(75 S_c)]^{-0,25} = [120/(75 \cdot 2,55)]^{-0,25} = 1,123583$$

$$37,5 < (\text{kg acumulació}) / (\text{m}^2 \text{ captació}) < 300 = 47,05882353$$

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

$$K_2 = 11,6 + 1,18t_{ac} + 3,86t_x - 2,32t_a / (100 - t_a)$$

On:

t_{ac} = Temperatura mínima de l'ACS (°C)

t_x = Temperatura de l'ACS de la xarxa (°C): segons IDAE.

t_a = Temperatura mitjana mensual de l'ambient (°C): segons IDAE.

	t_{ac} (°C)	t_x (°C)	t_a (°C)	K_2
Gen	45	6	9	0,73604
Feb	45	7	10	0,76133
Mar	45	9	13	0,79632
Abr	45	11	15	0,85129
Mai	45	12	19	0,82642
Jun	45	13	23	0,79896
Jul	45	14	26	0,78946
Ago	45	13	25	0,75840
Set	45	12	23	0,74883
Oct	45	11	18	0,79756
Nov	45	9	13	0,79632
Des	45	6	10	0,71844

Taula 6.5.1.1.1.2.2.-2: Factor de correcció K_2 .

Aquests són els resultats de l'energia perduda pel captador:

	S_c (m ²)	$F'_r U_L$	t_a (°C)	Δt (s)	K_1	K_2	E_p (J/mes)
Gen	2,55	5,52805	9	2678400	1,123583	0,73604	2841420030
Feb	2,55	5,52805	10	2419200	1,123583	0,76133	2625454033
Mar	2,55	5,52805	13	2678400	1,123583	0,79632	2938999449
Abr	2,55	5,52805	15	2592000	1,123583	0,85129	2970630578
Mai	2,55	5,52805	19	2678400	1,123583	0,82642	2839739265
Jun	2,55	5,52805	23	2592000	1,123583	0,79896	2525619672
Jul	2,55	5,52805	26	2678400	1,123583	0,78946	2478303434
Ago	2,55	5,52805	25	2678400	1,123583	0,7584	2412971633
Set	2,55	5,52805	23	2592000	1,123583	0,74883	2367152021
Oct	2,55	5,52805	18	2678400	1,123583	0,79756	2774404919
Nov	2,55	5,52805	13	2592000	1,123583	0,79632	2844193015
Des	2,55	5,52805	10	2678400	1,123583	0,71844	2742998956
ANUAL							32361887006

Taula 6.5.1.1.1.2.2.-3: Energia perduda pel captador.

6.5.1.1.1.2.3. Resultats del paràmetre D_2 .

$$D_2 = E_p / Q_{ACS}$$

	E_p (J/mes)	Q_{ACS} (J/mes)	D_2
Gen	2841420030	607449960	4,67761992
Feb	2625454033	534596160	4,91109781
Mar	2938999449	560723040	5,24144585
Abr	2970630578	512488800	5,79647902
Mai	2839739265	513996120	5,52482627
Jun	2525619672	482342400	5,23615521
Jul	2478303434	482844840	5,13271185
Ago	2412971633	498420480	4,84123693
Set	2367152021	497415600	4,75890185
Oct	2774404919	529571760	5,23895934
Nov	2844193015	542635200	5,24144585
Des	2742998956	607449960	4,51559657

Taula 6.5.1.1.1.2.3.-1: Paràmetre D_2 .

6.5.1.1.1.3. Contribució solar de l'ACS.

Amb els paràmetres D_1 i D_2 ja podem trobar f .

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

	D_1	D_2	f
Gen	0,63114097	4,67761992	0,29259523
Feb	0,95794005	4,91109781	0,50398854
Mar	1,3674721	5,24144585	0,71271931
Abr	1,62125316	5,79647902	0,79962387
Mai	1,96453738	5,52482627	0,9347951
Jun	2,05843071	5,23615521	0,97654757
Jul	2,49388141	5,13271185	1,08971129
Ago	2,00426148	4,84123693	0,9788134
Set	1,56532657	4,75890185	0,8243086
Oct	1,19299761	5,23895934	0,62427703
Nov	0,75114664	5,24144585	0,35256464
Des	0,58669442	4,51559657	0,2669082
MITJANA			0,6964044

Taula 6.5.1.1.3.-1: Càlcul de la contribució solar d'ACS.

6.5.1.1.2. F-Chart per la calefacció.

En el cas de la calefacció, el coeficient K_2 no s'aplica ja que només afecta a l'ACS.

6.5.1.1.2.1. Paràmetre D_1 .

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

6.5.1.1.2.1.1. Carga calorífica mensual.

Calculada a l'apartat 2. de la 1^a part teòrica sobre la demanda d'energia de l'habitatge:

	$Q_{\text{CALEF. (kWh/mes)}}$	$Q_{\text{CALEF. (J/mes)}}$
Gener	1292,31574	4652336657
Febrer	953,523663	3432685188
Març	882,7998	3178079281
Abril	598,989244	2156361278
Maig	268,05017	964980611
Juny	44,4331658	159959397
Juliol	0	0
Agost	0	0
Setembre	0	0
Octubre	273,099891	983159608
Novembre	700,859803	2523095292
Desembre	1083,984	3902342393

Taula 6.5.1.1.2.1.1.-1: Carga calorífica mensual de la calefacció.

6.5.1.1.2.1.2. Energia absorbida pel captador.

L'energia absorbida pel captador és la mateixa que hem calculat anteriorment per l'ACS.

	S_c (m ²)	R_1 (J/m ² i dia)	N (dies/mes)	$F'_r(\tau\alpha)$	E_a (J/mes)
Gen	2,55	7100000	31	0,683088	383386555
Feb	2,55	10500000	28	0,683088	512111074
Mar	2,55	14200000	31	0,683088	766773111
Abr	2,55	15900000	30	0,683088	830874089
Mai	2,55	18700000	31	0,683088	1009764590
Jun	2,55	19000000	30	0,683088	992868408
Jul	2,55	22300000	31	0,683088	1204157773
Ago	2,55	18500000	31	0,683088	998964968
Set	2,55	14900000	30	0,683088	778617857
Oct	2,55	11700000	31	0,683088	631777845
Nov	2,55	7800000	30	0,683088	407598610
Des	2,55	6600000	31	0,683088	356387502
ANUAL					8873282381

Taula 6.5.1.1.2.1.2.-1: Energia absorbida pel captador cada mes de l'any.

6.5.1.1.2.1.3. Resultats del paràmetre D_1 .

$$D_1 = E_a / Q_{\text{CALEF.}}$$

	E_a (J/mes)	$Q_{\text{CALEF.}}$ (J/mes)	D_1
Gen	320240535	4652336657	0,06883434
Feb	427763367	3432685188	0,1246148
Mar	640481069	3178079281	0,20153087
Abr	694024239	2156361278	0,3218497
Mai	843450422	964980611	0,87405945
Jun	829337141	159959397	5,18467284
Jul	1005825904	0	0
Ago	834429562	0	0
Set	650374916	0	0
Oct	527720317	983159608	0,53675956
Nov	340464721	2523095292	0,1349393
Des	297688384	3902342393	0,07628454

Taula 6.5.1.1.2.1.3.-1: Paràmetre D_1 .

6.5.1.1.2.2. Paràmetre D_2 .

$$D_2 = \text{Energia perduda pel captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

6.5.1.1.2.2.1. Carga calorífica mensual.

La carga calorífica mensual és la mateixa que la del paràmetre D_1 .

6.5.1.1.2.2.2. Energia perduda pel captador.

La fórmula és igual a la dels càlculs de l'ACS, però sense el coeficient K_2 .

$$E_p = S_c F'_r U_L (100 - t_a) \Delta t K_1$$

On:

E_p = Energia perduda pel captador (J/mes)

S_c = Superfície del captador (2,55 m²)

$F'_r U_L = F_r U_L (F'_r / F_r) = 2,85$ (calculada a l'apartat 6.5.1.1.1.2.2. de la 1^a part teòrica).

t_a = Temperatura mitjana mensual de l'ambient (°C): segons IDAE.

Δt = Període de temps, considerat en segons, en el que es perd energia, és a dir, tot el dia (s).

K_1 = Factor de correcció per emmagatzemament = 1,1235827 (calculat a l'apartat 6.5.1.1.1.2.2. de la 2^a part teòrica).

Aquests són els resultats de l'energia perduda pel captador:

	S_c (m ²)	$F'_r U_L$	t_a (°C)	Δt (s)	K_1	E_p (J/mes)
Gen	2,55	5,52805	9	2678400	1,1235827	3860415236
Feb	2,55	5,52805	10	2419200	1,1235827	3448509888
Mar	2,55	5,52805	13	2678400	1,1235827	3690726654
Abr	2,55	5,52805	15	2592000	1,1235827	3489563577
Mai	2,55	5,52805	19	2678400	1,1235827	3436193782
Jun	2,55	5,52805	23	2592000	1,1235827	3161134064
Jul	2,55	5,52805	26	2678400	1,1235827	3139238763
Ago	2,55	5,52805	25	2678400	1,1235827	3181660909
Set	2,55	5,52805	23	2592000	1,1235827	3161134064
Oct	2,55	5,52805	18	2678400	1,1235827	3478615927
Nov	2,55	5,52805	13	2592000	1,1235827	3571670956
Des	2,55	5,52805	10	2678400	1,1235827	3817993091
ANUAL						41436856911

Fig. 6.5.1.1.2.2.2.-1: Energia perduda pel captador en el cas de la calefacció.

6.5.1.1.2.2.3. Resultats del paràmetre D_2 .

$$D_2 = E_p / Q_{\text{CALEF.}}$$

	E_p (J/mes)	$Q_{\text{CALEF.}}$ (J/mes)	D_2
Gen	3860415236	4652336657	0,82977985
Feb	3448509888	3432685188	1,00461001
Mar	3690726654	3178079281	1,1613073
Abr	3489563577	2156361278	1,61826481
Mai	3436193782	964980611	3,56089412
Jun	3161134064	159959397	19,7621029
Jul	3139238763	0	0
Ago	3181660909	0	0
Set	3161134064	0	0
Oct	3478615927	983159608	3,53820061
Nov	3571670956	2523095292	1,41559099
Des	3817993091	3902342393	0,97838496

Taula 6.5.1.1.2.2.3.-1: Paràmetre D_2 .

6.5.1.1.2.3. Contribució solar de la calefacció.

Amb els paràmetres D_1 i D_2 ja podem trobar f .

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

	D_1	D_2	f
Gen	0,06883434	0,82977985	0,01698037
Feb	0,1246148	1,00461001	0,06098265
Mar	0,20153087	1,1613073	0,12454321
Abr	0,3218497	1,61826481	0,20604787
Mai	0,87405945	3,56089412	0,51795484
Jun	5,18467284	19,7621029	1,16407991
Jul	0	0	0
Ago	0	0	0
Set	0	0	0
Oct	0,53675956	3,53820061	0,27761424
Nov	0,1349393	1,41559099	0,04603786
Des	0,07628454	0,97838496	0,0152086
MITJANA			0,20245413

Taula 6.5.1.1.2.3.-1: Càlcul de la contribució solar de la calefacció.

6.5.1.1.3. Contribució solar total.

Referent a la contribució solar tant per l'ACS com per la calefacció.

Primerament, calcularem la demanda total d'energia.

SISTEMES DE CALEFACCIÓ I ACS

	Q_{ACS} (J/mes)	$Q_{CALEF.}$ (J/mes)	Q_{TOTAL} (J/mes)
Gen	607449960	4652336657	5259786617
Feb	534596160	3432685188	3967281348
Mar	560723040	3178079281	3738802321
Abr	512488800	2156361278	2668850078
Mai	513996120	964980611	1478976731
Jun	482342400	159959397	642301797
Jul	482844840	0	482844840
Ago	498420480	0	498420480
Set	497415600	0	497415600
Oct	529571760	983159608	1512731368
Nov	542635200	2523095292	3065730492
Des	607449960	3902342393	4509792353

Taula 6.5.1.1.3.-1: Demanda d'energia total (ACS a 45 °C).

Seguidament, calcularem l'energia que aporta el sistema solar sobre aquesta demanda.

$$C = Q \cdot f$$

	Q_{ACS} (J/mes)	f_{ACS}	C_{ACS} (J/mes)
Gen	607449960	0,29259523	177736960
Feb	534596160	0,50398854	269430338
Mar	560723040	0,71271931	399638136
Abr	512488800	0,79962387	409798278
Mai	513996120	0,9347951	480481053
Jun	482342400	0,97654757	471030296
Jul	482844840	1,08971129	526161475
Ago	498420480	0,9788134	487860647
Set	497415600	0,8243086	410023959
Oct	529571760	0,62427703	330599487
Nov	542635200	0,35256464	191313983
Des	607449960	0,2669082	162133372

Taula 6.5.1.1.3.-2: Contribució d'energia que aporta el sistema solar a la demanda d'ACS.

	$Q_{CALEF.}$ (J/mes)	$f_{CALEF.}$	$C_{CALEF.}$ (J/mes)
Gen	4652336657	0,01698037	78998405
Feb	3432685188	0,06098265	209334230
Mar	3178079281	0,12454321	395808195
Abr	2156361278	0,20604787	444313640
Mai	964980611	0,51795484	499816377
Jun	159959397	1,16407991	186205521
Jul	0	0	0
Ago	0	0	0
Set	0	0	0
Oct	983159608	0,27761424	272939110
Nov	2523095292	0,04603786	116157910
Des	3902342393	0,0152086	59349172,3

Taula 6.5.1.1.3.-3: Contribució d'energia que aporta el sistema solar a la demanda de calefacció.

A continuació, sumarem les aportacions solars d'energia de l'ACS i la calefacció:

SISTEMES DE CALEFACCIÓ I ACS

	C_{ACS} (J/mes)	$C_{CALEF.}$ (J/mes)	C_{TOTAL} (J/mes)
Gen	177736960	78998405	256735365
Feb	269430338	209334230	478764568
Mar	399638136	395808195	795446332
Abr	409798278	444313640	854111919
Mai	480481053	499816377	980297430
Jun	471030296	186205521	657235817
Jul	526161475	0	526161475
Ago	487860647	0	487860647
Set	410023959	0	410023959
Oct	330599487	272939110	603538597
Nov	191313983	116157910	307471894
Des	162133372	59349172,3	221482545

Taula 6.5.1.1.3.-4: Contribució d'energia que aporta el sistema solar a la demanda total.

Amb la demanda d'energia total i la contribució solar total, podrem saber el percentatge al que equival aquesta aportació sobre la demanda amb la següent expressió:

$$C = f \cdot Q$$

$$f = C / Q$$

	Q_{TOTAL} (J/mes)	C_{TOTAL} (J/mes)	f_{TOTAL}	f_{TOTAL} (%)
Gen	5259786617	256735365	0,04881098	4,88
Feb	3967281348	478764568	0,12067825	12,07
Mar	3738802321	795446332	0,21275432	21,28
Abr	2668850078	854111919	0,32002994	32,00
Mai	1478976731	980297430	0,6628214	66,28
Jun	642301797	657235817	1,02325078	102,33
Jul	482844840	526161475	1,08971129	108,97
Ago	498420480	487860647	0,9788134	97,88
Set	497415600	410023959	0,8243086	82,43
Oct	1512731368	603538597	0,39897275	39,90
Nov	3065730492	307471894	0,10029319	10,03
Des	4509792353	221482545	0,04911147	4,91
MITJANA			0,48579637	48,58

Taula 6.5.1.1.3.-5: Contribució total d'energia del sistema solar en tant per cent.

6.5.1.1.4. Compliment del CTE.

Al CTE DB HE 4 (Codi Tècnic de l'Edificació, Document Bàsic, HE 4 Contribució solar mínima d'ACS, 2013 amb correcció d'errors del BOE 08/11/2013) s'imposen un sèrie de normatives que s'han de complir per poder instal·lar aquests sistemes. A continuació podrem veure si les complim:

6.5.1.1.4.1. Contribució solar.**6.5.1.1.4.1.1. Contribució solar mínima.**

El CTE imposa uns valor de contribució solar mínima en forma de percentatges que depenen de la zona climàtica i el consum d'ACS.

Demanda total de ACS del edifici (l/d)	Zona climàtica				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Taula 6.5.1.1.4.1.1.-1: Contribució solar mínima en el cas general. (Font: CTE DB HE4).

La zona climàtica on es troba Blanes és la següent:

GIRONA	Blanes	III
	Figueres	III
	Girona	III
	Olot	II
	Salt	III

Taula 6.5.1.1.4.1.1.-2: Zona climàtica pobles de Girona. (Font: CTE DB HE4).

La contribució solar mínima que imposa el CTE, en el nostre cas, és del 40 %. Si ens fixem en les nostres dades, en alguns mesos baixem d'aquest 40 %, però el valor que s'ha d'agafar és el de la mitja anual, que és del 48,58 %, per tant, no tenim cap problema.

6.5.1.1.4.1.2. Contribució solar màxima.

El CTE exigeix que en cap mes es sobrepassi el 110 % en concepte de contribució solar i que no hi hagi 3 mesos consecutius en els que l'aportació solar superi el 100 %. Com que en el nostre cas no és així, no incomplim aquesta norma.

6.5.1.1.4.2. Acumulació solar.

La relació entre l'àrea total de captació i el volum d'acumulació de l'ACS solar ha de complir la següent condició:

$$50 < V/A < 180$$

On:

V = Volum de l'acumulador solar de l'ACS (litres)

A = Àrea total dels captadors solars (m^2)

$$V/A = 150/2,55 = 58,82$$

En el nostre cas, aquesta relació es troba dintre de les condicions exigides.

6.5.1.2. Consum d'energia de la caldera.

A continuació trobarem l'energia que necessitem per completar la demanda de l'habitatge i que ens la donarà la caldera de gas natural.

$$C_{GAS} = Q_{TOTAL} - C_{SOLAR}$$

	C_{SOLAR} (J/mes)	Q_{TOTAL} (J/mes)	C_{GAS} (J/mes)	C_{GAS} (kWh/mes)
Gen	256735365	5259786617	3053859280	1389,74
Feb	478764568	3967281348	1878222573	969,03
Mar	795446332	3738802321	1297505560	817,60
Abr	854111919	2668850078	542350547	504,09
Mai	980297430	1478976731	57516699	138,52
Jun	657235817	642301797	33730622	0
Jul	526161475	482844840	0	0
Ago	487860647	498420480	35169622	2,93
Set	410023959	497415600	113972971	24,28
Oct	603538597	1512731368	223741921	252,55
Nov	307471894	3065730492	1438140193	766,18
Des	221482545	4509792353	2482016041	1191,20

Taula 6.5.1.2.-1: Energia consumida per la caldera de gas natural.

NOTA: com que als mesos de juny i juliol hi ha una contribució solar major al 100 %, hem anul·lat el consum de gas, ja que la caldera no es posarà en marxa.

Com que la caldera té un rendiment, haurem de calcular l'energia consumida tenint en compte les pèrdues.

$$\eta = \frac{E_U}{E_C}$$

$$E_C = \frac{E_U}{\eta}$$

$$E_C = \frac{E_U}{0,91}$$

	E_u (kWh/mes)	E_c (kWh/mes)
Gener	1389,74	1527,19
Febrer	969,03	1064,87
Març	817,60	898,46
Abril	504,09	553,95
Maig	138,52	152,22
Juny	0	0
Juliol	0	0
Agost	2,93	3,22
Setembre	24,28	26,68
Octubre	252,55	277,53
Novembre	766,18	841,96
Desembre	1191,20	1309,01

Taula 6.5.1.2.-2: Càlcul de l'energia consumida per la caldera de gas natural.

6.5.1.3. Càlcul del terme energia.

El cost del consum és de 0,05078971 €/kWh. Per tant, el cost mensual de l'energia consumida serà el següent:

	Consum mensual (kWh)	Cost de l'energia (€/kWh)	Cost del consum (€)
Gener	1527,19	0,05078971	77,57
Febrer	1064,87	0,05078971	54,08
Març	898,46	0,05078971	45,63
Abril	553,95	0,05078971	28,13
Maig	152,22	0,05078971	7,73
Juny	0	0,05078971	0
Juliol	0	0,05078971	0
Agost	3,22	0,05078971	0,16
Setembre	26,68	0,05078971	1,36
Octubre	277,53	0,05078971	14,10
Novembre	841,96	0,05078971	42,76
Desembre	1309,01	0,05078971	66,48

Taula 6.5.1.3.-1: Cost consum del gas natural.

6.5.2. Terme fix (TF).

El terme fix és independent del consum del gas, és a dir, cada més s'ha de pagar el mateix, tant com si gastes molt gas com si no utilitzes la caldera. Depèn de la tarifa contractada. En el cas de la T.2 el terme fix és de **8,58 €/mes**.

6.5.3. Impost hidrocarburs general (IHG).

L'aplicació d'aquest impost la va establir el Ministeri d'Indústria, complint amb la *Llei 15/2012 del 27 de desembre*, i grava tots els consumidors de gas a partir de l'1 de gener

de 2013. Els consumidors domèstics seran gravats amb un impost general de 0,00234 €/kWh.

La següent taula mostra el cost mensual d'aquest impost segons el nostre consum:

	Consum mensual (kWh)	Cost IHG (€/kWh)	IHG (€)
Gener	1527,19	0,00234	3,57
Febrer	1064,87	0,00234	2,49
Març	898,46	0,00234	2,10
Abril	553,95	0,00234	1,30
Maig	152,22	0,00234	0,36
Juny	0	0,00234	0
Juliol	0	0,00234	0
Agost	3,22	0,00234	0,01
Setembre	26,68	0,00234	0,06
Octubre	277,53	0,00234	0,65
Novembre	841,96	0,00234	1,97
Desembre	1309,01	0,00234	3,06

Taula 6.5.3.-1: Impost hidrocarburs general.

6.5.4. Lloguer d'equips (LLE).

Aquest és el cost mensual del lloguer d'un comptador de gas natural que imposa el BOE núm. 314 a 31 de desembre de 2012:

Caudal del comptador (m ³ /h)	Tarifas del alquiler
Hasta 3 m ³ /hora	0,69 €/mes
Hasta 6 m ³ /hora	1,25 €/mes
Superior a 6 m ³ /hora. % por 1.000 del valor medio del contador que se fija a continuación.	12,5 por 1.000 del valor medio del contador que se fija a continuación/mes.

Taula 6.5.4.-1: Cost del lloguer d'un comptador de gas natural. (Font: BOE núm. 314 a 31 de desembre de 2012).

6.5.5. Cost mensual total del gas natural.

	TEU (€)	TF (€)	IHG (€)	LLE (€)	Subtotal (€)	TOTAL (amb 21% d'I.V.A.) (€)
Gener	77,57	8,58	3,57	0,69	90,41	109,40
Febrer	54,08	8,58	2,49	0,69	65,84	79,67
Març	45,63	8,58	2,10	0,69	57	68,97
Abril	28,13	8,58	1,30	0,69	38,7	46,83
Maig	7,73	8,58	0,36	0,69	17,36	21,01
Juny	0	8,58	0	0,69	9,27	11,22
Juliol	0	8,58	0	0,69	9,27	11,22
Agost	0,16	8,58	0,01	0,69	9,44	11,42
Setembre	1,36	8,58	0,06	0,69	10,69	12,93
Octubre	14,10	8,58	0,65	0,69	24,02	29,06
Novembre	42,76	8,58	1,97	0,69	54	65,34
Desembre	66,48	8,58	3,06	0,69	78,81	95,36
COST ANUAL					464,81	562,42

*Taula 6.5.4.-1: Cost mensual total del gas natural.***6.6. Despeses anuals totals.**

Cost referent a la suma de les despeses anuals del conjunt solar (captador i interacumulador), del gas natural, de la caldera i dels radiadors. Suposant que la inversió en els materials (caldera, radiadors, captador i interacumulador) la paguéssim durant el primer any; conseqüentment, durant els pròxims anys, només hauríem de pagar el cost del gas natural.

	Conjunt solar (€)	Caldera (€)	Radiadors (€)	Gas natural (€/any)	TOTAL (€/any)
Despeses	1709,73	885,00	2.323,27	562,42	5.480,42

Taula 6.6-1: Despeses anuals totals del sistema solar recolzat amb caldera de gas natural.

7. Comparació dels diferents sistemes.

La comparació dels costos dels diferents sistemes de calefacció i ACS calculats anteriorment, constarà de dues parts. En la primera es compararan els conceptes d'inversions inicials, és a dir, el cost de les instal·lacions dels sistemes. La segona part es basarà en la comparació dels costos anuals dels combustibles o fonts d'energia emprats.

7.1. Inversions inicials.

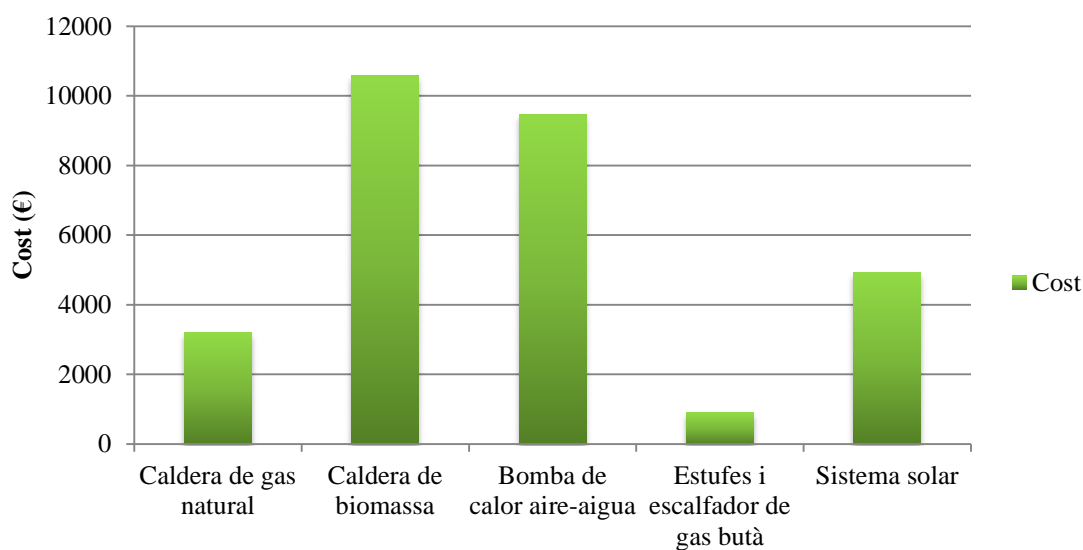


Fig. 7.1.-1: Gràfic comparatiu de les inversions inicials de cada sistema.

7.2. Cost de les fonts d'energia

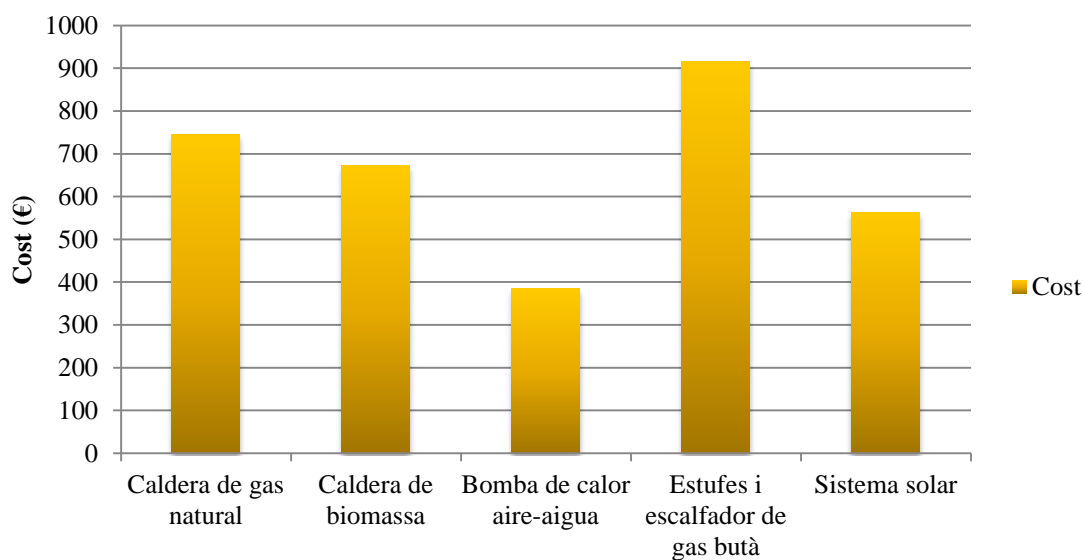


Fig. 7.2.-1: Gràfic comparatiu dels costos anuals de les fonts d'energia aprofitades en cada sistema.

7.3. Elecció del sistema més adient.

Per trobar el sistema més adient pel nostre habitatge hem de tenir en compte tant el cost de la inversió inicial com el preu anual que suposarà la seva font d'energia. Per tant, aquest sistema ideal no serà el que suposi la inversió inicial més barata ni el cost anual més baix, sinó que serà el que presenti un equilibri entre aquests dos conceptes. A més a més del concepte econòmic, també hem de observar els factors ecològics i de funcionalitat.

Finalment, el sistema que hem triat com el que compleix les característiques que vam imposar a l'inici del projecte és el **sistema solar recolzat amb una caldera de gas natural**. Aquest sistema té un cost d'instal·lació mitjà d'entre els comparats i el preu del combustible (gas natural) és dels més baixos gràcies a l'aportació d'energia solar. Aquest fet fa que la inversió inicial es pugi amortitzar al cap d'uns anys. Pel que fa a l'impacte mediambiental, aquest sistema aprofita una font d'energia renovable com és el Sol. Per tant, podem dir que té un gran factor ecològic, malgrat el consum necessari de gas natural com a recolzament. En concepte de funcionalitat, aquest sistema no ofereix cap problema d'utilització, encara que, probablement, el seu manteniment s'hagi de fer amb una mica més de regularitat que altres per assegurar la màxima eficiència del sistema solar.

PART PRÀCTICA

Els captadors solars

Índex (part pràctica)

1. Introducció.	Pàg.	86
2. Pràctica.	Pàg.	86
2.1. Interpretació dels resultats.	Pàg.	87

1. Introducció.

Amb aquesta pràctica volem conèixer més a fons els captadors solars i les raons de perquè són d'una determinada manera i no d'una altra. En aquests aparells qualsevol canvi subtil pot suposar un de gran en el resultat, és a dir, pot afavorir molt a la captació de radiació solar.

L'objectiu d'aquesta pràctica és corroborar el fet que les plaques solars estiguin formades per un material d'un determinat color. Per comprovar-ho, imitem, molt senzillament i en menor mesura, el funcionament d'un captador solar.

2. Pràctica.

Per realitzar la pràctica són necessàries tres llaunes de 330 ml cadascuna i diferents, una negra, una blanca i una revestida de paper d'alumini.

Aquestes llaunes són omplertes d'aigua i posades al Sol durant una hora per comparar les temperatures de cadascuna. D'aquesta manera podrem saber quina de les llaunes absorbeix millor la radiació solar i, per tant, de quin tipus de material estan formades les plaques solars.

Cal dir que aquesta pràctica ha sigut realitzada el 6 de desembre de 2013 i la temperatura ambient era de 16 °C. L'època de l'any i la temperatura ambient poden influir molt en els resultats, ja que la radiació solar no és tan gran a l'hivern com a l'estiu, per exemple.

Aquestes són les tres llaunes que hem utilitzat:



Fig. 2.-1: Llaunes de 330 ml; blanca, amb paper d'alumini i negra, respectivament.

Hem comprovat la temperatura tres vegades durant la pràctica; al principi, a la meitat i al final. Aquests són els resultats:

Temps	Temperatura de l'aigua (°C)			ΔT total (°C)
	0° 0' 0''	0° 30' 0''	1° 0' 0''	
Blanca	11	15	17	6
Alumini	11	14	16	5
Negra	11	26	30	19

Taula 2.-1: Temperatura de l'aigua de cada llauna.

2.1. Interpretació dels resultats.

La llauna que ha absorbit millor la radiació solar i, per tant, ha fet escalfar més l'aigua que contenia, és la negra (taula 2.-1). Amb aquest resultat ja podem corroborar el fet que les plaques solars siguin negres o fosques. Però volem anar més enllà i també tindrem en compte la llauna recoberta de paper d'alumini, que és la més freda, inclús més que la blanca. Això és degut a que es tracta d'un material reflectant, és a dir, que la radiació solar es reflexa en l'alumini i, per tant, absorbeix molt poca radiació.

En la següent taula trobem el perquè dels resultats donats en la nostra pràctica. Podem veure que els materials clars i brillants reflecteixen una gran part de la radiació, mentre que els foscos l'absorbeixen:

Material	Absorció (en %)	Reflexió (en %)
Pintura negra	98	2
Pintura blanca brillant	25	75
Alumini pulido	12	88

Taula 2.1.-1: Percentatge d'absorció i reflexió de la radiació solar de diferents materials. (Font: www.energiasrenovables hoy.net).

Per tant, ja tenim el negre com a material absorbidor de la radiació solar en les plaques. Però aquesta radiació, quan és absorbida pel captador, rebota en un material reflectant, normalment d'alumini, com la nostre llauna, que reenvia la radiació solar a l'absorbidor. D'aquesta manera creem una mena d'efecte hivernacle. A la següent imatge podem veure on estaria situada aquesta làmina reflectant:

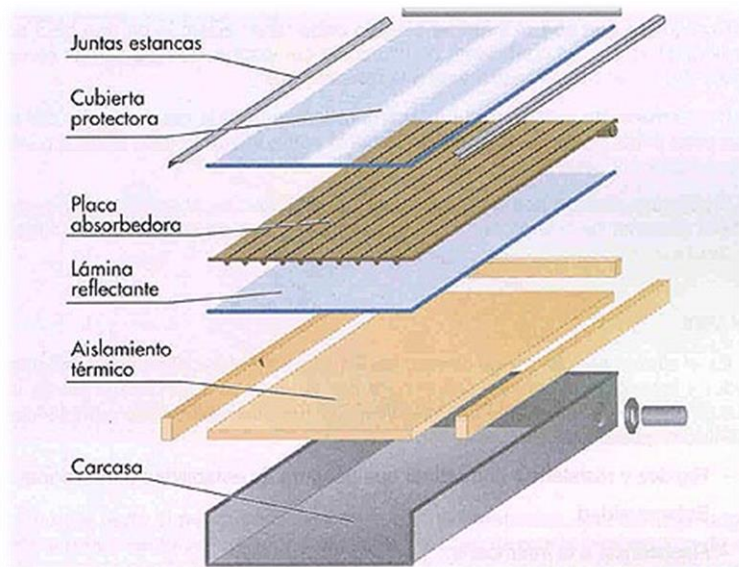


Fig. 2.1-1: Parts d'un captador solar pla. (Font: html.rincondelvago.com/energia-solar-termoelectrica.html).

Amb aquesta pràctica, per tant, hem corroborat que les plaques solars estan formades per un absorbidor fosc i una làmina d'alumini o un altre material reflectant, entre altres components.

CONCLUSIÓ

Al principi del treball, ens vàrem plantejar una qüestió principal on fonamentar el nostre estudi posterior:

Quin és el sistema de calefacció i ACS més econòmic, ecològic i funcional?

El treball, doncs, s'ha basat en trobar una resposta a aquesta pregunta. Però a mesura que aquest es va desenvolupant, apareixen noves qüestions i nous objectius que guien l'estudi fins diverses metes. Doncs amb la relació de totes aquestes arribem a l'objectiu principal del treball. És a dir, per trobar el sistema més adient, hem hagut de calcular abans diversos conceptes que, per si sols, no completen l'objectiu inicial, sinó que hem de relacionar-los i utilitzar-los per arribar al següent fi.

Podem dir que hem respòs la qüestió satisfactòriament i, per tant, hem assolit l'objectiu del treball. Pel camí, però, han sorgit diversos problemes, sobretot al principi, a l'hora de calcular la demanda d'energia, ja que hi ha molts mètodes per fer-ho i havíem de trobar el més adequat; durant la cerca de la millor opció dels aparells estudiats, dintre de l'ampli mercat i la gran diversitat de característiques i funcionalitats diferents que ofereixen avui dia les noves tecnologies, també han sorgit problemes per escollir-ne el que complia les nostres necessitats.

La realització i la reflexió sobre la part pràctica ha sigut molt interessant ja que hem corroborat en primera persona, portant-ne a la pràctica, una teoria que existia, però que no sabíem exactament el perquè d'aquesta.

En general, però, la realització d'aquest treball ha sigut molt interessant, ja que actua dintre de diversos conceptes presents a l'actualitat. Com tots sabem, estem en un període molt avançat de crisi econòmica i de canvi climàtic, i amb aquest treball hem trobat una solució que ajudar a frenar aquests dos grans problemes.

ÍNDIX BIBLIOGRÀFIC

Pàgines web

Jiménez Delgado, Carlos. *Proyecto de instalación eléctrica, domótica y con apoyo solar para una vivienda unifamiliar*, 11 de gener de 2012. Barcelona, Universitat Politècnica de Barcelona (UPC), Projecte Final de Carrera, Volum II. <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/14244/2/Vol.%20II_PFC.pdf> [Consulta: 18 de juny de 2013]

Calderas de combustión convencionales [Guia Tècnica a Internet]. Asistente Técnico para la Construcción Sostenible (ATECOS) [Consulta: 1 d'octubre de 2013]. Disponible a: http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Calderas_combustion_convencionales.pdf

Enerlid, Instalación Gas-Calefacción. *¿Cómo elegir tu caldera?* <<http://enerlid.es/w/calderas-de-gas/como-elegir-tu-caldera/>> [Consulta: 2 d'octubre de 2013]

Calefacción con energía eléctrica [Guia Tècnica a Internet]. Barcelona, Salvador Escoda S.A. [Consulta: 9 d'octubre de 2013]. Disponible a: <http://www.salvadorescoda.com/tecnico/CE/Calefaccion-Electrica.pdf>

Morales, Gustavo. *Tipos de bombas de calor*. <<http://www.bombasdecalor.com.es/tipos/>> [Consulta: 13 d'octubre de 2013]

Te presentamos los distintos tipos de estufas a gas [Monografía a Internet]. ZoomInmobiliario.com, 12 de maig de 2011 [Consulta: 16 d'octubre de 2013]. Disponible a:

<http://www.zoominmobiliario.com/prensa.php?i=4696&titulo=Te+presentamos+los+d+istintos+tipos+de+estufas+a+gas>

Sánchez, Antonio. *Calefacción por Estufa de Butano: simple y muy barata*, 2 d'octubre de 2010.

<<http://ahorrarcadadiaconloselectrodomest.blogspot.com.es/2010/10/calefaccion-por-estufa-de-butano-simple.html>> [Consulta: 16 d'octubre de 2013]

Documents

Ministeri de foment, *Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico HE: Ahorro de energía*, 2009.

Ministeri de foment, *Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico HE: Ahorro de energía*, 2013 amb correcció d'errors del BOE 08/11/2013.

Ministeri de foment, *Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico HS: Salubridad*.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), *Guía técnica de agua caliente sanitaria central*, Madrid, 2010.

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

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), *Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto*, Madrid, 2010.

Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción amb la col·laboració de CEPCO y AICIA, *Catálogo de elementos constructivos del CTE*, 2010.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), *Guía técnica de instalaciones de calefacción individual*, Madrid, 2008.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), *Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios*, Madrid, 2009.