

Treball de Fi de Màster

Màster Universitari en Enginyeria Industrial

Certificació energètica i millores d'una casa unifamiliar amb piscina exterior

MEMÒRIA

Autor: Aina Bergadà Pomés
Director: Jose Luis Martin Godoy
Co-Director: Xavier Fernández Francos
Convocatòria: Gener 2021



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**



Resum

El present treball té com a objectiu analitzar l'eficiència energètica d'un habitatge unifamiliar i proposar alternatives de tipus renovable per tal de millorar-la. A l'hora d'analitzar les diferents opcions, també s'inclou la climatització d'una piscina exterior.

Primerament s'ha utilitzat un software online que a partir d'introduir certes característiques de l'edifici, n'estima la seva demanda tant de calefacció com de refrigeració. Seguidament s'insereixen en el programa els sistemes dels quals disposa l'habitatge i aquest genera l'informa per a la certificació energètica. En aquesta primera simulació, l'indicador del consum d'energia primària no renovable es troba en la lletra B i el d'emissions de CO₂ en la C. Aquesta primera part no inclou la piscina exterior ja que no és possible integrar-la en el programa.

Seguidament es calcula quina és la demanda energètica mensual de la piscina exterior per tal de mantenir la temperatura de confort durant els mesos de la temporada de bany. Aquesta demanda és útil per a posteriorment poder incloure la climatització de la piscina en les propostes de millora.

S'analitzen tres alternatives d'energia renovable per tal de cobrir el consum de l'edifici així com la climatització de la piscina exterior. Aquestes energies corresponen a l'energia solar tèrmica, l'energia solar fotovoltaica i la biomassa.

Es decideix cobrir un 70% del consum d'ACS amb energia solar tèrmica i utilitzar una caldera de biomassa per tal de cobrir el 30% restant del consum d'ACS, la calefacció i la climatització de la piscina.

Per a l'energia solar tèrmica s'escull un captador de 3,78 m² amb un acumulador de 300 litres de volum i per a la biomassa es selecciona una caldera de 10 a 18 kW de potència.

Es realitza un estudi econòmic que conclou que el benefici total de la implementació de les millores és de 4797 €.

Finalment, en quant a l'impacte ambiental, s'observa després d'obtenir una nova certificació energètica que tots els indicadors de consum (consum d'energia primària no renovable i emissions de CO₂) obtenen una lletra A.

Sumari

SUMARI	5
1. INTRODUCCIÓ	9
1.1. Objectius del projecte.....	9
2. CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA DE L'EDIFICI	10
2.1. Certificació energètica.....	10
2.1.1. Transferència de calor	10
2.1.2. Transmissió tèrmica	11
2.1.3. Ponts tèrmics	11
2.1.4. Càrregues tèrmiques	12
2.2. Caracterització de l'habitatge.....	12
2.2.1. Característiques generals.....	12
2.2.2. Entorn	12
2.2.3. Instal·lacions de l'habitatge.....	13
2.3. Procediment per a obtenir l'informe per a la certificació energètica.....	14
2.3.1. Dades generals.....	15
2.3.2. Definició geomètrica	17
2.3.3. Definició de sistemes	19
2.4. Resultats obtinguts de demanda i consum.....	20
2.4.1. Demanda i qualitat de l'envoltant tèrmica	20
2.4.2. Consum i emissions de CO ₂	22
2.5. Verificació dels resultats amb el Codi Tècnic de l'Edificació	23
2.5.1. Demanda i qualitat de l'envoltant tèrmica	23
2.5.2. Consum i emissions de CO ₂	24
2.6. Comparació dels resultats de consum obtinguts amb el consum real de l'edifici.....	25
3. PISCINA EXTERIOR	26
3.1. Caracterització de la piscina exterior	26
3.2. Càlcul de la despesa energètica.....	27
3.2.1. Obtenció de dades.....	27
3.2.2. Procediment pels càlculs	28
3.2.3. Pèrdues de calor per evaporació (q _e)	29
3.2.3.1. Càlcul per a piscina descoberta	29
3.2.3.2. Càlcul per a piscina coberta.....	29

3.2.3.3. Pèrdues de calor per evaporació mensuals.....	30
3.2.4. Pèrdues de calor per radiació (q_r).....	30
3.2.4.1. Càlcul per a piscina descoberta.....	30
3.2.4.2. Càlcul per a piscina coberta.....	31
3.2.4.3. Pèrdues de calor per radiació mensuals.....	31
3.2.5. Pèrdues de calor per convecció (q_c).....	32
3.2.5.1. Càlcul per a piscina descoberta.....	32
3.2.5.2. Càlcul per a piscina coberta.....	32
3.2.5.3. Pèrdues de calor per convecció mensuals.....	32
3.2.6. Pèrdues de calor per renovació d'aigua (q_{re}).....	33
3.2.7. Pèrdues de calor per conducció a través dels murs i la solera del vas (q_k).....	34
3.2.7.1. Càlcul per a piscina descoberta.....	34
3.2.7.2. Càlcul per a piscina coberta.....	34
3.2.7.3. Pèrdues de calor per conducció mensuals.....	35
3.2.8. Guany de calor degut a la radiació solar incident (q_s).....	35
3.2.8.1. Càlcul per a piscina descoberta.....	35
3.2.8.2. Càlcul per a piscina coberta.....	35
3.2.8.3. Guanys de calor per radiació solar incident mensuals.....	35
3.2.9. Pèrdues totals d'energia de l'aigua de la piscina (q_t).....	36
3.2.10. Verificació dels resultats.....	36
3.3. Posada en marxa de la piscina.....	37
4. ESTUDI DE MILLORES EN L'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA.....	38
4.1. Energia solar tèrmica.....	38
4.1.1. Dimensionat per a cobrir la demanda d'ACS.....	38
4.1.1.1. Instal·lació de consum únic amb sistema prefabricat.....	40
4.1.1.2. Instal·lació de consum únic amb interacumulador.....	41
4.1.1.3. Instal·lació de consum únic amb intercanviador independent.....	43
4.1.1.4. Selecció del sistema de generació d'ACS.....	45
4.1.2. Certificació energètica amb el sistema de generació d'ACS seleccionat.....	46
4.1.3. Dimensionat per a la piscina exterior.....	48
4.2. Energia solar fotovoltaica.....	50
4.2.1. Dimensionat per a cobrir la demanda de l'edifici excloent la piscina.....	50

4.2.1.1. ACS.....	53
4.2.1.2. ACS + Calefacció.....	54
4.2.1.3. ACS + Electricitat	55
4.2.1.4. ACS + Electricitat + Calefacció	57
4.2.2. Certificació energètica	58
4.2.3. Dimensionat per a la piscina exterior.....	59
4.3. Caldera de biomassa	60
4.3.1. Dimensionat per a cobrir la demanda d'ACS i calefacció	61
4.3.2. Certificació energètica amb la caldera de biomassa	61
4.3.3. Dimensionat per a la piscina exterior.....	62
5. PROPOSTA FINAL	63
6. ESTUDI ECONÒMIC	67
6.1. Benefici anual.....	67
6.2. Període de retorn	68
6.3. Beneficis totals	68
6.4. Conclusió de l'estudi econòmic.....	68
7. IMPACTE AMBIENTAL	69
8. PRESSUPOST I PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE	71
8.1. Pressupost del projecte.....	71
8.2. Planificació del projecte	72
CONCLUSIONS	73
BIBLIOGRAFIA	74
Referències bibliogràfiques	74
Bibliografia complementària	76
ANNEXES	77
Annex A. Radiadors de l'habitatge	77
Annex B. Dades generals introduïdes al software HULC	78
Annex C. Definició dels elements opacs i semitransparents que componen l'envoltant de l'habitatge.....	79
Annex D. Plànols de l'habitatge.....	85
Annex E. Ponts tèrmics	89
Annex F. Balanç energètic de la piscina – càlculs	90

1. Introducció

El present treball analitza la qualificació i certificació energètica d'una casa unifamiliar i estudia una sèrie de propostes basades en l'energia renovable per tal d'optimitzar-ne i millorar-ne la certificació, mostrant-ne la viabilitat econòmica i ambiental. En aquestes propostes s'hi inclou també la climatització de la piscina exterior que conté l'habitatge.

1.1. Objectius del projecte

L'objectiu principal d'aquest projecte és el d'analitzar diferents opcions per tal de millorar el rendiment energètic d'un habitatge unifamiliar així com climatitzar-ne la piscina exterior. El que es vol aconseguir és un ambient confortable, sostenible i econòmicament viable.

Per tal d'aconseguir aquest objectiu, el primer que cal fer és estudiar les característiques i l'entorn de l'habitatge i introduir-les al software que permetrà crear la certificació energètica de l'edifici. A part de la certificació, aquest software també ens permetrà saber quina és la demanda energètica de l'edifici, dada útil per tal de poder realitzar l'estudi de millores en l'eficiència energètica de l'habitatge.

Abans de començar a analitzar les diferents propostes, cal fer un estudi sobre la piscina exterior per tal de calcular-ne el balanç energètic i saber quina és la demanda de la piscina que permetrà mantenir la temperatura de confort durant els mesos de bany i així poder-la tenir en compte també a l'hora d'estudiar les diferents propostes.

Finalment es procedeix a analitzar diferents tipus d'energia renovable per tal de cobrir la demanda tant de l'edifici com de la piscina exterior i a partir d'aquest anàlisi es fa una proposta que compleixi amb l'objectiu del treball.

2. Certificació energètica de l'edifici

2.1. Certificació energètica

En aquest primer apartat s'explica breument en què consisteix la certificació energètica i com s'ha escollit el Software utilitzat.

Una certificació energètica és un informe que ens permet mesurar com d'eficaç és un edifici en quant a la demanda i el consum energètic i es fa en base a la normativa vigent que correspon al Real Decret 732/2019 (recollit en el Document Bàsic HE de l'Estalvi d'Energia [1]).

Obtenir la certificació energètica, a part de servir per comprovar si l'edifici compleix o no la normativa, permet analitzar la despesa energètica de l'edifici així com les emissions de CO₂, i a partir d'aquest anàlisi poder estudiar què cal fer per tal de reduir el consum energètic.

En aquest cas d'estudi la certificació energètica es realitza amb *l'eina unificada LIDER-CALENER (HULC)*, que és un programa que es troba disponible en la pàgina oficial del Codi Tècnic de l'Edificació [2]. Aquesta eina facilita la verificació del CTE DB-HE 2019 [1] i genera un informe per a la Certificació energètica d'edificis. En apartats posteriors s'explica com s'utilitza aquest software i quins són els passos a seguir per tal de poder obtenir la certificació.

El software HULC, a part de proporcionar la certificació energètica també permet estimar la demanda energètica de l'habitatge, que serà molt útil a l'hora de definir i analitzar les propostes de millora.

Cal remarcar que aquesta eina no permet incorporar en l'edifici la piscina exterior, per tant tots els càlculs relacionats amb la piscina es realitzaran manualment en apartats posteriors.

Abans d'entrar en el detall de quines són les característiques de l'habitatge i els passos a seguir en el software HULC per tal d'arribar a obtenir la certificació energètica de l'habitatge, s'expliquen a continuació les claus i els conceptes fonamentals en els quals es basen els simuladors tèrmics dels edificis [3].

2.1.1. Transferència de calor

- Transferència de calor per conducció o transmissió: a través del contacte entre dos cossos sòlids a diferent temperatura. Dependrà per tant de les propietats del

material per transmetre el pas de la energia (conductivitat tèrmica, explicada en la següent secció).

- Transferència de calor per convecció: entre un sòlid i un fluid que estan a diferent temperatura. Es desenvoluparà principalment entre l'envoltant de l'edifici i l'aire que el rodeja, tant exterior com interior. Dependrà del coeficient de transferència de calor per convecció, h . Cal remarcar que la transferència de calor des d'un fluid (aire) a un element sòlid (tancament) implica sempre l'existència de certa resistència al flux de calor, és a dir, un aportament d'aïllament a l'edifici.
- Transferència de calor per radiació: mitjançant ones electromagnètiques en funció de la temperatura de l'emissor. Es distingeix entre radiació d'ona curta, aportada pel Sol com a emissor d'alta temperatura, i radiació infraroja produïda per cossos a temperatura ambient, com per exemple les parets d'una estància.

2.1.2. Transmissió tèrmica

Aquest paràmetre indica la capacitat d'un material per a conduir l'energia a través d'ell per unitat de temps i superfície; com més petit sigui el seu valor menys energia transmetrà a través d'ell i, per tant, serà un millor aïllant.

La transmissió tèrmica s'ha de calcular per a cada capa de material amb certes condicions de contorn (Equació 2.1) i depèn de l'espessor del material expressat en metres (b) i de la conductivitat tèrmica del material expressada en $W/m \cdot K$ (λ), és a dir, de la seva capacitat de conduir energia.

$$U = \lambda/b \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \quad \text{Equació 2.1}$$

Més endavant es podrà observar com els tancaments en contacte amb l'exterior presenten una transmissió tèrmica molt menor que les particions interiors amb la finalitat de garantir el confort interior.

2.1.3. Ponts tèrmics

Un pont tèrmic és un "punt dèbil" en l'aïllament de l'edifici, caracteritzat per posseir un valor de transmissió tèrmica molt superior a la mitja del tancament.

Els ponts tèrmics generalment es produeixen per la disminució o absència d'aïllament en un punt concret de l'envoltant i són, per tant, conseqüència d'un incorrecte sistema constructiu des del punt de vista tèrmic.

2.1.4. Càrregues tèrmiques

S'entén per càrrega tèrmica qualsevol variació de les condicions tèrmiques de l'edifici. Són factors capaços d'influir en la temperatura i humitat de l'habitatge. La unitat associada a aquests factors és el watt (W) i interaccionarà amb les potències associades als sistemes de climatització. Alguns exemples són la radiació solar a través de vidres, infiltracions d'aire o aportació a través dels ocupants.

2.2. Caracterització de l'habitatge

Abans d'explicar amb detall els passos requerits pel programa per tal d'aconseguir la Certificació energètica de l'edifici, s'exposen les característiques de l'habitatge. Totes les qualitats que no s'exposen en aquest subapartat són definides posteriorment com a part del procediment per a obtenir l'informe per a la certificació energètica.

2.2.1. Característiques generals

L'edifici d'estudi correspon a un habitatge unifamiliar tipic xalet situat a la localitat de Santa Coloma de Queralt, a la província de Tarragona. L'edifici (Figura 2.1) té una superfície total construïda de 269,7 m² repartida entre tres plantes: una planta sota rasant corresponent al garatge i dues plantes sobre rasant. L'habitatge inclou una piscina exterior que també és objecte d'estudi; el programa utilitzat per la certificació energètica no permet agregar piscines, per tant serà estudiada a part en apartats posteriors.



Figura 2.1. Fotografia de l'habitatge d'estudi (Font: www.sedecatastro.gob.es)

2.2.2. Entorn

Tal i com ja s'ha comentat, l'habitatge es troba a la localitat de Santa Coloma de Queralt

(mapa de situació en la Figura 2.2), un poble amb una latitud de $41,533506^\circ$, una longitud de $1,384475^\circ$ i una altitud de 674 metres [4]. A partir de la província, que és Tarragona, i l'altitud de 674 metres, s'ha determinat la zona climàtica que és D3 segons el Codi Tècnic de l'Edificació [1]. En la Figura 4.2 es pot observar un mapa de situació de la localitat de Santa Coloma de Queralt.



Figura 2.2. Mapa de situació de Santa Coloma de Queralt (Font: www.google.es)

2.2.3. Instal·lacions de l'habitatge

Actualment l'habitatge consta d'un sistema de climatització unizona per a climatitzar el garatge i un sistema mixt per a la calefacció de la resta d'habitatge i l'ACS. La piscina no està climatitzada.

El sistema de climatització unizona consta d'un calefactor elèctric de capacitat nominal d'1,5 kW.

El sistema mixt de calefacció i ACS consta d'una caldera convencional de gasoil amb una capacitat total de 15 kW (Figura 2.3), un acumulador d'aigua calenta de 100 litres de capacitat i 12 radiadors de diferents potències segons la grandària de l'habitació on es troben, repartits entre els dos pisos (Figura 2.4). En l'Annex A es mostra una taula amb les potències dels 12 radiadors i on es troben situats.



Figura 2.3. Caldera de gasoil de 15 kW (Autora: Aina Bergadà)



Figura 2.4. Radiador (Autora: Aina Bergadà)

2.3. Procediment per a obtenir l'informe per a la certificació energètica

Seguidament s'explica quins han estat els passos seguits per arribar a obtenir els resultats de demanda i consum de l'edifici en qüestió.

L'eina unificada HULC, està composta pels dos següents programes amb característiques pròpies:

- Lider: calcula la demanda energètica que representa la instal·lació de calefacció i

refrigeració d'un edifici i segueix les normes de verificació del CTE DB HE1. Aquest reglament exposa les condicions pel control de la demanda energètica, per tant quantifica la demanda de calefacció i refrigeració de l'habitatge, és a dir, quantifica la qualitat de l'envoltant tèrmic [1].

- Calener: a partir de les instal·lacions tèrmiques en calcula el seu consum d'energia i segueix les normes de verificació del CTE DB HE0. Aquest reglament exposa la limitació del consum energètic. Bàsicament quantifica el consum d'energia primària no renovable i les emissions de CO₂[1].

L'ús dels dos programes es fa de manera progressiva i permet obtenir la verificació i certificació de l'edifici. Abans d'entrar en els detalls de cada pas necessari per tal d'arribar a la certificació, en la Figura 2.5 es mostra un diagrama de blocs que esquematitza quin és el flux de treball del software Hulc.

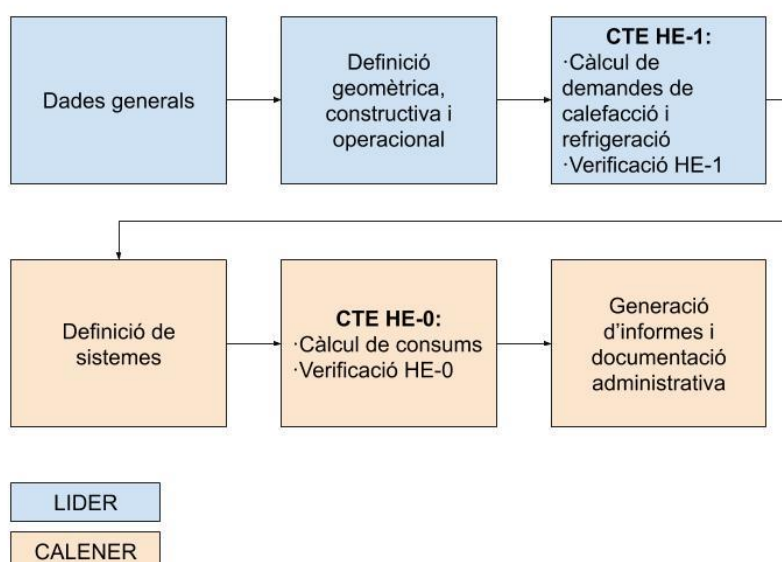


Figura 2.5. Flux de treball del software Hulc (Elaboració pròpia)

2.3.1. Dades generals

Per començar, el programa demana una sèrie de característiques sobre l'edifici i la seva localització. Aquestes serveixen per a la posterior realització dels càlculs i algunes queden plasmades en l'informe per a la Certificació energètica que es genera. En l'Annex B es troba el detall d'aquestes especificacions.

Cal remarcar que dins de les dades generals hi ha una secció anomenada "Producció

d'Energia" que és on s'ha d'indicar la quantitat de potència elèctrica renovable instal·lada. En cas que sigui superior a zero, s'han d'assenyalar els valors mensuals de la producció d'energia elèctrica a partir d'una font d'energia renovable (fotovoltaica, eòlica o cogeneració) i els valors mensuals de la producció d'energia tèrmica a partir d'una font d'energia renovable (solar tèrmica ACS).

En el cas d'estudi, per a fer la primera certificació energètica s'ha indicat que la quantitat de potència elèctrica renovable instal·lada és nul·la, però aquesta secció serà útil per a les posteriors certificacions energètiques que es realitzin amb les diferents propostes per produir una part de l'energia amb fonts renovables.

En aquesta secció també cal especificar les condicions de ventilació, és a dir el cabal de ventilació expressat en litres/segon. Segons el Document Bàsic HS de Salubritat [5] es defineixen dos tipus d'espais: els secs (dormitoris, sales d'estar i menjadors) i els humits (cuines i banys). Cal calcular el cabal de ventilació total dels espais secs i el total dels espais humits i quedar-se amb el major. Per tal de realitzar aquest càlcul es tenen en compte les especificacions de la Taula 2.1.

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Taula 2.1. Cabals mínims per a ventilació de cabal constant en locals habitables [5]

Es procedeix al càlcul tenint en compte que l'habitatge consta de més de tres dormitoris. En quant als espais secs:

- Dormitori principal: 8 l/s x 1 dormitori = 8 l/s
- Resta de dormitoris: 4 l/s x 4 dormitoris = 16 l/s
- Sales d'estar i menjadors: 10 l/s x 1 menjador = 10 l/s
- Cabal total espais secs = 34 l/s

En quant als espais humits:

- Mínim en total = 33 l/s
- Mínim per local: 8 l/s x 2 banys + 8 l/s x 1 cuina = 24 l/s
- Cabal total espais humits: 24 l/s < 33 l/s → 33 l/s

Per tant, entre els 34 l/s dels espais secs i els 33 l/s dels espais humits, ens hem de quedar

amb els 34 l/s ja que representa el cabal major.

2.3.2. Definició geomètrica

Seguidament, per a poder modelitzar l'edifici s'han de definir les característiques de l'envoltant i l'espai de treball.

El primer pas consisteix en definir tots els elements opacs i els semitransparents que componen l'edifici (els ponts tèrmics no cal definir-los, els calcula automàticament el programa un cop ha finalitzat la definició geomètrica). Per a cada element, s'especifiquen els materials que el componen i de cada material es té en compte l'espessor, la conductivitat, la densitat, la Cp i si s'escau, la resistència tèrmica.

Els elements opacs que es defineixen són la coberta, els forjats interiors (terres horitzontals que es troben entre diferents plantes), el forjat terreny (terra horitzontal que està en contacte amb el terreny), els murs enterrats (murs verticals en contacte amb el terreny), els murs exteriors i els envans (parets verticals interiors que defineixen els diferents espais).

En quant als elements semitransparents es defineixen les portes de fusta (corresponents a la porta de l'entrada i la porta del garatge) i les finestres.

Seguidament, en les Figures 2.6 i 2.7 es poden veure les definicions de la coberta i els forjats interiors. Els altres elements es troben en l'Annex C.

Grupo CERRAMIENTOS

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales [Materiales ordenados de exterior a interior].
 Horizontales [Materiales ordenados de arriba hacia abajo].

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Azulejo cerámico	0,020	1,300	2300	840	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,550	1125	1000	
3	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,060	0,432	930	1000	
4	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,020	0,038	30	1000	
5	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,020	1,650	2150	1000	
6	Placa de yeso o escavola 750 < d < 900	0,020	0,250	825	1000	
7						

Grupo Material

Material

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M 1,02 [W/m²K]
 U_C 1,05 [W/m²K]
 U_S 0,98 [W/m²K]

Aceptar

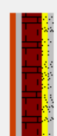


Figura 2.6. Definició dels elements que formen la coberta (captura del software HULC)

Grupo CERRAMIENTOS

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Gres(silice) 2200 < d < 2590	0,020	2,300	2395	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,550	1125	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [0,029 W/[mK]]	0,050	0,029	30	1000	
4	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,050	1,650	2150	1000	
5	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
6						

Grupo Material

Material

Espesor [m]

U_M [W/m²K]
 U_C [W/m²K]
 U_S [W/m²K]

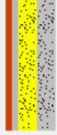


Figura 2.7. Definició dels elements que formen el forjat interior (captura del software HULC)

Un cop definits tots els elements que formen l'envoltant, es procedeix a la modelització 3D de l'edifici. L'edifici consta de tres pisos (denominats com a garatge, planta baixa i golfes, tot i que les golfes és una planta habitable) i s'han definit els espais de cada pis segons si estan climatitzats o no:

- Garatge: consta de tres espais, un climatitzat i dos sense climatitzar.
- Planta baixa: consta de dos espais, un climatitzat i un no climatitzat (corresponent al passadís).
- Golfes: consta de dos espais, un climatitzat i un no climatitzat (corresponent al passadís).

Per tal de realitzar la geometria en 3D s'ha dissenyat el plànol de la planta de cada pis (definint els diferents espais) amb el programa *AutoCAD* (plànols disponibles en l'Annex D) i s'han exportat en format *.dxf* a l'eina unificada HULC. Per unir les diferents plantes s'utilitzen les opcions de "Crear Murs" i "Crear Forjats Automàtics" disponibles en l'espai de treball del HULC.

El disseny de la teulada, el balcó, les portes i les finestres es fa directament en el programa de certificació energètica, sense utilitzar l'*AutoCAD*. Per a la teulada i el balcó s'utilitzen línies auxiliars i es defineixen els elements que queden entre aquestes línies com a coberta

en el cas de la teulada i com a element d'ombra en el cas del balcó, mentre que per a les portes i finestres s'utilitza l'opció de "Crear Finestres", que permet situar-les en l'espai de la façana en què es troben i indicar-ne l'alçada i l'amplada.

En la Figura 2.8 es mostra la geometria en 3D de l'edifici des de dues perspectives diferents en l'espai de treball del HULC.

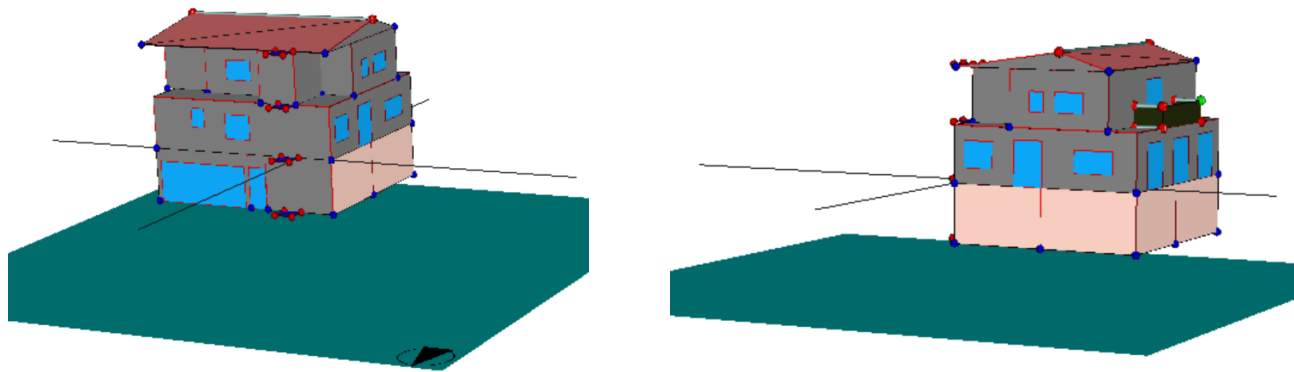


Figura 2.8. Vista de la geometria en 3D de l'edifici

Un cop definida la geometria i s'ha comprovat que totes les parts de l'envoltant estan ben associades als elements definits anteriorment i que els espais estan ben categoritzats (com a climatitzats/ no climatitzats/ no habitables), ja es pot procedir al càlcul automàtic dels ponts tèrmics. En les taules de l'Annex E es troben els diferents tipus de ponts, amb el seu valor de transmitància tèrmica lineal definit en el programa per defecte i la longitud de cada tipus de pont.

En aquest punt el programa ja pot calcular la qualitat de l'envoltant tèrmica i la demanda de calefacció i refrigeració de l'edifici. En apartats posteriors s'especifiquen i s'analitzen els resultats obtinguts.

2.3.3. Definició de sistemes

Un cop el programa pot calcular la demanda, el següent pas consisteix en definir els sistemes dels quals disposa l'edifici per tal de que en pugui calcular els consums.

Es defineixen dos sistemes: un *sistema de climatització unizona* per a l'espai climatitzat del garatge i un *sistema mixta de calefacció i ACS* per als espais climatitzats restants i per a l'aigua calenta sanitària. Tal i com ja s'ha comentat anteriorment, a continuació es mostren les característiques.

- Sistema de climatització unizona: consta d'un calefactor elèctric de capacitat nominal de 1,5 kW.
- Sistema mixta de calefacció i ACS: consta d'una caldera convencional de gasoil amb una capacitat total de 15 kW, un acumulador d'aigua calenta de 100 l de capacitat, 12 radiadors repartits entre els dos pisos i també es defineix el consum d'ACS en 140 l/dia a una temperatura d'utilització de 50 °C.

Amb aquestes dades el programa ja pot calcular els consums i generar l'informe per a la Certificació energètica de l'edifici. Els consums obtinguts es determinen i s'estudien en el següent apartat.

2.4. Resultats obtinguts de demanda i consum

En aquest apartat s'analitzen quins són els resultats de demanda i consum calculats pel programa i en el següent apartat es comprova si es compleixen o no els requisits del Codi Tècnic de l'Edificació.

2.4.1. Demanda i qualitat de l'envoltant tèrmica

En quant a les demandes, la demanda anual de calefacció és de 55,68 kWh/m²any mentre que la de refrigeració és de 21,09 kWh/m²any. Donades les condicions de la zona climàtica on es troba l'edifici (D3) és lògic que la demanda de calefacció sigui superior a la de refrigeració.

Gràcies a una eina existent en format *Excel* elaborada per visualitzar els resultats de l'eina unificada HULC (que utilitza l'arxiu generat per HULC) [6], s'ha obtingut un desglossament per components dels guanys i les pèrdues tèrmiques en calefacció i refrigeració.

En les Figures 2.9 i 2.10 s'observa com es reparteixen en els diferents components les pèrdues i els guanys de calefacció i refrigeració.

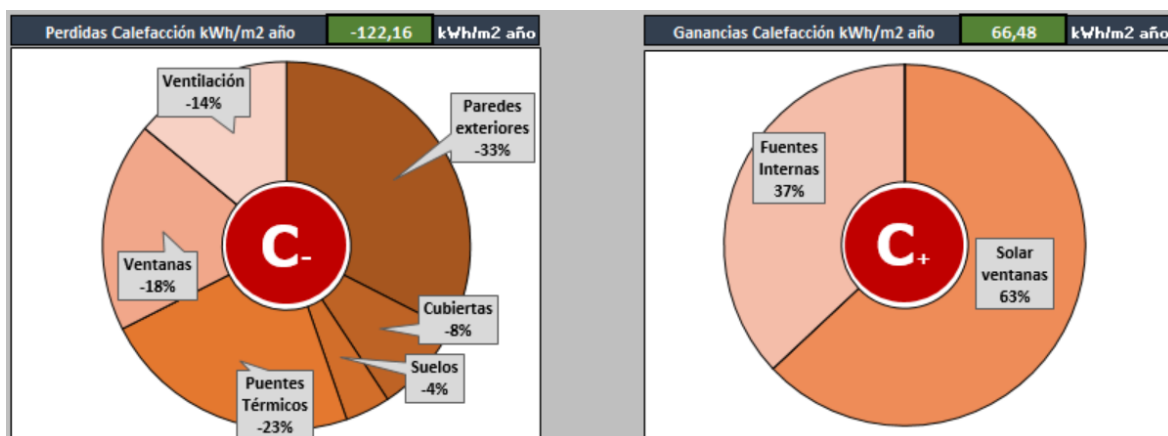


Figura 2.9. Repartiments de pèrdues i guanys en calefacció

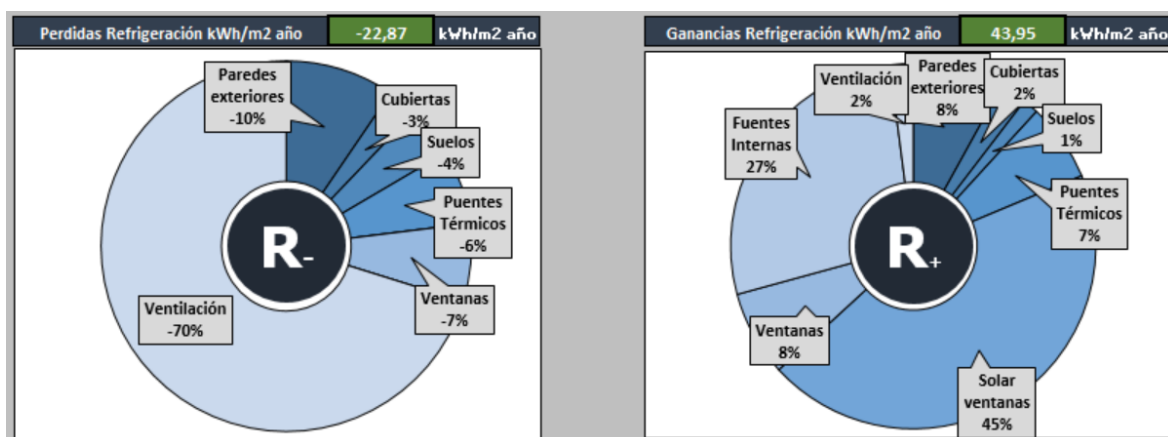


Figura 2.10. Repartiments de pèrdues i guanys en refrigeració

Analitzant els elements que generen més demanda, per una banda es tenen els factors principals que contribueixen a les pèrdues de calefacció que són les parets exteriors i els ponts tèrmics i per altra banda, els que contribueixen en els guanys de refrigeració que són les finestres i les fonts internes.

Aquesta eina en format *Excel* també permet veure quina és la demanda mensual d'energia total i per a cada pis. A continuació, en la Figura 2.11 es mostra la demanda mensual d'energia total.

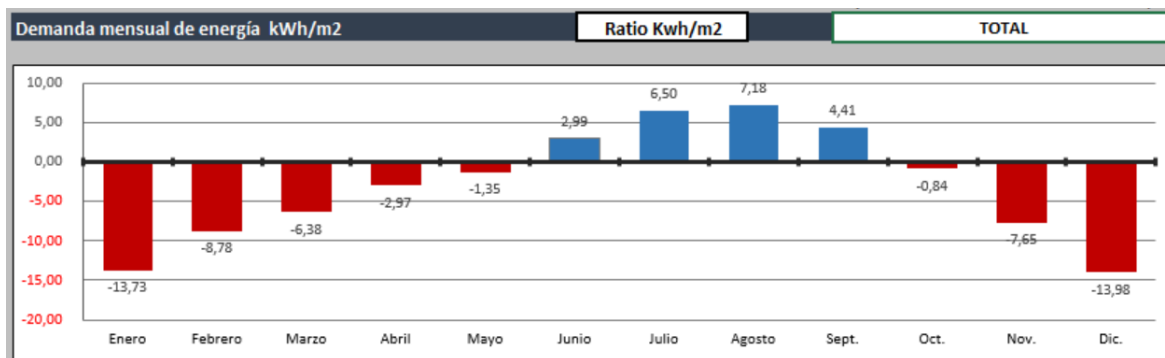


Figura 2.11. Demanda mensual d'energia total

En quant a l'envoltant tèrmica, s'obté una transmitància tèrmica global (K) d'1,27 W/m²K, un control solar (q_sol) de 8,48 kWh/m²mes (relació entre els guanys solars pel mes de juliol i la superfície útil dels espais inclosos dins de l'envoltant tèrmica) i una relació de canvi d'aire a 50 Pa (n50) de 5,98 h⁻¹ (relació entre el flux d'aire a través de l'envoltant tèrmica i el seu volum intern).

2.4.2. Consum i emissions de CO₂

En quant al consum, s'obté un consum d'energia primària no renovable de 83,9 kWh/m²any que es desglossa en 58,43 kWh/m²any de calefacció, 11,43 kWh/m²any de refrigeració i 14 kWh/m²any d'ACS.

El consum d'energia primària renovable és de 4,26 kWh/m²any, pràcticament negligible, repartit entre 1,8 kWh/m²any de calefacció, 2,42 kWh/m²any de refrigeració i 0,04 kWh/m²any d'ACS.

En quant a les emissions de CO₂, se'n generen 20,3 kgCO₂/m²any distribuïdes en 14,67 kgCO₂/m²any de calefacció, 1,94 kgCO₂/m²any de refrigeració i 3,69 kgCO₂/m²any d'ACS.

2.5. Verificació dels resultats amb el Codi Tècnic de l'Edificació

2.5.1. Demanda i qualitat de l'envoltant tèrmica

Tal i com s'observa en la Figura 2.12, la demanda de calefacció es troba en la categoria C mentre que la de refrigeració es troba en la D.

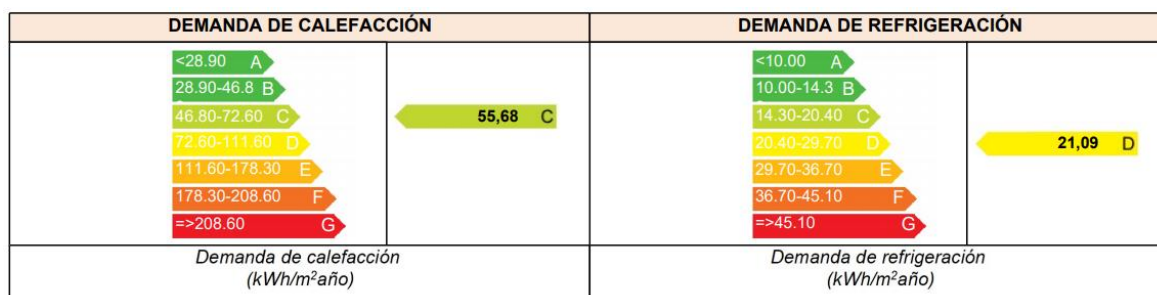


Figura 2.12. Qualificació de la demanda de calefacció i refrigeració

És normal que la qualificació obtinguda no sigui la màxima ja que la casa es va construir fa 25 anys i la normativa pel control de la demanda energètica es va actualitzar l'any 2019.

Dos altres paràmetres que també es tenen en compte a l'hora de controlar la demanda energètica són:

- El coeficient global de transmissió de calor a través de l'envoltant tèrmica (K) segons el valor límit del coeficient global de transmissió de calor a través de l'envoltant tèrmica (K_{lim}) que s'estableix en l'apartat 3.1.1 de la secció HE1 del Codi Tècnic de l'Edificació [1].
- El control solar de l'envoltant tèrmica de l'edifici ($q_{sol,jul}$) segons el valor límit del control solar de l'envoltant tèrmica de l'edifici ($q_{sol,jul,lim}$) que s'estableix en l'apartat 3.1.2 de la secció HE1 del Codi Tècnic de l'Edificació [1].

En la Taula 2.2 es representa quins són els valors de K , K_{lim} , $q_{sol,jul}$, i $q_{sol,jul,lim}$.

K (kWh/m ² any)	1,27	K_{lim} (kWh/m ² any)	0,64	NO COMPLEIX
$q_{sol,jul}$ (kWh/m ² any)	8,48	$q_{sol,jul,lim}$ (kWh/m ² any)	2	NO COMPLEIX

Taula 2.2. Valors de K , K_{lim} , $q_{sol,jul}$, i $q_{sol,jul,lim}$

Tal i com ja s'ha comentat anteriorment, és normal que els resultats obtinguts no compleixin amb la normativa a causa de l'antiguitat de l'edifici.

2.5.2. Consum i emissions de CO₂

Tal i com s'observa en la Figura 2.13, en quant a consum l'edifici obté una qualificació global de categoria B. Els indicadors parcials d'energia primària no renovable tant de calefacció com de refrigeració també són de categoria B mentre que l'indicador parcial d'energia primària no renovable d'ACS obté una qualificació E. Aquest últim serà el que caldrà millorar més quan es proposin les recomanacions per a la millora de l'eficiència energètica.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	83,86 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m² año)	B	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m² año)	E
		58,43		14,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m² año)	B	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m² año)	-		
11,43		0,00			
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m² año) ¹					

Figura 2.13. Qualificacions global i parcials del consum d'energia primària no renovable

En quant a les emissions de CO₂, l'indicador global és de categoria C i es troba certa varietat en els indicadors parcials. Les emissions de refrigeració tenen la màxima categoria, A, mentre que les de calefacció obtenen una qualificació de B i les d'ACS, que tornaran a ser les que caldrà millorar més al proposar les recomanacions per a la millora de l'eficiència energètica, una E. En la Figura 2.14 es poden observar els resultats en un format taula.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	20,30 C	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m² año)	B	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m² año)	E
		14,67		3,69	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m² año)	-		
1,94		-			
Emisiones globales (kgCO ₂ /m² año) ¹					

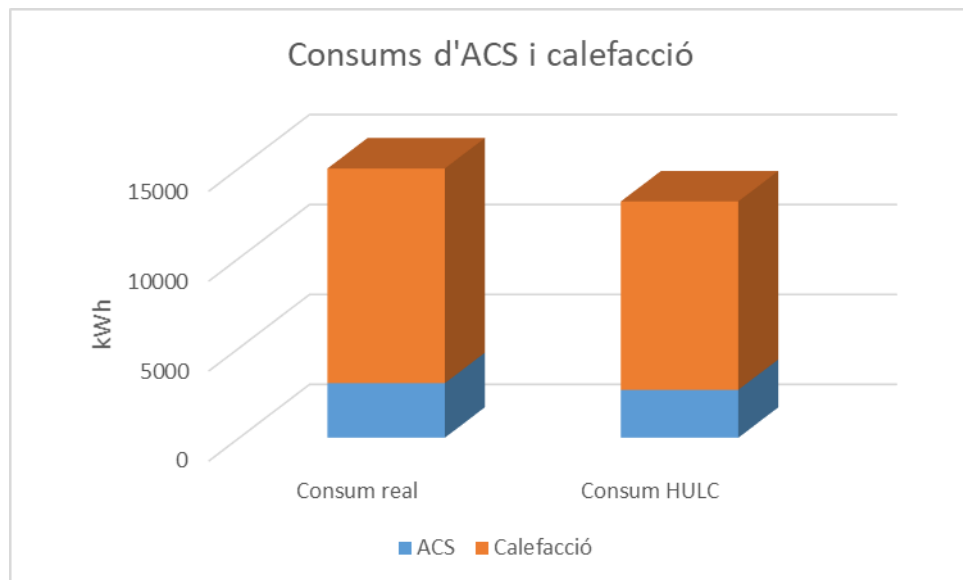
Figura 2.14. Qualificacions global i parcials de les emissions de CO₂

2.6. Comparació dels resultats de consum obtinguts amb el consum real de l'edifici

Se sap que anualment es consumeixen aproximadament 1500 litres de gasoil. Tenint en compte que un litre de gasoil equival a 9,98 kWh, això significa que entre ACS i calefacció es consumeixen 14970 kWh anuals.

L'Excel que genera el software HULC amb el detall de tots els consums, conclou que el consum total de la caldera és de 13139 kWh anuals, repartits en 2662 kWh per l'ACS i 10477 kWh per la calefacció.

Tal i com s'observa i queda representat en la Gràfica 2.1, els resultats obtinguts i els reals són del mateix ordre de magnitud.



Gràfica 2.1. Comparació del consum real i el consum obtingut en HULC (elaboració pròpia)

3. Piscina exterior

En aquest apartat es duran a terme tots els càlculs relacionats amb la piscina exterior i s'exposaran les diferents propostes per a escalfar l'aigua de la piscina per tal d'obtenir un confort tèrmic.

3.1. Caracterització de la piscina exterior

La piscina es troba en el jardí que envolta l'edifici d'estudi i té una llargada de 6 metres, una amplada de 3 metres i una profunditat d'1,50 metres.

En quant a la seva composició, la solera és de formigó, les parets són també de formigó amb una placa d'acer i està tota recoberta d'una capa de PVC.

També cal esmentar que té una coberta mòbil de plàstic que s'haurà de tenir en compte pels càlculs realitzats a continuació.

En la Figura 3.1 es pot veure una fotografia de la piscina d'estudi.



Figura 3.1. Piscina d'estudi (Autora: Aina Bergadà)

3.2. Càlcul de la despesa energètica

En aquest apartat es procedirà a realitzar el càlcul de la despesa energètica que ens permetrà saber quina és l'energia necessària per a escalfar l'aigua de la piscina.

L'Equació 3.1 [7] mostra el balanç energètic de l'aigua que conté una piscina.

$$q_t = q_e + q_r + q_c + q_{re} + q_k - q_s \text{ (W/m}_2\text{)} \quad \text{Equació 3.1}$$

En què:

q_t : pèrdues totals d'energia de l'aigua de la piscina (W/m₂)

q_e : pèrdues de calor per evaporació (W/m₂)

q_r : pèrdues de calor per radiació (W/m₂)

q_c : pèrdues de calor per convecció (W/m₂)

q_{re} : pèrdues de calor per renovació d'aigua (W/m₂)

q_k : pèrdues de calor per conducció a través dels murs i la solera del vas (W/m₂)

q_s : guany de calor a causa de la radiació solar incident (W/m₂)

Tal i com ja s'ha comentat la piscina disposa d'una coberta mòbil, per tant, aquestes pèrdues i guanys s'hauran de calcular tenint en compte si la piscina està coberta o descoberta. Es considera que d'abril a juny i de setembre a octubre la piscina sempre està coberta (encara que tingui banyistes) i que durant juliol i agost, la piscina està descoberta des de les dotze del migdia fins a les sis de la tarda, i coberta la resta d'hores. La resta de mesos de l'any es considera que no cal climatitzar-la ja que ningú s'hi banyarà.

3.2.1. Obtenció de dades

Abans de procedir a efectuar els càlculs dels diferents tipus de pèrdues i guany, cal esmentar que les dades meteorològiques necessàries per a la realització del balanç (temperatura de l'aire, irradiació directe, velocitat del vent i humitat relativa) s'han tret de la base de dades del Codi Tècnic de l'Edificació [8]. S'han utilitzat les dades de la zona climàtica D3, amb una latitud de 40,683331°, una longitud de -4,133333° i una altitud de 667 metres, dades bastant similars a les de Santa Coloma de Queralt (latitud de 41,533506°, longitud de 1,384475° i altitud de 674 metres).

També s'han utilitzat les taules termodinàmiques de l'aigua [9] per a treure algunes dades com la pressió de saturació de l'aigua a la temperatura de l'aire i l'entalpia de vaporització de l'aigua a la temperatura de l'aigua; per a calcular les humitats absolutes s'ha utilitzat un calculador psicomètric online [10].

En quant a la temperatura de confort de l'aigua, el Codi Tècnic de l'Edificació [7] especifica

que s'ha de trobar entre 20 i 27 °C en piscines descobertes, i entre 26 i 28 °C en piscines cobertes per a realitzar activitats d'entreteniment, per tant, s'escull que l'aigua de la piscina es trobi a 26 °C.

Per a la temperatura de l'aire en l'interior de la coberta, el Codi Tècnic de l'Edificació [7] recomana que estigui entre 26 i 28 °C, i es selecciona una temperatura de 26 °C.

La temperatura de l'aigua de la xarxa es troba en la base de dades de IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*) [11].

Finalment, el coeficient de transmissió de calor del tancament es considera de 0,73 W/m².°C que és el valor utilitzat en el document de la Col·lecció Quadern Pràctic Número 6 de l'Icaen [7].

3.2.2. Procediment pels càlculs

En termes generals, el què s'ha fet ha estat calcular cada tipus de pèrdua aplicant les fórmules de piscina coberta per a l'abril, maig, juny, juliol i agost de mitjanit a les 12 del migdia i de 6 de la tarda a mitjanit, setembre i octubre i les fórmules de piscina descoberta per al juliol i l'agost de 12 del migdia a 6 de la tarda. Per tal d'obtenir un únic valor per als mesos de juliol i agost, s'ha multiplicat el valor obtingut amb les fórmules de piscina coberta pel percentatge d'hores al dia que es considera coberta (75%) i el valor obtingut amb les fórmules de piscina descoberta pel percentatge d'hores al dia que es considera descoberta (25%).

Amb les fórmules utilitzades s'obtenen els resultats en W/m², i per tal de convertir-los a kWh, unitat que ens permetrà posteriorment dimensionar la instal·lació per escalfar l'aigua, es multiplica el resultat per la superfície (18 m²) i pel número d'hores que té un mes (30 o 31 dies * 24 hores) i es divideix de 1000 (per passar de W a kW).

Les fórmules utilitzades es troben disponibles en el document de la Col·lecció Quadern Pràctic Número 6 de l'Icaen [7].

A continuació s'exposa com s'ha calculat cada component de l'Equació 3.1 i en l'Annex F s'adjunta el full de càlcul on es pot veure amb més detall totes les dades utilitzades i desglossades mensualment i tots els passos realitzats fins a arribar als resultats.

3.2.3. Pèrdues de calor per evaporació (q_e)

Es tenen pèrdues de calor per evaporació quan la velocitat del vent assoleix un valor que fa que l'evaporació sigui major a l'evaporació provocada per l'agitació superficial dels usuaris.

3.2.3.1. Càlcul per a piscina descoberta

Amb l'Equació 3.2 es calcula el cabal màssic horari evaporat per a velocitats del vent superiors a 2 m/s (com és en el cas d'estudi).

$$M_e = 13,84 + 7,7 \cdot V \cdot (P_{ag} - P_a) / 1.000 \text{ (kg/h} \cdot \text{m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.2}$$

En què:

M_e : cabal d'aigua evaporat (kg/h·m²)

V: velocitat del vent a l'alçada de l'aigua de la piscina (m/s)

P_{ag} : pressió de saturació de l'aire ambient a la temperatura de l'aigua (mmHg)

P_a : pressió parcial del vapor d'aigua en l'aire ambient (mmHg)

Finalment, per tal d'obtenir les pèrdues de calor per evaporació es multiplica el cabal d'aigua evaporat per l'entalpia de vaporització de l'aigua a una temperatura de 26°C, que és la temperatura que es vol que l'aigua de la piscina estigui.

3.2.3.2. Càlcul per a piscina coberta

En el cas de piscina coberta, el cabal màssic horari evaporat es calcula amb l'Equació 3.3, i el procediment per obtenir les pèrdues de calor per evaporació a partir d'aquest cabal màssic és el mateix que en la piscina descoberta.

$$M_e = 9 \cdot (X_s - X_a) \cdot (1 + V/1,2) \cdot S + 0,42 \cdot N + 0,08 \cdot n \text{ (kg/h)} \quad \text{Equació 3.3}$$

En què:

M_e : cabal d'aigua evaporat (kg/h)

X_s : humitat absoluta en saturació a la temperatura de l'aigua de la piscina (kg vapor/ kg aire sec)

X_a : humitat absoluta a la temperatura de l'aire ambient (kg vapor/ kg aire sec)

V: velocitat del vent a l'alçada de l'aigua de la piscina (m/s)

S: superfície d'aigua (m²)

N: nombre de banyistes considerats per hora

n: nombre d'espectadors

La superfície de l'aigua és de 18 m², el nombre de banyistes considerats per hora és de tres i es considera que no hi ha espectadors.

3.2.3.3. Pèrdues de calor per evaporació mensuals

En la Taula 3.1 es mostren les pèrdues de calor per evaporació mensuals en kWh.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
2723,34	2094,08	1091,53	2426,89	2410,06	976,04	2211,00

Taula 3.1. Pèrdues de calor per evaporació (kWh)

3.2.4. Pèrdues de calor per radiació (q_r)

Les pèrdues de calor per radiació es donen perquè l'aigua de la piscina experimenta un bescanvi de calor en forma d'energia radiant amb l'entorn. Quan la temperatura d'aquest entorn és menor que la de l'aigua, aquest bescanvi implica una pèrdua de calor del líquid del vas de la piscina.

3.2.4.1. Càlcul per a piscina descoberta

Tal i com es mostra en l'Equació 3.4, aquest bescanvi de calor es pot escriure com:

$$q_r = q_{r1} - q_{r2} \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.4}$$

En què:

q_{r1} : calor emesa per la piscina cap a l'exterior en forma de radiació (W/m²)

q_{r2} : calor rebuda per la piscina de l'exterior en forma de radiació (W/m²)

El valor de q_{r1} es pot determinar a partir de l'Equació 3.5:

$$q_{r1} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_{ag})^4 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.5}$$

En què:

σ : constant de Stefan-Boltzman que val $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

ε : emissivitat de l'aigua que es considera de 0,95

T_{ag} : temperatura de l'aigua en K

El valor de q_{r2} es pot determinar a partir de l'Equació 3.6 (coneguda com a fórmula de BRUNT):

$$q_{r2} = \sigma \cdot (T_{ag})^4 \cdot (0,55 + 0,056 \cdot (Pa)^{1/2}) \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.6}$$

En què:

σ : constant de Stefan-Boltzman que val $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

T_{ag} : temperatura de l'aigua en K

Pa : pressió parcial del vapor d'aigua en l'aire (mbar)

Per a calcular la pressió parcial del vapor d'aigua en l'aire, primer es troba per taules la pressió de saturació de l'aigua a la temperatura de l'aire, i a partir de l'Equació 3.7 s'aïlla la pressió parcial del vapor d'aigua en l'aire.

Humit. rel. = Pparc. vapor d'aigua en l'aire / Psat. de l'aigua a la temp. de l'aire *Equació 3.7*

3.2.4.2. Càlcul per a piscina coberta

En l'Equació 3.8 es mostra el càlcul de les pèrdues per radiació per a piscines cobertes.

$$q_r = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_{ag}^4 - T_s^4) \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.8}$$

En què:

σ : constant de Stefan-Boltzman que val $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

ε : emissivitat de l'aigua que es considera de 0,95

T_{ag} : temperatura de l'aigua en K

T_s : temperatura de la superfície que forma el tancament en K

Aquesta temperatura de la superfície que forma el tancament es calcula utilitzant l'Equació 3.9.

$$T_s = T_a - (k) \cdot (1/h) \cdot (T_a - T_e) \text{ (K)} \quad \text{Equació 3.9}$$

En què:

T_a : temperatura de l'ambient interior en °C

K: coeficient de transmissió de calor del tancament ($\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$)

1/h: inversa del coeficient superficial de transmissió de calor ($\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$)

T_e : temperatura de l'aire exterior en °C

Tal i com ja s'ha comentat, el coeficient de transmissió de calor del tancament és de 0,73 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$ i la inversa del coeficient superficial de transmissió de calor és de 0,095 $\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}$.

3.2.4.3. Pèrdues de calor per radiació mensuals

Finalment, en la Taula 3.2 s'observen les pèrdues de calor per radiació mensuals en kWh.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
79,65	61,87	26,78	335,61	328,18	22,34	65,10

Taula 3.2. Pèrdues de calor per radiació (kWh)

3.2.5. Pèrdues de calor per convecció (q_c)

Quan la temperatura ambient és diferent de la temperatura de l'aigua de la piscina es produeix el bescanvi de calor per convecció. Si la temperatura ambient és inferior a la temperatura de l'aigua de la piscina, l'aigua perd calor a un ritme que depèn de la diferència entre les dues temperatures. Si la temperatura ambient és superior, l'aigua guanya calor.

3.2.5.1. Càlcul per a piscina descoberta

Les pèrdues de calor per convecció en una piscina descoberta es poden calcular a partir de l'Equació 3.10.

$$q_c = (2,6636 \cdot V^{4/5} / L^{1/5}) \cdot \Delta T \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.10}$$

En què:

V: velocitat del vent a l'alçada de l'aigua de la piscina (m/s)

L: longitud de la piscina (m)

ΔT : diferència entre la temperatura de l'aigua i la temperatura de l'aire (K)

3.2.5.2. Càlcul per a piscina coberta

Les pèrdues de calor per convecció en una piscina coberta es poden calcular a partir de l'Equació 3.11.

$$q_c = [0,6246 - (\Delta T)^{1/3}] \cdot \Delta T \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.11}$$

En què:

ΔT : diferència entre la temperatura de l'aigua i la temperatura de l'aire (K)

3.2.5.3. Pèrdues de calor per convecció mensuals

En la Taula 3.3 es mostren les pèrdues de calor per convecció mensuals en kWh.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
623,63	448,45	157,86	17,33	13,86	125,99	478,38

Taula 3.3. Pèrdues de calor per convecció (kWh)

3.2.6. Pèrdues de calor per renovació d'aigua (q_{re})

En quant a la renovació d'aigua de la piscina, la normativa exigeix renovar un mínim del 5% del volum del vas al dia. Com que al renovar l'aigua hi estem introduint aigua a la temperatura de la xarxa, la pèrdua energètica dependrà en gran mesura de la diferència de temperatures entre l'aigua de la xarxa de distribució i la de la piscina. En l'Equació 3.12 s'observa quin és el càlcul realitzat, tant per a la franja coberta com descoberta.

$$q_{re} = (Q_{re} \cdot \rho \cdot C_p / 3,6 \cdot S) \cdot (T_{ag} - T_{ext}) \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.12}$$

En què:

Q_{re} : cabal horari d'aigua a escalfar (m^3/h)

ρ : densitat de l'aigua (kg/m^3)

C_p : calor específica de l'aigua ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)

T_{ag} : temperatura de l'aigua del vas ($^\circ C$)

T_{ext} : temperatura de xarxa de l'aigua ($^\circ C$)

S : superfície de la piscina (m^2)

El cabal horari d'aigua a escalfar s'ha calculat com un 5% del volum d'aigua de la piscina i dividit entre 24 hores, ja que la normativa estableix que s'ha de renovar cada 24 hores. En aquest cabal horari també s'hi ha sumat el cabal horari d'aigua evaporat calculat en l'apartat de les pèrdues de calor per evaporació. En quant a les altres dades, s'ha considerat una densitat de l'aigua de 1.000 kg/m^3 i una calor específica de l'aigua de $4,19 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ C$.

Per obtenir el resultat en W/m^2 ha calgut dividir el resultat entre 3.600 per tal de passar les hores a segons i multiplicar-lo per 1.000, per tal de passar de kJ a J , i així obtenir $J/s \cdot m^2$, que equival a W/m^2 .

En la Taula 3.4 s'observen les pèrdues de calor per renovació d'aigua mensuals en kWh .

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
437,18	314,76	179,58	205,97	205,10	150,21	324,78

Taula 3.4. Pèrdues de calor per renovació d'aigua (kWh)

3.2.7. Pèrdues de calor per conducció a través dels murs i la solera del vas (q_k)

Existeix un flux de calor per conducció des de l'aigua cap a fora, a través de les parets i la solera, ja que l'aigua de la piscina es troba a uns 26 °C i la temperatura exterior del vas és inferior a aquest valor.

3.2.7.1. Càlcul per a piscina descoberta

L'equació 3.13 representa el càlcul d'aquestes pèrdues de calor per conducció en piscines descobertes.

$$q_k = (K \cdot S_{sp} \cdot (T_{ag} - T_a)) / S \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.13}$$

En què:

K: coeficient de transmissió de calor dels murs i solera (W/m²·K)

S_{sp}: superfície de la solera i de les parets del vas (m²)

T_{ag}: temperatura de l'aigua del vas (K)

T_a: temperatura de l'aire (K)

S: superfície del vas de la piscina

En quant al coeficient de transmissió, s'ha considerat el mateix tant pels murs com per la solera ja que els dos estan compostos per formigó i s'ha pres el valor de 0,73 W/m²·K. En quant a les superfícies, la del vas (com la de la solera) és de 18 m² i la suma de la superfície del vas més la superfície de les parets és de 54 m².

3.2.7.2. Càlcul per a piscina coberta

Per a calcular les pèrdues de calor per convecció en la franja en la què la piscina està coberta, s'ha utilitzat l'Equació 3.13 però substituint la temperatura de l'aire per la temperatura exterior a les superfícies que formen el vas (T_{ex}). Aquesta temperatura s'ha calculat utilitzant l'Equació 3.14.

$$T_{ex} = 0,4 \cdot T_a + 0,6 \cdot T_e \text{ (K)} \quad \text{Equació 3.14}$$

En què:

T_a: temperatura de l'ambient interior (K)

T_e: temperatura de l'aire exterior (K)

3.2.7.3. Pèrdues de calor per conducció mensuals

En la Taula 3.5 es troben les pèrdues de calor per conducció mensuals en kWh.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
263,06	204,04	88,11	25,22	21,04	73,49	214,76

Taula 3.5. Pèrdues de calor per conducció (kWh)

3.2.8. Guany de calor degut a la radiació solar incident (q_s)

En aquest apartat es calculen els guanys que tindrà el vas de la piscina per radiació directa durant el dia.

3.2.8.1. Càlcul per a piscina descoberta

Les pèrdues per reflexió en la superfície de l'aigua, així com les ombres parcials causades per les voreres de la piscina fan que l'energia neta directament aportada a l'aigua es pugui calcular mitjançant l'Equació 3.15:

$$q_s = 0,85 \cdot I \text{ (W/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 3.15}$$

En què:

I: radiació directe (W/m²)

3.2.8.2. Càlcul per a piscina coberta

Per les franges en què la piscina està coberta, només cal multiplicar l'Equació 3.15 pel factor solar (g) de la coberta de la piscina, que és de 0,77.

3.2.8.3. Guanys de calor per radiació solar incident mensuals

En la Taula 3.6 queden recollits els guanys de calor per radiació solar incident mensuals en kWh.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
994,10	1349,38	1665,87	2058,14	1839,43	1194,73	701,89

Taula 3.6. Guanys de calor per radiació solar incident (kWh)

3.2.9. Pèrdues totals d'energia de l'aigua de la piscina (q_t)

Finalment, un cop calculats tots els components rellevants de la part dreta de l'Equació 3.1, es procedeix a calcular les pèrdues totals mensuals d'energia de l'aigua de la piscina (utilitzant l'Equació 3.1), que ens permetran saber quina és l'energia necessària per escalfar i mantenir l'aigua de la piscina a 26°C.

Aquests valors es poden veure en la Taula 3.7, on hi estan representats en kWh.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
3132,75	1773,80	-122,01	952,88	1138,81	153,33	2592,13

Taula 3.7. Resultat del balanç d'energia de l'aigua de la piscina (kWh)

3.2.10. Verificació dels resultats

Per tal de comprovar que els resultats obtinguts són coherents, es calculen les pèrdues amb dos altres mètodes més senzills per verificar que la solució obtinguda és del mateix ordre de magnitud.

Primerament es calcula el balanç amb unes equacions que es troben en el *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura* [12]. Aquestes fórmules corresponen a l'Equació 3.16 pel càlcul de piscina descoberta i a l'Equació 3.17 pel càlcul de piscina coberta.

$$P = [(28+20 \cdot v) \cdot (t_{ws}-t_{bs}) \cdot S_w]/1000 \text{ (kW)} \quad \text{Equació 3.16}$$

$$P = (130-3 \cdot t_{ws}+0,2 \cdot t_{ws}^2) \cdot (S_w/1000) \text{ (kW)} \quad \text{Equació 3.17}$$

En què:

v: velocitat del vent en m/s

t_{ws} : temperatura de l'aigua de la piscina en °C

t_{bs} : temperatura de l'aire en °C

S_w : superfície de la piscina en m²

Tal i com s'observa, les fórmules són molt genèriques i no tenen en compte moltes característiques que sí que s'han considerat en els càlculs anteriors; això explica que en general els valors siguin del mateix ordre de magnitud respecte els càlculs inicials però que en alguns mesos el resultat disti més que en altres. En la Taula 3.8 es mostren els resultats obtinguts utilitzant les Equacions 3.16 i 3.17.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
2426,11	2506,98	2426,11	574,03	593,58	2426,11	2506,98

Taula 3.8. Balanç energètic de la piscina (kWh)

L'altre mètode que s'ha utilitzat per tal de calcular el balanç energètic de la piscina i verificar que els resultats obtinguts inicialment són coherents, ha estat utilitzar un software anomenat Auropro i desenvolupat per l'empresa *Vaillant* [13], que a partir d'introduir la localitat i les dimensions de la piscina calcula automàticament aquest balanç. Els resultats es mostren en la Taula 3.9 i igual que amb els resultats obtinguts utilitzant les Fórmules 3.16 i 3.17, en general els valors són del mateix ordre de magnitud respecte els resultats inicials però hi ha alguns mesos on els números disten més degut a que molts factors que s'han tingut en compte inicialment, el software Auropro no els contempla.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
3955,90	2624,72	1359,33	236,86	206,97	1707,47	3094,11

Taula 3.9. Balanç energètic de la piscina amb software Auropro (kWh)

Per tant, amb aquestes dues comprovacions, queden verificats els càlculs del balanç energètic calculat inicialment utilitzant les fórmules del document de la Col·lecció Quadern Pràctic Número 6 de l'Icaen [7].

3.3. Posada en marxa de la piscina

En aquest apartat es calcula quina és l'energia necessària per tal d'inicialment escalfar tota l'aigua de la piscina.

S'utilitza l'Equació 5.12 corresponent a les pèrdues de calor per renovació de l'aigua, però en aquest cas enlloc d'utilitzar un 5% del cabal corresponent al cabal de renovació de l'aigua més el cabal d'evaporació, s'utilitza el cabal horari complet de la piscina. Aquest cabal es calcula tenint en compte que es tenen 48 hores per escalfar l'aigua de tota la piscina, per tant el volum de l'aigua de la piscina es divideix entre 48 hores. S'utilitzen les dades de temperatura de l'abril, ja que és quan es planeja dur a terme l'escalfament complet de l'aigua de la piscina. Un cop realitzat el càlcul, dona que l'energia necessària és de 104,5 kWh. Com que és un valor inferior al balanç energètic de la piscina, segur que el dimensionat del sistema que s'esculli per a cobrir la demanda energètica de la piscina serà capaç d'escalfar tota l'aigua de la piscina en 48 hores.

4. Estudi de millores en l'eficiència energètica

En aquest apartat s'avaluaran i analitzaran tres energies renovables per tal de cobrir la demanda d'ACS i així millorar la qualificació energètica de l'edifici. A l'hora de dimensionar les instal·lacions, també es tindrà en compte que han de cobrir l'escalfament de l'aigua de la piscina exterior.

4.1. Energia solar tèrmica

L'energia solar arriba a la Terra en forma d'ones electromagnètiques que es desplacen per l'espai en totes les direccions sense cap suport material.

La radiació solar incident a la superfície de la Terra està condicionada per la localització geogràfica (latitud i alçària), el factor estacional (estiu-hivern; determinat per la declinació de la Terra respecte al Sol) i el factor climatològic (quantitat de gotes de vapor d'aigua en suspensió). Aquests condicionants es tindran en compte a la hora de dimensionar la instal·lació d'energia solar tèrmica.

4.1.1. Dimensionat per a cobrir la demanda d'ACS

Per tal de dimensionar la instal·lació i obtenir una nova certificació energètica s'utilitza l'eina CHEQ4 [14]. Aquesta eina permet validar que es compleixen totes les normes especificades en el Codi Tècnic de l'Edificació respecte la contribució solar mínima d'ACS per instal·lacions de tipo solar tèrmica [1].

Aquest Software permet dimensionar correctament les instal·lacions mitjançant un mètode de càlcul MetaSol, basat en corbes realitzades a partir de resultats de simulacions dinàmiques, capaç de simular el comportament en sistemes transitoris avaluant rendiments de sistemes d'energia elèctrica i tèrmica.

El CHEQ4 disposa d'una base molt extensa de dades climatològiques d'Espanya així com també dels tipus d'instal·lacions més habituals.

El primer que demana el programa és introduir el municipi on es realitzarà la instal·lació. Un cop introduïda la província (Tarragona) i el municipi (Santa Coloma de Queralt), el programa ja mostra l'altura de la localitat, la irradiació global diària mitja mensual sobre la superfície horitzontal (MJ/m^2), la temperatura diària mitja mensual de l'aigua de la xarxa ($^{\circ}\text{C}$) i la temperatura ambient diària mitja mensual ($^{\circ}\text{C}$).

Seguidament el programa mostra diferents tipus d'instal·lacions solars tèrmiques. Les

opcions analitzades són les següents:

- Instal·lació de consum únic amb sistema prefabricat: sistema solar tèrmic prefabricat per a producció d'ACS en instal·lacions de consum únic amb vàlvula termostàtica.
- Instal·lació de consum únic amb interacumulador: sistema solar tèrmic per a producció d'ACS en instal·lacions de consum únic amb acumulador solar, intercanviador intern i vàlvula termostàtica.
- Instal·lació de consum únic amb intercanviador independent: sistema solar tèrmic per a producció d'ACS en instal·lacions de consum únic amb acumulador solar, intercanviador extern i vàlvula termostàtica.

Seguidament trobem una secció on es selecciona que és un habitatge de 5 persones. Amb aquestes dades el programa ja calcula que la demanda d'aigua diària a 60 °C és de 140 litres. En aquest apartat el programa també informa de que d'acord amb el Codi Tècnic de l'Edificació, la contribució solar mínima exigida és del 60% [1].

Finalment, per a cada tipus d'instal·lació es definiran els sistemes solars i de recolzament amb els seus respectius paràmetres (definites més detalladament posteriorment), que permetran al programa calcular els següents indicadors:

- Compliment del requisit de contribució solar mínima exigida pel Codi Tècnic de l'Edificació.
- **Fracció solar (%):** relació entre l'energia solar aportada i la demanda energètica.
- **Demanda energètica neta (kWh):** demanda resultant sense tenir en compte les pèrdues de distribució i acumulació.
- **Demanda energètica bruta (kWh):** demanda resultant de la resta respecte a la demanda energètica neta de les pèrdues associades a la distribució i acumulació.
- **Energia solar aportada al sistema (kWh):** energia renovable que és aportada al sistema d'ACS.
- **Energia primària auxiliar aportada al sistema (kWh):** energia no renovable que és aportada al sistema d'ACS.
- **Millora en les emissions de CO₂ (kg):** indicador de la reducció d'emissions comparant el sistema solar tèrmic amb alimentació renovable respecte el sistema

amb alimentació no renovable.

4.1.1.1. Instal·lació de consum únic amb sistema prefabricat

Els sistemes prefabricats tenen com a elements bàsics els captadors solars i un acumulador. A part té components complementaris com per exemple la vàlvula termostàtica, que és l'encarregada de regular el caudal per mantenir controlada la temperatura d'impulsió en la distribució. En la Figura 4.1 s'observa l'esquema de la configuració.

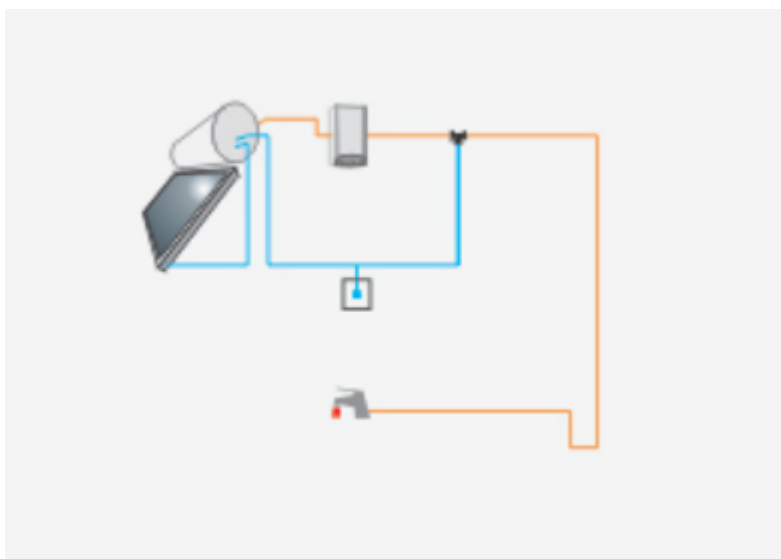


Figura 4.1. Esquema de la instal·lació de consum únic amb sistema prefabricat (CHEQ4)

Per a aquesta configuració s'ha escollit com a sistema solar el model STS 300 de l'empresa *Baxi Calefacció*, que té una àrea de 3,78 m² i un volum de 300 litres (aquest volum és el de l'acumulador, que al ser prefabricat va integrat en el sistema).

Es té un sol captador orientat al sud i es decideix inclinar-lo a 45°. Les pèrdues per ombres són del 0%.

Com a sistema de recolzament es tria una caldera convencional de gasoil, que és el sistema que hi ha actualment.

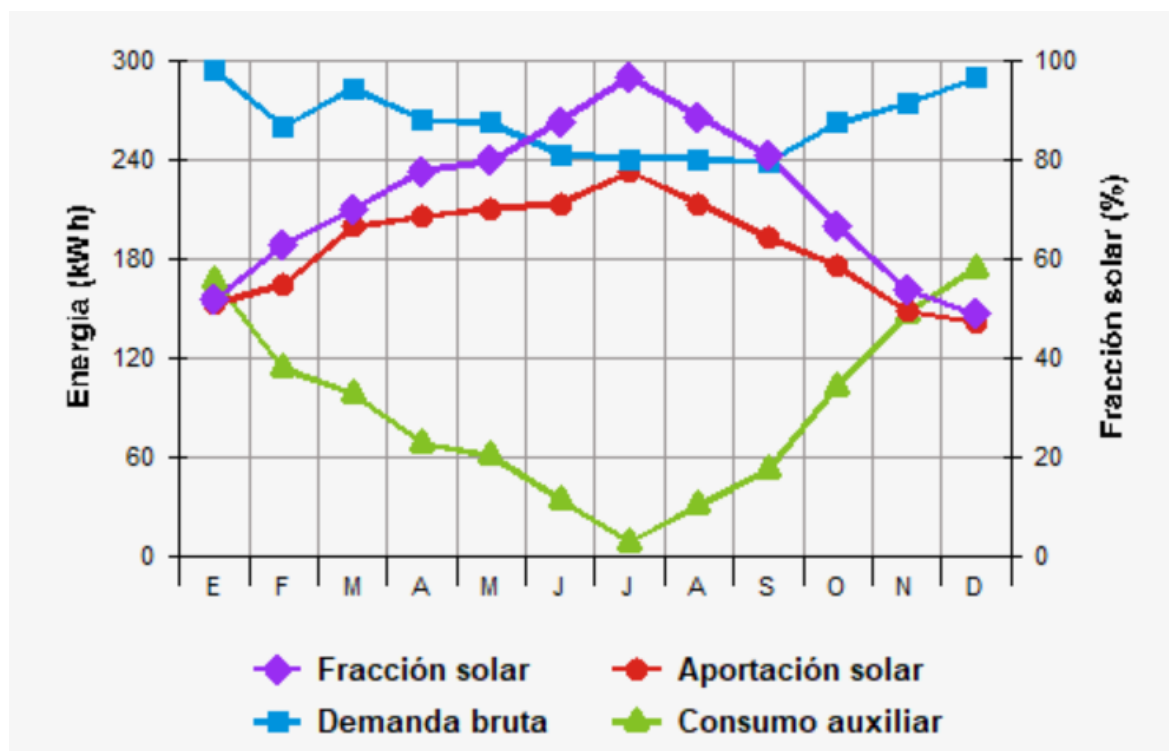
Com que el focus de calor (el captador solar) està situat en un nivell inferior al de l'acumulador no és necessària una bomba de circulació; el moviment del fluid es dona per circulació natural a partir de les diferències de temperatura entre punts diferents de l'equip.

Un cop simulada la instal·lació s'obtenen els valors anuals mostrats en la Taula 4.1.

Fracció solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aportació solar (kWh)	Consum auxiliar (kWh)	Reducció CO2 (kg)
71	2923	3158	2258	1064	702

Taula 4.1. Resultats anuals del sistema d'ACS prefabricat (CHEQ4)

En el Gràfic 4.1 es veu més detalladament els resultats mensuals.



Gràfic 4.1. Resultats mensuals del sistema d'ACS prefabricat (CHEQ4)

4.1.1.2. Instal·lació de consum únic amb interacumulador

Aquest sistema de producció d'ACS es compon d'un acumulador solar amb intercanviador intern, disposant d'un sistema elèctric de recolzament a la generació connectat en sèrie. També disposa d'una vàlvula termostàtica encarregada de regular el caudal per a mantenir controlada la temperatura d'impulsió en la distribució. En la Figura 4.2 s'observa l'esquema de la configuració.

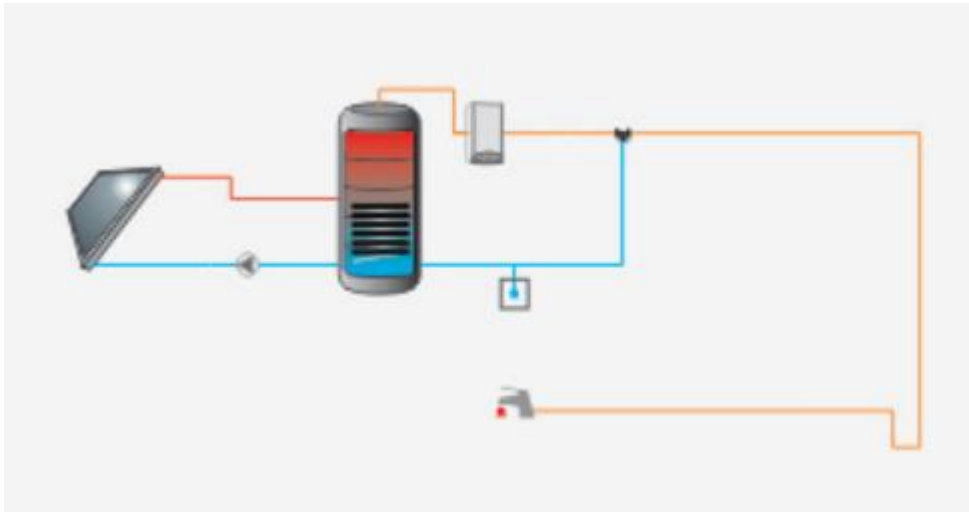


Figura 4.2. Esquema de la instal·lació de consum únic amb interacumulador (CHEQ4)

Per a aquesta configuració es selecciona el model *fujisol fuji-c* de la marca *Fujisol* que té les característiques d'assaig que es mostren en la Taula 4.2.

Àrea (m ²)	1,626
n0	0,644
a1 (W/m ² ·K)	1,500
a2 (W/m ² ·K)	0,010
Q _{test} (l/h·m ²)	144,000
k50	0,890

Taula 4.2. Característiques d'assaig tècniques del *fujisol fuji-c*

Es necessiten tres captadors connectats en sèrie, ocupant una superfície total de 4,878 m², orientats al sud i amb una inclinació de 45°.

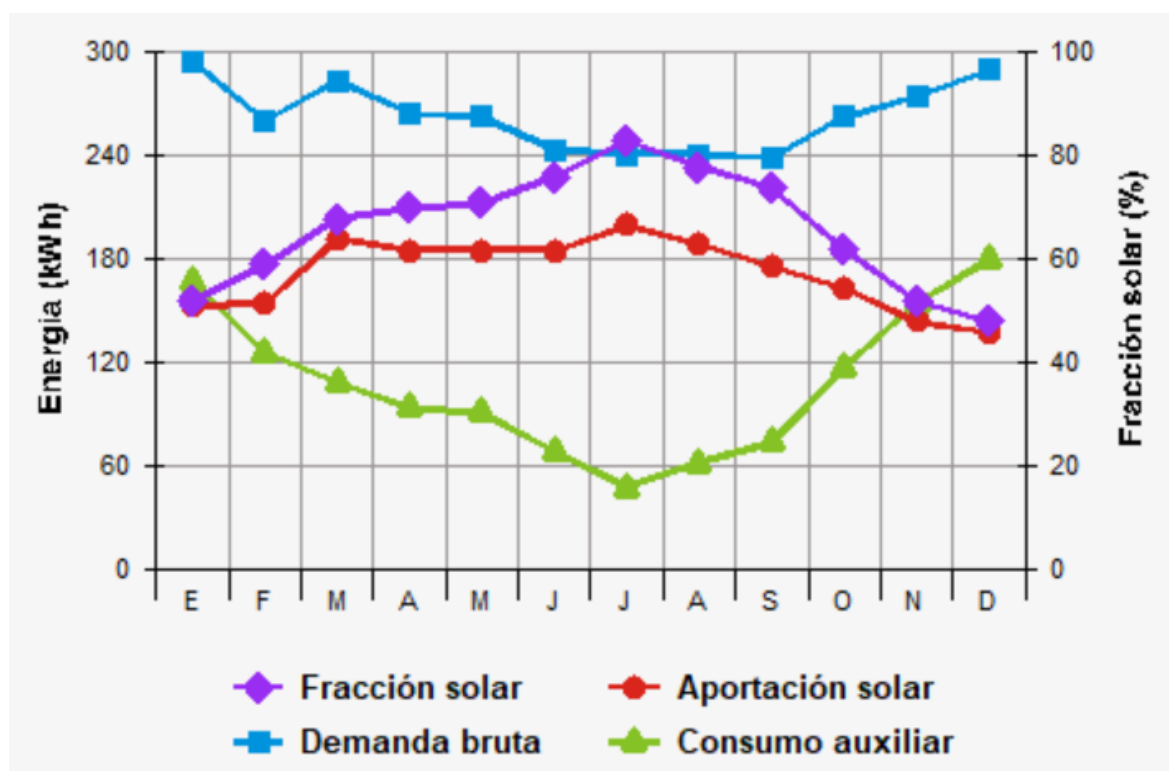
El volum d'acumulació és de 300 litres i el sistema de recolzament és una caldera convencional de gasoil, que és el sistema que hi ha actualment.

Els resultats anuals obtinguts es mostren a la Taula 4.3.

Fracció solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aportació solar (kWh)	Consum auxiliar (kWh)	Reducció CO2 (kg)
65	2923	3158	2065	1292	642

Taula 4.3. Resultats anuals del sistema d'ACS amb interacumulador (CHEQ4)

En el Gràfic 4.2 s'observen els resultats mensuals.



Gràfic 4.2. Resultats mensuals del sistema d'ACS amb interacumulador (CHEQ4)

4.1.1.3. Instal·lació de consum únic amb intercanviador independent

Aquest tipus d'instal·lació té les mateixes característiques que l'anterior a diferència de que en aquest cas, l'intercanviador és extern a l'acumulador, mantenint el sistema de recolzament elèctric connectat en sèrie. També disposa d'una vàlvula termostàtica encarregada de regular el caudal per a mantenir controlada la temperatura d'impulsió en la distribució. En la Figura 4.3 s'observa l'esquema de la configuració.

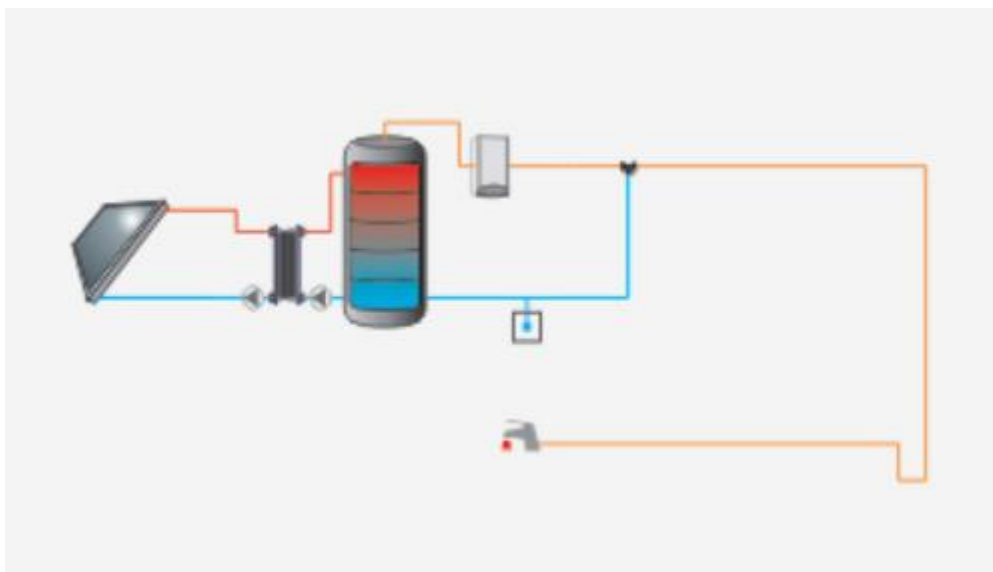


Figura 4.3. Esquema de la instal·lació de consum únic amb intercanviador independent (CHEQ4)

Per a aquesta configuració es selecciona el model *Junkers FKT-2S* de l'empresa *Robert Bosch S.L.U.* Les característiques d'assaig d'aquest sistema es troben en la Taula 4.4.

Àrea (m ²)	2,426
n ₀	0,794
a ₁ (W/m ² ·K)	3,863
a ₂ (W/m ² ·K)	0,013
Q _{test} (l/h·m ²)	72,000
k ₅₀	0,940

Taula 4.4. Característiques d'assaig tècniques del *Junkers FKT-2S*

Es necessiten dos captadors connectats en sèrie, ocupant una superfície total de 4,852 m², orientats al sud i amb una inclinació de 45°.

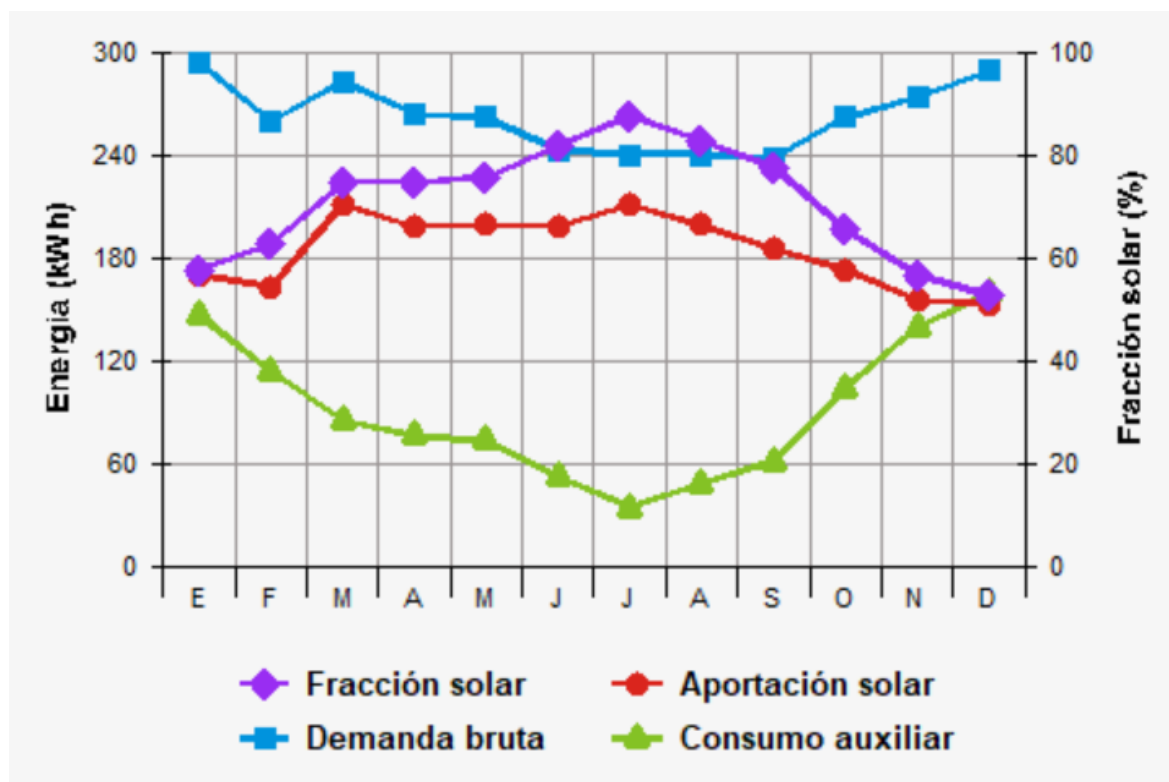
El volum d'acumulació és de 300 litres i el sistema de recolzament és una caldera convencional de gasoil, que és el sistema que hi ha actualment.

Després de la simulació, els resultats anuals obtinguts són els que es mostren en la Taula 4.5.

Fracció solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aportació solar (kWh)	Consum auxiliar (kWh)	Reducció CO2 (kg)
70	2923	3158	2225	1103	692

Taula 4.5. Resultats anuals del sistema d'ACS amb intercanviador independent (CHEQ4)

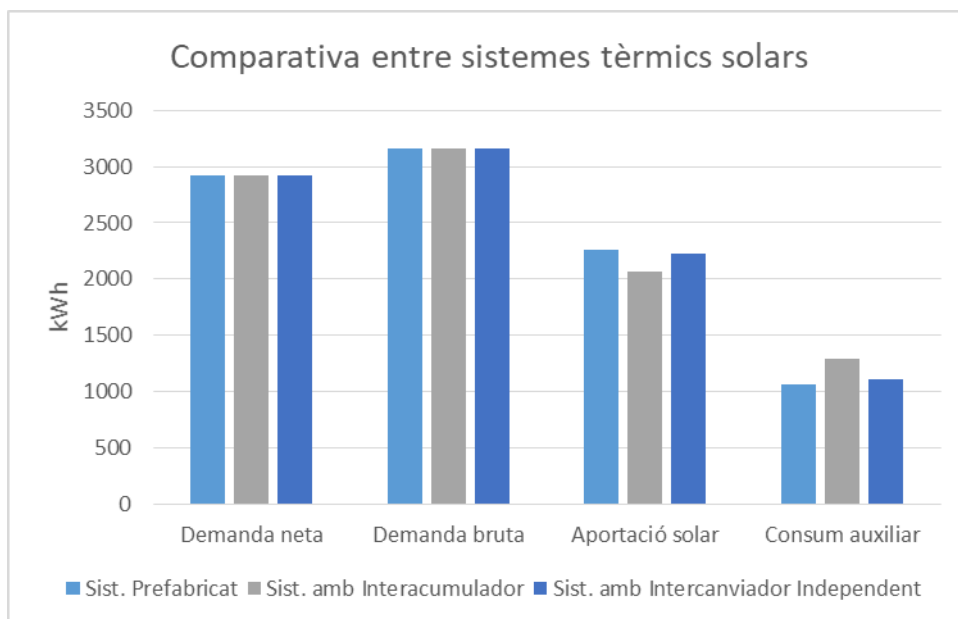
En el Gràfic 4.3 s'observen els resultats mensuals.



Gràfic 4.3. Resultats mensuals del sistema d'ACS amb intercanviador independent (CHEQ4)

4.1.1.4. Selecció del sistema de generació d'ACS

Tal i com s'observa, els resultats obtinguts en les tres configuracions són bastant similars. En el Gràfic 4.4 es mostren els resultats anuals per a cada tipus d'instal·lació per a poder comparar-les millor.



Gràfic 4.4. Comparativa entre sistemes tèrmics solars (Elaboració pròpia)

Tot i que els resultats són molt similars, la opció més òptima és el sistema prefabricat ja que és el que té una major aportació solar, reduïnt així el consum auxiliar procedent del sistema de recolzament.

Per tant, la instal·lació escollida és la de consum únic amb sistema prefabricat, composta entre d'altres per un captador STS 300 de l'empresa *Baxi Calefacció* amb un acumulador integrat de 300 litres i una caldera convencional de gasoil com a sistema de recolzament per a cobrir el consum auxiliar.

4.1.2. Certificació energètica amb el sistema de generació d'ACS seleccionat

A continuació s'introdueixen els canvis al HULC per obtenir una nova certificació energètica tenint en compte l'aportació d'energia solar tèrmica. En el programa s'han introduït els valors d'aportació solar tèrmics mensuals en kWh mostrats en la Taula 4.6.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
159	169	199	204	205	206

Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
234	206	189	179	159	149

Taula 4.6. Aportació d'energia solar tèrmica mensual en kWh

Un cop realitzada la simulació, s'observa que l'edifici passa de tenir una qualificació energètica E a una qualificació energètica A en quant al consum d'ACS (es redueix el consum d'ACS amb energia primària no renovable de 14 kWh/m²·any a 5,16 kWh/m²·any).

Aquesta reducció del consum d'ACS amb energia primària no renovable fa que el consum global d'energia primària no renovable disminueixi de 83,86 kWh/m²·any a 74,63 kWh/m²·any, mantenint la qualificació energètica B.

En quant a les emissions de CO₂, les d'ACS es veuen reduïdes de 3,69 kgCO₂/m²·any (qualificació E) a 1,09 kgCO₂/m²·any (qualificació A). Això fa que l'indicador global d'emissions de CO₂ disminueixi de 20,3 kgCO₂/m²·any (qualificació C) a 14,98 kgCO₂/m²·any (qualificació B).

En la Figura 4.4 i la Figura 4.5 s'observen els resultats especificats.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	74,63 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m ² año)	B	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m ² año)	A
		58,01		5,16	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m ² año)	B	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m ² año)	-
		11,45		0,00	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m ² año) ¹					

Figura 4.4. Consums d'energia primària no renovable tenint en compte l'aportació solar tèrmica

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	14,98 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	B	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	A
		11,95		1,09	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	-
		1,94		-	
Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹					

Figura 4.5. Emissions de CO₂ tenint en compte l'aportació solar tèrmica

4.1.3. Dimensionat per a la piscina exterior

El primer que cal fer és el dimensionament energètic, que correspon a la demanda energètica que requereix l'aigua de la piscina calculat en la secció 3 d'aquest treball. Es poden observar els valors mensuals en kWh en la Taula 4.7.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
3132,75	1773,80	-122,01	952,88	1138,81	153,33	2592,13

Taula 4.7. Dimensionament energètic de la piscina exterior (kWh)

Seguidament cal elegir la superfície de captació. Consisteix en triar les característiques generals de la instal·lació i realitzar diferents càlculs variant el nombre de captadors fins a aconseguir un resultat que compleixi els objectius fixats, en aquest cas una aportació solar del 100%. Per tant, es necessita una aportació solar anual de 9621,7 kWh.

Com que aquesta superfície depèn tant de la irradiació que reben les plaques com de l'energia que es necessita, es calcularà la superfície de captació que es necessita cada mes i es seleccionarà la superfície més gran per tal de poder cobrir tots els mesos de la temporada de bany.

Per a cada mes s'aplicarà l'Equació 4.1 [15].

$$\text{Superfície} = \text{Energia demandada} / \text{Energia superfície (m}^2\text{)} \quad \text{Equació 4.1}$$

En què:

Energia demandada: energia necessària per a escalfar l'aigua de la piscina (kWh). Es mostra en la Taula 6.7.

Energia superfície: energia capaç de captar el captador solar (kWh/m²)

On l'energia de la superfície es calcula mitjançant la Equació 4.2 [15].

$$\text{Energia superfície} = \text{Irradiació} \cdot \eta_{\text{plaques}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} \quad \text{Equació 4.2}$$

En què:

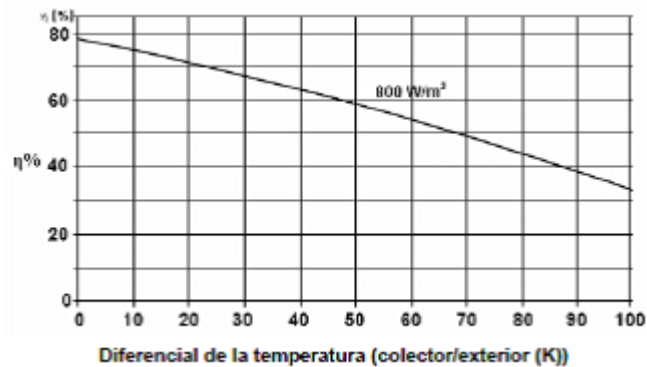
Irradiació: irradiació difusa + directe en funció de l'angle d'inclinació de les plaques (kWh/m²)

η_{plaques} : rendiment de les plaques solars tèrmiques

Aquesta irradiació en funció de l'angle d'inclinació (en aquest cas 45°) es troba en la base de dades del programa *Pvgis* [16], programa explicat i utilitzat a continuació en la secció

d'energia solar fotovoltaica.

En quant al rendiment, es calcula en funció de la diferència de temperatures entre el col·lector i l'ambient exterior. Els col·lectors es volen a 26 °C (temperatura de confort de la piscina) i la temperatura de l'ambient en funció del mes es troba en la base de dades del Codi Tècnic de l'Edificació [8]. Com que resulta complicat trobar els paràmetres exactes per al càlcul del rendiment del col·lector escollit, s'utilitza el Gràfic 4.5 per a fer una aproximació del càlcul del rendiment.



Gràfic 4.5. Rendiment d'un col·lector solar tèrmic en funció de la diferència de temperatures [17]

En la Taula 4.8 es mostren les dades utilitzades per a calcular la superfície de captació així com el resultat.

	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Irradiació (kWh/m2)	179,84	183,69	197,73	210,00	214,56	195,54	155,11
Rendiment	0,73	0,74	0,76	0,79	0,79	0,77	0,74
Esup (kWh/m2)	131,28	135,93	150,27	165,90	169,50	150,57	114,78
Edeman (kWh)	3132,75	1773,80	-122,01	952,88	1138,81	153,33	2592,13
Superfície (m2)	23,86	13,05	0,00	5,74	6,72	1,02	22,58

Taula 4.8. Superfície de captació necessària (m²)

Per tant, la superfície necessària és de 24 m². Tenint en compte que cada captador és de 3,78 m², es necessitarien 7 captadors STS 300 per a escalfar i mantenir a la temperatura de confort l'aigua de la piscina durant els mesos d'abril fins a octubre.

4.2. Energia solar fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica també s'origina a partir de l'energia solar que arriba a la Terra en forma d'ones electromagnètiques que es desplacen per l'espai en totes les direccions sense cap suport material.

A diferència de l'energia solar tèrmica, l'energia solar fotovoltaica es caracteritza perquè la radiació solar es transforma en corrent elèctric quan incideix en el panell solar fotovoltaic, que és un dispositiu semiconductor.

4.2.1. Dimensionat per a cobrir la demanda de l'edifici excloent la piscina

Per a determinar la potència necessària per tal d'obtenir l'aportació solar fotovoltaica necessària (i posteriorment poder obtenir una nova certificació energètica) s'utilitza una eina online anomenada *PVGis*, que permet calcular la producció mitja mensual i anual d'un sistema fotovoltaic. En el càlcul es té en compte la radiació solar disponible, la temperatura del mòdul fotovoltaic, la velocitat del vent i el tipus de mòdul fotovoltaic. L'eina *PVGis* també pot calcular la inclinació i orientació òptimes per maximitzar la producció anual.

D'acord amb la secció HE4 del Codi Tècnic de l'Edificació [1], la contribució solar mínima ha de ser d'un 60% en el consum d'ACS, al tractar-se d'un consum inferior als 5000 l/dia. Però es decideix fer el dimensionat per tal de cobrir el 100% del consum.

Es contemplen quatre casos:

- Cobrir el consum d'ACS
- Cobrir el consum d'ACS + calefacció
- Cobrir el consum d'ACS + consum elèctric
- Cobrir el consum d'ACS + consum elèctric + calefacció

I en tots ells es tindrà en compte que el sistema fotovoltaic està connectat a la xarxa elèctrica. En aquest cas no té sentit contemplar un sistema fotovoltaic autònom ja que queda un sistema sobredimensionat perquè hi ha molta energia no capturada, tot i utilitzar bateries.

Per tant, al ser un sistema connectat a la xarxa elèctrica i segons el RD 244/2019, l'energia excendent produïda pot ser venuda a la xarxa elèctrica. Tenint en compte que durant els mesos d'estiu és quan més irradiació es té, i per tant, més energia s'obté a partir de les plaques fotovoltaïques, i que per altra banda, la demanda d'ACS i electricitat és bastant constant al llarg de l'any i la de calefacció és superior durant els mesos d'hivern i pràcticament nul·la durant els mesos d'estiu que és quan hi ha més irradiació, es tindrà excendent d'energia sobretot durant l'estiu.

També cal esmentar que en tots els casos es tindrà una bomba de calor amb un COP superior a 1, de manera que l'energia final necessària sigui menor. El coeficient de rendiment COP varia segons el tip de bomba de calor i les condicions de funcionament, però per simplificar els càlculs s'escull una bomba de calor amb un COP de 3. Això significa que per cada kWh consumit, la potència tèrmica emesa és de 3 kWh. Aquesta característica serà important a l'hora de dimensionar el sistema ja que implica que l'energia que han de captar les plaques solars és tres vegades menor que la que demana el sistema.

Abans de contemplar les quatre situacions d'estudi, en la Figura 4.6 es mostra un esquema general sobre la instal·lació d'un sistema fotovoltaic connectat a xarxa.

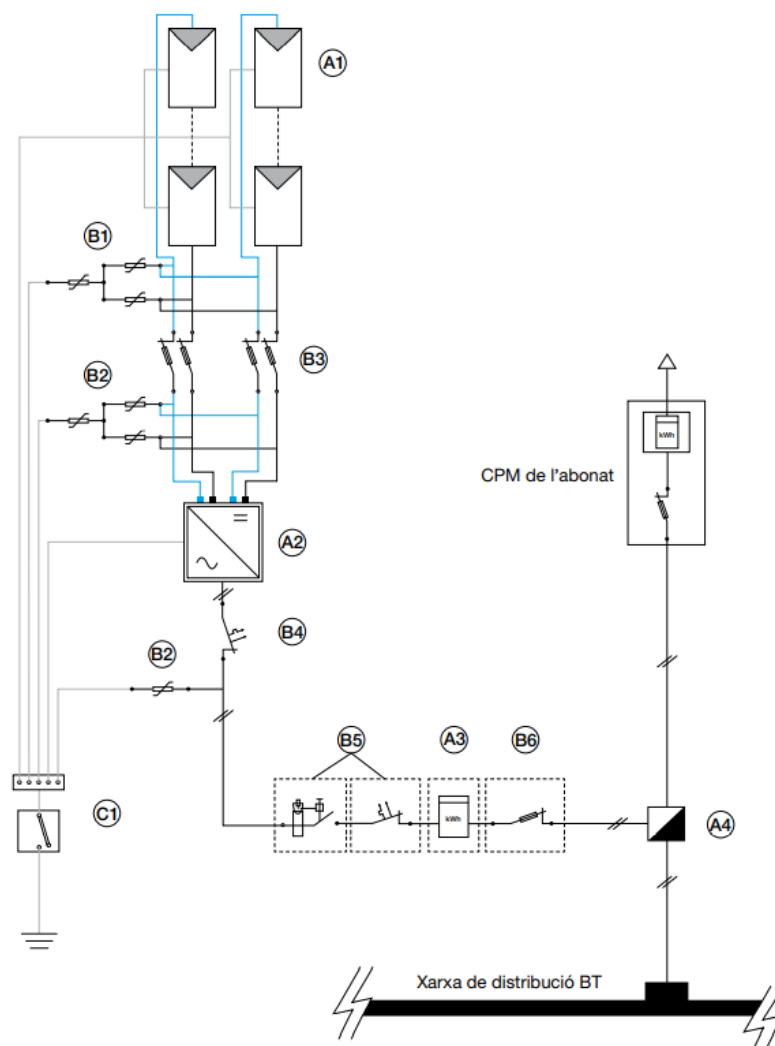


Figura 4.6. Esquema de les instal·lacions fotovoltaiques connectades a xarxa [18]

L'esquema representa un generador fotovoltaic connectat a un inversor CC/CA de connexió a xarxa i les proteccions de la instal·lació corresponents.

L'esquema unifilar consta dels elements següents:

- A1 – Generador fotovoltaic: conjunt de panells fotovoltaics que transformen la radiació solar directament en electricitat de corrent continu (CC).
- A2 – Inversors de CC/CA per a instal·lacions connectades a xarxa: l'inversor de CC/CA és l'element encarregat de transformar el corrent continu (CC) produït pels panells fotovoltaics en corrent altern de les mateixes característiques de tensió i freqüència que la xarxa elèctrica de distribució a la qual s'acobla.
- A3 – Comptador bidireccional d'energia injectada a la xarxa elèctrica: aquest element permet comptabilitzar l'energia generada per la instal·lació i la que consumeix; per tant, aquest element realitza una lectura en dues direccions.
- A4 – Punt de connexió: aquest és el punt on es connecta la instal·lació fotovoltaica amb la xarxa de distribució de baixa tensió.
- B1 i B2 – Proteccions contra sobretensions (varistors): el varistor és un element de protecció contra les sobretensions, destinat a protegir la instal·lació contra les sobretensions transitòries d'origen atmosfèric.
- B3 – Fusibles de la línia del generador fotovoltaic: element de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits; encara que la intensitat de curtcircuit del generador fotovoltaic (panells) no resulti gaire elevada, el fusible protegirà la línia elèctrica contra curtcircuits d'origen extern.
- B4 – Interruptor automàtic de tall de la sortida CA de l'inversor: element de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits; encara que la seva funció principal és el seccionament amb càrrega de la sortida CA de l'inversor, permetent realitzar de manera segura les operacions de manteniment d'aquests equips.
- B5 – Quadre general de proteccions i mesurament: el quadre general de proteccions i mesurament en una instal·lació d'aquestes característiques ha d'incorporar com a mínim un interruptor automàtic diferencial (element de protecció contra contactes indirectes) i un interruptor de control de potència ICP (té la funció de limitar la potència injectada a la xarxa a un valor màxim del 130% de la potència nominal de la instal·lació).
- B6 – Fusible de la instal·lació FV: actua com a fusible de protecció general de la

instal·lació en cas que, línies amunt de la instal·lació, hi hagi alguna protecció defectuosa que no actuï o bé que s'hagi produït un curtcircuit accidental.

- C1 – Presa de terra: les masses de la instal·lació fotovoltaica estaran connectades a un terra independent del neutre de l'empresa distribuïdora així com de les masses de la resta de subministraments.

4.2.1.1. ACS

El primer pas és veure quina és la demanda d'ACS de l'edifici. A diferència del programa CHEQ4, aquesta eina no calcula aquesta demanda; per tant, aquesta demanda d'ACS s'obté dels resultats de la primera certificació energètica de l'edifici i es pot observar en kWh en la Taula 4.9.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
224,97	204,28	226,17	218,87	226,17	218,87

Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
226,17	226,17	218,87	226,17	218,87	226,17

Taula 4.9. Demanda d'ACS (kWh)

Tenint en compte que tenim la bomba de calor amb un COP de 3, el sistema ha de captar una tercera part d'aquests kWh d'ACS mensuals. Aquests valors es troben en la Taula 4.10.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
74,99	68,09	75,39	72,96	75,39	72,96

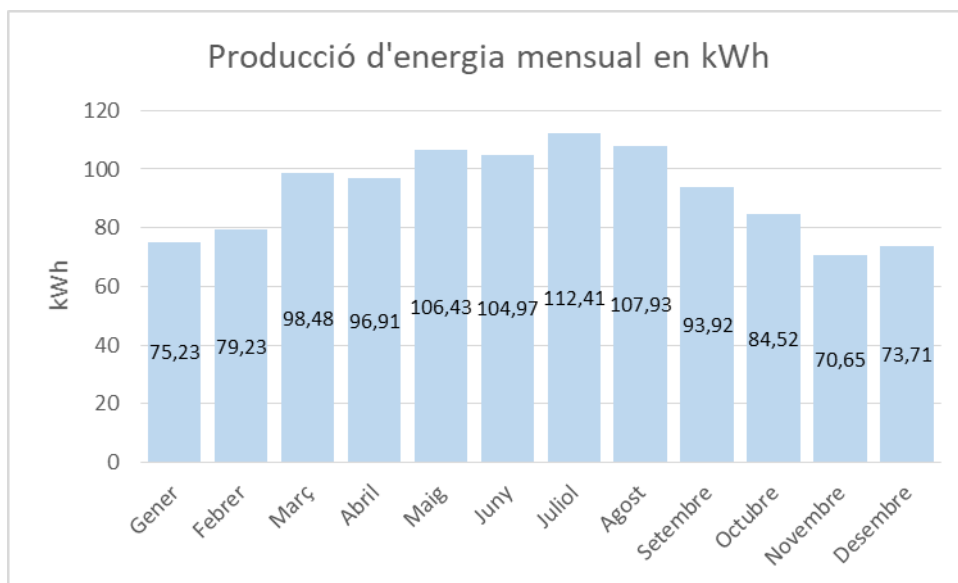
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
75,39	75,39	72,96	75,39	72,96	75,39

Taula 4.10. Energia que han de capturar les plaques fotovoltaïques (kWh)

En l'eina online s'ha introduït el municipi on s'ha de fer la instal·lació i s'ha escollit com a tecnologia fotovoltaica el silici cristal·lí ja que és el tipus de cèl·lula més comuna. Seguidament s'han anat provant diferents valors per a la potència fotovoltaica de pic instal·lada fins a trobar un resultat que cobreixi els valors de la Taula 4.10.

Es troba que amb 0,8 kW de potència pic instal·lada i considerant unes pèrdues del 25%

s'obté una aportació solar anual de 1104,39 kWh, suficient per a poder cobrir el consum d'ACS. En el Gràfic 4.6 s'observa aquesta producció d'energia mensual del sistema fotovoltaic.



Gràfic 4.6. Producció d'energia mensual del sistema fotovoltaic (kWh)

En quant a la inclinació i orientació òptimes per tal de maximitzar la producció d'energia i obtenir els resultats mostrats en el Gràfic 4.5, el programa conclou que l'angle d'inclinació ha de ser de 38° i l'angle d'azimut d'1°.

4.2.1.2. ACS + Calefacció

Si a la demanda d'ACS de l'edifici hi sumem els kWh necessaris per tal de cobrir la calefacció (aquesta demanda de calefacció també es treu dels resultats obtinguts en la primera certificació energètica de l'edifici), s'obtenen els resultats mostrats en la Taula 4.11.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
2551,42	1630,22	1278,58	763,20	485,66	218,87
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
226,17	226,17	218,87	406,49	1532,88	2538,09

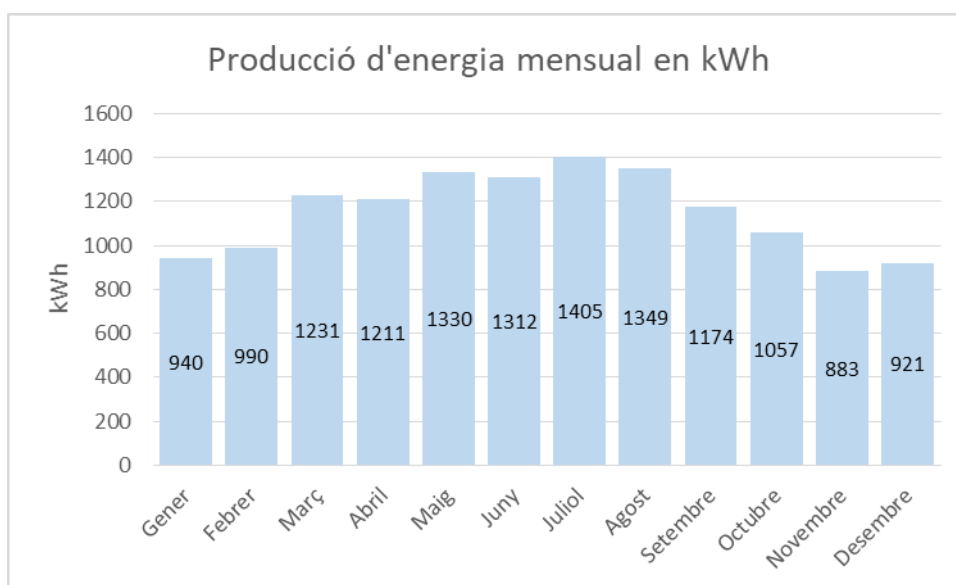
Taula 4.11. Demanda d'ACS + Calefacció (kWh)

Tal i com ja s'ha explicat, l'energia que han de capturar les plaques correspon a un terç de la mostrada en la Taula 4.11, i aquests valors es troben en la Taula 4.12.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
850,47	543,41	426,19	254,40	161,89	72,96
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
75,39	75,39	72,96	135,50	510,96	846,03

Taula 4.12. Energia que han de capturar les plaques fotovoltaïques (kWh)

Mantenint les característiques del sistema constants (tecnologia de silici cristal·lí i pèrdues del 25%), es troba que es necessita una potència de pic instal·lada de 10 kWh per tal de poder cobrir en cada mes la demanda necessària. La producció d'energia mensual del sistema fotovoltaic es troba en el Gràfic 4.7.



Gràfic 4.7. Producció d'energia mensual del sistema fotovoltaic (kWh)

Com ja s'ha dit anteriorment, el software conclou que la inclinació òptima de les plaques és de 38° i l'angle d'azimut òptim d'1°.

4.2.1.3. ACS + Electricitat

En aquesta secció s'analitza quina ha de ser la dimensió del sistema fotovoltaic per tal de cobrir el consum d'ACS i el d'electricitat. Per tal de saber quina és la demanda d'electricitat de l'edifici, es consulten les factures dels últims 12 mesos. El resultat es troba en la Taula

4.13.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
387	287	411	511	410	455
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
439	441	424	426	420	344

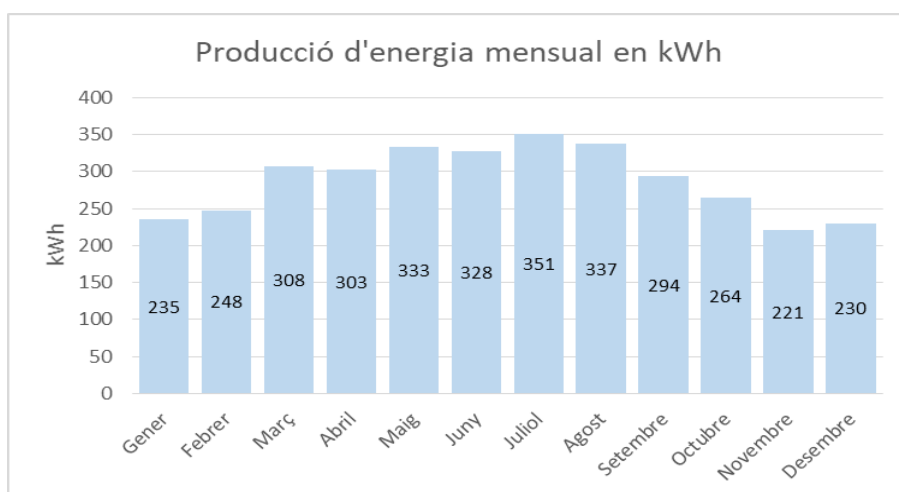
Taula 4.13. Consum elèctric (kWh)

Sumant l'ACS i el consum elèctric, i realitzant un terç d'aquest resultat, s'obté els valors mostrats en la Taula 4.14, que corresponen a l'energia que han de captar les plaques fotovoltaïques.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
203,99	163,76	212,39	243,29	212,06	224,62
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
221,72	222,39	214,29	217,39	212,96	190,06

Taula 4.14. Energia que han de capturar les plaques fotovoltaïques (kWh)

En aquest cas, mantenint l'estimació d'un 25% de pèrdues, la tecnologia del silici cristal·lí i una orientació de 38° i un angle d'azimut d'1°, es troba que la potència de pic instal·lada ha de ser de 2,5 kW i la producció d'energia mensual del sistema es troba en el Gràfic 4.8.



Gràfic 4.8. Producció d'energia mensual del sistema fotovoltaic (kWh)

4.2.1.4. ACS + Electricitat + Calefacció

Finalment s'estudia el sistema fotovoltaic tenint en compte que ha de cobrir l'ACS, el consum d'electricitat i la calefacció.

En la Taula 4.15 es troba la suma de la demanda d'ACS, més electricitat, més calefacció, i en la Taula 4.16 un terç d'aquesta demanda, corresponent a l'energia que han de captar les plaques solars fotovoltaïques.

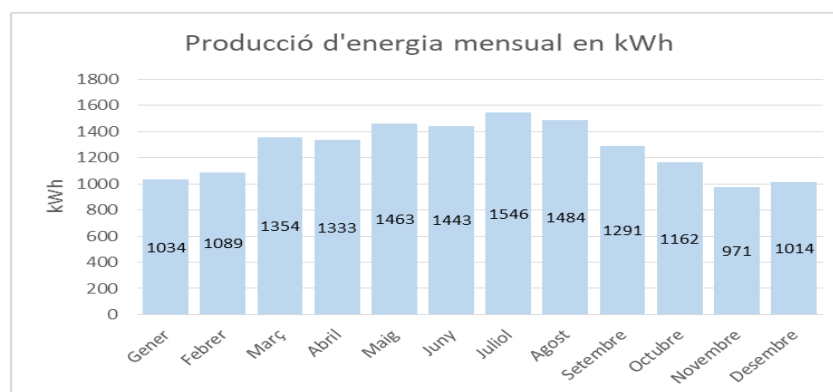
Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
2938,42	1917,22	1689,58	1274,20	895,66	673,87
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
665,17	667,17	642,87	832,49	1952,88	2882,09

Taula 4.15. Demanda d'ACS + Electricitat + Calefacció (kWh)

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
979,47	639,07	563,19	424,73	298,55	224,62
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
221,72	222,39	214,29	277,50	650,96	960,70

Taula 4.16. Energia que han de capturar les plaques fotovoltaïques (kWh)

Mantenint les condicions del sistema esmentades en les seccions anteriors, es troba que la potència de pic instal·lada ha de ser de 11 kWh i l'energia mensual solar aportada es troba en el Gràfic 4.9.



Gràfic 4.9. Producció d'energia mensual del sistema fotovoltaic (kWh)

4.2.2. Certificació energètica

En aquest cas s'estudia la certificació energètica tenint en compte que es substitueix la caldera de gasoil per plaques fotovoltaïques que cobreixen l'ACS i la calefacció (el programa HULC no contempla la opció d'analitzar l'electricitat en habitatges, per tant no seria del tot coherent calcular la certificació energètica partint del cas en què també es cobreix el consum elèctric). Es pot eliminar la caldera de gasoil ja que tal i com s'ha comentat anteriorment, el sistema està dimensionat per a cobrir el 100% de la demanda de l'edifici.

Per tant, tal i com mostra l'apartat 4.2.1.2, els valors mensuals d'aportació d'energia a partir del sistema fotovoltaic són els mostrats en la Taula 4.17.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
940	990	1231	1211	1330	1312
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
1405	1349	1174	1057	883	921

Taula 4.17. Producció d'energia mensual del sistema fotovoltaic (kWh)

Després d'introduir aquestes dades en el programa així com també la bomba de calor amb un COP de 3, es comprova amb la certificació de l'eficiència energètica generada que els valors d'emissions de CO₂ i de consum d'energia primària no renovable milloren molt en comparació amb la certificació energètica obtinguda inicialment.

En la Figura 4.7 s'observa que el valor d'emissions de CO₂ es redueix a 9,13 kg CO₂/m²-any, totes provinents de la calefacció.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	9,13 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	A
		9,13		0,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹		Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	-
		0,00		-	

Figura 4.7. Emissions de CO₂ amb l'aportació solar fotovoltaica

Per altra banda, en la Figura 4.8 es mostra el consum d'energia primària no renovable



consumida, valor reduït a 43,11 kWh/m²·any, també provinent de la calefacció.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	43,11 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m ² año)	B	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m ² año)	A
		43,11		0,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m ² año)	A	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m ² año)	-
		0,00		0,00	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m ² año) ¹					

Figura 4.8. Consum d'energia primària no renovable amb l'aportació solar fotovoltaica

4.2.3. Dimensionat per a la piscina exterior

Per tal de dimensionar les plaques fotovoltaïques per a mantenir l'aigua de la piscina exterior a la temperatura de confort, les fórmules i els càlculs a realitzar són els mateixos que en les plaques solars tèrmiques, però aquí s'ha de tenir en compte la bomba de calor amb un COP de 3. Per tant, l'energia que ha de captar les plaques fotovoltaïques per tal de mantenir l'aigua de la piscina escalfada es troba en la Taula 4.18 i correspon a un terç de l'energia que demana la piscina.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
1044,25	591,27	-40,67	317,63	379,60	51,11	864,04

Taula 4.18. Energia que han de capturar les plaques fotovoltaïques (kWh)

Seguint el mateix procediment que en l'apartat 4.1.3 i suposant el mateix rendiment que les plaques solars tèrmiques, es procedeix a calcular la superfície de plaques solars fotovoltaïques necessària tal i com es mostra en la Taula 4.19.

	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Irradiació (kWh/m ²)	179,84	183,69	197,73	210,00	214,56	195,54	155,11
Rendiment	0,73	0,74	0,76	0,79	0,79	0,77	0,74
Esup (kWh/m ²)	131,28	135,93	150,27	165,90	169,50	150,57	114,78
Edeman (kWh)	1044,25	591,27	-40,67	317,63	379,60	51,11	864,04
Superfície (m ²)	7,95	4,35	0,00	1,91	2,24	0,34	7,53

Taula 4.19. Superfície de captació necessària (m²)

Per tant, la superfície necessària és d'aproximadament 8 m².

4.3. Caldera de biomassa

Finalment s'analitza la opció de cobrir la demanda d'ACS i calefacció, i l'escalfament de l'aigua de la piscina exterior mitjançant una caldera de biomassa.

La biomassa és el conjunt de la matèria orgànica renovable d'origen vegetal o animal, o procedent de la seva transformació natural o artificial i que es pot utilitzar per a finalitats energètiques. En aquest context, la biomassa és un conjunt de combustibles sòlids orgànics d'origen renovable del tipus llenyós.

Les calderes disposen d'una tremuja o d'una sitja propera on hi ha el biocombustible que alimenta el cremador i que normalment fa també de dosificador del biocombustible. Per a evitar que hi hagi comunicació del foc entre el cremador i la tremuja, el combustible cau per una rampa, fins al gresol del cremador. Aquest gresol consta d'una sèrie de forats per on entra l'aire necessari per a la combustió, de manera que l'aire travessi la pila de biocombustible. El flux d'aire a través del cremador normalment s'aconsegueix mitjançant un ventilador a la sortida de fums que crea un buit a la cambra de combustió. Aquest buit provoca l'entrada d'aire de l'exterior per la presa d'entrada. En la Figura 4.9 es mostra l'interior d'una caldera de pèl·lets on es poden observar les característiques descrites anteriorment.

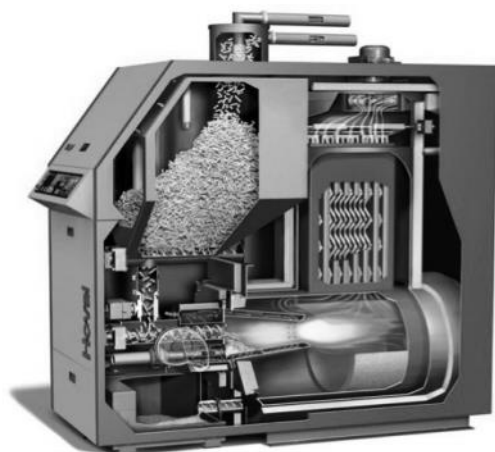


Figura 4.9. Interior d'una caldera de pèl·let [19]

A l'hora de fer la instal·lació cal preveure la connexió amb el sistema d'emmagatzematge i d'alimentació i preparar la sortida de fums, com en qualsevol altre sistema de combustió. És molt important respectar les distàncies mínimes al perímetre de la caldera que demana el fabricant, ja que si no es fa, hi poden haver problemes per a fer segons quines reparacions, a més de sobreescalfar elements delicats per falta de ventilació.

4.3.1. Dimensionat per a cobrir la demanda d'ACS i calefacció

El què es farà en cas d'escollir biomassa serà canviar la caldera convencional de gasoil per una caldera de biomassa.

Per tal de dimensionar la potència d'aquesta caldera, es partirà dels resultats de demanda obtinguts de la primera certificació energètica realitzada de l'edifici. Per tal de cobrir tota la demanda, es necessita una caldera d'uns 15 kW, tal i com es va dimensionar la caldera convencional de gasoil. En aquest cas, però, com que el programa conta amb un sistema de substitució amb rendiment estacional constant, té sentit escollir una potència inferior als 15 kW. Per tant, s'escull una caldera de biomassa de 12 kW de potència per a cobrir la demanda de calefacció i ACS.

4.3.2. Certificació energètica amb la caldera de biomassa

En aquesta secció es torna a realitzar la certificació energètica de l'edifici mitjançant l'eina HULC substituint la caldera convencional de gasoil de 15 kW per la caldera de biomassa de 12 kW. El rendiment nominal s'escull del 75% (valor que ve en el programa per defecte) i el tipus d'energia es selecciona pèl·let de fusta, un biocombustible sòlid format per la compactació de subproductes provinents de la indústria de la fusta, majoritàriament serradures i encenalls.

Amb aquest canvi, s'observa que l'edifici passa a tenir la màxima qualificació en quant al consum d'energia primària no renovable (Figura 4.10) i en quant a les emissions de CO₂ (Figura 4.11).

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	25,40 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>	A	<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>	A
		12,72		1,23	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>		<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>	B	<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	-
		11,45		0,00	

Figura 4.10. Consums d'energia primària no renovable amb la caldera de biomassa

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	4,56 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	A
		2,36		0,26	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹		Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	-
		1,94		-	

Figura 4.11. Emissions de CO₂ amb la caldera de biomassa

4.3.3. Dimensionat per a la piscina exterior

El primer que cal fer és veure quina potència es necessita per tal de cobrir la demanda energètica de la piscina exterior. Aquesta es mostra mensualment (en kWh) en la Taula 4.20.

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
3132,75	1773,80	-122,01	952,88	1138,81	153,33	2592,13

Taula 4.20. Dimensionament energètic de la piscina exterior (kWh)

Per tal de cobrir la demanda durant tots els mesos els quals es vol tenir l'aigua de la piscina escalfada, es dimensionarà la potència de la caldera de biomassa per tal de que es puguin subministrar els 3132,76 kWh del mes d'abril, mes on es troba la major demanda energètica.

Passant aquests kWh a potència, es troba que la caldera ha de tenir una potència d'aproximadament 4,5 kW de potència per tal de poder cobrir la demanda energètica de la piscina durant la temporada de bany.

5. Proposta final

Després d'haver analitzat les diferents opcions, es descarta l'escalfament de l'aigua de la piscina exterior mitjançant energia solar tèrmica ja que la superfície de captació que es necessita excedeix l'espai disponible.

En quant a l'energia solar fotovoltaica, també es descarta pel seu elevat cost, tant del sistema, com de la instal·lació i com del manteniment. El preu de mercat d'un kit solar fotovoltaic de 10 kW de connexió a xarxa ronda els 6000 – 7000€; amb aquesta dada ja és suficient per descartar aquest sistema ja que tal i com es veurà en l'apartat de l'estudi econòmic, aquest preu iguala el de la proposta escollida tenint en compte que inclou la mà d'obra per tal d'instal·lar els sistemes, cosa que caldria afegir a aquests 6000 – 7000 € del kit solar fotovoltaic.

Finalment, es proposa utilitzar energia solar tèrmica per a cobrir la demanda d'ACS i una caldera de biomassa per a cobrir la demanda de calefacció, l'escalfament de l'aigua de la piscina exterior i suportar la demanda d'ACS no coberta per l'energia solar tèrmica.

En l'apartat anterior s'han dimensionat les instal·lacions tenint en compte que no es combinaven els diferents tipus d'energia, per tant, caldrà ara dimensionar les instal·lacions en base a què cobreix cada tipus d'energia.

En quant a l'energia solar tèrmica per a cobrir l'ACS, en aquest cas sí que anteriorment ja s'ha fet el càlcul per tal d'obtenir la superfície de captadors necessària per a cobrir el 71% del consum d'ACS. Tal i com ja s'ha comentat en apartats anteriors, s'escull un captador STS 300 de l'empresa *Baxi Calefacción*, que té una àrea de 3,78 m² i un volum de 300 litres (aquest volum és el de l'acumulador, que al ser prefabricat va integrat en el sistema). En la Figura 5.1 s'observa una fotografia del model.



Figura 5.1. STS 300 – Baxi Calefacció (Font: www.baxi.es)

En quant a la caldera de biomassa, cal tornar-la a dimensionar tenint en compte que ha de cobrir la demanda de calefacció, l'escalfament de l'aigua de la piscina i la part d'ACS que no queda coberta per l'energia solar tèrmica.

En les Taules 5.1 i 5.2 es troba la demanda mensual de calefacció i de la piscina exterior. En la Taula 5.3 es troba el 30% de la demanda d'ACS.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
2326,45	1425,94	1052,41	544,32	259,50	0,00

Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
0,00	0,00	0,00	180,32	1314,01	2311,92

Taula 5.1. Demanda de calefacció (kWh)

Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
3132,75	1773,80	-122,01	952,88	1138,81	153,33	2592,13

Taula 5.2. Dimensionament energètic de la piscina exterior (kWh)

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
67,49	61,28	67,85	65,66	67,85	65,66
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
67,85	67,85	65,66	67,85	65,66	67,85

Taula 5.3. 30% de la demanda d'ACS (kWh)

Sumar totes les demandes permetrà veure la demanda que s'ha de cobrir cada mes i poder dimensionar la potència de la caldera de biomassa per tal de poder cobrir fins al mes amb més demanda. Aquesta demanda total es pot veure en la Taula 5.4.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
2393,94	1487,22	1120,26	3742,74	2101,15	65,66
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
1020,73	1206,66	218,99	2840,31	1379,67	2379,77

Taula 5.4. Demanda total a cobrir per la caldera de biomassa (kWh)

Tal i com s'observa, la caldera ha de poder cobrir fins a 3743 kWh al mes. Per tant, es pot estimar que la potència de la caldera de biomassa ha de ser de 5,5 kW, i tenint en compte que tenen un rendiment al voltant del 80% i que es poden tenir pics en la demanda de calefacció de fins a 10 kW, s'escull una caldera de biomassa que tingui aproximadament uns 12 kW de potència.

És important remarcar que tot i necessitar una potència relativament baixa, el què es necessita és una caldera i no una estufa, ja que les estufes estan pensades per a produir únicament escalfor, en canvi les calderes permeten produir ACS, aigua calenta per als radiadors i, en aquest cas, mantenir l'aigua de la piscina exterior a la temperatura de confort.

Buscant en diferents catàlegs de marques que venen calderes de pèl·lets, es selecciona el model *Pellematic Smart XS* de la marca *OkoFen*, una caldera de 10 a 18 kW de potència. En quant a les diferents característiques que presenta, és important mencionar que és un sistema compacte que integra tots els sistemes de distribució de calor: dipòsit d'inèrcia, grup del circuit de calefacció (inclou grup de seguretat) i mòdul de producció d'aigua calenta sanitària. En la Figura 5.2 es pot veure una fotografia del model.



Figura 5.2. Caldera Pellematic Smart XS (Font: www.oekofen.com)

En la Figura 5.3 es mostra el detall de l'interior de la caldera on, entre d'altres, s'observa l'acumulador de 335 litres en la part esquerra, el cremador en la part central i el dipòsit de pèl·lets en la part superior dreta.



Figura 5.3. Interior de la caldera Pellematic Smart XS (Font: www.oekofen.com)

Caldrà preveure un espai al costat de la caldera per tal d'emmagatzemar-hi el pèl·let i connectar-lo al dipòsit de la caldera.

6. Estudi econòmic

A continuació, en la Taula 6.1, es mostra el preu dels dos sistemes i una aproximació del preu de la mà d'obra per tal de realitzar la instal·lació.

TIPO D'ENERGIA	COMPONENT	PREU COMPONENT	PREU MÀ D'OBRA	PREU TOTAL
Solar tèrmica	Baxi STS 300	2.703 €	500 €	3.203 €
Biomassa	Pellematic Smart XS	2.900 €	800 €	3.700 €
				6.903 €

Taula 6.1. Càlcul de la inversió per a millorar l'eficiència energètica

Tal i com s'observa, la inversió és de 6.903 €.

6.1. Benefici anual

Seguidament es calculen els beneficis anuals obtinguts a partir de substituir l'antic sistema de climatització.

Per a poder calcular aquest benefici anual cal calcular per una banda quants litres de gasoil es consumeixen inicialment en un any per a cobrir el total de l'ACS i la calefacció, i per altra banda quants quilograms de pèl·let es necessiten en un any per a cobrir la calefacció i el 30% d'ACS, sense tenir en compte els que es necessiten per a la piscina, ja que aquesta no estava climatitzada abans de fer la inversió.

L'energia solar tèrmica tampoc s'ha de tenir en compte ja que un cop feta la inversió, després ja no hi ha cap cost addicional per tal d'obtenir energia.

Els kWh anuals corresponents a la calefacció i el 100% d'ACS són 12076,61 kWh/any, que transformats en litres de gasoil són 1210 litres anuals (partint de què 9,98 kWh són 1 litre de gasoil). El preu mig aproximat del gasoil de calefacció dels últims quatre anys és de 0,75 €/litre, per tant, anualment es gastaven 907,5 €.

Els kWh anuals corresponents a la calefacció i el 30% d'ACS són 10213,4 kWh/any, que transformats en quilograms de pèl·let són 1758 quilograms de pèl·let anuals (partint de què 5,81 kWh són 1 quilogram de pèl·let). Tenint en compte que un quilogram de pèl·let costa aproximadament 0,25 €, el cost anual és de 439,5 €.

Per tant, el benefici anual és de $907,5 \text{ €} - 439,5 \text{ €} = 468 \text{ €}$.

6.2. Període de retorn

Un cop es té la inversió i el benefici anual, ja es pot calcular el període de retorn mitjançant l'Equació 6.1. S'utilitza aquesta equació simplificada i no es té en compte l'increment dels interessos ja que el resultat no variaria tant com per superar la vida útil de la instal·lació.

Període de retorn (anys) = Inversió (€) / Benefici anual (€/any) = $14,7 \approx 15$ anys *Equació 6.1*

6.3. Beneficis totals

Per tal de calcular els beneficis totals s'han de tenir en compte tant els beneficis anuals durant la vida útil com la inversió. El càlcul es mostra en l'Equació 6.2.

$$\text{Benefici total (€)} = (\text{Vida Útil} \cdot \text{Benefici mensual}) - \text{Inversió} \quad \text{Equació 6.2}$$

Tenint en compte que es considera que la vida útil és de 20 anys, el benefici anual de 468 €/mes i la inversió de 6903 €, el benefici total és de **2457 €**.

6.4. Conclusió de l'estudi econòmic

Tenint en compte que el període de retorn és de 15 anys i que es té un benefici total de 2457 €, es conclou que implementar els sistemes descrits és econòmicament viable.

7. Impacte ambiental

A continuació es realitza una última certificació energètica tenint en compte la solució final, que combina l'energia solar tèrmica i la biomassa.

S'introdueix en el programa HULC l'aportació solar tèrmica que es mostra en la Taula 7.1 i es substitueix la caldera de gasoil inicial per la caldera de biomassa de pèl·lets de 12 kW.

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
159	169	199	204	205	206

Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
234	206	189	179	159	149

Taula 7.1. Aportació d'energia solar tèrmica mensual en kWh

Tal i com es pot veure en les Figures 7.1 i 7.2, les emissions de CO₂ es redueixen a 4,56 kg CO₂/m³·any i el consum d'energia primària no renovable a 25,4 kWh/m²·any. Tenint en compte que en la certificació energètica realitzada a l'inici del treball mostrava que les emissions de CO₂ eren de 20,3 kg CO₂/m³·any (lletra C) i l'energia primària no renovable de 83,86 kWh/m²·any (lletra B), es conclou que hi ha un impacte ambiental molt positiu.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	4,56 A			
	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	A
	2,36		0,26	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	-
	1,94		-	

Figura 7.1. Emissions de CO₂ amb sistema solar tèrmic + caldera de biomassa

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	25,40 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m ² año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m ² año)	A
		12,72		1,23	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m ² año) ¹		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m ² año)	B	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m ² año)	-
		11,45		0,00	

Figura 7.2. Consum d'energia primaria no renovable amb sistema solar tèrmic + caldera de biomassa

8. Pressupost i planificació del projecte

En aquesta secció es recullen per una banda totes les despeses econòmiques associades a la elaboració del projecte i per altra banda es presenta el *Diagrama de Gantt* que representa la planificació que s'ha dut a terme per tal de realitzar el present treball.

8.1. Pressupost del projecte

Per tal d'elaborar el pressupost del present document es tenen en compte els costos associats al salari de l'enginyer, el preu dels equips utilitzats i finalment el cost de les llicències dels programes utilitzats, si n'hi ha.

En quant al salari de l'enginyer es considera de 30000 € anuals, que equival a 15 €/hora. Per tal d'arribar a aquest salari horari es considera que es treballen 21 dies al mes i que es treballen 8 hores diàries. Per tant, tenint en compte que es dediquen 380 hores a realitzar el projecte (152 dies amb una mitja de dues hores i mitja al dia), suposa un cost de 5700 €.

En quant a l'equip utilitzat, correspon a un ordinador portàtil amb un preu de compra de 1098 € i una vida útil estimada de 5 anys.

En quant a la llicència dels programes, els softwares que s'utilitzen són gratuïts, per tant no suposaran una despesa positiva en el pressupost.

Seguidament es desglossa el pressupost en la Taula 8.1 (IVA inclòs).

CONCEPTE	COST	VIDA ÚTIL	UTILITZACIÓ	COST FINAL
Salari enginyer	-	-	-	5.700 €
Ordinador	1.098 €	5 anys	5 mesos	91,50 €
Software HULC	0 €	-	5 mesos	0 €
Software CHEQ4	0 €	-	5 mesos	0 €
Software Auropro	0 €	-	5 mesos	0 €
Software Pvgis	0 €	-	5 mesos	0 €
			TOTAL	5.792 €

Taula 8.1. Desglossament del pressupost del projecte

8.2. Planificació del projecte

Amb la finalitat d'organitzar les hores de treball es disposa d'un *Diagrama de Gantt* (Figura 8.1) que estableix una planificació de les diferents tasques a realitzar per tal de completar el projecte.

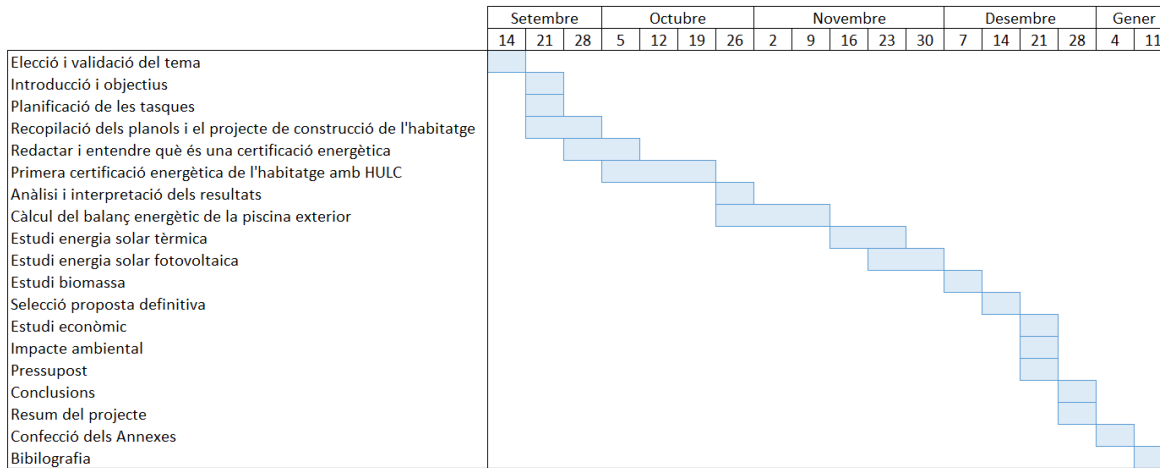


Figura 8.1. Diagrama de Gantt per a la planificació de les tasques

Conclusions

Després d'haver realitzat la primera certificació energètica de l'habitatge unifamiliar obtenint una lletra B en quant al consum d'energia primària no renovable (corresponent a 83,86 kWh/m²·any) i una lletra C en quant a les emissions de CO₂ (corresponent a 20,30 kg CO₂/m²·any), s'observa que és possible millorar l'eficiència energètica de la casa per tal d'obtenir una qualificació corresponent a la lletra A i complir amb la normativa del HE0.

Seguidament cal comprovar si hi ha una manera viable des del punt de vista tècnic i econòmic. Després d'analitzar tres plantejaments basats en la utilització d'energia renovable (energia solar tèrmica, energia solar fotovoltaica i biomassa) contemplant no només el consum energètic de l'edifici sinó que també la climatització d'una piscina exterior, la proposta seleccionada per tal de millorar l'eficiència energètica de l'edifici combina l'energia solar tèrmica i la biomassa. Es determina que un 70% del consum d'ACS de l'edifici es cobrirà mitjançant energia solar tèrmica i es substituirà la caldera de gasoil que hi ha inicialment en l'habitatge per una caldera de biomassa que cobreixi la calefacció, el 30% de l'ACS i que mantingui l'aigua de la piscina exterior a la temperatura de confort durant els mesos de bany.

Realitzar aquests canvis suposaria una millora notable en l'eficiència energètica de l'edifici, doncs passaria a obtenir una qualificació energètica corresponent a la lletra A tant en el consum d'energia primària no renovable com en les emissions de CO₂ generades. El consum d'energia primària no renovable disminuiria fins a un valor de 25,4 kWh/m²·any (corresponent a una reducció del 70% respecte la certificació energètica inicial) i el d'emissions de CO₂ fins a un valor de 4,56 kg CO₂/m²·any (corresponent a una reducció del 77,5% respecte la certificació energètica inicial). Aquestes millores permetrien, per tant, complir amb la normativa del HE0.

Mitjançant l'estudi de viabilitat econòmica es conclou que aquesta iniciativa és viable també des d'un punt de vista econòmic ja que s'obtidria un benefici total de 2457 €.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] Ministerio de Fomento, *Documento Básico HE del Ahorro de la Energía*. 2019. [<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>, Octubre 2020]
- [2] Govern d'Espanya, *Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC)*. 2019. [<https://www.codigotecnico.org/Programas/HerramientaUnificadaLIDERCALENER.html>, Setembre 2020]
- [3] Óscar Redondo Rivera, *Eficiencia Energética – Manual práctico de cálculos térmicos de edificios*. Fundación Laboral de la construcción. Tornapunta Ediciones, S.L.U. Madrid. 2013
- [4] Ajuntament de Santa Coloma de Queralt, *Santa Coloma de Queralt*. [<http://scq.cat/>, Octubre 2020]
- [5] Ministerio de Fomento, *Documento Básico HS Salubridad*. Diciembre 2019. [<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>, Noviembre 2020]
- [6] Oscar Redondo Rivera, Visualizador de resultados de la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC). [<https://oscarredondorivera.weebly.com/visualizador-resultados-hulc.html>, Octubre 2020]
- [7] Institut Català d'Energia, *L'energia a les instal·lacions esportives, Col·lecció Quadern Pràctic* Número 6. 2012. [http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/06_installacions_esportives.pdf, Octubre 2020]
- [8] Ministerio de Fomento, *Documento Descriptivo Climas de Referencia*. Febrero 2017. [<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/20170202-DOC-DB-HE-0-Climas%20de%20referencia.pdf>, Octubre 2020]
- [9] Universidad de Cantabria, *Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones y temperaturas*. [<https://personales.unican.es/renodoc/Traspereancias%20WEB/Trasp%20Termo%20y%20MF/00%20GRADOS/Tablas%20Termo.pdf>, Octubre 2020]

- [10] Herramientas de Ingeniería, *Diagrama y calculadora de parámetros psicrométricos online*. [https://www.herramientasingeneria.com/onlinecalc/spa/psicrometricos/psicrometricos.html, Octubre 2020]
- [11] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *Guía Técnica para el Agua Caliente Sanitaria Central*. Juny 2010. [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_08_Guia_tecnica_agua_caliente_sanitaria_central_906c75b2.pdf, Novembre 2020]
- [12] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*. Gener, 2009. [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_082ee24a.pdf, Octubre 2020]
- [13] Empresa Vaillant, *Programa de Cálculo solar auroPRO*. [https://www.vaillant.es/sobre-vaillant/noticias/hemeroteca/2015/programa-de-calculo-solar-auropro/, Novembre 2020]
- [14] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *CHEQ4*. [http://cheq4.idae.es/, Octubre 2020]
- [15] Universitat Politècnica de Catalunya, *Energy Technology – Solar Thermal Power Plants*. 2019.
- [16] European Commission, *Photovoltaic Geographical Information System*. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#, Novembre 2020]
- [17] GreenHeiss, *Cómo interpretar la curva de rendimiento de un panel solar*. [https://www.greenheiss.com/rendimiento-panel-solar/, Novembre 2020]
- [18] Institut Català d'Energia, *Energia Solar Fotovoltaica, Col·lecció Quadern Pràctic Número 4*. Maig 2011. [http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/20201201_QP4_web.pdf, Novembre 2020]
- [19] Institut Català d'Energia, *Instal·lació de calderes de biomassa en edificis, Col·lecció Quadern Pràctic Número 5*. Desembre 2011. [http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/05_calderes_biomassa.pdf, Desembre 2020]

Bibliografia complementària

- Universitat Politècnica de Catalunya, *Gestió i eficiència Energètica, Tutoria Certificació Energètica*. 2020.
- Institut Català d'Energia, *Energia Solar Tèrmica, Col·lecció Quadern Pràctic Número 3*. Juliol 2018.
[http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxiu/03_2edi_Energia_solar_termica.pdf, Novembre 2020]
- Institut Català d'Energia, *Rehabilitació energètica d'edificis, Col·lecció Quadern Pràctic Número 10*. Octubre 2016.
[<http://icaen.gencat.cat/ca/detalls/publicacio/Num.-10-Rehabilitacio-energetica-dedificis>, Novembre 2020]
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *Guía Técnica – Procedimientos y aspectos de instalaciones térmicas en edificios*. 2008.
[<https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-procedimientos-y-aspectos-de-la-simulacion-de-instalaciones-termicas-en-edificios>, Diciembre 2020]

Annexes

Annex A. Radiadors de l'habitatge

Pis	Habitació	Potència (kW)
Planta baixa	Rebedor	1,2
Planta baixa	Despatx 1	0,7
Planta baixa	Despatx 2	0,7
Planta baixa	Lavabo	0,3
Planta baixa	Menjador	1,2
Planta baixa	Menjador	0,6
Planta baixa	Cuina	1,2
Primera planta	Sala de neteja	0,5
Primera planta	Lavabo	0,8
Primera planta	Dormitori 1	0,8
Primera planta	Dormitori 2	1,2
Primera planta	Dormitori 3	0,7

Taula A.1. Ubicació i potència dels radiadors de l'habitatge

Annex B. Dades generals introduïdes al software HULC

Datos generales

Datos administrativos | Datos generales | Factores de Paso | Producción de Energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos |

Datos Proyecto | Datos Certificador |

Datos del proyecto

Nombre del proyecto:

Uso del edificio:

Superficie construida: Sup. construida cubierta: Altura total: Plantas sobre rasante: Plantas bajo rasante:

Comunidad autónoma: Provincia: Localidad: Código postal:

Tipo vía: Nombre de la vía:

Tipo numeración: Número: Bloque: Portal: Escalera: Piso: Puerta: Datos adicionales:

Normativa vigente (construcción/rehabilitación)

Normativa vigente edificación:

Normativa vigente instalaciones térmicas:

Otras normativas:

Año construcción:

Referencia(s) catastral(es):

Taula B.1. Dades administratives

Datos generales

Datos administrativos | Datos generales | Factores de Paso | Producción de Energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos |

Definición del caso

Verificación CTE-HE y Certificación de Eficiencia Energética

Edificio NUEVO

Edificio EXISTENTE: Ampliación

Edificio EXISTENTE: Cambio de uso

Edificio EXISTENTE: Reforma

> 25% envolvente con cambio de sistemas climatización y ACS

> 25% envolvente con cambio de sistemas climatización

> 25% envolvente con cambio de sistemas ACS

> 25% envolvente sin cambio de sistemas

< 25% envolvente con cambio de sistemas climatización y ACS

< 25% envolvente con cambio de sistemas climatización

< 25% envolvente con cambio de sistemas ACS

< 25% envolvente sin cambio de sistemas

Solo Certificación de Eficiencia Energética

Edificio EXISTENTE: Solo Certificación

Tipo de edificio

Vivienda unifamiliar

Viviendas en bloque

Una Vivienda de un bloque

Edificio Terciario Pequeño o Mediano (PMT)

Un local de un Edificio PMT

Gran Edificio Terciario (GT)

Un local de un Edificio GT

Ventilación del edificio residencial

Caudal de ventilación del edificio o vivienda [litros/s]

Permeabilidad por defecto

Permeabilidad del edificio o vivienda actual, n50, [renh]

El edificio tiene una envolvente mejorada con baja permeabilidad al aire

Permeabilidad según ensayo

Valor de permeabilidad mediante ensayo

Valores por defecto de los espacios habitables

Tipo de Uso:

Localidad, Datos Climáticos

Comunidad autónoma:

Provincia:

Localidad:

Altitud: m

Zona climática:

Peninsular Extrapeninsular

Taula B.2. Dades generals

Annex C. Definició dels elements opacs i semitransparents que componen l'envoltant de l'habitatge

Forjat terreny – opac

Grupo CERRAMIENTOS

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,550	1125	1000	
2	Hormiçón en masa 2000 < d < 2300	0,020	1,650	2150	1000	
3	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,020	2,000	1450	1050	
4						

Grupo Material

Material

Espesor [m]

U_M [W/m²K]
 U_C [W/m²K]
 U_S [W/m²K]

Figura C.1. Definició dels elements que formen el forjat terreny (captura del software HULC)

Mur enterrat – opac

Grupo CERRAMIENTOS

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	BH hueco con áridos densos 60 mm	0,060	0,857	1552	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [0,029 W/[mK]]	0,020	0,029	30	1000	
3	BH hueco con áridos densos 60 mm	0,060	0,857	1552	1000	
4	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020	0,250	825	1000	
5	Asfalto	0,020	0,700	2100	1000	
6						

Grupo Material

Material Espesor [m]

U_M [W/m²K]
 U_C [W/m²K]
 U_S [W/m²K]




Figura C.2. Definició dels elements que formen el mur enterrat (captura del software HULC)

Mur exterior – opac

Grupo CERRAMIENTOS

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	BH hueco con áridos densos 60 mm	0,060	0,857	1552	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,030	0,029	30	1000	
3	BH hueco con áridos densos 60 mm	0,060	0,857	1552	1000	
4	Placa de yeso o escayola 750 < d < 900	0,020	0,250	825	1000	
5						

Grupo Material

Material Espesor [m]

U_M [W/m²K]
 U_C [W/m²K]
 U_S [W/m²K]




Figura C.3. Definició dels elements que formen el mur exterior (captura del software HULC)

Envà – opac

Grupo CERRAMIENTOS

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
2	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,090	0,432	930	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
4						

Grupo Material

Material

Espesor [m]

U_M [W/m²K]
 U_C [W/m²K]
 U_S [W/m²K]




Figura C.4. Definició dels elements que formen l'envà (captura del software HULC)

Porta fusta – semitransparent

Grupo PUERTAS Y VENTANAS

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% hueco cubierto por el marco ¿Es una puerta?

Incremento de transmitancia por intercalarios y cajones de persiana integrados %

Permeabilidad al aire m²/hm² a 100 Pa

Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con dispositivos de sombra móvil activados (g_gl,sh,wi)

U_H [W/m²K]

Figura C.5. Definició dels elements que formen la porta de fusta (captura del software HULC)

Finestra – semitransparent

Grupo PUERTAS Y VENTANAS

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% hueco cubierto por el marco ¿Es una puerta?

Incremento de transmitancia por intercalarios y cajones de persiana integrados %

Permeabilidad al aire m²/hr² a 100 Pa

Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con dispositivos de sombra móvil activados (g_gl,sh,wi)

U_H [W/m²K]

Figura C.6. Definició dels elements que formen la finestra (captura del software HULC)

Annex D. Plànols de l'habitatge

Garatge

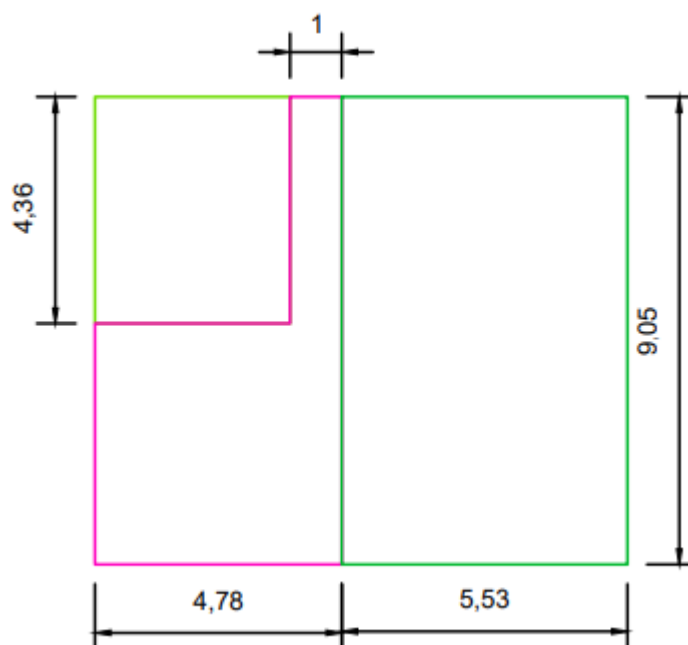


Figura D.1. Plànol del garatge (cotes en metres)

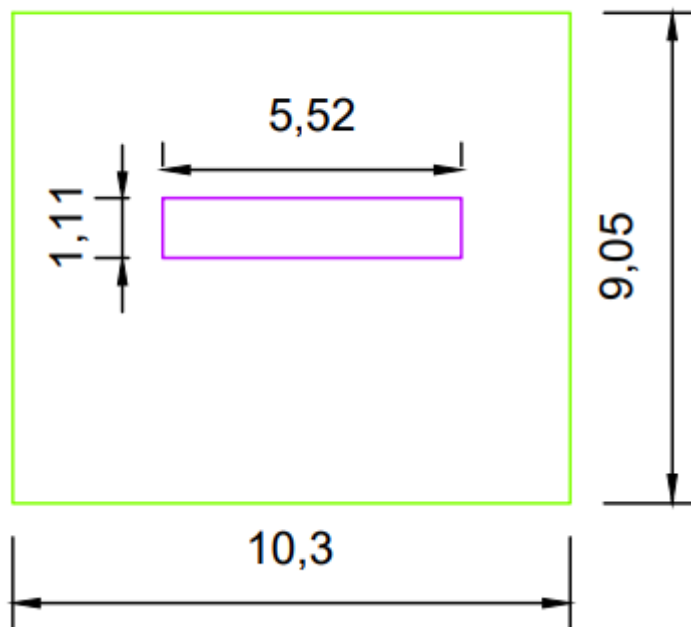
Planta Baixa

Figura D.2. Plànol de la planta baixa (cotes en metres)

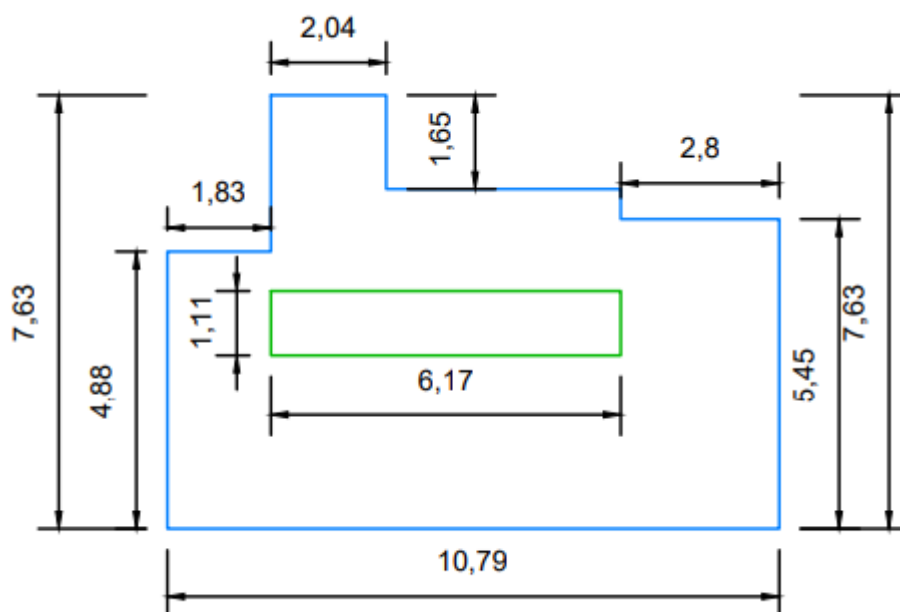
Golfes

Figura D.3. Plànol de les golfes (cotes en metres)

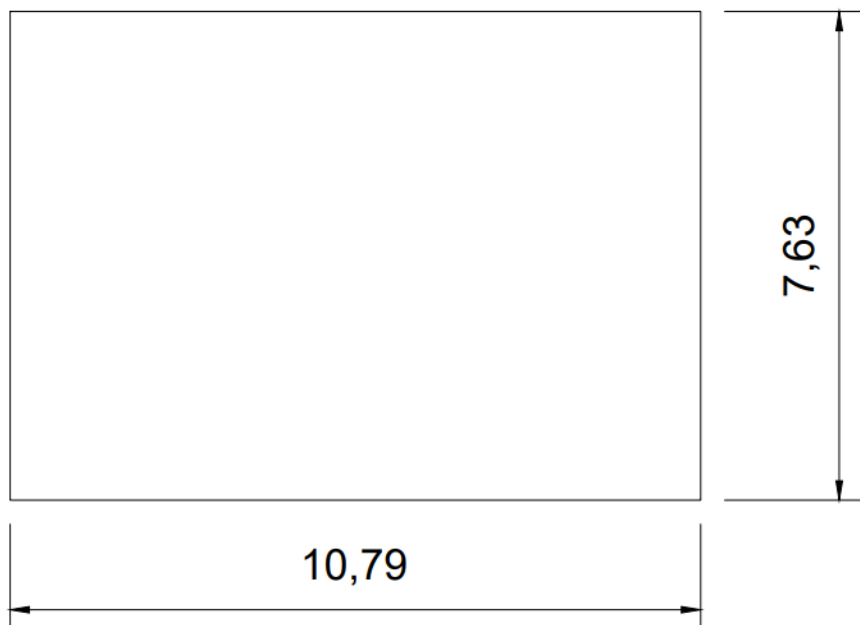
Coberta

Figura D.4. Plànol de la coberta (cotes en metres)

Annex E. Ponts tèrmics

Tipo de pont	Longitud total (m)
Fronts de forjats	46,33
Cobertes planes	100,79
Cantonades exteriors	29,92
Cantonades interiors	8,16
Forjat interior en contacte amb l'aire	39,39
Ampit	27,28
Llindes	27,28
Brancals	51,52
Sòls en contacte amb el terreny	10,01

Taula E.1. Longitud dels diferents tipus de ponts tèrmics

Annex F. Balanç energètic de la piscina – càlculs

Dades

Dades	Abril	Maig	Juny	Juliol (12-18h)	Juliol (00-12h i 18-24h)	Agost (12-18h)	Agost (00-12h i 18-24h)	Setembre	Octubre
Tª seca (°C)	10,6	14,4	20,8	29,6	22,1	29,8	22,3	21,7	13,8
Tª seca (K)	283,7	287,6	294,0	302,7	295,3	302,9	295,5	294,8	286,9
Tª aigua piscina (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Tª aigua piscina (K)	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2
Tª aigua xarxa (°C)	14,0	16,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,0	16,0
Tª aigua xarxa (K)	287,2	289,2	291,2	293,2	293,2	293,2	293,2	292,2	289,2
Tª interior coberta (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Tª interior coberta (K)	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2	299,2
Vel. Vent (m/s)	3,6	2,9	3,0	4,1	2,5	3,7	2,4	2,9	2,6
Irr. Directe (W/m2)	117,2	154,0	196,4	456,0	115,7	413,6	100,8	140,9	80,1
Hum relativa (%)	57,4	57,2	47,3	28,5	45,5	29,9	47,2	49,4	62,7
Hum absoluta a Taire (g/kg)	4,9	6,3	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,6	6,6
Hum absoluta a Taire (kg/kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hum absoluta a Taigua piscina	11,6	11,6	9,5	5,7	9,2	6,0	9,5	10,0	12,7
Hum absoluta a Taigua piscina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Psat aigua a Tª aire (mbar)	12,8	16,0	24,9	40,1	27,1	40,2	27,4	26,5	14,9
Psat aigua a Tª aire (mmHg)	9,6	12,0	18,7	30,1	20,3	30,1	20,5	19,8	11,2
Entalpia vap. H2O a Tª aigua (kJ/kg)	2444,7	2444,7	2444,7	2444,7	2444,7	2444,7	2444,7	2444,7	2444,7
Pparc. Vap H2O a Tª aire (mbar)	7,3	9,1	11,8	11,5	12,3	12,0	12,9	13,1	9,3
Pparc. Vap H2O a Tª aire (mmHg)	5,5	6,9	8,8	8,6	9,2	9,0	9,7	9,8	7,0
Inv. Humitat relativa	1,7	1,7	2,1	3,5	2,2	3,3	2,1	2,0	1,6
Volum piscina (m3)	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Volum renovació (m3)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Cabal renovació (m3/h)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Superfície vas (o solera) (m2)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Superfície murs (m2)	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Superfície solera + murs (m2)	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0
Densitat aigua (kg/m3)	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Cp aigua (kJ/kg·°C)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Kmurs i solera (W/m2·°C)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
l/h (m2·°C/W)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Taula F.1. Dades per a la realització dels càlculs

Pèrdues per evaporació

	Abril	Maig	Juny	Juliol (12-18h)	Juliol (00-12h i 18-24h)	Agost (12-18h)	Agost (00-12h i 18-24h)	Setembre	Octubre
Me (kg/h·m2)	5,57	4,14	2,23	13,95	1,75	13,93	1,72	2,00	4,38
qe (W/m2)	210,13	156,37	84,22	526,31	66,19	525,71	64,71	75,31	165,10
q (kWh)	2723,34	2094,08	1091,53	7048,31	886,42	7040,31	866,64	976,04	2211,00

Taula F.2. Pèrdues per evaporació

Pèrdues per radiació

	Abril	Maig	Juny	Juliol (12-18h)	Juliol (00-12h i 18-24h)	Agost (12-18h)	Agost (00-12h i 18-24h)	Setembre	Octubre
qr1 (W/m2) (desc)	-	-	-	431,38	-	431,38	-	-	-
qr2 (W/m2) (desc)	-	-	-	335,79	-	337,79	-	-	-
Ts (cob)	298,08	298,35	298,79	-	298,88	-	298,89	298,85	298,30
qr (W/m2)	6,15	4,62	2,07	95,59	1,55	93,59	1,48	1,72	4,86
qr (kWh)	79,65	61,87	26,78	1280,12	20,77	1253,33	19,80	22,34	65,10

Taula F.3. Pèrdues per radiació

Pèrdues per convecció

	Abril	Maig	Juny	Juliol (12-18h)	Juliol (00-12h i 18-24h)	Agost (12-18h)	Agost (00-12h i 18-24h)	Setembre	Octubre
h (W/m ² *°C)	3,12	2,89	2,35	5,75	2,20	5,27	2,17	2,25	2,93
qc (W/m ²)	48,12	33,49	12,18	-20,41	8,53	-19,96	8,03	9,72	35,72
qc (kWh)	623,63	448,45	157,86	-273,35	114,22	-267,34	107,59	125,99	478,38

*Taula F.4. Pèrdues per convecció***Pèrdues per renovació d'aigua**

	Abril	Maig	Juny	Juliol (12-18h)	Juliol (00-12h i 18-24h)	Agost (12-18h)	Agost (00-12h i 18-24h)	Setembre	Octubre
qre 5% volum (W/m ²)	12,12	10,10	8,08	6,06	6,06	6,06	6,06	7,07	10,10
cabal massic evaporat (m ³ /h)	0,10	0,07	0,04	0,25	0,03	0,25	0,03	0,04	0,08
qre massa evaporada (W/m ²)	21,61	13,40	5,77	27,06	3,40	27,03	3,33	4,52	14,15
qre (W/m ²)	33,73	23,50	13,86	33,12	9,47	33,09	9,39	11,59	24,25
qre (kWh)	437,18	314,76	179,58	443,59	126,76	443,18	125,74	150,21	324,78

*Taula F.5. Pèrdues per renovació d'aigua***Pèrdues per conducció**

	Abril	Maig	Juny	Juliol (12-18h)	Juliol (00-12h i 18-24h)	Agost (12-18h)	Agost (00-12h i 18-24h)	Setembre	Octubre
Ts (cob)	16,73	19,04	22,90	-	23,67	-	23,78	23,41	18,68
qk (W/m ²)	20,30	15,24	6,80	-7,77	5,10	-8,30	4,86	5,67	16,04
qk (kWh)	263,06	204,04	88,11	-104,12	68,33	-111,15	65,11	73,49	214,76

*Taula F.6. Pèrdues per conducció***Guanys per radiació**

	Abril	Maig	Juny	Juliol (12-18h)	Juliol (00-12h i 18-24h)	Agost (12-18h)	Agost (00-12h i 18-24h)	Setembre	Octubre
qs (W/m ²)	76,7	100,8	128,5	387,6	75,7	351,6	65,9	92,2	52,4
qs (kWh)	994,1	1349,4	1665,9	5191,3	1013,8	4708,3	883,1	1194,7	701,9

Taula F.7. Guanys per radiació