



EPS

Escola Politècnica
Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Climatització d'una piscina coberta mitjançant energia solar tèrmica

Document: Memòria i Annexos

Alumne: Dario Valverde Martínez

Director/Tutor: Eduard Massaguer Colomer

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Setembre 2013

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ.....	7
1.1. Antecedents	7
1.2. Objecte	7
1.3. Emplaçament	8
1.4. Especificacions	9
2. CARACTERÍSTIQUES.....	11
2.1. Utilització	11
2.2. Horaris	13
2.3. Ocupació	14
3. DESCRIPCIÓ ARQUITECTÒNICA	16
3.1. Tancaments exteriors verticals	16
3.2. Tancaments interiors verticals	18
3.3. Tancaments horitzontals.....	19
3.4. Compliment del CTE – HE1	21
4. CLIMATITZACIÓ DEL RECINTE	22
4.1. Condicions de càlcul	22
4.1.1.Ocupació individual	22
4.1.2.Ventilació amb aire exterior.....	23
4.1.3.Condicions exteriors.....	27
4.1.4.Condicions interiors.....	28
4.1.5.Fonts de calor	29
4.1.6.Il·luminació	31
4.1.7.Tancaments.....	32
4.1.8.Altres aportacions.....	35
4.1.8.1. Radiació.....	35
4.1.8.2. Convecció.....	36
4.1.8.3. Renovació	37
4.1.8.4. Transmissió	41
4.1.8.5. Evaporació	42
4.1.8.6. Guanys per radiació solar	48
4.1.8.7. Taula resum altres aportacions	48

4.1.9. Taula resum.....	49
4.2. Càrregues tèrmiques	52
4.2.1. Piscina	53
4.2.2. Vestuaris (homes + dones)	53
4.2.3. Pas i recepció	54
4.2.4. Oficines.....	54
4.2.5. Infermeria	55
4.3. Sistema escollit	55
4.3.1. Zona de bany.....	56
4.3.1.1. Recuperació de calor	56
4.3.1.2. Bomba de calor	58
4.3.1.3. Toveres d'impulsió	61
4.3.1.4. Reixes de retorn.....	63
4.3.1.5. Conductes d'aire	66
4.3.1.6. Taula resum de maquinària i elements	68
4.3.2. Zona d'oficines i vestuaris.....	68
4.3.2.1. Recuperació de calor	69
4.3.2.2. Bomba de calor	71
4.3.2.3. Unitats interiors	74
4.3.2.4. Reixes d'impulsió	75
4.3.2.5. Reixes de retorn i sistema	79
4.3.2.6. Conductes d'aire	83
4.3.2.7. Taula resum de maquinària i elements	85
5. INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA SOLAR TÈRMICA.....	87
5.1. Introducció.....	87
5.2. Condicions de càlcul	88
5.2.1. Zona climàtica.....	88
5.2.2. Model de captadors i característiques.....	89
5.2.3. Disposició general dels col·lectors	90
5.2.4. Separació entre plaques.....	91
5.2.5. Ombres	92
5.2.6. Radiació solar	93
5.2.7. Contribució solar	94

5.3. Metodologia de càlcul: el mètode F-Chart	95
5.4. Obtenció d'A.C.S.	96
5.4.1 Càlcul de la demanda energètica.....	96
5.4.2. Mètode F-Chart. Dades de disseny	98
5.4.3. Mètode F-Chart. Resultats	99
5.4.4. Disposició dels col·lectors	101
5.4.5. Acumulació A.C.S.....	102
5.4.6. Canonades	104
5.4.7. Vasos d'expansió	105
5.4.8. Bomba de circulació captadors	108
5.4.9 Grup de control.....	109
5.5. Escalfament del vas.....	110
5.5.1. Càlcul de la demanda energètica	111
5.5.2. Mètode F-Chart. Dades de disseny.....	113
5.5.3. Mètode F-Chart. Resultats.....	114
5.5.4. Disposició dels col·lectors	116
5.5.5. Canonades.....	118
5.5.6. Bomba circulació captadors	121
5.5.7. Intercanvi entre els captadors i el vas	123
5.5.7.1. Sistema d'intercanvi.....	123
5.5.7.2. Intercanviadors	124
5.5.7.3. Canonades vas-intercanviador.....	125
5.5.7.4. Bombes circulació vas-intercanviador.....	126
5.5.7.5. Vas d'expansió piscina-intercanviador	127
5.5.8. Vas d'expansió circuit	127
5.5.9. Grup de control	129
5.6. Sistema auxiliar d'energia. Biomassa	132
5.6.1. Introducció.....	133
5.6.2. Càlcul de potència de la caldera	134
5.6.3. Selecció de la caldera.....	136
5.6.4. Sitja de combustible.....	136
5.6.5. Bomba de circulació caldera	137

5.6.6. Evacuació de fums.....	138
5.6.7. Vas d'expansió de la caldera.....	139
5.7. Consideracions de la instal·lació d'E.S.T.	141
5.7.1. Consideracions generals	141
5.7.2. Fluid de treball	141
5.7.3. Protecció contra gelades	142
5.7.4. Sobreescalfaments	142
5.7.4.1. Protecció contra sobreescalfaments	142
5.7.4.2. Protecció contra cremades.....	142
5.7.4.3. Protecció de materials contra altes temperatures.....	143
5.7.5. Resistència a pressió.....	143
5.7.6. Prevenció de flux invers.....	143
5.7.7. Estructura suport dels captadors.....	143
5.7.8. Purga d'aire.....	144
5.7.9. Sistema electrònic i de control.....	144
5.8. Manteniment	145
5.8.1. Pla de vigilància.....	145
5.8.2. Pla de manteniment.....	145
5.9. Estudi mediambiental	147
5.9.1. Estalvi energètic.....	148
5.9.2. Estalvi en les emissions de CO2.....	150
6. RESUM DEL PRESSUPOST	152
7. CONCLUSIONS.....	153
8. RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	155

ANNEXOS

ANNEX A: RESULTATS OBTINGUTS AMB LIDER	156
A.1. Compliment amb la reglamentació	157
A.2. Descripció geomètrica i constructiva	157
A.2.1. Espais	157
A.2.2. Materials	158
A.2.3. Composició de tancaments	158
A.3. Resultats per espais	160
ANNEX B: RESULTATS OBTINGUTS AMB AIRPACK	161
B.1. Càrregues tèrmiques	162
B.1.1. Piscina	162
B.1.2. Vestuaris	163
B.1.3. Infermeria	165
B.1.4. Oficines	166
B.1.5. Pas i recepció	168
B.2. Conductes d'aire	169
B.2.1. Piscina	169
B.2.2. Pas i recepció	171
B.2.3. Vestuaris	171
B.3. Canonades d'aigua	172
B.3.1. Obtenció d'A.C.S.	172
B.3.2. Escalfament del vas	173
B.3.3. Vas-intercanviadors	175
ANNEX C: EL MÈTODE F-CHART	176
ANNEX D: RESULTATS OBTINGUTS AMB F-CHART	180
D.1. Obtenció d'A.C.S.	181
D.2. Escalfament de l'aigua del vas	183
ANNEX E: CÀLCUL DELS VASOS D'EXPANSIÓ	185
ANNEX F: ESPECIFICACIONS DE LA MAQUINÀRIA	188
F.1. Bombes de calor	189
F.1.1. Piscina	189

F.1.2. Vestuaris	190
F.1.3. Pas i recepció	190
F.2. Recuperadors de calor	191
F.2.1. Piscina	191
F.2.2. Vestuaris	192
F.2.3. Pas i recepció	192
F.3. Unitats interiors	193
F.3.1. Vestuaris	193
F.3.2. Pas i recepció	193
F.4. Bombes	194
F.4.1. Circulació captadors A.C.S.	194
F.4.2. Circulació captadors piscina.....	194
F.4.3. Circulació caldera	195
F.4.4. Circulació vas-intercanviadors	196
F.5. Captadors solars	197
F.6. Caldera	198
F.6.1. Característiques.....	198
F.6.2. Plànols	199

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

L'augment de la demanda d'ús d'equipaments municipals com piscines degut, per una banda, a la tendència creixent en la pràctica d'activitats saludables relacionades amb l'aigua, i per l'altra, al creixement poblacional, ha propiciat que poblacions que disposen de piscines exteriors, d'ús exclusiu en temporada estival, optin dotar-les de cobertura oferint un servei ininterromput als seus usuaris.

Com a contrapartida, aquest augment en l'activitat de les piscines, suposa un increment molt important en el consum energètic, generalment procedent de fonts d'energies no renovables. Inevitablement, aquest consum suposa una sèrie de problemes, com són la gran despesa econòmica que això comporta, i el consegüent impacte mediambiental generat a partir de la seva utilització.

Per això, s'ha decidit realitzar una reforma sobre la piscina municipal tractada en aquest projecte, la qual originalment s'havia dissenyat i construït per funcionar exclusivament en èpoques d'estiu, com un recinte a l'aire lliure, i pels motius comentats anteriorment s'hi construirà una coberta per tal que pugui donar servei també durant l'hivern, amb la consegüent necessitat de dimensionar la pertinent instal·lació tèrmica.

1.2. Objecte

L'objectiu del treball serà dissenyar una instal·lació tèrmica per a la climatització d'una piscina pública, a la qual es realitzarà l'aportació energètica principal a través d'energia solar tèrmica. A través de la instal·lació dissenyada, que complirà amb la normativa vigent en quant a disseny d'instal·lacions tèrmiques, és a dir, el "Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios" RITE (RD 1027/2007) i el "Codi Tècnic de l'Edificació" CTE (RD 314/2006), s'aconseguirà satisfer la demanda d'aigua calenta sanitària del recinte i escalfar l'aigua del vas de la piscina.

Es calcularan les necessitats d'ACS, les càrregues tèrmiques del recinte i la superfície captadora necessària, així com els elements necessaris pel correcte funcionament de la instal·lació com canonades i equips auxiliars, de manera que s'assoleixin les condicions de confort i ús requerides pels usuaris d'aquesta.

En termes de climatització del local, es pretén aconseguir que tots els habitacles (a excepció de les zones classificades com a “no habitades”) es trobin a unes condicions de temperatura i humitat adients en qualsevol època de l'any.

1.3. Emplaçament

El recinte municipal estudiat en el present projecte, es troba situat a Villafranca, un municipi pertinent a la ciutat de Còrdoba, a la comunitat autònoma d'Andalusia, Espanya. Més concretament, l'edifici es situa al carrer Córdoba, S/N, a la zona sud de la població.

El municipi de Villafranca es troba situat a una altitud de 146 metres, amb coordenades geogràfiques 37° 57'N, 4° 32' O, i a 27 km de distància de la capital província. La seva extensió superficial és de 58 km², i l'any 2011 comptava amb 4.752 habitants.

Segons l'apèndix D del “Documento Básico de Ahorro Energético” (DB HE) d'abril de 2009, la ciutat de Còrdoba es troba situada a la zona climàtica B4.

A continuació, es mostra un plànol de la situació del recinte municipal:

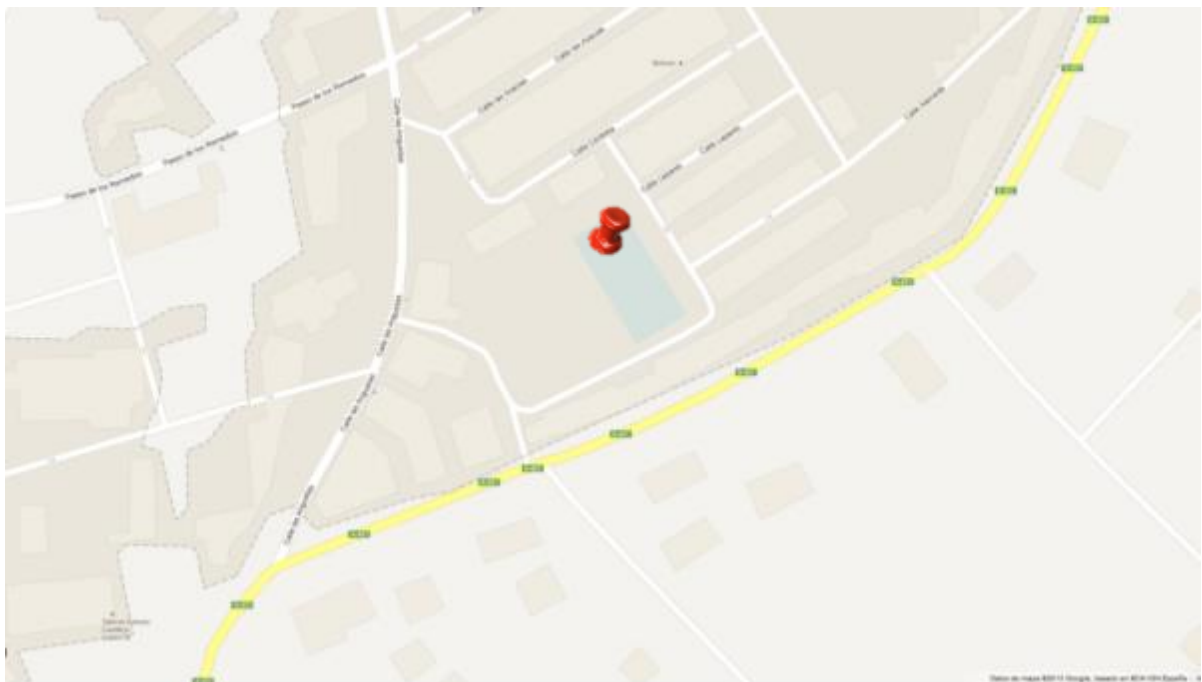


Figura 1: plànol d'emplaçament del recinte municipal

1.4. Especificacions

La instal·lació dimensionada haurà de complir amb totes les normatives referides al càlcul i disseny d'aquesta, abordant també les especificacions de consum energètic que això comporta. A més, es requereixen aspectes bàsics com minimització del consum energètic, nivells sonors de la maquinària baixos o, en el millor dels casos, inaudibles, canonades i elements de la instal·lació no accessibles als usuaris, etc. A continuació, s'inclouen dues taules resum, en funció de la instal·lació projectada, a la qual s'indiquen les especificacions o requisits (R) exigits per a la redacció del present projecte, així com les demandes (D):

- Instal·lació de climatització

Tema	R/D	Descripció
Dimensió	D	Respectar les dimensions interiors i de coberta
Control	D	Automatitzar la instal·lació el màxim possible
Confort	R	Diferència tèrmica igual o inferior a 2°C entre la zona del vas i la de vestuaris
	R	Sense variacions de temperatura al llarg del recorregut de la piscina
	R	Sonoritat conductes <30dB
	D	Velocitat de circulació d'aire baixa
Vida útil	R	Més de 10 anys
Costos	R	Inferiors a 300.000 € (total)
Seguretat	R	Complir amb normatives vigents
	R	Canonades d'aigua calenta aïllades
Emplaçament	R	Canonades i conductes no accessibles als usuaris
	R	Maquinària no accessible als usuaris
	D	No generar ombra als captadors solars

Taula 1: especificacions de la instal·lació de climatització

- **Instal·lació d'energia solar tèrmica**

Tema	R/D	Descripció
Dimensió	D	Respectar les dimensions interiors i de coberta
Control	D	Automatitzar la instal·lació el màxim possible
Confort	R	Temperatura del vas constant i agradable
	R	Temperatura i cabal d'A.C.S. suficient per donar servei a tots els usuaris simultàniament
Vida útil	R	Més de 10 anys
Costos	R	Inferiors a 300.000 € (total)
Seguretat	R	Complir amb normatives vigents
	R	Canonades d'aigua calenta aïllades
Emplaçament	R	Canonades i conductes no accessibles als usuaris
	R	Captadors, caldera i components no accessibles als usuaris
	D	Habilitació d'una zona de calderes al soterrani
Estètica	D	Respectar la component estètica de l'edifici

Taula 2: especificacions de la instal·lació d'energia solar tèrmica

2. CARACTERÍSTIQUES

2.1. Característiques d'utilització

El recinte està format per dues plantes, les quals són una planta principal i un soterrani. En el cas de la principal, es divideix principalment en la zona on es troba el vas de la piscina, i el local, el qual està distribuït en diferents zones, en funció de l'ús que rep. A continuació, s'exposen detalladament les diferents zones, amb els respectius usos, que tindrem al recinte:

- **Planta subterrània**: tindrà com a objectiu principal funcionar com a zona tècnica, albergant la maquinària necessària per al correcte funcionament de tota la instal·lació. Dins la planta soterrani hi trobarem:
 - **2 passadissos tècnics**: albergaran la maquinària necessària per al funcionament de la piscina, així com els elements necessaris a la instal·lació d'energia solar tèrmica, com són acumuladors, vasos d'expansió, bombes, etc. També hi transcorreran les canonades de distribució d'aire per a la climatització del local.
 - **Zona de depuradora**: hi anirà situada la depuradora d'aigua del vas de la piscina.
- **Planta principal**: és la zona d'accés al públic. Està formada per les zones i locals que s'especifiquen a continuació:
 - **Zona de bany**: superfície coberta, dins la qual es troba el vas de la piscina, destinada a l'ús per part dels banyistes.
 - **Magatzem 1**: magatzem principal, per al possible material d'ús quotidià durant la utilització de la piscina, per part dels banyistes, com poden ser salvavides, matalassos, material d'esplai, etc. Només s'hi pot tenir accés des de la zona de bany.
 - **Vestuari per a dones**: zona de vestuari d'ús exclusiu al públic femení. Dotats de 5 dutxes, 2 vàters i 3 piques.
 - **Vestuari per a homes**: zona de vestuari d'ús exclusiu a públic masculí. Disposen de les mateixes dotacions que el vestuari per a dones.
 - **Oficines**: zona de treball dels empleats, dedicats a l'administració, organització i direcció de la piscina.

- **Infermeria:** destinada a l'atenció del clients i/o banyistes, en cas de patir possibles lesions o ferides durant l'ús de les instal·lacions. Equipada amb el material necessari per a realitzar cures, reanimacions, etc.
- **Recepció i pas:** zona d'entrada al recinte i d'accés a la piscina, així com a la resta d'espais, en els quals es divideix el local, amb la única excepció del magatzem 1, al qual només es pot accedir a través de la zona de bany.
- **Magatzem 2:** magatzem secundari, al qual s'hi guardarà, entre d'altres, el material d'oficina, d'infermeria, etc., del qual pugui ser necessari disposar-ne en qualsevol moment.

A continuació es mostra una taula resum, amb les superfícies destinades de cadascuna de les zones prèviament esmentades, juntament amb la seva informació d'habitabilitat:

Zona	Superfície destinada	Habitable	Climatitzada
Zona de bany	714,12 m ²	SÍ	SÍ
Magatzem 1	29,27 m ²	NO	NO
Vestuari per a dones	29,12 m ²	SÍ	SÍ
Vestuari per a homes	29,12 m ²	SÍ	SÍ
Oficines	17,72 m ²	SÍ	SÍ
Infermeria	7,82 m ²	NO	SÍ
Recepció i pas	28,6 m ²	SÍ	SÍ
Magatzem 2	4,07 m ²	NO	NO

Taula 3: superfícies i habitabilitat de cada zona del recinte

2.2. Horaris de funcionament

Antigament, l'horari d'obertura de la piscina era exclusivament d'estiu, ja que aquesta no permetia un ús hivernal. Després de les recents modificacions realitzades a la piscina, per tal que aquesta pugui treballar de forma continuada tant a l'hivern com a l'estiu, i d'un previ estudi de la possible demanda que es generarien les diferents èpoques de l'any, es va establir que el seu horari d'obertura de cara al públic variaria en funció del període, segons la taula següent:

Període	Dies d'obertura	Horari
De l'1 de juny al 15 de setembre	De dilluns a diumenge	De 8:00 a 22:00 h
Del 15 de setembre a l'1 d'octubre	Tancat per vacances	-
Del 15 d'octubre a l'1 de desembre	De dilluns a dissabte	De 8:00 a 22:00 h
De l'1 de desembre a l'1 de març	De dilluns a divendres	De 8:00 a 22:00 h
De l'1 de març al 15 de març	Tancat per vacances	-
Del 15 de març a l'1 de juny	De dilluns a dissabte	De 8:00 a 22:00 h

Taula 4: horari d'obertura al públic del recinte

No obstant, algunes de les zones de la piscina, com són la depuradora, instal·lació solar i demés elements, romandran operatius contínuament. A més, un cop finalitzada la jornada, es realitzaran les operacions de manteniment i neteja necessàries, per tal que al dia següent tot estigui en les condicions necessàries perquè els clients en puguin fer ús.

2.3. Ocupació

La ocupació ha estat calculada de forma individual per a cadascuna de les diferents zones en què es divideix el recinte, a partir de les directrius expressades al Codi Tècnic de l'Edificació, Seguretat en cas d'Incendi. En aquest cas, la informació s'ha extret del document SI3 del CTE, on trobem la següent taula, amb les respectives densitats d'ocupació, en funció de l'ús i funció de cada zona, les quals es basen en el nombre de persones que caldria evacuar en cas de propagació d'incendi:

Tabla 2.1. Densidades de ocupación (1)

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m2/persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, aseos de planta, etc.	Ocupación nula
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20
Residencial Público	Zonas de alojamiento	20
	Salones de uso múltiple	
	Vestíbulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
Aparcamiento (2)	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc.	15
	En otros casos	40
Administrativo	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestíbulos generales y zonas de uso público	2
Docente	Conjunto de la planta o del edificio	10
	Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc.	5
	Aulas (excepto de escuelas infantiles)	1,5
	Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas	2
Hospitalario	Salas de espera	2
	Zonas de hospitalización	15
	Servicios ambulatorios y de diagnóstico	10
	Zonas destinadas a tratamiento a pacientes internados	20
Comercial	En establecimientos comerciales:	
	áreas de ventas en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
	áreas de ventas en plantas diferentes de las anteriores	3
	En zonas comunes de centros comerciales:	
	mercados y galerías de alimentación	2
	plantas de sótano, baja y entreplanta o en cualquier otra con acceso desde el espacio exterior	3
	Plantas diferentes de las anteriores	5

Pública concurrencia	Zonas destinadas a espectadores sentados: con asientos definidos en el proyecto	1 pers/asiento
	sin asientos definidos en el proyecto	0,5
	Zonas de espectadores de pie	0,25
	Zonas de público en discotecas	0,5
	Zonas de público de pie, en bares, cafeterías, etc	1
	Zonas de público en gimnasios:	
	con aparatos	5
	sin aparatos	1,5
	Piscinas públicas	
	zonas de baño (superficie de los vasos de las piscinas)	2
	zonas de estancia de público en piscinas descubiertas	4
	vestuarios	3
	Salones de uso múltiple en edificios para congresos, hoteles, etc.	1
	Zonas de público en restaurantes de "comida rápida", (p. ej: hamburgueserías, pizzerías...)	1,2
	Zonas de público sentado en bares, cafeterías, restaurantes, etc.	1,5
	Salas de espera, salas de lectura en bibliotecas, zonas de uso público en museos, galerías de arte, ferias y exposiciones, etc.	2
	Vestíbulos generales, zonas de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
	Vestíbulos, vestuarios, camerinos y otras dependencias similares y anejas a salas de espectáculos y de reunión	2
	Zonas de público en terminales de transporte	10
	Zonas de servicio de bares, restaurantes, cafeterías, etc.	10
	Archivos, almacenes	40

Taula 5: densitats d'ocupació dictades pel CTE, en funció de l'ús dels locals

Per tant, un cop obtinguda les densitats d'ocupació dictades pel CTE, passem a calcular les ocupacions a cadascuna de les zones de l'edifici, tal com es mostra a la taula següent:

ZONA	DENSITAT	SUPERFÍCIE	PERSONES TEÒRIC	PERSONES
Piscina	2 m ² /pers.	312.5 m ²	156.25 pers.	157 pers.
Vestuari dones	3 m ² /pers.	29.12 m ²	9.7 pers.	10 pers.
Vestuari homes	3 m ² /pers.	29.12 m ²	9.7 pers.	10 pers.
Pas/recepció	2 m ² /pers.	28.6 m ²	14.3 pers.	15 pers.
Oficines	10 m ² /pers.	17.72 m ²	1.77 pers.	2 pers.
Infermeria	No habitat	7.82 m ²	0 pers.	0 pers.
Magatzems	No habitat	33.34 m ²	0 pers.	0 pers.

Taula 6: ocupació calculada per cada zona del recinte, segons el CTE

3. DESCRIPCIÓ ARQUITECTÒNICA

En aquest apartat es detallaran tots els aspectes arquitectònics necessaris, per tal de poder obtenir una completa descripció del recinte. Es descriuran exhaustivament tots els tipus de tancament utilitzat a l'edificació, per posteriorment detallar quin d'ells s'ha utilitzat en cada cas, a l'hora de construir la piscina.

A continuació, es mostra una imatge del recinte en qüestió, amb la seva respectiva distribució, per tal de facilitar la lectura d'aquest apartat, i poder relacionar cada zona esmentada amb el plànol:

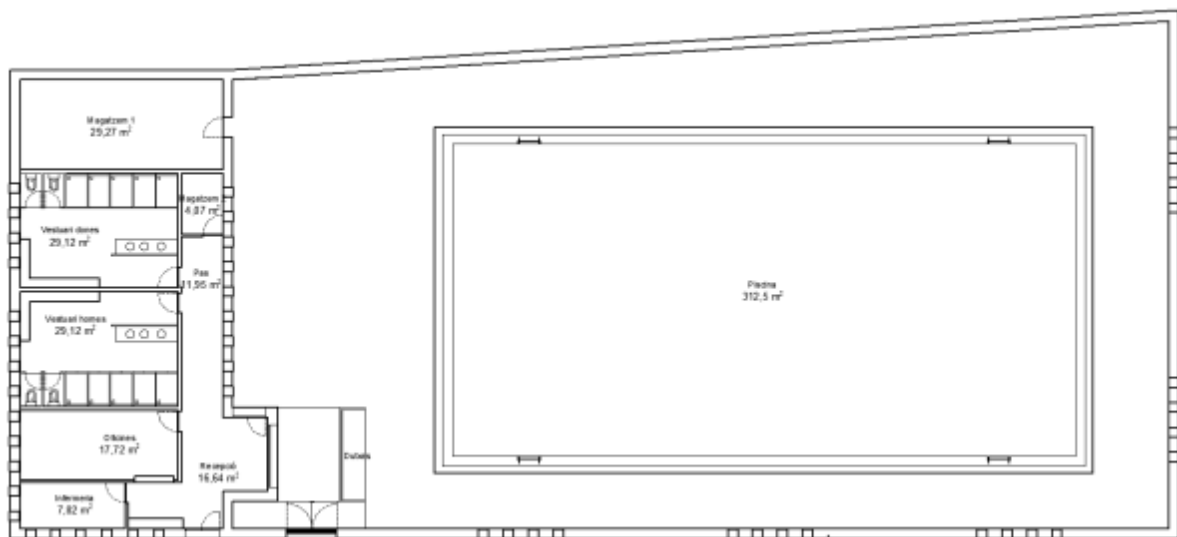


Figura 2: distribució en planta del recinte

3.1. Tancaments exteriors verticals

Les funcions principals d'un tancament exterior són, entre d'altres, la protecció de l'interior del recinte d'agents externs, com pot ser l'aigua en qualsevol dels seus estats (sòlid, líquid o gasós), protecció tèrmica (tant per fred com calor), protecció contra vent, soroll, etc. Donat que a la nostra instal·lació ens trobem amb dues zones amb condicions i requisits tèrmics i higromètrics diferents, cal definir dos tipus de tancament exterior vertical:

- **Paret exterior general:** de la zona més exterior del tancament a la més interior, trobarem inicialment un bloc de formigó armat de 20 cm de gruix, seguit per una capa aïllant d'EPS de 0.029 W/m·K de 4 cm, on a continuació s'obté un extra d'aïllament a través d'una càmera d'aire sense ventilar de 5 cm, per acabar finalment amb una capa final de pladur de 5 cm.

A continuació es mostra una imatge esquemàtica del perfil constructiu del tancament:

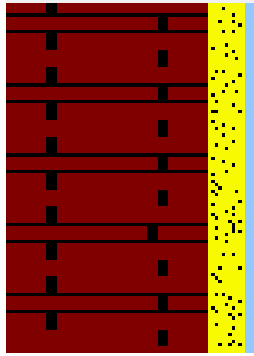


Figura 3: perfil de fabricació del tancament "paret exterior"

La transmitància d'aquest tancament serà de $0.42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

- **Paret exterior piscina:** donat que les condicions de la piscina són diferents a les de la resta del local, aquesta tindrà un gruix lleugerament inferior a la seva primera capa de formigó. Així doncs, estarà formada per: una llosa de formigó prefabricat de 10 cm, una làmina de betum de 2 mm de gruix, la qual previndrà de la possible generació de condensats, una capa aïllant de 4 cm de gruix d'EPS $0.029 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, una càmera d'aire sense ventilar de 5 cm, i una última capa de pladur de 5 cm.

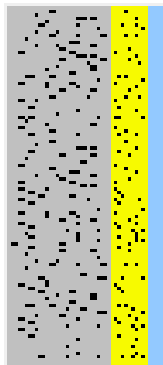


Figura 4: perfil de fabricació del tancament "paret exterior piscina"

La transmitància d'aquest tancament serà de $0.50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

- **Finestres:** A més, apart de les parets i murs que aïllen el recinte de l'exterior, com a tancament exterior vertical també caldrà definir les finestres. Estaran formades per doble vidre 4+12+6

La transmitància d'aquest tancament serà de $2.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

3.2. Tancaments interiors verticals

Els tancaments interiors tenen com a funció principal la divisió d'espais habitables i la seva protecció dels diferents sorolls o possibles vistes no desitjades. Aquests poden ser fixes (com parets i envans), o bé mòbils (com les portes). En aquest cas s'estudiaran els tancaments fixes.

Al recinte estudiat en aquest projecte, hi trobarem 2 tipus de tancaments interiors verticals:

- **Envans interiors:** seran els encarregats de dividir les diferents zones que no estan en contacte amb la piscina. Es componen per un enlluït de guix de 2 cm, seguit per un envà de LH senzill de 6 cm, amb una capa d'aïllant de 2 cm d'EPS 0.029 W/m·K, i per últim una altra capa d'enlluït de guix de 2 cm.



Figura 5: perfil de fabricació del tancament "envans interiors"

La transmitància d'aquest tancament serà de $0.94 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

- **Paret piscina i vestuaris:** serà l'encarregada de separar la zona de bany de la resta del local. Estarà formada per plaquetes de 2 cm, morter d'àrids lleugers de 2 cm, envà de LP mètric o català de 15 cm de gruix, una càmera d'aire sense ventilar de 2 cm, un altre envà de LH senzill de 10 cm, i finalment una capa d'enlluït de guix de 2 cm.

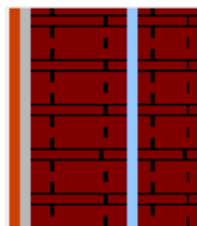


Figura 6: perfil de fabricació del tancament "paret piscina i vestuaris"

La transmitància d'aquest tancament serà de $1.68 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

3.3. Tancaments horitzontals

Són els encarregats de separar les diferents plantes entre sí, en el cas d'edificis amb varies plantes, a més de tancar l'edifici a la seva part superior a la zona de coberta. Aquests tancaments actuen com a aïllant acústic, tèrmic i mecànic, evitant així pèrdues a través seu.

En aquest cas s'han definit dos tipus de tancaments pel que fa a forjats, i un altre per a la coberta, que serà el mateix tant a la zona de bany com a la de vestuaris.

- **Forjat piscina i vestuaris:** ocuparà tota la zona de bany, juntament amb els dos vestuaris, tant el de dones com el d'homes. Format per una capa de formigó armat de 25 cm, una làmina de betum de 2 cm, una altra capa aïllant de poliuretà conformat tipus II de 4 cm, morter d'àrids lleugers de 2 cm, i finalment plaquetes ceràmiques de 2 cm.

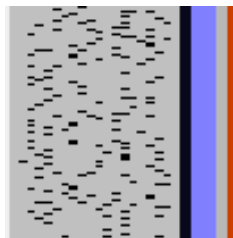


Figura 7: perfil de fabricació del tancament "forjat piscina i vestuaris"

La transmitància d'aquest tancament serà de $1.68 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

- **Forjat resta:** situat a les zones no esmentades al tancament anterior. Es compon per una capa de formigó armat de 25 cm, seguit per una aïllant de 2 cm de poliuretà conformat tipus II, morter d'àrids lleugers de 2 cm de gruix, i per acabar plaquetes ceràmiques de 2 cm,

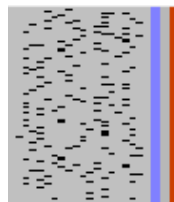


Figura 8: perfil de fabricació del tancament "forjat resta"

La transmitància d'aquest tancament serà de $2.34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

- **Coberta:** serà la mateixa que servirà de tancament o sostre a tot el recinte, tant per la zona de bany com per la de vestuaris.

Estarà formada per un forjat unidireccional de formigó alleugerat de 25 cm d'espessor, formigó en massa de 2 cm, morter d'àrids lleugers d'1 cm, una làmina de betum 2 cm, una altra de llana mineral de 8 cm de gruix, una altra làmina de betum també de 2 cm, i finalment una capa de grava 2 cm com a recobriment de la coberta.

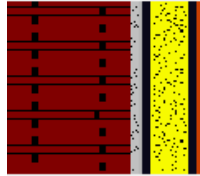


Figura 9: perfil de fabricació del tancament "coberta"

La transmissància d'aquest tancament serà de $0.39 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

3.4. Compliment del CTE – HE1

Pel que fa al compliment de la normativa d'estalvi energètic (HE1) del Codi Tècnic de l'Edificació, els resultats s'han extret directament del software de càlcul LIDER, dels quals s'ha obtingut que la instal·lació compleix amb els requisits. A continuació es mostren els resultats proporcionats pel programa, als quals es veu la proporció d'aportació per a calefacció, front a la de climatització, entre d'altres:

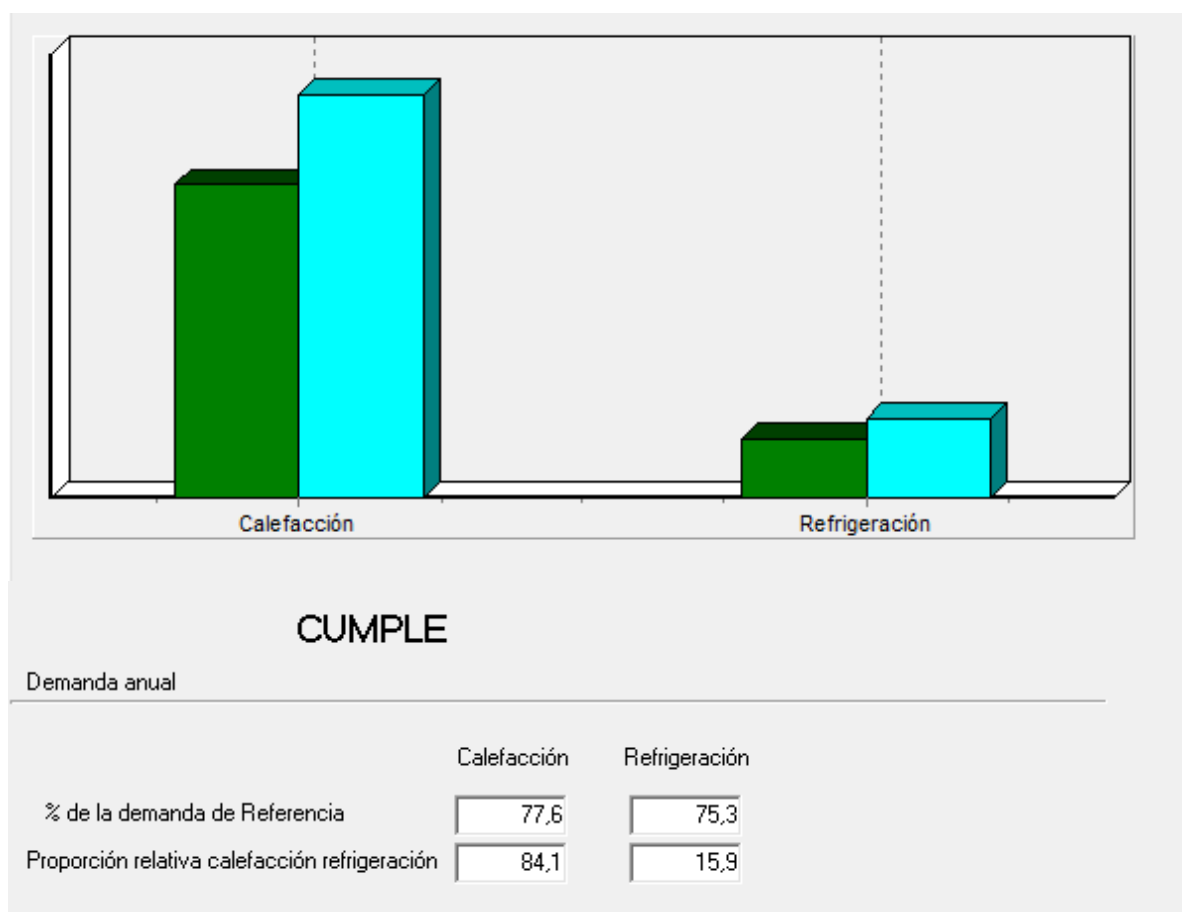


Figura 10: proporcions de demanda energètica de calefacció i refrigeració

Espacios	m ²	nº espacios iguales	Calefacción		Refrigeración	
			% de max	% de ref	% de max	% de ref
P01_E01	161,9	1	51,4	57,6	66,8	73,2
P02_E02	764,4	1	100,0	73,3	100,0	66,8
P04_E04	764,4	1	56,3	93,9	58,8	96,8
Total	1690,6					

Taula 7: taula de proporcions energètiques, extreta del programa LIDER

4. CLIMATITZACIÓ DEL RECINTE

Un cop s'han definit tots els elements necessaris per a una completa descripció de l'edifici, es procedirà a realitzar el càlcul de les càrregues tèrmiques generades, degut a les seves condicions, pel que fa a utilització (activitats dutes a terme), ventilació de locals, fonts de calor internes, etc.

Per tal de simplificar i optimitzar el procés de càlcul, aquest es realitzarà amb l'ajuda del software de càlcul d'instal·lacions de climatització *Airpack*, el qual permet determinar de forma molt ràpida i eficient les càrregues tèrmiques de cadascun dels locals que formen el recinte, tant pel que fa al pitjor dia de l'estiu (mes calorós), com el pitjor de l'hivern (més fred).

Un cop calculada la informació de càrregues, es procedirà a seleccionar i descriure la maquinària seleccionada per tal de garantir les condicions de confort, pel que fa a temperatura ambient del local, fins i tot en les condicions exteriors més dures que es puguin arribar a donar durant l'any.

4.1. Condicions de càlcul

Com ja s'ha dit, el càlcul de càrregues tèrmiques, es durà a terme a través del programa de càlcul *Airpack*, en el qual caldrà introduir alguns paràmetres característics de la instal·lació, a partir dels quals el propi software determinarà la informació necessària per a la seva climatització, tant a l'estiu com a l'hivern. Els paràmetres necessaris són els que s'especifiquen en els apartats següents:

4.1.2. Ocupació individual

S'utilitzaran les ocupacions calculades a l'apartat 2.3, segons la normativa especificada pel Codi Tècnic de l'Edificació, Seguretat contra Incendis 3, la qual té en compte una densitat d'ocupació màxima, en funció del tipus d'utilització. Les ocupacions trobades són les següents:

Zona	Piscina	Vestuaris	Recepció	Oficines	Infermeria	Magatzems
Ocupació	157	10	15	2	0	0

Taula 8: ocupacions individuals dels diferents locals

4.1.2. Ventilació amb aire exterior

A continuació es duran a terme els càlculs necessaris per a la determinació del cabal de ventilació que caldrà aportar al local, segons les instruccions donades pel reglament RITE, Part II “Instrucciones Técnicas” – IT.1 “DISEÑO Y DIMENSIONADO”.

QUALITAT DE L'AIRE INTERIOR (IDA)

La instrucció Tècnica 1.1.4.2.3. del RITE especifica uns nivells mínims de qualitat de l'aire que s'aconseguirà a través de l'aportació d'aire exterior, en funció del tipus d'utilització que pertanyi a cada zona.

De forma general, en el recinte municipal caldrà garantir un aire amb qualitat IDA 2, és a dir, aire de bona qualitat, el qual és adequat en sales de lectura, museus, sales de tribunals, aules d'aprenentatge, oficines, residències i piscines. Per tant, veiem que està inclòs en totes les aplicacions que tindrà l'edifici.

No seria adequat garantir un aire de tipus IDA 1 (òptima qualitat), així com tampoc del tipus IDA 3 (qualitat mitja), ja que mentre un seria excessiu, l'altre resultaria massa pobre donades les nostres necessitats.

FILTRACIÓ DE L'AIRE EXTERIOR (ODA)

A l'hora d'introduir aire exterior a l'edifici, caldrà realitzar una prèvia filtració. La instrucció Tècnica 1.1.4.2.4. del RITE ens permet determinar el tipus d'aire que introduïrem a l'edifici, en funció de la zona geogràfica on estem situats. Donat que la piscina es troba en un municipi relativament petit i apartat de les grans ciutats, es considera que el nivell de contaminació serà baix o molt baix. Per tant, el tipus de qualitat d'aire exterior triada serà ODA 1 (aire pur que pot contenir partícules sòlides de forma temporal). Els següents nivells de qualitat serien ODA 2 (alt nivell de partícules), o ODA 3 (altes concentracions de contaminants gasosos), però pels motius exposats prèviament, es considera que cap d'aquests casos serà el nostre.

Un cop determinada la qualitat de l'aire exterior, i tenint en compte que l'aire interior era IDA 2, s'instal·laran filtres del tipus F8, després de la secció de tractament, seleccionats a partir de la taula següent, la qual permet realitzar l'elecció del tipus de filtre necessari, en funció del tipus d'aire amb què es treballi:

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 3	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 4	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5	F6/GF/F9 (*)	F6/GF/F9 (*)	F6/F7	G4/F6

Taula 9: classes de filtració

A més, caldrà instal·lar prefiltres per tal de mantenir nets els components de les unitats de ventilació i tractament d'aire, així com allargar la seva vida útil. Aquests se situaran a l'entrada d'aire exterior a la unitat de tractament, així com a l'entrada de l'aire de retorn.

A les seccions de filtració, excepte a les exteriors, s'haurà de garantir les condicions de funcionament en sec.

AIRE D'EXTRACCIÓ (AE)

Segons la Instrucció Tècnica 1.1.4.2.5 del RITE, és necessari escollir una categoria d'aire d'extracció, que variarà segons la seva qualitat i que anirà en funció de l'ús de l'edifici o el local. En el nostre cas tindrem el següent:

Local	AE
Piscina	3
Vestuaris	2
Pas/recepció	1
Oficines	1
Infermeria	1

Taula 10: qualitat de l'aire d'extracció, segons el RITE

Només l'aire de les sales catalogades com AE 1 podrà ser retornat a l'edifici, mentre l'aire catalogat com AE3 haurà de ser expulsat a l'exterior per diferents conductes que l'aire AE 1 i AE 2, per tal d'evitar una possible contaminació creuada.

CABAL DE VENTILACIÓ

L'apartat IT 1.1.4.2.3. del RITE especifica quins hauran de ser els cabals d'impulsió d'aire exterior a cada local, per tal que es puguin aconseguir les categories de qualitat d'aire interior indicades prèviament.

El RITE indica tres mètodes de càlcul d'aquest cabal, en funció de l'activitat metabòlica, segons la qualitat de l'aire apercibut, a través de la concentració de CO₂, etc. En aquest cas, es comentarà el sistema utilitzat, per cadascun dels locals que formen l'edifici, ja que caldrà basar-se en diferents mètodes.

- **PISCINA**: cal recórrer al "mètode de dilució", el qual diu que en piscines climatitzades, l'aire exterior de ventilació per a la dilució dels contaminants serà de 2.5 dm³/s per metre quadrat de superfície de làmina d'aigua i de la platja (sense incloure la zona d'espectadors). A més, caldrà afegir al cabal el necessari per tal de controlar la humitat relativa. També s'haurà de mantenir el local amb una pressió negativa d'entre 20 i 40 Pa amb respecte als locals contigus.
- **VESTUARIS**: en el cas dels vestuaris, tenim com a factor determinant una activitat metabòlica inferior a 1.2 met per part dels ocupants, per la qual cosa s'utilitza el mètode A de l'apartat 1.1.4.2.3. del RITE (mètode indirecte de cabal d'aire exterior per persona). Aquest dona directament un cabal d'aire, segons la ocupació considerada a l'apartat 4.1.2., seguint els patrons del CTE. Per al cas dels vestuaris, aquest valor serà de 12.5 dm³/s·persona.

Categoria	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Taula 11: cabals d'aire exterior per persona

- **PAS / RECEPCIÓ**: donat que l'activitat metabòlica és inferior a 1.2 met, també es recorre al "mètode indirecte de cabal d'aire exterior per persona", a través del qual veiem que, amb una qualitat d'aire interior IDA 2, novament tindrem un cabal de 12.5 dm³/s·persona.

Categoria	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Taula 12: cabals d'aire exterior per persona

- **OFICINES:** s'utilitza el mateix sistema que en el cas dels vestuaris i de recepció. Donat que també tindrem un aire amb qualitat IDA 2, el càlcul és exactament el mateix que en els dos casos esmentats. Caldrà aportar un cabal de renovació de 12.5 dm³/s·persona, tal com es mostra a la següent taula, extreta del RITE:

Categoria	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Taula 13: cabals d'aire exterior per persona

En cas que es permetés fumar a qualsevol dels locals calculats segons el mètode utilitzat a oficines, recepció, etc., el cabal hauria de ser com a mínim del doble. En aquest cas, aquesta activitat no es permet, per la qual cosa no s'haurà de tenir en compte aquest aspecte.

- **INFERMERIA:** en el cas de la infermeria, donat que no es tracta d'un espai dedicat a ocupació humana permanent, es recorrerà al mètode de "cabal d'aire per unitat de superfície", del RITE, al qual trobem la següent taula on s'expressen els valors de cabal necessari, en funció de la qualitat d'aire:

Categoria	dm ³ /(s·m ²)
IDA 1	no aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

Taula 14: cabals d'aire exterior per unitat de superfície

Com es pot comprovar, donat que estem treballant amb una qualitat d'aire del tipus IDA 2, el cabal d'aire exterior que caldrà aportar al local serà de $0.83 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Un cop definida la normativa utilitzada en cadascun dels casos, es pot realitzar una taula, a la qual es podrà veure fàcilment el mètode utilitzat en cadascun dels casos, cabals de referència segons el RITE, i cabals que caldrà aportar a cada local, de manera que es pugui garantir la qualitat d'aire desitjada a l'interior:

Local	Mètode	Cabal RITE	Superf. (m2)	Ocupació (persones)	Cabal Renovació
Piscina	Dilució	$2.5 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	312.5	-	$6427 \text{ m}^3/\text{h}$
Vestuaris	MICAEP	$12.5 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{persona}$	-	10	$450 \text{ m}^3/\text{h}$
Recepció	MICAEP	$12.5 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{persona}$	-	15	$675 \text{ m}^3/\text{h}$
Oficines	MICAEP	$12.5 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{persona}$	-	2	$797 \text{ m}^3/\text{h}$
Infermeria	MCAUS	$0.83 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	7.82	-	$23 \text{ m}^3/\text{h}$

Taula 15: cabals de renovació necessaris als diferents espais

- MICAEP = Mètode Indirecte de Cabal d'Aire Exterior per Persona
- MCAUS = Mètode de Cabal d'Aire per Unitat de Superfície

4.1.3. Condicions exteriors

Les condicions exteriors a l'edifici són un component amb gran rellevància a l'hora de dissenyar una instal·lació de climatització. Per això, en aquest apartat s'indiquen els aspectes més importants de la climatologia de la ciutat de Còrdoba, a través de les quals podrem realitzar un càlcul més acurat de la instal·lació.

Les dades que es mostren a continuació són els valors mitjans que es van assolir l'any 2012, juntament amb valors màxims i mínims:

- Temperatura mitja anual: $18.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura màxima mitja anual: $25.85 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura mínima mitja anual: 11.4°C
- Humitat mitja anual: 52.3%
- Precipitació total acumulada anual: 408.43 mm

- Velocitat del vent mitja anual: 7.7 km/h

A més, les dades extremes a l'any 2012 són les següents:

- Temperatura més alta registrada : 45.5 °C (11 d'agost)
- Temperatura més baixa registrada: -4.7 °C (5 de febrer)
- Velocitat de vent màxima registrada: 68.3 km/h (4 de maig)

4.1.4. Condicions interiors

En el present apartat, s'exposaran les condicions de temperatura interior desitjades, per a aconseguir tenir un nivell de confort tèrmic òptim per part dels usuaris de les instal·lacions.

Seguint les especificacions de la Instrucció Tècnica 1.1.4.1.2. del RITE, que diu que les condicions interiors de disseny de la temperatura i humitat es fixaran en funció de l'activitat metabòlica de les persones, el seu grau de vestimenta, i el percentatge estimat d'insatisfets (PPD), caldrà dividir l'edifici en dues parts: la zona de vestuaris, la qual comprèn vestuaris, oficines, recepció, etc., i la zona de bany, la qual comprèn el vas de la piscina i la zona de platja (a la imatge següent es mostra la diferenciació de les diferents zones de forma esquemàtica).

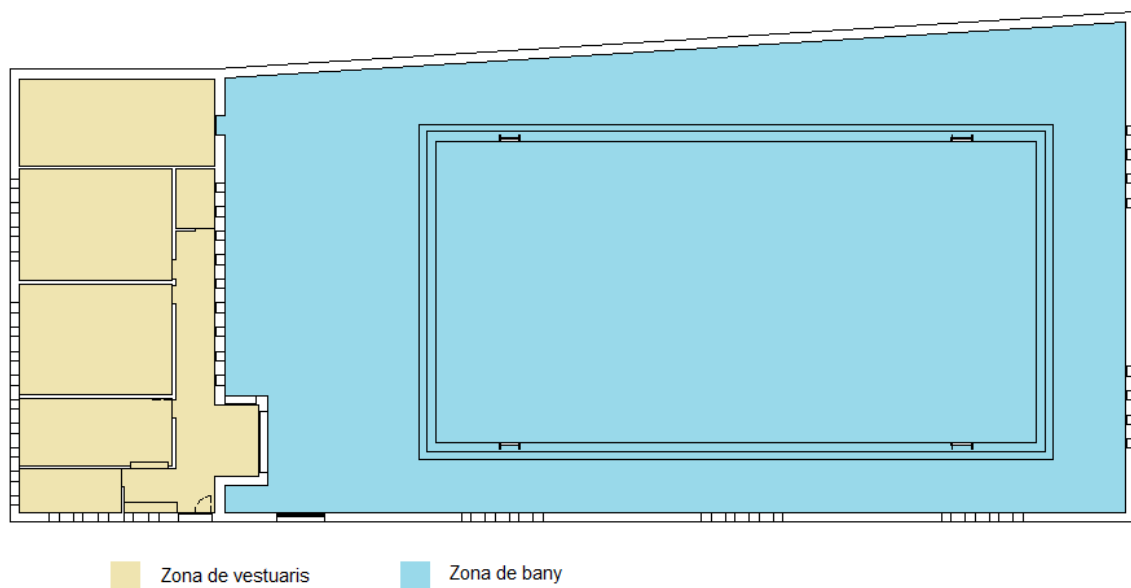


Figura 11: distribució de zones de l'edifici, segons RITE

Un cop definides les zones, obtindrem les condicions que s'exposen a continuació:

- **Zona de vestuaris:** segons el RITE, per a persones amb activitat metabòlica sedentària de 1.2 met, amb grau de vestimenta de 0.5 clo a l'estiu i 1 clo a l'hivern i un PPD entre el 10 i el 15%, els valors de la temperatura operativa i de la humitat relativa estaran compresos entre els límits indicats a la taula següent:

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Taula 16: condicions interiors de disseny

- **Zona de bany:** segons el RITE, la temperatura seca de locals els quals alberguin piscines climatitzades, es mantindrà entre 1 i 2 °C per sobre de la temperatura de l'aigua del vas, amb un màxim de 30 °C. La humitat relativa del local es mantindrà sempre per sota del 65%, per tal de protegir els tancaments de la formació de condensacions. Per tant, donat que en aquest projecte es realitzarà el disseny de manera que la temperatura de l'aigua es mantingui a 25 °C durant tots els mesos de l'any, la temperatura ambient de la zona de bany haurà de trobar-se sempre 2 graus per sobre, en aquest cas, a 27 °C.

4.1.5. Fonts de calor degudes a l'activitat

El programa Airpack, a més de tots els paràmetres comentats als apartats anteriors, també contempla l'aportació calorífica generada pel tipus d'activitat realitzada dins de cada local de l'edifici, de manera que quant major sigui la intensitat de l'activitat, major serà la càrrega tèrmica generada al seu interior.

El software disposa d'una base de dades pròpia, de manera que només cal seleccionar individualment l'activitat per cada espai, segons les opcions que el propi programa ens permet triar. Les opcions seleccionades són les que s'exposen a continuació:

- **Piscina:** es contempla l'activitat dels nedadors i la circulació de gent caminant per la platja, tot i que aquesta última de forma esporàdica, ja que generalment els usuaris es trobaran a l'interior del vas, o bé descansant a la zona de platja. Per tant, es tria la opció "treball repetitiu lleuger".

- **Recepció / Pas:** es considera que la única activitat que s'hi durà a terme serà la de circulació pels passadissos dels usuaris i treball d'empleats de recepció, realitzant les tasques pròpies del seu càrrec, com és atenció al públic, impressió de documents, ús de fotocopiadora, ordinador, etc. Així doncs, la opció seleccionada al programa és la de "de peu, treball lleuger".
- **Oficines:** generalment, els treballadors de les oficines es trobaran assentats a les seves cadires o butaques amb una intensitat de moviment pràcticament baixa, realitzant un treball molt lleuger i amb molt poc desgast físic, com pot ser l'ús d'ordinadors, escriptura a mà, etc. Aleshores, s'introdueix al programa la opció "assentats, treball molt lleuger"
- **Vestuaris:** la zona de vestuaris sol estar concorreguda per usuaris, on l'activitat que duen a terme bàsicament és la de canviar-se de roba, vestir-se, pentinar-se, etc. Totes aquestes activitats comentades tenen en comú que generalment es realitzen de peu, i que són d'intensitat força lleugera, tot i que no tant com en el cas de les oficines. Per aquest motiu, s'opta per introduir al programa Airpack la opció "de peu, treball lleuger"

A continuació, es mostra una taula resum a la qual es poden veure ràpidament totes les opcions que s'introduiran el programa, per tal de determinar les càrregues tèrmiques de cada local de l'edifici:

Espai	Opció
Piscina	Treball repetitiu lleuger
Recepció	De peu, treball lleuger
Oficines	Assentat, treball molt lleuger
Vestuaris	De peu, treball lleuger

Taula 17: opció utilitzada al programa Airpack, en funció del tipus d'activitat de cada zona

La infermeria no ha estat inclosa en aquest apartat, ja que es considera com un espai no habitat dins l'edifici.

4.1.6. Il·luminació

Així com l'activitat humana genera una quantitat important de calor dins l'edifici, és evident que la il·luminació instal·lada serà també un factor determinant, ja que les diferents bombetes, fluorescents i lluminàries en general, aportaran a l'edifici una càrrega tèrmica extra important.

El propi programa Airpack té en compte aquesta càrrega, incloent la opció de potència lumínica instal·lada, la qual caldrà calcular prèviament per a cadascun dels espais de l'edifici, per tal d'introduir-les posteriorment de forma individual.

Per al càlcul d'aquesta potència, se suposarà una densitat lumínica de 20 watts per cada metre quadrat de superfície del local, a la zona de vestuaris, mentre per a la zona de bany, la densitat considerada serà de 10 watts per metre quadrat de superfície, que en aquest cas serà la de la platja més el vas, ja que la il·luminació es repartirà a tot el local uniformement. Aquestes potències estan basades en el projecte d'il·luminació del recinte, del qual s'ha pres un valor mitjà.

Es poden veure de forma resumida totes les potències obtingudes, les quals seran posteriorment introduïdes al programa, a la taula següent, en funció de la superfície de cada espai:

Local	Densitat lumínica (W/m ²)	Superfície (m ²)	Potència (W)
Piscina	20	714.12	8927
Vestuaris	20	29.12	728
Infermeria	20	7.82	25
Recepció/pas	20	28.6	715
Oficines	20	17.72	443

Taula 18: potències lumíniques dels diferents locals de l'edifici

Caldrà tenir en compte que en el cas dels vestuaris la potència serà el doble, tenint en compte que en trobarem dos d'iguals (homes i dones), ja que el càlcul s'ha simplificat, donat que era el mateix per ambdós casos.

4.1.7. Tancaments

Un dels aspectes amb més importància a l'hora de calcular qualsevol edifici a través del software Airpack, és la correcta introducció dels tancaments que delimiten cadascun dels espais. Per això, a continuació es detalla tota la informació necessària per dur a terme aquest càlcul, incloent dades fonamentals, com són transmissibilitats, quantitat de finestres, orientació, etc.

Pel que fa a les sigles utilitzades en els tipus de tancament, a continuació es mostra un resum amb els diferents significats de cadascuna d'elles:

- PEG = paret exterior general
- PEP = paret exterior piscina
- EI = envà interior
- PPV = paret piscina i vestuari
- FPV = forjat piscina i vestuari
- FR = forjat resta
- C = coberta

Les orientacions es mostraran només per a les parets exteriors (paret exterior general i paret exterior piscina), i les ombres seran del 0%, ja que l'edifici es troba en una zona aïllada, on no rebrà la incidència de cap edifici contigu, el qual pugui provocar ombres.

- **Pas i recepció:** és un espai interior, contigu a la zona de bany. Els tancaments que el delimiten són els següents:

Nº	Tipus	Transm. (W/K·m ²)	Àrea (m ²)	Finestres (m ²)	Transm. Vidre (W/K·m ²)	Orientació	Ombra
1	PEG	0.42	9.5	2	2.6	E	0%
2	EI	0.94	38.8	-	-	-	-
3	PPV	0.9	38.45	-	-	-	-
4	FR	2.34	28.59	-	-	-	-
5	C	0.39	28.59	0	-	-	0%

Taula 19: tancaments que delimiten l'espai "pas i recepció"

- **Infermeria:** situat a un extrem de l'edifici, entre la zona d'oficines i la de recepció, està format per dos envans interiors, i dues parets exteriors, tal com mostra la taula següent:

Nº	Tipus	Transm. (W/K·m ²)	Àrea (m ²)	Finestres (m ²)	Transm. Vidre (W/K·m ²)	Orientació	Ombra
1	PEG	0.42	10.57	4	2.6	E	0%
2	PEG	0.42	4.62	2	2.6	S	0%
3	EI	0.94	1.62	-	-	-	-
4	EI	0.94	10.57	-	-	-	-
5	FR	2.34	7.82	-	-	-	-
6	C	0.39	7.82	0	-	-	0%

Taula 20: tancaments que delimiten l'espai "infermeria"

- **Oficines:** situades a la zona Sud de l'edifici, entre el vestuari d'homes i la infermeria, estan delimitades per dos envans interiors i una paret exterior, tal com es pot veure a la taula següent:

Nº	Tipus	Transm. (W/K·m ²)	Àrea (m ²)	Finestres (m ²)	Transm. Vidre (W/K·m ²)	Orientació	Ombra
1	PEG	0.42	7	3	2.6	S	0%
2	EI	0.94	15.82	-	-	-	-
3	EI	0.94	15.82	-	-	-	-
4	EI	0.94	7	-	-	-	-
5	FR	2.34	17.72	-	-	-	-
6	C	0.39	17.72	0	-	-	0%

Taula 21: tancaments que delimiten l'espai "oficines"

- **Vestuaris:** situats a la zona Sud de l'edifici, es troben entre es oficines i la zona de pas, en el cas del vestuari d'homes, i entre la zona de pas, el magatzem 2, i el magatzem 1, pel que fa al vestuari de dones. En ambdós casos, estan delimitats per tres envans interiors i una paret exterior. Es poden veure amb més detalls els tancaments considerats a la taula següent:

Nº	Tipus	Transm. (W/K·m²)	Àrea (m²)	Finestres (m²)	Transm. Vidre (W/K·m²)	Orientació	Ombra (%)
1	PEG	0.42	11.5	4	2.6	S	0%
2	EI	0.94	15.82	-	-	-	-
3	EI	0.94	15.82	-	-	-	-
4	EI	0.94	11.5	-	-	-	-
5	FPV	1.68	29.12	-	-	-	-
6	C	0.39	29.12	0	-	-	0%

Taula 22: tancaments que delimiten els espai "vestuari"

- **Piscina:** és l'espai que alberga la piscina i que ocupa la gran majoria de l'edifici. Això fa que estigui delimitat per tres parets exteriors (del tipus paret exterior piscina), les quals tindran tres orientacions diferents, i finalment un envà interior que separa la zona de bany de la zona de vestuaris, és a dir, l'envà que hem denominat (paret piscina i vestuaris). Es pot veure amb més detall a la següent taula:

Nº	Tipus	Transm. (W/K·m²)	Àrea (m²)	Finestres (m²)	Transm. Vidre (W/K·m²)	Orientació	Ombra (%)
1	PEP	0.51	188.1	0	-	O	0%
2	PPV	0.9	108.1	-	-	-	-
3	PEP	0.51	101.85	8	2.6	N	0%
4	PEP	0.51	187.75	12	2.6	E	0%
5	C	0.39	714.12	0	-	-	0%
6	FPV	1.68	714.12	-	-	-	-

Taula 23: tancaments que delimiten l'espai "piscina"

4.1.8. Altres aportacions

A més de les càrregues esmentades als apartats anteriors, caldrà tenir present que de la utilització contínua de la piscina, en resultaran unes pèrdues energètiques al vas, que es transformaran en aportacions energètiques al local molt importants. Estem parlant de càrregues generades a partir de la radiació, convecció, renovació d'aigua, transmissió, etc., que serà necessari dividir en càrregues sensibles i latents, aquestes últimes degudes majoritàriament a l'evaporació d'aigua del vas, durant el xipolleig dels nedadors.

Per tant, aquest apartat va dirigit de forma pràcticament exclusiva a la zona de bany, ja que a la resta d'espais no hi ha aportacions calorífiques extra que calgui considerar, amb la única excepció dels vestuaris, als quals s'hi generarà una càrrega latent degut a l'ús de les dutxes, i que serà comentat a l'apartat d'evaporació.

Els aspectes a tenir en compte principalment, són els que es presenten als apartats següents:

4.1.8.1. Radiació

En aquest apartat s'utilitzarà la fórmula d'Stefan Boltzmann, a la qual, les pèrdues per radiació de la piscina estan en funció de la diferència entre la temperatura mitja dels tancaments i la de l'aigua, elevades ambdues a la quarta potència i expressada en graus Kelvin. La fórmula és la següent:

$$Q_R = D \cdot E \cdot (T_{Ag}^4 - T_c^4) \quad [W/m^2]$$

Eq. 1: càrrega generada per radiació

On:

- D = constant d'Stefan-Boltzmann = $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
- E = emissivitat de la superfície = 0.95 (aigua)
- T_{Ag} = temperatura de l'aigua ($^{\circ}\text{K}$)
- T_c = temperatura superficial dels tancaments ($^{\circ}\text{K}$)

En el cas de piscines cobertes, els tancaments han de trobar-se a molt pocs graus de temperatura per sota, depenent del tipus de tancament i coeficient de transmissió de calor, de la de l'aire ambient, i per tant a molt poca diferència amb la de l'aigua, de manera que

aquestes pèrdues per radiació en piscines cobertes es consideren generalment despreciables. No obstant, cal tenir en compte que aquesta diferència de temperatura depèn del tipus de tancament i coeficient de transmissió de calor, ja que podríem trobar tancaments altament conductius, que suposarien pèrdues energètiques innecessàries, i el consegüent encariment de la instal·lació. Per aquest motiu, serà un aspecte a tenir en compte.

Sabem que volem mantenir la temperatura de l'aigua a 25 °C, i amb la informació donada, podem concretar que els tancaments es trobaran a uns 27 °C de temperatura, amb la qual cosa obtenim les dues dades que ens faltaven per realitzar el càlcul de radiació, que són les següents:

- $T_{ag} = 25 + 273 = 298 \text{ °K}$
- $T_c = 27 + 273 = 300 \text{ °K}$

Per tant, amb les dades que hem obtingut prèviament, passem a calcular la càrrega tèrmica perduda, en W/m^2 , per tal de convertir-la després a W, a partir de la superfície de la làmina d'aigua:

$$Q_R = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.95 \cdot (298^4 - 300^4) = -11.52 \text{ W/m}^2$$

Sabent que les dimensions de la làmina d'aigua del vas de la piscina seran de 25 metres de longitud, per 12.5 metres d'amplada, apliquem la operació adient per a obtenir la següent potència sensible:

$$-11.52 \text{ W/m}^2 \times (25 \times 12.5) = \underline{\underline{-3600 \text{ W}}}$$

4.1.8.2. Convecció

Igual com en el cas de les pèrdues per radiació, en el càlcul de piscines cobertes les pèrdues per convecció (Q_c) també se solen negligir, ja que en aplicar la fórmula el valor resultant és petit, doncs la diferència de temperatures entre l'aigua del vas i l'aire de l'ambient també ho és.

De tota manera, quan el recinte es troba a règim, tindríem un guany de calor, en ser la temperatura de l'aire superior a la de l'aigua.

La fórmula per al càlcul de les pèrdues per convecció, en W/m², és la següent:

$$Q_c = 0.6246 \cdot (T_{ag} - T_a)^{4/3} \quad [W/m^2]$$

Eq. 2: càrrega generada per convecció

On:

- T_{ag} = temperatura de l'aigua (°K)
- T_a = temperatura ambient (°K)

Per tant, un cop sabem totes les variables de la fórmula, calculem la càrrega generada per convecció a la piscina:

$$Q_c = 0.6246 \cdot (298 - 300)^{4/3} = -1.574 \text{ W/m}^2$$

Com en el cas anterior, es té en compte la superfície de la làmina d'aigua per al càlcul de la potència, obtenint així el resultat següent:

$$-1.574 \text{ W/m}^2 \times (25 \times 12.5) = \underline{\underline{-491'875 \text{ W}}}$$

Com es pot apreciar, la càrrega generada és fins i tot inferior a la generada per radiació, per la qual cosa es podria considerar negligible perfectament. A més, es tracta d'una càrrega que ens és favorable per aconseguir mantenir la temperatura de l'aigua, ja que ens aporta energia el vas.

El valor obtingut és de potència sensible, respecte al total d'aportacions extra.

4.1.8.3. Renovació

En una piscina coberta, existeixen pèrdues contínues d'aigua, des de l'evaporada, a la que els propis banyistes extreuen del vas, o la gastada en la neteja de fons i filtres. No obstant, aquestes quantitats són molt inferiors al 5% del volum total del vas que obligatòriament, per normativa degut a raons higièniques sanitàries, cal renovar diàriament. Aquesta renovació comporta que les pèrdues de calor degut a aquest concepte siguin importants i, en tot cas, dependran de la temperatura d'aigua de la xarxa i de la temperatura d'aigua de la piscina que es pretengui assolir.

Aquesta pèrdua es pot calcular a través de l'expressió que es mostra a continuació:

$$Q_r = V_r \cdot D \cdot C_e \cdot (T_{ag} - T_x) \quad [\text{KJ}/\text{dia}]$$

Eq. 3: càrrega generada per renovació

On:

- V_r = volum d'aigua de renovació (5% del volum del vas)
- D = densitat de l'aigua = 1000 kg/m^3
- C_e = calor específic aigua = $4.1813 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$
- T_x = temperatura de l'aigua de xarxa
- T_{ag} = temperatura de l'aigua del vas

De les variables donades, ens falta quina serà la temperatura de l'aigua de xarxa, amb la qual alimentarem la piscina. Aquesta dada s'ha extret del document "Instalaciones de energia solar térmica", de l'IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de la energia). Els resultats obtinguts es mostren a la figura següent, extreta directament del document esmentat, i en el qual s'exposen les diferents temperatures d'aigua de xarxa mitges mensuals i anuals, en funció de la zona geogràfica on ens trobem:

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1	ÁLAVA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
2	ALBACETE	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
3	ALICANTE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
4	ALMERÍA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
5	ASTURIAS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
6	ÁVILA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
7	BADAJOS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
8	BALEARES	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
9	BARCELONA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
10	BURGOS	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
11	CÁCERES	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
12	CÁDIZ	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
13	CANTABRIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
14	CASTELLÓN	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
15	CEUTA	8	9	10	12	13	13	14	13	13	12	11	8	11,3
16	CIUDAD REAL	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
17	CÓRDOBA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
18	LA CORUÑA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
19	CUENCA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
20	GERONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
21	GRANADA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
22	GUADALAJARA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
23	GUIPÚZCOA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
24	HUELVA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
25	HUESCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
26	JAÉN	8	9	11	13	14	15	17	16	14	13	11	7	12,3
27	LEÓN	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
28	LÉRIDA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
29	LUGO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
30	MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
31	MÁLAGA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
32	MELILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
33	MURCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
34	NAVARRA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
35	ORENSE	5	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,2
36	PALENCIA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
37	LAS PALMAS	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
38	PONTEVEDRA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
39	LA RIOJA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
40	SALAMANCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
41	STA. C. DE TENERIFE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
42	SEGOVIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
43	SEVILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
44	SORIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
45	TARRAGONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
46	TERUEL	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
47	TOLEDO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
48	VALENCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
49	VALLADOLID	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
50	VIZCAYA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
51	ZAMORA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
52	ZARAGOZA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3

Taula 24: temperatures mitjanes d'aigua de xarxa, a les ciutats espanyoles, segons IDAE

Per tant, es pot observar com la temperatura mitja anual de l'aigua de xarxa a la ciutat de Córdoba, és d'aproximadament $T_x = 10.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Un cop obtinguda aquesta dada, és necessari saber el volum d'aigua que hi haurà a l'interior del vas de la piscina.

Així doncs, a continuació es mostra un esquema amb les diferents dimensions principals, que ens permetrà fer una estimació prou acurada de la quantitat d'aigua, la qual ens permetrà saber el volum de renovació:

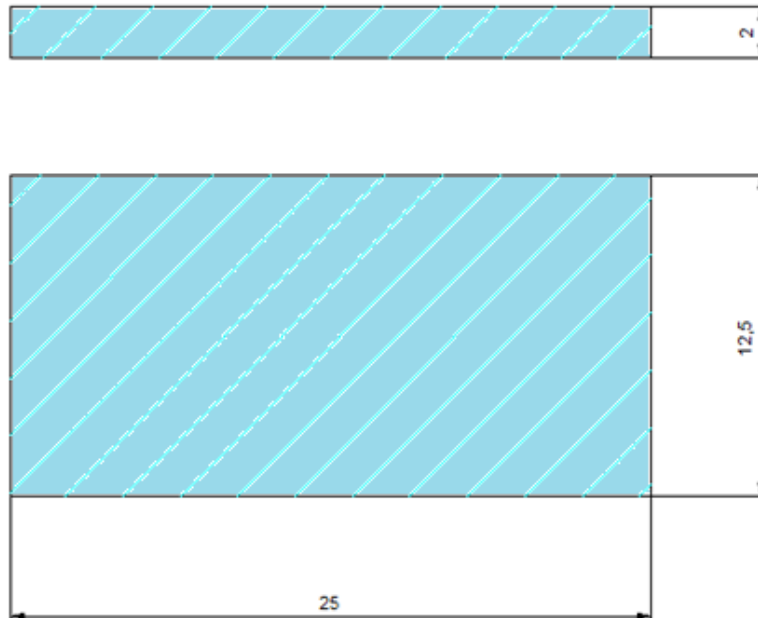


Figura 12: dimensions principals del vas de la piscina

$$\text{Volum d'aigua} = 25 \times 2 \times 12.5 \text{ m} = 625 \text{ m}^3 \text{ d'aigua}$$

Per tant, el volum de renovació serà: $V_r = 5\% \text{ de } V_a = 0.05 \cdot 625 = \underline{31.25 \text{ m}^3}$

Un cop obtingudes les dues dades que faltaven per tal de poder determinar la pèrdua generada per renovació, passem a realitzar el càlcul numèric:

$$Q_r = 31.25 \cdot 1000 \cdot 4.1813 \cdot (298 - 283.3) = \mathbf{1.920.784'69 \text{ KJ/dia}}$$

Sabent que el règim de funcionament de l'edifici i de la piscina en general serà de 14 hores diàries, passem la potència trobada a Watts, a través d'un senzill factor de conversió:

$$1920784'69 \text{ KJ/dia} \times 1000\text{J/1KJ} \times 1 \text{ dia/14 hores} \times 1 \text{ hora/3600 s} = \mathbf{38.110'8 \text{ w}}$$

Llavors, fent una aproximació de la càrrega tèrmica perduda per renovació, s'arriba a la conclusió que el valor d'aquesta serà d'aproximadament **38.111 W**, potència que també caldrà sumar al total de càrrega sensible generada al local que alberga la piscina.

4.1.8.4. Transmissió

Dependrà de les característiques constructives del vas (enterrat, vist, etc.) i del coeficient de transmissió tèrmica del material empleat. En el cas més habitual de vas de formigó construït dins del propi soterrani del recinte les pèrdues per transmissió es calculen a través de la següent fórmula:

$$Q_T = C_T \cdot S \cdot (T_{ag} - T_{ex}) \quad [W]$$

Eq. 4: càrrega generada per transmissió

On:

- C_T = coeficient de transmissió de murs i solera = $3.01 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- S = superfície de tancament del vas
- T_{ag} = temperatura de l'aigua del vas = $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- T_{ex} = temperatura exterior al tancament (soterrani) = $15 \text{ }^\circ\text{C}$

Per comprendre una mica millor el procediment seguit per calcular la superfície dels tancaments que formen el vas, es pot observar la següent imatge, on es mostra un esquema tridimensional dels diferents tancaments que la delimiten. Es pot comprovar com la piscina està formada per cinc tancaments en total: dos tancaments de dimensions 25 metres de longitud per 2 d'alçada, dos més amb dimensions 12.5 metres d'amplada per 2 d'alçada, i finalment el forjat, de mides 25x12.5 metres:

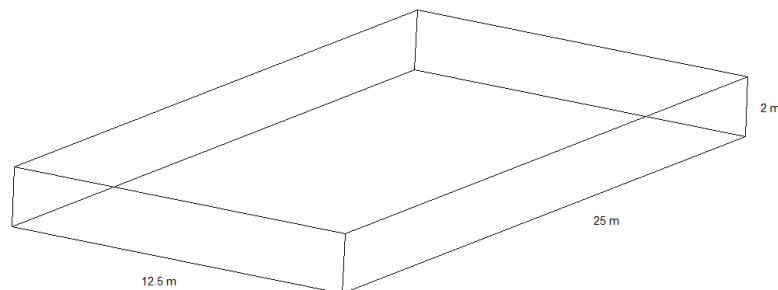


Figura 13: esquema tridimensional dels tancaments del vas de la piscina

Amb aquesta informació, podem procedir a calcular quina és la superfície total que suposaran els tancaments comentats:

$$S_{\text{tancaments}} = 2 \text{ tanc.} \times 25 \times 2 \text{ m} + 2 \text{ tanc.} \times 12.5 \times 2 \text{ m} + 25 \times 12.5 \text{ m} = \underline{462.5 \text{ m}^2}$$

Un cop sabuda la superfície que necessitàvem, es procedeix a determinar la càrrega perduda per transmissió, a través de l'expressió donada prèviament:

$$Q_T = 3.01 \cdot 462.5 \cdot (25 - 15) = \mathbf{13.921'25 \text{ W}}$$

Arrodonint el valor obtingut, s'arriba a la conclusió que l'aportació per transmissió serà d'aproximadament **13.922 W**, potència que s'afegirà directament al total de càrrega sensible del local.

4.1.8.5. Evaporació – Necessitat de deshumectació

- Evaporació al vas de la piscina

L'evaporació a la làmina d'aigua serà tant o major com major sigui la ocupació de la piscina i, en especial, el nombre de banyistes, ja que la major interacció entre aigua i flux turbulent que es crea com a conseqüència del xipolleig, afavoreix l'evaporació.

De la mateixa manera que una elevada velocitat d'aire sobre la làmina afavorirà també el fenomen de l'evaporació.

Per altra banda, les platges mullades són elements que augmenten l'evaporació d'aigua, així com l'aigua que els banyistes s'emporten sobre la pell, en sortir del vas.

Existeixen dos factors més que suposen una aportació d'humitat extra a l'ambient i que com a tals, cal tenir en compte a l'hora de calcular l'increment d'humitat absoluta. Estem parlant de la càrrega latent (considerada en qualsevol càlcul de climatització) dels propis banyistes i del públic en general, que en piscines de competició, per exemple, poden arribar a ser un factor determinant si la ocupació de les grades és elevada.

Per últim, l'aire exterior de ventilació, que en alguns casos pot tenir més humitat absoluta que l'aire ambient interior, i com a conseqüència suposa un increment a la humitat ambiental, tot i que cal dir que, en la majoria dels casos, es justament al contrari, ajudant a deshumidificar, en estar l'aire exterior més sec que l'interior.

Existeixen multitud de fórmules per calcular la quantitat d'aigua evaporada en funció dels factors anteriorment esmentats. En aquest sentit, hem de dir que els resultats obtinguts per les diferents fórmules podrien ser dispars, però cal considerar també que les hipòtesis de càlcul respecte al nombre i tipus de banyistes (professionals, persones de tercera edat, nens, etc.) tenen gran importància en la quantitat d'aigua evaporada i poden ser més significatius en quant a resultats que la fórmula que escollim per a aquest càlcul.

A continuació, s'exposen dues de les possibles fórmules, una d'elles és de les més utilitzades, és a dir, la fórmula de Bernier, mentre la segona, fórmula de Carreras, és de les més complertes, en tenir en compte el nombre d'espectadors i la velocitat de l'aire sobre la làmina de l'aigua. En el nostre cas, tot i que s'exposaran les dues fórmules, el càlcul de càrrega es durà a terme a partir de Bernier, ja que a la piscina projectada no s'hi contempla la presència d'espectadors, paràmetre considerat a l'expressió de Carreras.

La fórmula de Bernier per a piscines cobertes, contempla la suma de dos termes: piscina sense agitació (coeficient 16) i piscina amb ocupació (coeficient 133n):

$$M_e = S \cdot [(16+133n) \cdot (W_e - G_a \cdot W_{as})] + 0.1 \cdot N$$

Eq. 5: fórmula de Bernier, per calcular l'evaporació d'aigua al vas

On:

- M_e = massa d'aigua evaporada (kg/h)
- S = superfície de piscina (m^2)
- W_e = humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aigua (Kg_{ag}/Kg_a)
- W_{as} = humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aire interior (Kg_{ag}/Kg_a)
- G_a = grau de saturació
- n = nombre de nedadors per metre quadrat de superfície de làmina d'aigua
- N = nombre total d'ocupants (espectadors)

De les dades necessàries, sabem les següents:

- $S = 312.5 \text{ m}^2$
- $G_a = 65\%$
- $n = 0.15$ nedadors per metre quadrat
- $N = 0$

Per tal d'obtenir les humitats que necessitem per al càlcul de Bernier, fem ús de l'àbac psicromètric, en el qual trobarem la humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aigua (W_e), tallant una temperatura seca de 25 °C pel que fa a l'aigua, amb una humitat relativa del 100%. Pel cas de la humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aire interior (W_{as}), caldrà tallar una temperatura de 27 °C, amb el 100% d'humitat relativa novament.

D'aquesta manera, obtenim els resultats que es mostren a l'àbac psicromètric següent:

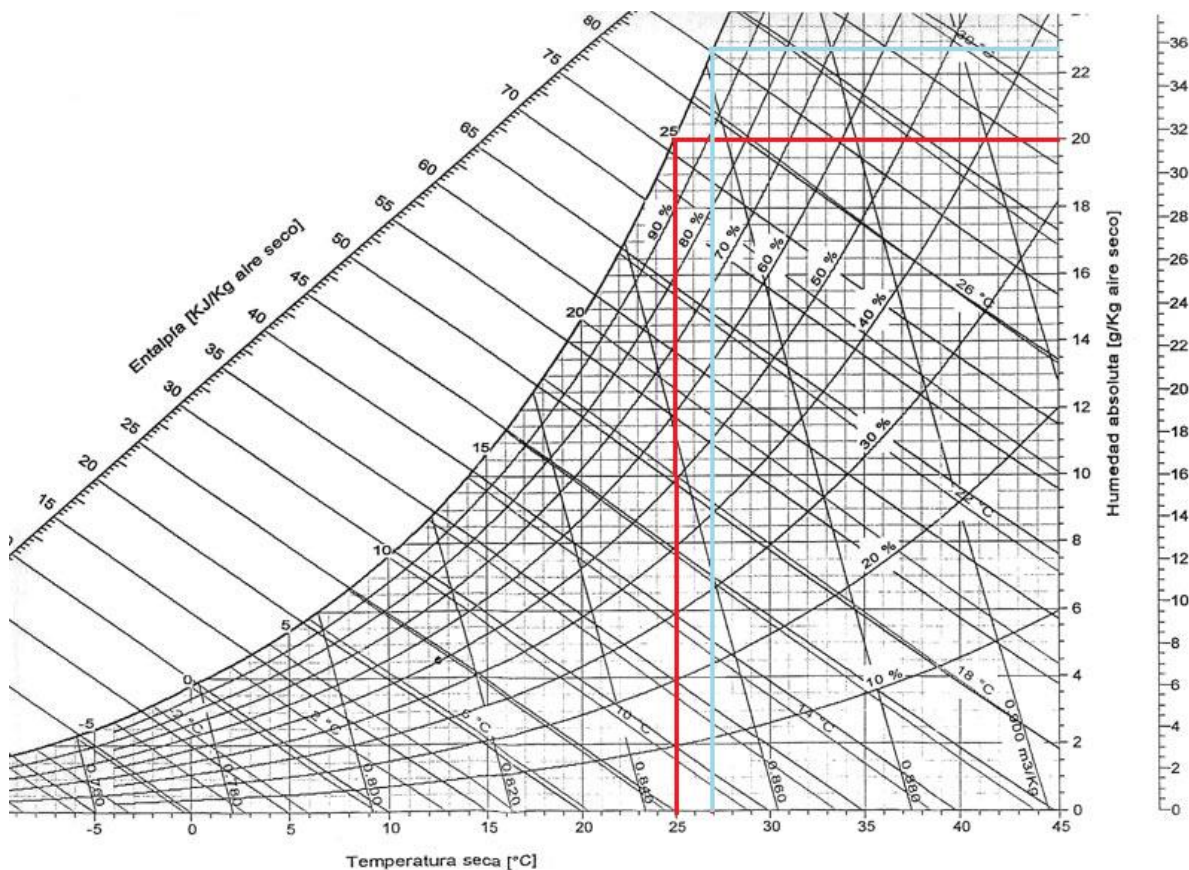


Figura 14: càlcul d'humitats, a través de l'àbac psicromètric

Un cop estudiat l'àbac, en el qual la línia vermella pertany al càlcul de W_e , mentre la blava al de W_{as} , procedim a extreure'n els resultats, que en aquest cas seran els que s'indiquen a continuació.

- $W_e = 0.02 \text{ Kg}_v/\text{Kg}_{\text{gas}}$
- $W_{as} = 0.0228 \text{ Kg}_v/\text{Kg}_{\text{gas}}$

Així doncs, ara sí, un cop trobades totes les dades es pot procedir a calcular quin serà el volum d'evaporació que s'assolirà a la piscina, a partir de l'equació de Bernier:

$$Me = 312.5 \cdot [(16 + 133 \cdot 0.15) \cdot (0.02 - 0.65 \cdot 0.0228)] + 0.1 \cdot 0 = 58.19 \text{ Kg/h}$$

Per tant, segons l'expressió de Bernier, la quantitat d'aigua evaporada a la zona de bany serà de 58.19 kg cada hora, tot i que per al càlcul de càrregues tèrmiques, el que ens interessa determinar és la potència calorífica que aquesta evaporació comportarà. Per tal de determinar aquest valor, utilitzem el calor generat per vaporització, que en aquest cas serà de 2272 J/g.

Amb aquesta dada, podem calcular fàcilment quina serà l'aportació calorífica deguda a l'evaporació d'aigua:

$$\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} \cdot \frac{2272 \text{ J}}{\text{g}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 36.724'35 \text{ W}$$

Aleshores, es pot comprovar fàcilment com aquesta evaporació d'aigua es converteix en el principal problema, en el que a generació de càrregues es refereix, amb una potència tèrmica molt alta. Donades les seves condicions, aquesta es sumarà directament a les càrregues latents presents al local, essent la única en generar aquest tipus de càrrega.

A més, com ja s'ha dit prèviament, a part de la fórmula de Bernier, és habitual utilitzar l'expressió de Carreras que, tot i que en aquest projecte es prendrà com a valor de càlcul el resultat obtingut a través de la primera, es considera suficientment oportú mostrar quina seria la metodologia en cas de fer-la servir, a efectes explicatius únicament.

L'equació que Carreras planteja és la que es mostra a continuació.

$$Me = 9 \cdot (W_e - W_a) \cdot (1 + V/1.20) \cdot S + 0.42 \cdot n + 0.08 \cdot N$$

Eq. 6: fórmula de Carreras, per calcular l'evaporació al vas

On:

- Me = massa d'aigua evaporada (kg/h)
- S = superfície de piscina (m^2)
- W_e = humitat absoluta en saturació a la temperatura de l'aigua de la piscina (Kg_{ag}/Kg_a)
- W_{as} = humitat absoluta a la temperatura de l'aire ambient (Kg_{ag}/Kg_a)

- G_a = grau de saturació
- n = nombre de nedadors per metre quadrat de superfície de làmina d'aigua
- N = nombre total d'ocupants (espectadors)

En ambdues expressions es pot veure que l'aigua evaporada depèn de la diferència entre humitat absoluta a la saturació a la temperatura de l'aigua i la humitat absoluta de l'aire ambient i, per suposat, del nombre de banyistes. Per tant, com major sigui la temperatura de l'aigua, major serà la seva humitat absoluta en la saturació i com a conseqüència augmentarà la quantitat d'aigua evaporada, en les mateixes condicions de l'aire ambient. Pel contrari, si la temperatura de l'aire interior, la seva humitat relativa, o ambdues baixen, la seva humitat absoluta disminueix i, com a conseqüència, augmenta l'evaporació.

És també convenient que la temperatura de l'aigua no sigui excessivament alta i que la temperatura de l'aire sigui sempre major que la de l'aigua, per tal que l'evaporació i les condicions de confort siguin les adequades.

- **Evaporació als vestuaris**

El consum d'aigua de les dutxes, generarà una evaporació, que es traduirà en una aportació calorífica, en forma de càrrega latent i que per tant és necessari considerar a l'hora de dissenyar la instal·lació de climatització de la zona de vestuaris.

Donat que la normativa no fa una menció clara del càlcul que caldria dur a terme per tal de determinar aquesta aportació, s'ha fet una estimació, de manera que s'obtingui un volum d'aigua evaporada per hora, per així convertir-lo en una càrrega calorífica.

S'estima que la quantitat d'aigua evaporada serà d'aproximadament el 10% del total que es consumeix, amb la qual cosa el primer que caldrà és calcular quin és el volum d'aigua consumida diàriament, per posteriorment determinar el consum horari.

Després de realitzar un estudi d'ús de les instal·lacions per part dels usuaris, s'ha arribat a la conclusió que en un dia, es donen al voltant de 80 serveis d'aigua calenta. A més, l'apartat 3.1.1. del DB HE 4 d'abril de 2009, especifica que en dutxes col·lectives o vestuaris, per cada servei que s'hagi suposat que es durà a terme a l'edifici diàriament, caldrà aportar un total de 15 litres d'aigua calenta a 60 °C, tal com es mostra a la taula següent:

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

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

Taula 25: demandes de referència per servei, segons DB HE 4

Un cop determinada la demanda per cada servei, passem a calcular el volum d'aigua que es consumeix en total en un dia:

$$V = 80 \text{ serveis} \times 15 \text{ litres/servei} = \mathbf{1200 \text{ litres/dia}}$$

Tenint en compte que l'horari de funcionament de l'edifici és de 14 hores, podem estimar quin serà el consum horari d'aigua:

$$\text{Consum horari} = (1200 \text{ litres/dia}) / 14 \text{ hores} = \mathbf{85.7 \text{ l/h}}$$

D'aquests 85.7 litres d'aigua consumida, la meitat serà per al vestuari d'homes (5 dutxes) i la meitat per al de dones (5 dutxes), és a dir, 42.85 litres per cadascun, tot i que en aquest cas la repartició no ens afectarà, ja que és idèntica per ambdós casos.

Així doncs, l'evaporació d'aigua total serà la suma del 10% del consum al vestuari d'homes, més el 10% del consum al vestuari de dones però, donat que és el mateix, es tradueix en el 10% del consum total. Per tant, obtenim el resultat següent:

$$\text{Evaporació} = 0.1 \times 85.7 = 8.57 \text{ l/h} = \mathbf{8.57 \text{ kg/h}}$$

Conegut el volum d'aigua evaporada per hora, és molt fàcil determinar la càrrega tèrmica que aquesta genera, a través del valor de calor per vaporització que, com en el cas de l'aigua del vas, serà de 2272 J/g:

$$8.57 \frac{Kg}{h} \times \frac{1000 g}{1 Kg} \times \frac{2272 J}{g} \times \frac{1 h}{3600 s} = 5408.62 W$$

Eq. 7: càrrega tèrmica generada degut a l'evaporació

4.1.8.6. Guany per radiació solar

Es tracta de guany i per tant no es tenen en compte, ja que contribueixen a pal·liar les necessitats tèrmiques. Només es comenta de forma anecdòtica, que segons la orientació en què es trobin els diferents tancaments, la superfície i el tipus de fusteria i envidrats, en mitja temporada aquests guany poden fer augmentar considerablement la temperatura ambient al recinte, per la qual cosa en aquest casos és convenient preveure la instal·lació d'un sistema de free-cooling, per disminuir la temperatura interior de forma gratuïta, i si la piscina serà utilitzada a l'estiu, és possible que aleshores necessiti fins i tot preveure de bateries de refrigeració per contrarestar aquests guany tèrmics esmentats.

4.1.8.7. Taula resum altres aportacions

En els apartats anterior, s'ha comentat molta informació pel que fa a càrregues i demés, tot i que podria no haver quedat del tot clar quines d'elles són de tipus sensible, quines de tipus latent, com s'ha arribat a determinar-les en Watts, etc. Per aquest motiu, es mostren a continuació unes taules de forma separada per a la piscina i els vestuaris, a les quals es recullen totes les càrregues calculades prèviament, de forma que es puguin consultar fàcilment i entendre d'on provenen d'una forma molt més ràpida, còmoda i visible.

- Piscina

Càrrega	Tipus	Resultat eq.	Factor de càlcul	Potència (W)
Radiació	Sensible	-11.52 W/m2	312.5 m2	-3.600
Convecció		-1.574 W/m2	312.5 m2	-491'875
Renovació		1920784'69 KJ/dia	14h/dia	38.111
Transmissió		13922 W	-	13.922
Evaporació	Latent	58.19 Kg/h	2272 J/g	36.724'35

Taula 26: resum de les càrregues generades a la piscina

Observant la taula, es veu ràpidament com els dos aspectes que suposen una aportació més important són la renovació diària d'aigua, juntament amb l'evaporació. Per aquest motiu, seran dos aspectes a tenir molt en compte a l'hora de realitzar el càlcul final de càrregues.

Donat que el programa Airpack permet la introducció directa de càrregues sensibles i latents, degudes a "altres aportacions", es realitza la suma total, de manera que només ens quedi dividida segons aquestes dues consideracions. El còmput final es mostra a la taula següent:

Tipus de càrrega	Potència total
Sensible	47.942 W
Latent	36.725 W

Taula 27: còmput final de càrregues sensibles i latents

- Vestuaris

Càrrega	Tipus	Resultat eq.	Factor de càlcul	Potència (W)
Evaporació	Latent	8.57 Kg/h	2272 J/g	5408.62

Taula 28: resum de les càrregues generades als vestuaris

Pel que fa al cas dels vestuaris, no hi ha aportació sensible, amb la qual cosa simplement s'introduirà la càrrega latent determinada, amb potència sensible igual a zero.

4.1.9. Taula resum

Donada la gran quantitat d'informació donada en els apartats anteriors, es considera oportú afegir un últim punt, en el qual es resumiran els resultats obtinguts a través dels diferents càlculs i equacions, en una taula a partir de la qual es pugui accedir de forma molt més ràpida a qualsevol informació que es consideri necessària.

A més, serà una forma senzilla de veure totes les dades que seran introduïdes al programa Airpack, per a cadascun dels locals a climatitzar. Per comprovar-ho, veure les següents taules:

- **Piscina:** després de realitzar el pertinents càlculs, s'han obtingut els resultats següents, que seran introduïts al programa:

CONCEPTE	TIPUS	RESULTAT
Ocupació	-	157 persones
Ventilació	-	9 m ³ /h·m ²
Fonts de calor	-	Treball repetitiu lleuger
Il·luminació	-	8927 W
Altres aportacions	Sensible	47.942 W
	Latent	36.725 W
Condicions exteriors	T mitja anual	18'3 °C
	T màxima	45'5 °C
Condicions interiors	Temperatura	27 °C
	Humitat relativa	65%

Taula 29: resum de resultats obtinguts per a l'espai piscina

- **Vestuaris:** els resultats obtinguts són els que es mostren a continuació:

CONCEPTE	TIPUS	RESULTAT
Ocupació	-	10 persones
Ventilació	-	45 m ³ /h·persona
Fonts de calor	-	Treball de peu, treball lleuger
Il·luminació	-	728 W
Altres aportacions	Sensible	0 W
	Latent	5409 W
Condicions exteriors	T mitja anual	18'3 °C
	T màxima	45'5 °C
Condicions interiors	Temperatura (estiu)	25 °C
	Humitat relativa (estiu)	60%
	Temperatura (hivern)	25 °C
	Humitat relativa (hivern)	50%

Taula 30: resum de resultats obtinguts per a l'espai vestuaris

- **Pas/recepció:** els resultats obtinguts són els que es mostren a continuació:

CONCEPTE	TIPUS	RESULTAT
Ocupació	-	15 persones
Ventilació	-	45 m ³ /h·persona
Fonts de calor	-	De peu, treball lleuger
Il·luminació	-	715 W
Altres aportacions	Sensible	0 W
	Latent	0 W
Condicions exteriors	T mitja anual	18'3 °C
	T màxima	45'5 °C
Condicions interiors	Temperatura (estiu)	25 °C
	Humitat relativa	60%
	Temperatura (hivern)	25 °C
	Humitat relativa	50%

Taula 31: resum de resultats obtinguts per a l'espai pas/recepció

- **Oficines:** els resultats obtinguts són els que es mostren a continuació:

CONCEPTE	TIPUS	RESULTAT
Ocupació	-	2 persones
Ventilació	-	45 m ³ /h·persona
Fonts de calor	-	Assentat, treball molt lleuger
Il·luminació	-	443 W
Altres aportacions	Sensible	0 W
	Latent	0 W
Condicions exteriors	T mitja anual	18'3 °C
	T màxima	45'5 °C
Condicions interiors	Temperatura (estiu)	25 °C
	Humitat relativa	60%
	Temperatura (hivern)	21 °C
	Humitat relativa	50%

Taula 32: resum de resultats obtinguts per a l'espai pas/recepció

- **Infermeria:** els resultats obtinguts són els que es mostren a continuació:

CONCEPTE	TIPUS	RESULTAT
Ocupació	-	0 persones
Ventilació	-	2.99 m ³ /h·m ²
Fonts de calor	-	-
Il·luminació	-	25 W
Altres aportacions	Sensible	0 W
	Latent	0 W
Condicions exteriors	T mitja anual	18'3 °C
	T màxima	45'5 °C
Condicions interiors	Temperatura (estiu)	No climatitzat
	Humitat relativa	60%
	Temperatura (hivern)	No climatitzat
	Humitat relativa	50%

Taula 33: resum de resultats obtinguts per a l'espai infermeria

Cal veure que els valors de ventilació, han estat expressats en funció de la superfície del local, o en altres casos en funció de la ocupació del mateix, donat que el propi programa realitza el càlcul, a través d'algun d'aquests dos paràmetres, el qual cal haver entrat prèviament. Simplement caldrà seleccionar si es vol calcular per superfície o per ocupació, i entrar el valor de ventilació de forma paramètrica.

4.2. Càrregues tèrmiques

Un cop fixades totes les variables necessàries per al càlcul de càrregues climàtiques de tot l'edifici, es procedeix a determinar els resultats numèric, amb l'ajuda del programa Airpack, el qual ens proporcionarà dos resultats: la càrrega per al pitjor dia de l'estiu, i la càrrega per al pitjor dia de l'hivern. En el cas dels càlculs d'estiu, es mostraran a més els dies més desfavorables de l'any, per cada espai.

Els resultats es mostren a les taules següents:

4.2.1. Piscina

Estació	Tipus	Ventilació (W)	Càrrega interna (W)	Càrrega total (W)
Estiu	Sensible	23.456	90.228	113.684
	Latent	-752	63.197	62.445
	TOTAL ESTIU			176.128 W
Hivern	Sensible	62.775	33.948	96.723
	Latent	-	-	-
	TOTAL HIVERN			96.723 W

Taula 34: càrregues tèrmiques a l'espai pas i recepció, segons Airpack

- Dia de màxima càrrega tèrmica: 23 de juliol
- Hora solar de màxima càrrega tèrmica: 15 h

4.2.2. Vestuaris (homes + dones)

Estació	Tipus	Ventilació (W)	Càrrega interna (W)	Càrrega total (W)
Estiu	Sensible	3.700	7.906	11.614
	Latent	724	6.656	7.380
	TOTAL ESTIU			18.994 W
Hivern	Sensible	8.210	3.622	11.830
	Latent	-	-	-
	TOTAL HIVERN			11.830 W

Taula 35: càrregues tèrmiques a l'espai vestuaris, segons Airpack

- Dia de màxima càrrega tèrmica: 22 de setembre
- Hora solar de màxima càrrega tèrmica: 14 h

4.2.3. Pas i recepció

Estació	Tipus	Ventilació (W)	Càrrega interna (W)	Càrrega total (W)
Estiu	Sensible	2.881	3.245	6.126
	Latent	740	937	1.677
	TOTAL ESTIU			7.803 W
Hivern	Sensible	6.137	2.301	8.438
	Latent	-	-	-
	TOTAL HIVERN			8.438 W

Taula 36: càrregues tèrmiques a l'espai pas i recepció, segons Airpack

- Dia de màxima càrrega tèrmica: 23 de juliol
- Hora solar de màxima càrrega tèrmica: 15 h

4.2.4. Oficines

Estació	Tipus	Ventilació (W)	Càrrega interna (W)	Càrrega total (W)
Estiu	Sensible	3.402	2.193	5.595
	Latent	873	89	962
	TOTAL ESTIU			6.558 W
Hivern	Sensible	6.173	1.216	7.389
	Latent	-	-	-
	TOTAL HIVERN			7.389 W

Taula 37: càrregues tèrmiques a l'espai oficines, segons Airpack

- Dia de màxima càrrega tèrmica: 22 de setembre
- Hora solar de màxima càrrega tèrmica: 15 h

4.2.5. Infermeria

Estació	Tipus	Ventilació (W)	Càrrega interna (W)	Càrrega total (W)
Estiu	Sensible	14	2.524	2.538
	Latent	-99	0	-99
	TOTAL ESTIU			2.439 W
Hivern	Sensible	178	854	1.032
	Latent	-	-	-
	TOTAL HIVERN			1.032 W

Taula 38: càrregues tèrmiques a l'espai oficines, segons Airpack

- Dia de màxima càrrega tèrmica: 22 de setembre
- Hora solar de màxima càrrega tèrmica: 9 h

4.3. Sistema escollit

En aquest apartat i una vegada s'han determinat totes les càrregues tèrmiques, es comentarà de forma detallada quin sistema s'ha triat per dur a terme la climatització i ventilació de les diferents zones, pel que fa a tipus d'intercanvi, recuperació d'aire, distribució de canonades, impulsió i retorn d'aire, etc.

Per tal de propiciar una millor comprensió, l'apartat es dividirà en els dos espais principals que formen la piscina, que són la zona de vestuaris (la qual a la vegada ha estat dividida en dos zones, tal com es comentarà més endavant) i la zona de bany, ambdues funcionant amb un sistema diferent entre sí.

També es comentarà quines són les màquines triades i se'n farà una breu explicació de les característiques i situació dins la instal·lació, però per a obtenir una informació més detallada, consultar els documents "Plànols" i "Annexes" d'aquest mateix projecte, on s'expressa tota la informació necessària.

4.3.1. Zona de bany

Pel que fa a requisits, la zona de bany es pot considerar que és la més exigent, ja que a més de necessitar potències calorífiques i frigorífiques considerablement elevades, requereix també d'una deshumidificació molt important, així com un cabal de renovació d'aire força alt.

En els apartats següents, s'especifiquen els diferents elements principals que conformaran la instal·lació:

4.3.1.1. Recuperació de calor

Segons l'apartat "IT 1.2.4.5.2. Eficiència de la recuperación" del RITE, en els sistemes de climatització dels edificis en què el cabal d'aire expulsat a l'exterior per mitjans mecànics sigui superior a $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$, es recuperarà l'energia de l'aire expulsat.

En piscines climatitzades, l'energia tèrmica continguda a l'aire expulsat haurà de ser recuperada, amb una eficiència mínima i unes pèrdues màximes de pressió iguals a les indicades a la següent taula, extreta del RITE, per més de 6.000 hores anuals de funcionament, en funció del cabal:

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior (m^3/s)									
	> 0,5...1,5		> 1,5...3,0		> 3,0...6,0		> 6,0...12		> 12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
≤ 2.000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
> 2.000...4.000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
> 4.000...6.000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
> 6.000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260

Taula 39: eficiència i pressió de recuperació, segons RITE

Per determinar l'eficiència dictada pel RITE, cal saber abans el cabal d'extracció que tindrem i les hores de funcionament anuals de la piscina. Així doncs, tenim que:

- Cabal expulsat a l'exterior = $6427 \text{ m}^3/\text{h} = 1.78 \text{ m}^3/\text{s}$ ($>1.5...3$)
- Hores de funcionament anuals = 20.790 hores (>6.000 hores)

Observant la taula, en funció de les dades de referència, veiem que amb una quantitat d'hores superior a 6.000, i un cabal d'aire d' $1.78 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenim que el recuperador haurà de ser capaç d'aportar almenys el 55% de la càrrega de ventilació, amb una pressió màxima de 200 Pa.

Amb aquestes dades, podem passar a buscar un recuperador de calor que sigui capaç de proporcionar les característiques requerides.

Al catàleg de la marca Salvador Escoda S.A., entre els productes que ofereix, trobem recuperadors tèrmics de flux creuat, entre els quals hi ha el model G07, el qual a priori sembla complir els nostres requisits. Les seves característiques són les següents:

- Cabal aire impulsíó/extracció: 7.000 m³/h
- Eficiència tèrmica: 55%
- Temperatura impulsíó: 9.7 °C
- HR aire impulsíó: 32.8%
- Temperatura extracció: 11.4 °C
- HR extracció: 74.6%
- Total recuperació sensible: 32.2 Kw
- Pèrdua càrrega: 109 Pa
- Dimensions: 1900 x 1385 x 3600 mm

Aleshores, en vista de les especificacions del fabricant, comprovem que el recuperador compleix amb els requisits que el RITE ens havia imposat en aquest apartat, amb una eficiència del 55% i una pèrdua de càrrega de 109 Pa, quan el màxim estipulat era de 200. A més, el cabal d'aire d'extracció i impulsíó també es trobarà per sobre de les necessitats del local, amb 7.000 m³/h, quan inicialment en requeríem 6.427. A continuació es mostra una petita taula per resumir aquestes necessitats i especificacions:

Concepte	Necessitat	Salvador Escoda G07
Cabal d'aire	6.427 m ³ /h	7.000 m ³ /h
Eficiència	55%	55%
Pèrdua càrrega	200 Pa	109 Pa

Taula 40: comparativa de les necessitats de recuperació i especificacions del model G07, de Salvador Escoda

Així doncs, en vista de la comparativa de dades, el recuperador realitzarà la funció que se li assigna correctament

4.3.1.2. Bomba de calor

Probablement la major dificultat que trobem sigui la necessitat de deshumectació, objectiu per al qual existeixen multitud d'equips, tipus bomba de calor com la màquina BCP (bomba de calor per a piscines) utilitzada en el present projecte, que es dissenyen específicament per dur a terme aquest objectiu en piscines cobertes. A més, permeten l'addició de bateries de recolzament elèctric o d'aigua calenta, seccions de free-cooling, vàries etapes de filtració, i fins i tot intercanviadors de plaques per a posada a règim de l'aigua de la piscina. El control de tots els elements està generalment integrat al propi equip, i cal saber que estan concebuts com a deshumectadors i que, per tant, el seu funcionament està controlat per l'humidostat en funció de la humitat relativa del local, i que l'aportació calorífica al local es farà a través de bateries d'escalfament (resistències elèctriques, caldera, bomba de calor, etc.), independents del cicle frigorífic.

A continuació, es pot veure el principi de funcionament d'aquest tipus de màquina, a la qual bàsicament es fa passar l'aire de retorn per l'evaporador de l'equip on es produeix la deshumectació.

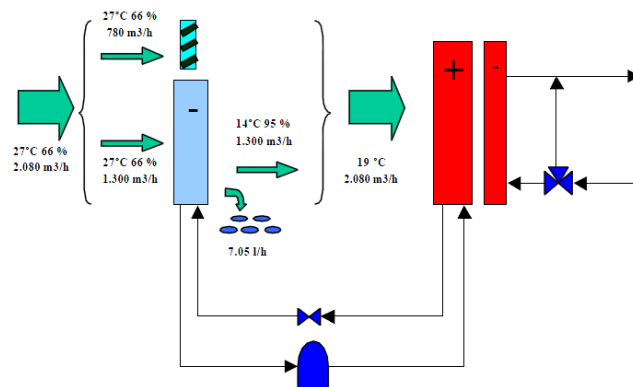


Figura 15: principi de funcionament d'una BCP

En passar l'aire per l'evaporador, es refreda i perd humitat, i a continuació se'l fa passar pel condensador del circuit frigorífic (evaporador i condensador estan en sèrie i físicament junts un a continuació de l'altre), de forma que tota la potència calorífica del cicle frigorífic es recupera sobre l'aire fred i sec, que és escalfat fins una temperatura similar a la que va entrar a l'evaporador.

No obstant, serà necessari comptar amb una bateria d'escalfament integrada dins del propi equip.

Donat que la piscina estarà dotada d'un recuperador de calor, cal introduir la opció BCP Airmaster, un equip amb majors prestacions i funcions de tres circuits frigorífics, dos condensadors per aire i un tercer condensador per l'aigua de la piscina, que permetrà la utilització d'un recuperador de calor a l'entrada, amb l'aire d'extracció del local. A més, també permet la opció de free-cooling per tal que, durant els mesos d'estiu, la temperatura interior sigui similar a l'exterior, és a dir, treballar amb tot aire exterior per tal que no es sobreescalfi el recinte respecte de la temperatura que hi ha fora de l'edifici.

Cal comentar que una BCP Airmaster també permet incloure intercanviadors de plaques, per tal d'escalfar l'aigua del vas de la piscina, i fins i tot generar A.C.S., però, donat que en aquest cas això es realitzarà a través de l'energia solar, aquesta opció no serà inclosa en el present projecte.

Un cop comentada tota la teoria que envolta al tipus de màquina que s'utilitzarà a la instal·lació, passem directament a seleccionar la que més ens convingui. A continuació es comenten els aspectes principals que caldrà valorar a l'hora de procedir a realitzar l'elecció de la bomba de calor:

- **Deshumidificació**

La bomba ha de ser capaç d'extreure la quantitat d'humitat deguda a múltiples factors de l'ús quotidià de la piscina, com és el xipolleig dels banyistes, aigua extreta del vas sobre la pell dels usuaris, etc.

Aquesta necessitat ja ha estat calculada prèviament en el present projecte a través de l'equació de Bernier (veure apartat 4.1.8.5.), la qual ens diu que el volum d'evaporació al qual haurem de fer front serà de 58'19 kg/h d'aigua. Així doncs, caldrà que la bomba de calor tingui una capacitat deshumectant igual, o superior a la quantitat especificada per l'expressió de Bernier.

- **Potències frigorífica i calorífica**

Com ja s'ha comentat a l'apartat de recuperació, un 55% de la càrrega de ventilació serà proporcionada pel recuperador de calor, amb la qual cosa la càrrega total que haurà de ser capaç d'aportar la bomba de calor quedarà lleugerament reduïda, havent de generar el 45% restant de la càrrega de ventilació, més la interna, calculada anteriorment utilitzant el programa Airpack. Per tant, el resultat s'obtindrà a partir de les equacions que es mostren a continuació:

$$P_{\text{FRED}} = 0'45 \cdot P_{\text{ventilació fred}} + P_{\text{interna fred}}$$

$$P_{\text{CALOR}} = 0'45 \cdot P_{\text{ventilació calor}} + P_{\text{interna calor}}$$

Llavors, el càlcul de potències quedarà tal com es mostra a la taula següent:

Tipus	Càrrega ventilació	45% ventilació	Càrrega interna	Càrrega total
Fred	23'456 KW	10'55 KW	153'425 KW	163'975 KW
Calor	62'775 KW	28'25 KW	33'948 KW	62'19 KW

Taula 41: potències mínimes de fred i calor

Així doncs, en vista dels resultats de la taula, veiem que la màquina BCP haurà de ser capaç de generar com a mínim una potència de 163'975 KW de fred, i de 62,19 KW de calor o superior, per tal que es pugui dur a terme la climatització del local correctament.

- Cabal d'aire

La bomba de calor haurà de subministrar un cabal igual o superior al cabal d'aire de ventilació necessari per satisfer les condicions d'higiene i salubritat expressades al RITE, de manera que s'obtingui un aire interior de qualitat IDA 2.

Per tant, s'haurà d'aportar al local un volum mínim de 6.427 metres cúbics d'aire per hora, veure apartat "4.1.2. Ventilació amb aire exterior" per veure càlculs i comprovar d'on surt aquest valor.

Vistes totes les necessitats a l'hora d'escollir la màquina BCP, passem a realitzar-ne la selecció, a partir de les especificacions vistes.

Visitant el catàleg de CIATESA, empresa distribuïdora de màquines refredadores per a piscines, trobem el model "Airmaster BCP 610", de la qual es resumeixen les principals especificacions tot seguit:

- **Potència de deshumidificació** = 126.5 kg/h
- **Potència calorífica** = 148.7 KW
- **Potència frigorífica** = 179.9 KW

- **Potència absorbida** = 45 KW
- **Cabal d'aire nominal** = 30.000 m³/h
- **Pressió estàtica** = 18.8 mmca
- **Potència** = 11 KW

Si comparem les especificacions donades amb les necessitats del local, obtenim els resultats que es mostren a la taula següent:

Concepte	Necessitat	Airmaster BCP 610
Potència deshumidificació	58.19 kg/h	126.5 kg/h
Potència calorífica	62.19 KW	148.7 KW
Potència frigorífica	163.975 KW	179.9 KW
Cabal d'aire	6427 m ³ /h	30.000 m ³ /h

Taula 42: comparativa de necessitats del local i especificacions de la "Airmaster BCP 610"

Es pot comprovar com en la majoria d'aspectes, tenim un sobredimensionat força important, però és la única opció que s'adapta a les nostres necessitats, ja que cap altra BCP és capaç de proporcionar la potència de fred requerida pel local, de forma que aquest és l'aspecte decisiu a l'hora de realitzar-ne l'elecció.

Per tant, vist que compleix amb tots els requisits, s'instal·larà la bomba de calor Airmaster BCP 610 de CIATESA, per dur a terme la climatització i deshumectació del local, amb ajuda del recuperador de calor. Per veure més informació tècnica sobre aquesta màquina, visitar el document "Annexes", en el qual es detalla tota la informació donada pel fabricant.

4.3.1.3. Toveres d'impulsió

La impulsió d'aire es realitzarà a través de conductes de distribució, les seccions dels quals es calcularan més endavant. No obstant, se sap que la seva longitud total serà de 30 metres.

Sabent que el cabal que la canonada haurà de ser capaç d'introduir al local a través de les toveres serà de 30.000 m³/h, s'opta per instal·lar un total de 30 toveres, separades entre sí una distància d'1 metre, de manera que, sabent que la longitud de la canonada és de 30 metres, haurem d'instal·lar una tovera per cada metre de conducte.

Llavors, realitzant un senzill càlcul, tenim que si hem de repartir $30.000 \text{ m}^3/\text{h}$ entre 30 toveres, el cabal unitari de cadascuna d'elles serà de $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$, o dit d'una altra manera, 277.77 l/s . Aquesta serà la dada de la qual partirem per realitzar la selecció de la que més s'adeqüi a les nostres necessitats.

Visitant el catàleg de TROX, trobem el model DUE-S 400, el qual ens proporciona el que estem buscant. El mètode de selecció s'ha fet marcant-nos un nivell sonor màxim d'entre 20 i 30 dB, per tal d'evitar una sonoritat excessiva, que pogués causar molèsties als usuaris de la piscina. A partir d'aquestes dues variables, obtenim la pèrdua de càrrega que hi haurà a cada tovera, com es mostra a la gràfica següent, extreta del catàleg de TROX, i modificada a partir de les nostres necessitats:

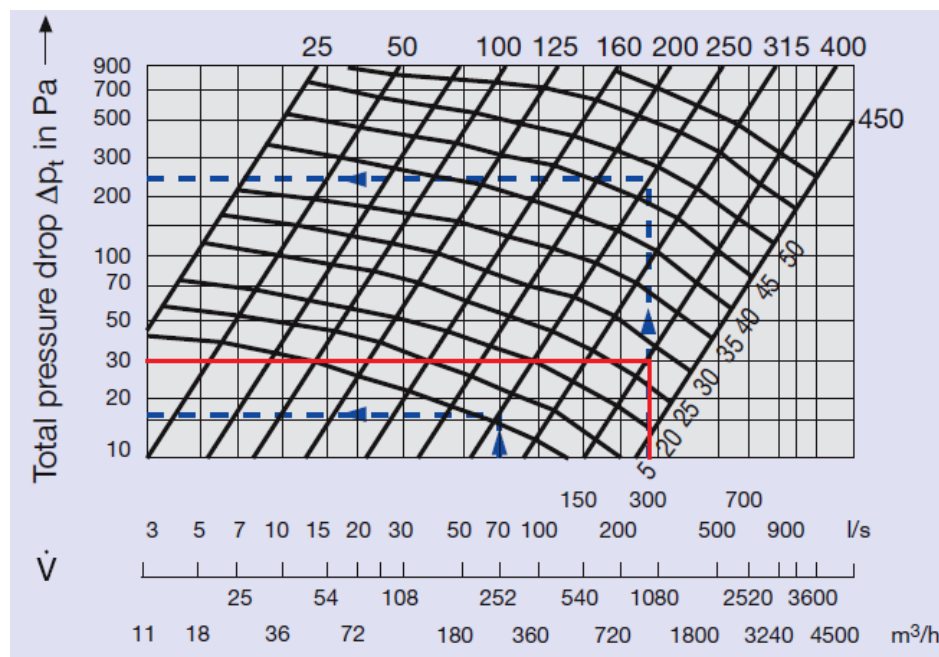


Figura 16: gràfica de selecció de toveres TROX

Observant la gràfica, podem comprovar com per a un cabal de 277.77 l/s i utilitzant la tovera TROX DUE-S 400, obtindrem un nivell sonor de 27 dB, amb la qual cosa estarem per sota del límit establert, que era de 30 dB, i a més suposarà una pèrdua de càrrega de 30 Pa, la qual caldrà tenir en compte a l'hora de dissenyar els conductes de distribució d'aire amb els seus respectius difusors.

4.3.1.4. Reixes de retorn

Al igual que la impulsió, el retorn de l'aire cap al recuperador es realitzarà a través de conductes, amb una longitud igual a la de la canonada d'impulsió, és a dir 30 metres en total.

Sabent que la longitud serà la mateixa i que la canonada de retorn ha de recollir tot l'aire que impulsa la de distribució, és lògic que el cabal que haurà de poder extreure també serà el mateix, és a dir, 30.000 m³/h o, donat que novament es col·locaran 30 reixes que s'encarregaran de retornar l'aire, 277.77 l/s per cadascuna d'elles.

El mètode de selecció en aquest cas varia una mica, ja que haurem de recórrer a una fórmula que el propi fabricant, també TROX, ens proporciona per calcular la velocitat eficaç de l'aire. Per a la funció que s'assigna a les reixes de retorn, es considera que la opció que millor resultat donarà serà la sèrie AE de la marca, la qual a més presenta una àrea eficaç superior, a igualtat de mida. A les següents figures es pot veure la diferència que hi ha entre ambdós tipus de reixes, fabricades per TROX:

- Sèrie AR:



Figura 17: reixa classe AR marca TROX

- Sèrie AE:

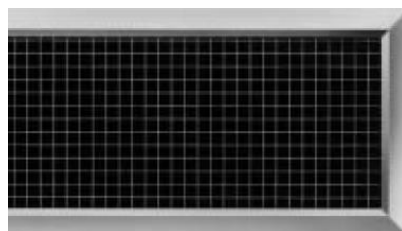


Figura 18: reixa classe AE marca TROX

Un cop escollida la classe, l'expressió per realitzar la selecció és la següent:

$$V_{eff} = \frac{V}{A_{eff} \cdot 1000}$$

Eq. 8: equació pel càlcul de la velocitat eficaç, segons el catàleg de TROX

On V pertany al cabal d'aire en l/s (277.77 l/s) i A_{eff} a l'àrea eficaç, la qual és proporcionada pel propi fabricant, tal com es mostra a la taula següent, extreta del catàleg:

L x H en mm	A _{eff} en m ²	
	AR	AE
225 x 125	0,006	0,017
325	0,009	0,026
425	0,012	0,035
525	0,015	0,043
625	0,018	0,052
825	0,024	0,070
1025	0,030	0,087
1225	0,036	0,104
325 x 225	0,020	0,053
425	0,027	0,070
525	0,033	0,088
625	0,040	0,106
825	0,053	0,141
1025	0,067	0,177
1225	0,080	0,212
425 x 325	0,042	0,106
525	0,052	0,133
625	0,063	0,160
825	0,083	0,213
1025	0,105	0,266
1225	0,125	0,320
625 x 425	0,086	0,213
825	0,113	0,285
1025	0,140	0,356
1225	0,170	0,428

Taula 43: àrea eficaç de la reixa, en funció de la classe i la secció

La secció que es considera més adient és la de longitud 825 mm, per alçada 125 mm i amb àrea eficaç igual a 0.070 m². Amb aquestes dades, passem a calcular la velocitat eficaç, la qual ens permetrà seleccionar la reixa a través de la gràfica de sonoritat:

$$V_{eff} = \frac{277.77}{0.07 \cdot 1000} = 3.97 \text{ m/s}$$

A través de la gràfica de selecció del catàleg, es verificarà si el model de reixa és correcte, seguint els mateixos criteris que en el cas de les toveres, és a dir, que pugui extreure el cabal de disseny, però sense superar els 30 dB de soroll, per tal que no afecti al confort dels usuaris de les instal·lacions.

La obertura de la reixa, donada l'aplicació per a la qual s'utilitzarà, es considera del 100%, aconseguint d'aquesta manera nivells sonors més baixos. A continuació es comprova si amb la secció escollida, s'obtenen les característiques buscades:

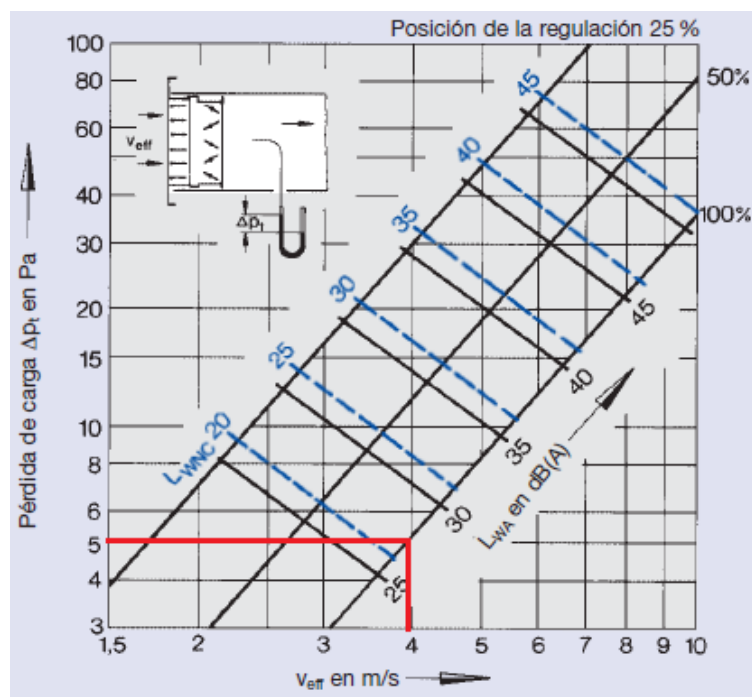


Figura 19: gràfica de sonoritat de reixes TROX

En vista de la gràfica, es comprova que amb la secció de reixa seleccionada, partint de la velocitat efectiva calculada prèviament, i amb una obertura del 100%, el nivell sonor està entre 25 i 30 dB, aproximadament uns 27 dB, amb la qual cosa el soroll es troba per sota del límit que havíem establert per realitzar el disseny.

A més, la pèrdua de càrrega que les reixes suposaran serà d'aproximadament 5 Pa cadascuna (0.51 mmca), una pèrdua prou petita, però que caldrà tenir en compte a l'hora de dissenyar els conductes de retorn d'aire.

4.3.1.5. Conductes d'aire

El càlcul dels conductes d'aire s'ha dut a terme amb l'ajuda del programa de càlcul d'instal·lacions de climatització Airpack. Per realitzar-lo, s'ha introduït els trams de conducte, metre a metre, amb un difusor al final de cada tram, fins a arribar a un total de 30 metres de conducte, amb 30 difusors d'aire. A cadascun d'ells, s'hi ha atorgat la pèrdua de càrrega corresponent, segons els càlculs obtinguts als apartats "4.3.1.3. Toveres d'impulsió" i "4.3.1.4. Reixes de retorn".

A continuació es mostren els resultats que ens ha proporcionat el programa, tant per a conductes d'impuls, com per als de retorn:

- Conductes d'impuls

Tramo	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Pérdida lineal (mm.c.a./m)	Pérdida total (mm.c.a.)
1	1	30.000	12,44	1.675	400	0,223	0,223
2	1	29.000	12,39	1.625	400	0,223	0,223
3	1	28.000	12,35	1.575	400	0,222	0,222
4	1	27.000	12,30	1.525	400	0,222	0,222
5	1	26.000	12,24	1.475	400	0,222	0,222
6	1	25.000	12,18	1.425	400	0,222	0,222
7	1	24.000	12,12	1.375	400	0,222	0,222
8	1	23.000	12,05	1.325	400	0,222	0,222
9	1	22.000	11,98	1.275	400	0,221	0,221
10	1	21.000	11,90	1.225	400	0,221	0,221
11	1	20.000	11,82	1.175	400	0,221	0,221
12	1	19.000	11,73	1.125	400	0,220	0,220
13	1	18.000	11,63	1.075	400	0,220	0,220
14	1	17.000	11,52	1.025	400	0,219	0,219
15	1	16.000	11,40	975	400	0,218	0,218
16	1	15.000	11,26	925	400	0,217	0,217
17	1	14.000	11,11	875	400	0,216	0,216
18	1	13.000	10,94	825	400	0,215	0,215
19	1	12.000	10,75	775	400	0,213	0,213
20	1	11.000	10,54	725	400	0,211	0,211
21	1	10.000	10,29	675	400	0,208	0,208
22	1	9.000	10,42	600	400	0,224	0,224
23	1	8.000	10,10	550	400	0,221	0,221
24	1	7.000	9,72	500	400	0,216	0,216
25	1	6.000	9,26	450	400	0,209	0,209
26	1	5.000	8,68	400	400	0,198	0,198
27	1	4.000	8,55	325	400	0,220	0,220
28	1	3.000	7,58	275	400	0,197	0,197
29	1	2.000	6,94	200	400	0,214	0,214
30	1	1.000	5,56	125	400	0,213	0,213

Taula 44: seccions i pèrdues de càrrega obtingudes als conductes d'impuls, segons Airpack

- Material: acer galvanitzat (0.09 mm)
- Superfície de material necessària: 96.2 m²

La distribució dissenyada és la que es mostra a la figura següent:

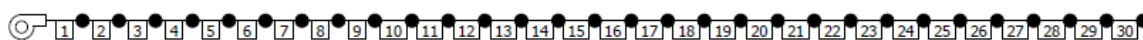


Figura: distribució dels difusors al conducte d'impulsió

- Conductes de retorn

Tramo	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Pèrdua lineal (mm.c.a./m)	Pèrdua total (mm.c.a.)
1	1	30.000	12,44	1.675	400	0,223	0,223
2	1	29.000	12,39	1.625	400	0,223	0,223
3	1	28.000	12,35	1.575	400	0,222	0,222
4	1	27.000	12,30	1.525	400	0,222	0,222
5	1	26.000	12,24	1.475	400	0,222	0,222
6	1	25.000	12,18	1.425	400	0,222	0,222
7	1	24.000	12,12	1.375	400	0,222	0,222
8	1	23.000	12,05	1.325	400	0,222	0,222
9	1	22.000	11,98	1.275	400	0,221	0,221
10	1	21.000	11,90	1.225	400	0,221	0,221
11	1	20.000	11,82	1.175	400	0,221	0,221
12	1	19.000	11,73	1.125	400	0,220	0,220
13	1	18.000	11,63	1.075	400	0,220	0,220
14	1	17.000	11,52	1.025	400	0,219	0,219
15	1	16.000	11,40	975	400	0,218	0,218
16	1	15.000	11,26	925	400	0,217	0,217
17	1	14.000	11,11	875	400	0,216	0,216
18	1	13.000	10,94	825	400	0,215	0,215
19	1	12.000	10,75	775	400	0,213	0,213
20	1	11.000	10,54	725	400	0,211	0,211
21	1	10.000	10,29	675	400	0,208	0,208
22	1	9.000	10,42	600	400	0,224	0,224
23	1	8.000	10,10	550	400	0,221	0,221
24	1	7.000	9,72	500	400	0,216	0,216
25	1	6.000	9,26	450	400	0,209	0,209
26	1	5.000	8,68	400	400	0,198	0,198
27	1	4.000	8,55	325	400	0,220	0,220
28	1	3.000	7,58	275	400	0,197	0,197
29	1	2.000	6,94	200	400	0,214	0,214
30	1	1.000	5,56	125	400	0,213	0,213

Taula 45: seccions i pèrdues de càrrega obtingudes als conductes de retorn, segons Airpack

- Material: acer galvanitzat (0.09 mm)
- Superfície de material necessària: 96.2 m²

Es pot veure com els conductes d'impulsió i de retorn seran idèntics, donades les similituds en les seves condicions de treball. La distribució dissenyada serà la mateixa que per al conducte de distribució, tal com es mostra a la figura següent:



Figura 20: distribució dels difusors al conducte de retorn

4.3.1.6. Taula resum de maquinària i elements

Vistos i concretats tots i cadascun dels elements que conformaran la instal·lació, es considera convenient reunir-los tots en una mateixa taula resum:

Element	Quantitat	Descripció
Bomba calor	1	Airmaster BCP 610
Recuperador	1	Salvador Escoda G07
Toveres d'impulsió	4	TROX DUE – S 400
Reixes de retorn	4	TROX AE 825x225

Taula 46: resum de maquinària i elements instal·lats

4.3.1. Zona d'oficines i vestuaris

En el present apartat, donades les diferències en les necessitats de climatització de les diferents zones del local, s'ha optat per dividir la zona que comprèn vestuaris, oficines, pas, magatzems, etc. en dues parts, les quals aniran climatitzades amb sistemes independents entre sí. La primera zona comprendrà els dos vestuaris, tant el d'homes com el de dones, comunicats entre sí per plènum, mentre la segona abastarà les oficines i l'espai de pas i recepció. Tot seguit es pot veure la distribució utilitzada de forma gràfica:

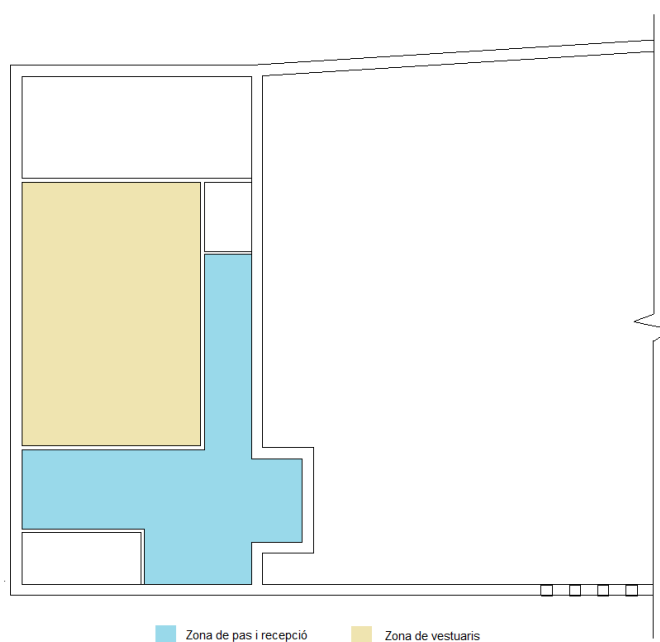


Figura 21: esquema de la distribució de zones de climatització

4.3.1.1. Recuperació de calor

Els recuperadors entàlpics permeten estalviar gran part de l'energia consumida per una instal·lació d'aire condicionat, intercanviant la temperatura i la humitat de l'aire extret amb les de l'aire exterior que s'introdueix. L'ús del recuperador permetrà reduir la càrrega tèrmica per ventilació, reduint el consum energètic, a més de permetre la instal·lació d'equips d'aire condicionat de menor capacitat.

Com s'havia comentat a la part de recuperació de la piscina, l'apartat IT 1.2.4.5.2. del RITE especifica que quan el cabal d'extracció d'aire de l'edifici és superior a 0.5 m³/s, és necessari recuperar una part de l'energia de ventilació, amb un rendiment que s'extreu de la taula següent:

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior (m ³ /s)									
	> 0,5...1,5		> 1,5...3,0		> 3,0...6,0		> 6,0...12		> 12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
≤ 2.000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
> 2.000...4.000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
> 4.000...6.000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
> 6.000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260

Taula 47: rendiments mínims de recuperació d'aire, segons RITE

Sabent que l'edifici funcionarà més de 6.000 hores anuals i que el cabal d'aire exterior es troba entre 1.5 i 3 m³/s, veiem que el rendiment mínim de recuperació és del 55%, amb a la qual cosa el recuperador haurà de ser capaç d'aportar com a mínim el 55% de l'energia total de ventilació sensible.

En aquest projecte s'utilitzarà un recuperador en el cas dels vestuaris, en els quals hi haurà una aportació latent deguda a l'evaporació causada per l'ús de les dutxes, tal com s'ha vist prèviament, així com a la zona de recepció i oficines, amb a diferència que en aquest últim cas hi haurà una part d'aire recirculat directament de l'edifici, sense tractar. A continuació es comenten els recuperadors seleccionats a cada espai:

- **Zona de vestuaris**

Per tal de dur a terme aquesta recuperació de calor, s'ha seleccionat un recuperador del catàleg de Mitsubishi, per ser més concrets, el model LGH-100 RX5 – E, el qual presenta les següents característiques:

- Q = 1000 m³/h
- Rendiment sensible = 80%

- Rendiment entàlpic calefacció = 72.5%
- Rendiment entàlpic refrigeració = 71%
- Dimensions = 1144 x 1231 x 399 mm (amplada x fondària x alçada)

Per dur a terme la recuperació d'energia de ventilació als vestuaris, es requereix que el recuperador aportí un mínim de 900 m³/h, amb una eficiència mínima del 55%. En vista de les característiques de l'aparell triat, ambdós requisits es compleixen correctament.

Algunes de les avantatges que presenta aquest equip, a part de les ja comentades, és aportar un cabal de ventilació, per renovar l'aire interior brut que podria haver-se anat contaminant de CO₂, partícules, pols, bacteries, etc. Aquesta ventilació es podria forçar simplement obrint les finestres, però això suposaria una gran pèrdua energètica, augmentant així el consum.

- **Zona de pas i recepció**

El criteri de selecció per al recuperador es centra bàsicament en el cabal de ventilació que necessita el local. Pel que fa a la suma d'oficines i pas, es requereix que el cabal d'aportació sigui d'aproximadament 1472 m³/h d'aire. Per això, es buscarà un recuperador que bufi una quantitat d'aire igual o superior a la calculada.

Dels models ofertats al catàleg de Mitsubishi, el que més s'acosta als requeriments de ventilació és el LGH – 150RX5 – E, amb les següents especificacions:

- Q = 1500 m³/h
- Rendiment sensible = 80%
- Rendiment entàlpic calefacció = 72%
- Rendiment entàlpic refrigeració = 70.5%
- Dimensions = 1144 x 1004 x 798 mm (amplada x fondària x alçada)

Per dur a terme la recuperació d'energia de ventilació als vestuaris, es requereix, a més del cabal d'aire mínim de 1472 m³/h, una eficiència mínima del 55%. En vista de les característiques de l'aparell triat, ambdós requisits es compleixen correctament.

Caldrà tenir en compte a més, que en tenir un aire d'extracció de qualitat AE 1, el RITE en permet la recirculació a l'interior de l'edifici, i que per tant una part d'aquest aire d'extracció tornarà directament a la unitat interior, sense ser tractat i sense passar pel recuperador.

4.3.1.2. Bomba de calor

Donada la necessitat de dividir el local en dues parts, serà obligatòria la instal·lació de dues bombes de calor, que alimentin les unitats interiors. Mentre una d'elles donarà subministrament a la unitat que climatitzarà el vestuari d'homes i el de dones, l'altra bomba alimentarà la unitat encarregada de climatitzar les oficines i la zona de pas i recepció. Per tant, es comentarà de forma separada l'elecció per cada zona:

- Zona de vestuaris

Abans de res, és necessari saber quina és la càrrega tèrmica que cal vèncer, per posteriorment determinar la unitat exterior que millor s'adapti. Cal remarcar que ambdós vestuaris (homes i dones) es climatitzaran conjuntament, a través de la mateixa bomba de calor, amb la qual cosa es treballarà amb la suma de les càrregues que suposa cadascun d'ells, tot i que en aquest cas són idèntiques, ja que treballen exactament amb les mateixes condicions.

Donat que els vestuaris estaran dotats d'un recuperador que ajudarà a l'aportació d'aquesta potència tèrmica, el primer que cal saber és quina part aportarà el recuperador i de quina s'haurà d'encarregar la bomba de calor.

Per calcular, la repartició de càrregues, es fa la següent operació:

- **Potència de fred** (rendiment recuperador = 71%):

$$P_{\text{fred necessària}} = 0.29 \cdot C_{\text{ventilació sensible}} + C_{\text{latent}} + C_{\text{interna}} = 0.29 \cdot 3708 + 724 + 14562 = \mathbf{16.361 \text{ W}}$$

Eq. 9: potència de fred necessària de la bomba de calor

- **Potència de calor** (rendiment recuperador = 72.5%)

$$P_{\text{calor necessària}} = 0.275 \cdot C_{\text{ventilació sensible}} + C_{\text{latent}} + C_{\text{interna}} = 0.275 \cdot 8210 + 3622 = \mathbf{5879.75 \text{ W}}$$

Eq. 10: potència de calor necessària de la bomba de calor

Llavors, un cop conegudes les potències tèrmiques necessàries per climatitzar el local, s'escull la bomba de calor que millor s'adapti del catàleg de Mitsubishi, on trobem el model

d'unitats exteriors PUHZ – RP 200 YKA, el qual presenta principalment les següents especificacions:

- Potència de fred = 19 KW
- Potència de calor = 22.4 KW
- Qaire = 8400 m³/h
- Dimensions = 1050 x (330+30) x 1338 mm (amplada x fondària x alçada)

Per contrastar la informació obtinguda amb els requisits, a continuació es mostra una taula comparativa on es mostren els criteris de selecció de la bomba de calor, amb les especificacions de la màquina, per comprovar que tots ells es compleixin:

Concepte	Requerit	PUHZ – RP 200 YKA
Cabal	900 m ³ /h	8400 m ³ /h
Potència fred	16'361 KW	19 KW
Potència calor	5'879 KW	22'4 KW

Taula 48: comparativa entre requisits i especificacions de la bomba de calor PUHZ – RP 200 YKA

Observant la taula, es veu de seguida que hi ha un sobredimensionat de la bomba de calor, tingut en compte ja que podria resultar útil en possibles situacions d'incertesa de càlcul, degudes a factors difícils de comptabilitzar matemàticament i que podrien suposar un significatiu augment en la càrrega del local.

- **Zona de pas i recepció**

Abans de res es comentarà quines són les potències que la bomba de calor haurà de suplir. Com s'ha fet en els vestuaris, és necessari calcular la càrrega de ventilació que aportarà el recuperador, per ser capaços de determinar la potència que haurà de tenir la bomba de calor:

Així com en el cas anterior, es climatitzava conjuntament el vestuari de dones i el d'homes a partir de la mateixa bomba, aquesta segona bomba de calor serà l'encarregada d'alimentar la unitat interior, que aportarà el cabal d'aire necessari per mantenir les condicions tèrmiques i d'humitat desitjades a les oficines i a la zona de pas i recepció.

Per calcular, la repartició de càrregues, es fa la següent operació:

- **Potència de fred** (rendiment recuperador = 70.5%):

$$P_{\text{fred necessària}} = 0.295 \cdot C_{\text{VS oficines}} + 0.295 \cdot C_{\text{VS pas}} + C_{\text{L oficines}} + C_{\text{L pas}} + C_{\text{I oficines}} + C_{\text{I pas}}$$

Eq. 11: potència de fred necessària de la bomba de calor

$$P_{\text{fred necessària}} = 0.295 \cdot 3402 + 0.295 \cdot 2881 + 873 + 740 + 2282 + 4182 = \mathbf{9.930 \text{ W}}$$

- **Potència de calor** (rendiment recuperador = 72%)

$$P_{\text{calor necessària}} = 0.28 \cdot C_{\text{VS oficines}} + 0.28 \cdot C_{\text{VS pas}} + C_{\text{L oficines}} + C_{\text{L pas}} + C_{\text{I oficines}} + C_{\text{I pas}}$$

Eq. 12: potència de calor necessària de la bomba de calor

$$P_{\text{calor necessària}} = 0.28 \cdot 6173 + 0.28 \cdot 6137 + 1216 + 2301 = \mathbf{6.964 \text{ W}}$$

On les variables utilitzades són:

- C_{VS} = càrrega de ventilació sensible
- C_{L} = càrrega latent
- C_{I} = càrrega interna

Un cop conegudes les potències tèrmiques necessàries per climatitzar el local, s'escull la bomba de calor que millor s'adapti del catàleg de Mitsubishi. En el cas de la zona de pas i recepció, s'escull el model PUHZ – ZRP 200 VKA, amb les següents especificacions principals:

- Potència de fred = 12'5 KW
- Potència de calor = 14 KW
- Qaire = 7200 m³/h
- Dimensions = 1050 x 330 x 1338 mm (amplada x fondària x alçada)

A la taula següent es pot comparar els requisits de la instal·lació amb les característiques que és capaç d'aportar la bomba de calor seleccionada:

Concepte	Requerit	PUHZ – ZRP 125 VKA
Cabal	1472 m ³ /h	7.200 m ³ /h
Potència fred	9'93 KW	12'5 KW
Potència calor	6'964 KW	14 KW

Taula 49: comparativa entre requisits i especificacions de la bomba de calor PUHZ – ZRP 125 VKA

Donada l'absència d'una gran aportació de càrrega latent degut a evaporació d'aigua, els valors de la bomba de calor seleccionada en aquest cas són molt més ajustats a les necessitats de la zona.

4.3.1.3. Unitats interiors

Les unitats interiors encarregades de dur a terme la climatització dels locals, aniran molt lligades a l'elecció que haguem fet a l'hora d'escollir la bomba de calor, ja que el propi fabricant, en aquest cas Mitsubishi, recomana un determinat model que s'ajustarà més a les nostres necessitats, segons la unitat exterior que haguem escollit prèviament.

Tenint en compte que a les dues zones en les quals s'ha dividit el local per a la realització d'aquest apartat s'han instal·lat diferents tipus de bomba, és lògic pensar que també estaran equipades amb unitats interiors diferents, i així és. Les màquines interiors recomanades per Mitsubishi són les que es comenten, en funció de la zona i la bomba de calor instal·lada:

- **Zona de vestuaris:**

El model recomanat per Mitsubishi, a partir de la bomba de calor PUHZ – RP 200 YKA, és el PEA – RP 200 GA, amb les característiques que es comenten tot seguit:

- Qaire = 52 m³/min = 3120 m³/h
- Dimensions = 1400 x 634 x 400 mm (amplada x fondària x alçada)

Per tant, s'instal·laran dos unitats del model de màquina interior comentat.

- **Zona de pas i recepció**

El model recomanat per Mitsubishi, a partir de la bomba de calor PUHZ – ZRP 125 VKA, és el PEAD – RP 125 JAQ, amb característiques que es comenten tot seguit:

- $Q_{aire} = 29.5 \text{ m}^3/\text{min} = 1.770 \text{ m}^3/\text{h}$
- Dimensions = 1400 x 732 x 250 mm (amplada x fondària x alçada)

Per tant, s'instal·laran dos unitats del model de màquina interior comentat.

4.3.1.4. Reixes d'impulsió

La distribució de l'aire, tant pels vestuaris com per la resta de zones climatitzades, es durà a terme mitjançant reixes. Aquestes estaran distribuïdes de la forma més regular possible, aconseguint així unes condicions de temperatura i humitat homogènia a tots els espais.

En ser diferents els nombres de reixes que es preveu instal·lar a la zona de vestuaris respecte a la de pas i recepció, s'haurà de fer el càlcul d'ambdós casos per separat:

- **Zona de vestuaris**

La distribució de l'aire es durà a terme mitjançant dues reixes situades a cada vestuari, separades entre sí una distància de 2 metres. Aleshores, s'instal·larà un total de 4 reixes.

A l'apartat d'unitats interiors s'havia comentat que el cabal d'aire era de $3120 \text{ m}^3/\text{h}$, amb la qual cosa sabem que aquest és el cabal d'aire que caldrà repartir entre el total de reixes, en aquest cas 4. Llavors, obtenim que per cada reixa circularan $780 \text{ m}^3/\text{h}$ d'aire o, dit d'una altra manera, 216.66 l/s.

Per a la funció que s'assigna a les reixes de retorn, es considera que la opció que millor resultat donarà serà la sèrie AE de la marca, la qual a més presenta una àrea eficaç superior, a igualtat de mida.

Amb aquesta informació, podem passar directament a determinar quina és la secció que millor s'ajustarà a les nostres necessitats. El mètode de càlcul és el mateix al que s'havia utilitzat en les reixes de retorn d'aire de la piscina. Caldrà recórrer a la fórmula

proporcionada pel fabricant, novament TROX, a través de la qual determinem la velocitat eficaç de l'aire:

$$V_{eff} = \frac{V}{A_{eff} \cdot 1000}$$

Eq. 13: equació pel càlcul de la velocitat eficaç, segons el catàleg de TROX

On V pertany al cabal d'aire en l/s (213.66) i A_{eff} a l'àrea eficaç, la qual és proporcionada pel propi fabricant a partir d'unes taules en funció de les dimensions de reixa escollida, com es mostra a la següent figura:

L x H en mm	A _{eff} en m ²	
	AR	AE
325 x 225	0,020	0,053
425	0,027	0,070
525	0,033	0,088
625	0,040	0,106
825	0,053	0,141
1025	0,067	0,177

Taula 50: àrea eficaç de la reixa, en funció de la classe i la secció

En aquesta ocasió, la secció que es considera més adient és la de longitud 325 mm, per alçada 225 mm i amb àrea eficaç igual a 0.053 m².

Sabent això, passem a calcular directament la velocitat eficaç, la qual ens permetrà seleccionar la reixa a través de la gràfica de sonoritat:

$$V_{eff} = \frac{216.66}{0.053 \cdot 1000} = 4.08 \text{ m/s}$$

A través de la gràfica de selecció del catàleg, es comprovarà si el model de reixa és correcte, seguint el criteri que pugui proporcionar el cabal de disseny, però sense superar els 30 dB de soroll, per tal que no afecti al confort dels usuaris de les instal·lacions.

La obertura de la reixa, donades les condicions de circulació, es considera del 100%, aconseguint d'aquesta manera maximitzar l'àrea d'impulsió, mantenint el nivell sonor baix. A continuació es comprova si amb la secció escollida, s'obtenen les característiques buscades:

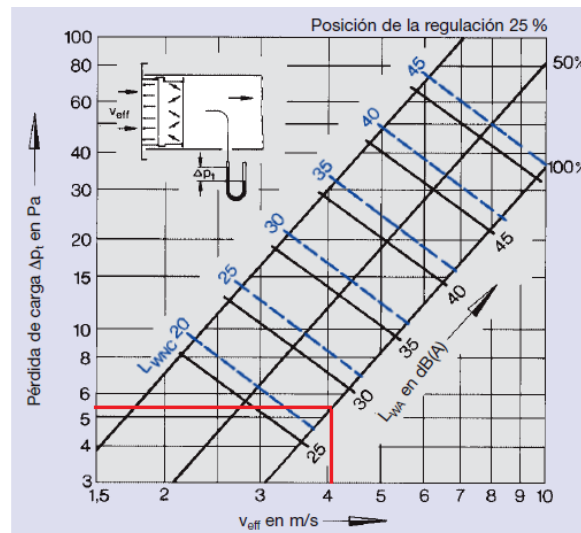


Figura 22: gràfica de sonoritat de reixes TROX AE

Observant la gràfica, es pot comprovar que amb la secció de reixa seleccionada, partint de la velocitat eficaç calculada prèviament, i amb una obertura del 100%, el nivell sonor està per sota de 30 dB i per sobre de 25, essent d'aproximadament uns 27 dB. Així doncs, el soroll es troba força per sota del límit que havíem establert per realitzar el disseny.

A més, la pèrdua de càrrega que les reixes suposaran serà d'aproximadament 5.5 Pa cadascuna (0.57 mmca). Aquest valor serà necessari a l'hora de calcular les seccions òptimes dels conductes, mitjançant el programa Airpack, tal com es veurà més endavant.

- Zona de pas i recepció

La distribució de l'aire es durà a terme a través d'una canonada d'aire que recorrerà el passadís principal, bifurcant-se a l'espai d'oficines. En total s'instal·laran 8 reixetes, les quals s'han col·locat de la forma més homogènia possible, tot i que no ha estat possible que les distàncies entre sí siguin del tot constants. No obstant, s'ha intentat mantenir la major hegemonia possible, dintre de les nostres possibilitats.

El cabal d'aire que s'introduirà a l'edifici és de 1770 m³/h. Conseqüentment, deduïm que aquest és el cabal d'aire que caldrà repartir entre el total de reixes, és a dir, 8 en total. Llavors, obtenim que per cada reixa circularan 221.25 m³/h d'aire o, dit d'una altra manera, 61.45 l/s.

En aquest cas també es considera que la opció que millor resultat donarà serà la sèrie AE de la marca TROX, pels motius exposats anteriorment.

El mètode de càlcul és el mateix al que s'havia utilitzat en les reixes de retorn d'aire de la piscina i a les d'impulsió dels vestuaris. Recorrem la fórmula proporcionada per TROX, a través de la qual determinem la velocitat eficaç de l'aire:

$$V_{eff} = \frac{V}{A_{eff} \cdot 1000}$$

Eq. 14: equació pel càlcul de la velocitat eficaç, segons el catàleg de TROX

On V pertany al cabal d'aire en l/s (61.45) i A_{eff} a l'àrea eficaç, la qual és proporcionada pel propi fabricant a partir d'unes taules en funció de les dimensions de reixa escollida, com es mostra a la següent figura:

L x H en mm	A _{eff} en m ²	
	AR	AE
225 x 125	0,006	0,017
325	0,009	0,026
425	0,012	0,035
525	0,015	0,043
625	0,018	0,052
825	0,024	0,070
1025	0,030	0,087
1225	0,036	0,104

Taula 51: àrea eficaç de la reixa, en funció de la classe i la secció

En aquesta ocasió, la secció que es considera més adient és la de longitud 225 mm, per alçada 125 mm i amb àrea eficaç igual a 0.017 m².

Sabent això, passem a calcular directament la velocitat eficaç, que ens permetrà seleccionar la reixa a través de la gràfica de sonoritat:

$$V_{eff} = \frac{61.45}{0.017 \cdot 1000} = 3.61 \text{ m/s}$$

A través de la gràfica de selecció del catàleg, es comprovarà si el model de reixa és correcte, seguint el criteri que pugui proporcionar el cabal de disseny, però sense superar els 30 dB de soroll, per tal que no afecti al confort dels usuaris de les instal·lacions.

La obertura de la reixa, donades les condicions de circulació, es pren del 100%, aconseguint d'aquesta manera maximitzar l'àrea d'impulsió i mantenir el soroll baix. Es comprova si amb la secció escollida, s'obtenen les característiques buscades:

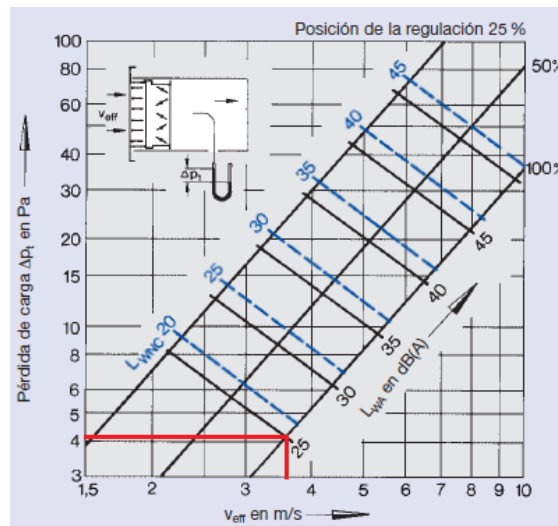


Figura 23: gràfica de sonoritat de reixes TROX AE

Observant la gràfica, es pot verificar que amb la secció de reixa seleccionada, partint de la velocitat eficaç calculada prèviament, i amb una obertura del 100%, el nivell sonor és d'aproximadament uns 25 dB, amb la qual cosa el soroll es troba força per sota del límit que havíem establert per realitzar el disseny.

A més, la pèrdua de càrrega que les reixes suposaran serà d'aproximadament 4.1 Pa cadascuna (0.42 mmca). Aquest valor serà necessari a l'hora de calcular les seccions òptimes dels conductes, mitjançant el programa Airpack, tal com es veurà més endavant.

4.3.1.5. Reixes de retorn i sistema

Les reixes de retorn seran les encarregades d'extreure l'aire dels locals, per conduir-lo fins al recuperador de calor, o tornar-lo a impulsar a l'interior, segons pertoqui. La selecció d'aquestes es farà seguint el mateix criteri que per a les reixes d'impulsió, és a dir, trobar al cabal que circularà per cadascuna d'elles, i fixar la secció que més s'ajusti, de manera que s'obtingui un soroll inferior a 30 dB.

- **Sistema de retorn d'aire**

Amb l'objectiu d'instal·lar menys metres de canonada i, conseqüentment, reduir costos a la instal·lació, el retorn de l'aire es farà per plènum a través de fals sostre.

La idea és que en comptes de recollir l'aire dels locals amb un conducte que arribi directament fins aquest, tal com passa amb la distribució, aquest aire retornarà a través dels fals sostre, el qual abarcarà tota la zona considerada en la impulsio.

Les zones comunicades entre sí a través de plènum pel fals sostre seran les següents:

- Els dos vestuaris (homes i dones)
- Les oficines amb la zona de pas i recepció

Així doncs, l'extracció es durà a terme només en dos espais, als quals hi haurà una canonada al principi de cada zona (punt d'extracció), que haurà de recollir tot el cabal d'aire que s'havia impulsat prèviament a l'interior. Aquest conducte conduirà l'aire al recuperador, o a ser reimpulsat a l'interior de l'edifici, tal com passarà en el cas de les oficines, on hi haurà una recirculació d'aire sense passar pel recuperador, com ja s'havia comentat.

- **Distribució i dimensions**

Pel que fa a la seva col·locació, es miraran de distribuir de la forma més homogènia possible, i sempre evitant situar-les al davant d'una reixa d'impulsió, ja que en cas de fer-ho, podríem estar creant un pont de by-pass, de manera que l'aire circularia entre la impulsió i l'extracció sense arribar a climatitzar el local, perdent així una quantitat molt important d'energia, i no aconseguint controlar les condicions tèrmiques i d'humitat dels diferents espais.

Tal com s'ha fet amb la impulsió, es comentaran per separat les dues zones en què s'ha dividit l'espai:

- **Zona de vestuaris**

Es col·locaran dues reixes de retorn per cada vestuari, fent un total de 4. A més se situaran davant de les d'impulsió, al contrari del que s'havia comentat com a criteris d'ubicació, però en aquest cas justificat perquè la separació entre ambdues es suficient, com perquè l'aire circuli adequadament pel local, sense retornar directament al recuperador.

El càlcul de seccions i la selecció de les reixes en els vestuaris s'obviarà, en saber que en haver el mateix nombre de reixetes de retorn que d'impulsió i que les de retorn han de ser capaces d'absorbir el mateix cabal que proporcionen les d'impulsió.

Per això, les dimensions necessàries per fer-ho, sense superar el nivell de sonoritat màxim, seran estrictament les mateixes que les que ja s'havien calculat prèviament, és a dir, reixes TROX AE 325x225 mm.

- **Zona de pas i recepció**

Per tal de que l'aire pugui circular pels diferents espais correctament, a la zona d'oficines i pas s'ha hagut de col·locar una reixa menys de les que s'havien calculat pel cas de la impulsió. Per aquest motiu, se n'ubicaran 7, procurant en cadascuna d'elles que no interfereixi en la ventilació i climatització de la zona i a la vegada intentant que la seva distribució segueixi un cert patró.

El cabal d'aire que hauran d'extreure de l'edifici és de 1770 m³/h. Llavors, el cabal d'aire que caldrà repartir entre el total de reixes, és de 252.85 m³/h d'aire o, dit d'una altra manera, 70.24 l/s.

En aquest cas també es considera que la opció que millor resultat donarà serà la sèrie AE de la marca TROX, pels motius exposats anteriorment.

El mètode de càlcul és el mateix al que s'havia utilitzat en les reixes de retorn d'aire de la piscina i a les d'impulsió dels vestuaris i oficines. Recorrem a la fórmula proporcionada per TROX, a través de la qual determinem la velocitat eficaç de l'aire:

$$V_{eff} = \frac{V}{A_{eff} \cdot 1000}$$

Eq. 15: equació pel càlcul de la velocitat eficaç, segons el catàleg de TROX

On V pertany al cabal d'aire en l/s (70.24) i A_{eff} a l'àrea eficaç, la qual és proporcionada pel propi fabricant a partir d'unes taules en funció de les dimensions de reixa escollida, com es mostra a la següent figura:

L x H en mm	A _{eff} en m ²	
	AR	AE
225 x 125	0,006	0,017
325	0,009	0,026
425	0,012	0,035
525	0,015	0,043
625	0,018	0,052
825	0,024	0,070
1025	0,030	0,087
1225	0,036	0,104

Taula 52: àrea eficaç de la reixa, en funció de la classe i la secció

La secció que es considera més adient és la de longitud 225 mm, per alçada 125 mm i amb àrea eficaç igual a 0.017 m².

Calculem la velocitat eficaç, que ens permetrà seleccionar la reixa a través de la gràfica de sonoritat:

$$V_{eff} = \frac{70.24}{0.173 \cdot 1000} = 4.13 \text{ m/s}$$

A través de la gràfica de selecció del catàleg, es comprovarà si el model de reixa és correcte, seguint el criteri que pugui proporcionar el cabal de disseny, però sense superar els 30 dB de soroll, per tal que no afecti al confort dels usuaris de les instal·lacions.

La obertura de la reixa, donades les condicions de circulació, es pren del 100%, aconseguint d'aquesta manera maximitzar l'àrea d'impulsió i mantenir el soroll baix. Es comprova si amb la secció escollida, s'obtenen les característiques buscades:

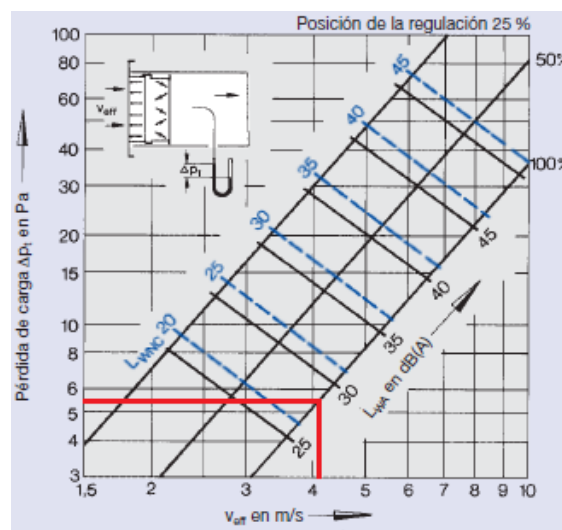


Figura 24: gràfica de sonoritat de reixes TROX AE

Observant la gràfica, es verifica que amb la secció de reixa seleccionada, partint de la velocitat eficaç calculada prèviament, i amb una obertura del 100%, el nivell sonor és d'aproximadament uns 28 dB, amb la qual cosa el soroll es troba força per sota del límit que havíem establert per realitzar el disseny.

A més, la pèrdua de càrrega que les reixes suposaran serà d'aproximadament 5.1 Pa cadascuna (0.52 mmca). Aquest valor serà necessari a l'hora de calcular les seccions òptimes dels conductes, mitjançant el programa Airpack, tal com es veurà més endavant.

4.3.1.6. Conductes d'aire

El càlcul dels conductes d'aire s'ha dut a terme amb l'ajuda del programa de càlcul d'instal·lacions de climatització Airpack. Per realitzar-lo, s'ha introduït els trams de conducte, amb les pertinents derivacions i amb un difusor al final de cada tram, de manera que tota la instal·lació quedi pertinentment ventilada. A cadascun d'aquests difusors, s'ha atorgat la pèrdua de càrrega corresponent, segons els càlculs obtinguts als apartats "4.3.2.4. Reixes d'impulsió" i "4.3.2.5. Reixes de retorn".

A continuació es mostren els resultats que ens ha proporcionat el programa, per a les diferents zones de climatització. Només s'exposen els càlculs de les canonades d'impulsió, ja que els trams de retorn seran molt curts i, en haver de fer circular tot el cabal d'extracció, es dimensionaran de la mateixa mida que el tram de distribució d'aire amb major secció.

- **Zona de vestuaris**

La distribució de conductes projectada i introduïda al programa Airpack per tal de dur a terme el càlcul, és la que es mostra a la següent figura:

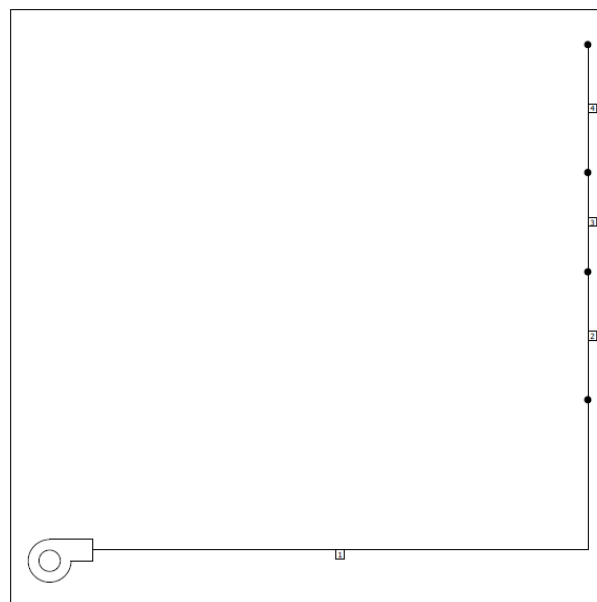


Figura 25: distribució de conductes a la zona de vestuaris

A més, les dades entrades a Airpack, a partir de les quals dimensiona els conductes, són:

- Cabal total = 3.120 m³/h

- Alçada màxima = 250 mm
- Pèrdua de càrrega als difusors = 0.57 mmca a cada difusor
- Velocitat de circulació = 6 m/s

Un cop coneguda la distribució, i sabent que s'utilitzaran canonades de secció rectangular, amb una alçada màxima de 250 mm, ja que el seu recorregut serà a través de fals sostre, s'han obtingut els resultats mostrats a continuació:

Tramo	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Pèrdua lineal (mm.c.a./m)	Pèrdua total (mm.c.a.)
1	10,08	3.120	5,33	650	250	0,090	1,398
2	2	2.340	4,95	525	250	0,085	0,170
3	1,55	1.560	4,62	375	250	0,087	0,135
4	2	780	3,85	225	250	0,083	0,166

Taula 53: seccions i pèrdues de càrrega obtingudes als conductes d'impuls, segons Airpack

- Material: acer galvanitzat (0.09 mm)
- Superfície de material necessària: 30.1 m²
- **Zona de pas i recepció**

La distribució de conductes projectada i introduïda al programa Airpack per tal de dur a terme el càlcul, és la que es mostra a la següent figura:

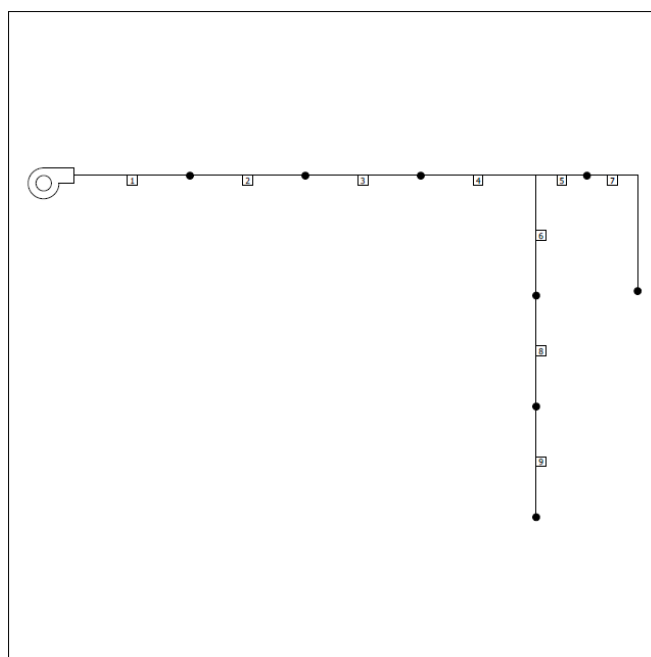


Figura 26: distribució de conductes a la zona d'oficines i pas

A més, les dades entrades a Airpack, a partir de les quals dimensiona els conductes, són:

- Cabal total = 1.770 m³/h
- Alçada màxima = 150 mm
- Pèrdua de càrrega als difusors = 0.42 mmca a cada difusor
- Velocitat de circulació = 6 m/s

Un cop coneguda la distribució, i indicant que s'utilitzaran canonades de secció rectangular, amb una alçada màxima de 150 mm, de manera que l'últim tram tingui prou superfície per poder muntar la reixa d'impulsió, s'han obtingut els resultats mostrats a continuació:

Tramo	Longitud (m)	Caudal (m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Pérdida lineal (mm.c.a./m)	Pérdida total (mm.c.a.)
1	2,5	1.770	4,86	675	150	0,122	0,305
2	2,5	1.549	4,78	600	150	0,122	0,304
3	2,5	1.328	4,68	525	150	0,121	0,303
4	2,5	1.106	4,55	450	150	0,120	0,300
5	1,1	443	3,65	225	150	0,105	0,132
6	2,6	664	4,10	300	150	0,114	0,720
7	3,6	221	3,27	125	150	0,122	0,605
8	2,4	443	3,65	225	150	0,105	0,253
9	2,4	221	3,27	125	150	0,122	0,293

Taula 54: seccions i pèrdues de càrrega obtingudes als conductes d'impuls, segons Airpack

- Material: acer galvanitzat (0.09 mm)
- Superfície de material necessària: 27 m²

4.3.1.7. Taula resum de maquinària i elements

Vistos i concretats tots i cadascun dels elements que conformaran la instal·lació a la zona de pas, recepció i oficines, es considera convenient reunir-los tots en una mateixa taula resum, per tal de facilitar la recerca de qualsevol d'ells.

Essencialment, la maquinària, aparells i elements varis que s'hauran d'instal·lar a l'edifici, així com les respectives quantitats, són els que es detallen tot seguit:

Element	Zona de vestuaris		Zona de pas i recepció	
	Quantitat	Descripció	Quantitat	Descripció
Bomba calor	1	PUHZ – RP 200 YKA	1	PUHZ – ZRP125 VKA
Unitat interior	1	PEA – RP 200 GA	1	PEAD – RP 125 JAQ
Recuperador	1	LGH – 100 RX5 – E	1	LGH – 150 RX – E
Reixes d'impulsió	4	TROX AE 325x225	8	TROX AE 225x125
Reixes de retorn	4	TROX AE 325x225	7	TROX AE 225x125

Taula 55: resum de maquinària i elements instal·lats

5. INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA SOLAR TÈRMICA

5.1. Introducció

És ja un fet conegut per tothom la situació i la problemàtica sorgida al nostre planeta durant les últimes dècades pel que fa al fenomen conegut com “escalfament global”, degut a l'abús per part de la humanitat dels recursos energètics de què disposem i l'ús indiscriminat d'energies de tipus “no renovable” que, d'entre moltes altres repercussions, contaminen el planeta, eleven el nivell de CO₂ a l'atmosfera terrestre, i provoquen alteracions diverses en la climatologia del planeta, amb les seves respectives conseqüències. Davant aquests fets, els humans ens veiem en la necessitat i la obligació de prendre mesures al respecte.

Així doncs, en aquest projecte es dimensionarà la instal·lació adient que permetrà l'obtenció d'aigua calenta sanitària, destinada al servei de dutxes, així com l'escalfament de l'aigua del vas de la piscina, fent ús d'una de les fonts inesgotables i més ecològiques d'energia fins ara conegudes: l'energia solar.

L'objectiu “a priori” és obtenir un sistema d'escalfament d'aigua autosuficient únicament a través de la instal·lació d'aprofitament de l'energia solar tèrmica, tot i que s'utilitzarà un sistema auxiliar que substituirà al principal, en cas d'avaría, o simplement en una situació en què la radiació solar no sigui suficient per a escalfar l'aigua a la temperatura desitjada, necessitant així una aportació energètica extra.

Buscant de minimitzar l'impacte ambiental de la instal·lació, aquesta aportació auxiliar d'energia es realitzarà a través d'un altre tipus d'energia també catalogat com a renovable, és a dir, la biomassa. Aprofitant l'espai útil de què disposa el soterrani de l'edifici, es preveu l'ús d'una caldera de biomassa, amb la pertinent sitja de combustible, encarregada d'alimentar-la. A més, es dimensionaran els diferents elements necessaris per al correcte funcionament de tota la instal·lació, com són bombes de circulació, vasos d'expansió, acumuladors, sistemes d'intercanvi, etc.

Tots els càlculs duts a terme en aquest apartat es fonamentaran en el CTE-DB-HE, HE4 on s'explica les consideracions a tenir en compte a l'hora de dimensionar una instal·lació d'aquest tipus.

5.2. Condicions de càlcul

En el present apartat s'exposaran les diferents condicions prèvies de càlcul, que són totalment necessàries per al càlcul de qualsevol instal·lació d'energia solar tèrmica, com és la radiació solar de la zona on s'ubica l'edifici, model de captadors i característiques, separació entre plaques, generació d'ombres, etc.

5.2.1. Zona climàtica

El Codi Tècnic, apartat HE 4, divideix la regió d'Espanya en cinc zones diferents, a les quals anomena “zones climàtiques”, i que varien en funció de la radiació solar mitja diària anual que tingui cadascuna d'elles sobre una superfície horitzontal.

La selecció de la zona es realitza a través de la figura següent, on es mostra la zonificació especificada pel CTE:

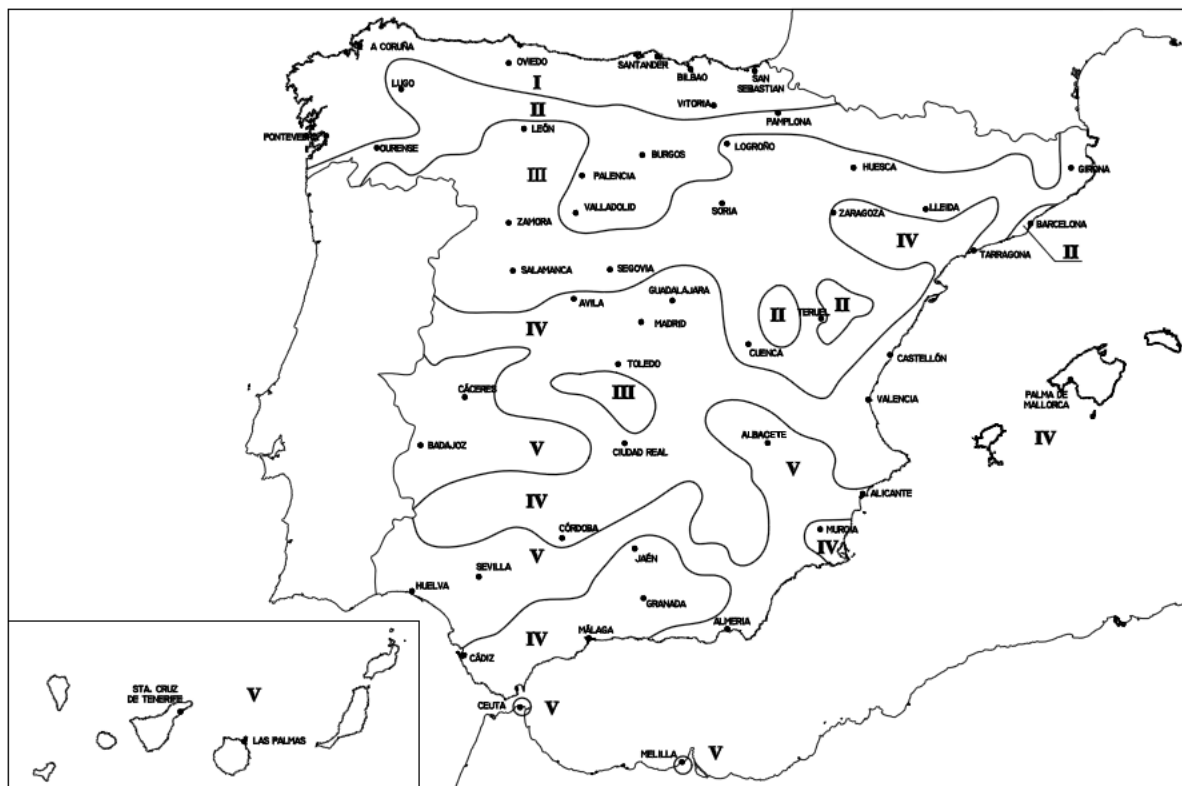


Figura 27: zones climàtiques a Espanya, segons el CTE

Llavors, en vista del plànol que ens proporciona el codi tècnic, Còrdoba, ciutat d'emplaçament de l'edifici, es troba a la zona climàtica IV.

5.2.2. Model de captador i característiques

Pel disseny de la instal·lació d'energia solar tèrmica, s'han utilitzat captadors de la marca Viessmann, els quals ofereixen unes bones especificacions de rendiments, que permetran un major aprofitament de l'energia rebuda. El CTE DB HE 4 recomana que tots els captadors que integrin la instal·lació siguin del mateix model. Llavors, tant pel que fa a la generació d'A.C.S., com a l'escalfament de l'aigua de la piscina, s'utilitzarà el model Vitosol 200-F, el qual presenta les següents característiques:

Superficie bruta (dato necesario a la hora de solicitar subvenciones)	m ²	2,5
Superficie de absorción	m ²	2,32
Posición de montaje (consultar la siguiente figura)		(A), (B), (C)
Superficie de apertura	m ²	2,32
Dimensiones		
Anchura	mm	1056
Altura	mm	2380
Profundidad	mm	72
Los siguientes valores hacen referencia a la superficie de absorción:		
– Rendimiento óptico	%	82,8
– Coeficiente de pérdida de calor k_1	W/(m ² · K)	3,724
– Coeficiente de pérdida de calor k_2	W/(m ² · K ²)	0,019
Capacidad térmica	kJ/(m ² · K)	6
Peso	kg	41,5
Volumen de fluido (medio portador de calor)	litros	1,83
Presión de servicio adm.	bar	6
Temperatura máx. de inactividad	°C	200
Capacidad de producción de vapor		
– Posición de montaje favorable	W/m ²	60
– Posición de montaje desfavorable	W/m ²	100
Conexión	Ø mm	22

Taula 56: característiques principals del captador Vitosol 200-F de Viessmann

A continuació, es mostra també un esquema amb les seves dimensions principals:

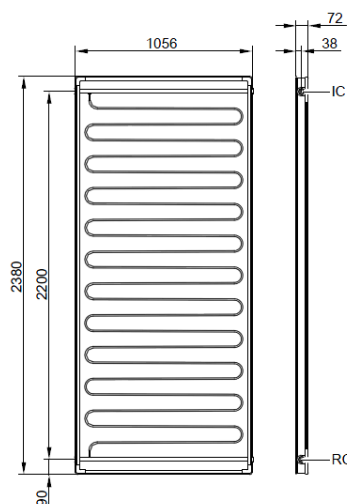


Figura 28: esquema i dimensions principals del captador Vitosol 200-F de Viessmann

A més, segons normativa, els captadors hauran de portar en algun lloc visible una placa on constin, com a mínim, les següents dades:

- a) Nom i domicili de l'empresa fabricant, i eventualment el seu anagrama.
- b) Model, tipus i any de producció.
- c) Número de sèrie de fabricació
- d) Àrea total del captador
- e) Pes del captador buit, capacitat de líquid.
- f) Pressió màxima de servei

Aquesta placa haurà d'estar redactada en castellà, i podrà ser impresa o gravada amb la condició que s'asseguri que els caràcters romanen indelebles.

5.2.3. Disposició general dels col·lectors

Tot i no conèixer encara el nombre de captadors que s'haurà d'instal·lar, es comentaran els principis bàsics de la seva ubicació i disposició.

En vista de les característiques i dimensions de l'edifici, es preveu situar les plaques solars a la coberta d'aquest. Generalment, l'escalfament de l'aigua d'una piscina amb unes dimensions similars al nostre cas, requereix de l'ús d'un gran nombre de plaques. És per aquest motiu que, tot i la gran superfície de que es disposa, podria no ser suficient. En aquesta hipotètica situació, caldria fer alguna modificació, que tant podria ser una reducció del consum energètic, com l'habilitació d'un espai addicional on col·locar més plaques.

Després de realitzar un estudi de les dimensions de coberta, s'ha arribat a la conclusió que, sense considerar l'espai que ocupa la bomba de calor de la piscina i el recuperador, s'hi podrien instal·lar un total de més de 150 captadors del model seleccionat, al qual s'hi podria arribar a sumar uns 7, en cas de gran necessitat.

La orientació, dels col·lectors sempre es realitza procurant que estiguin tant encarades al sud com les condicions de l'edifici ho permetin. Amb un azimuth d'aproximadament 25° respecte el Sud, les plaques es situaran totalment paral·leles a la coberta, maximitzant així l'espai útil. Aquest valor d'azimut treballarà molt a favor nostre, ja que en ser un angle relativament petit, suposa un molt bon aprofitament de la radiació solar.

La distribució es realitzarà aprofitant tota l'amplada de coberta que, amb una longitud útil de 18.8 metres, i sabent que els captadors es col·locaran sobre la seva part més llarga,

amb una longitud de 2.38 metres a repartir entre la superfície útil de la coberta, s'obté un màxim de 7 captadors per cada fila.

Tot i així, cal tenir present que generalment, mai s'instal·len grups de plaques amb més de 4 captadors, amb la qual cosa cada fila de col·lectors estarà dividida en un grup de 3 plaques en paral·lel i un altre de 4.

Pel que fa a la inclinació dels captadors, el CTE recomana que en instal·lacions que funcionen tot l'any, la inclinació sigui igual a la latitud. Per tant, serà de 38°.

A partir de les consideracions que s'han anat comentant, es faran servir les files necessàries per suplir la demanda tèrmica.

5.2.4. Separació entre plaques

La separació entre plaques és la distància mínima que hi haurà d'haver entre la part superior d'un captador, respecte a la part inferior del que ve immediatament després. El càlcul es duu a terme a través de la fórmula que es mostra a continuació, on es determina la longitud a través d'equacions trigonomètriques, però aplicant el paràmetre K, que varia en funció de la latitud de l'edifici:

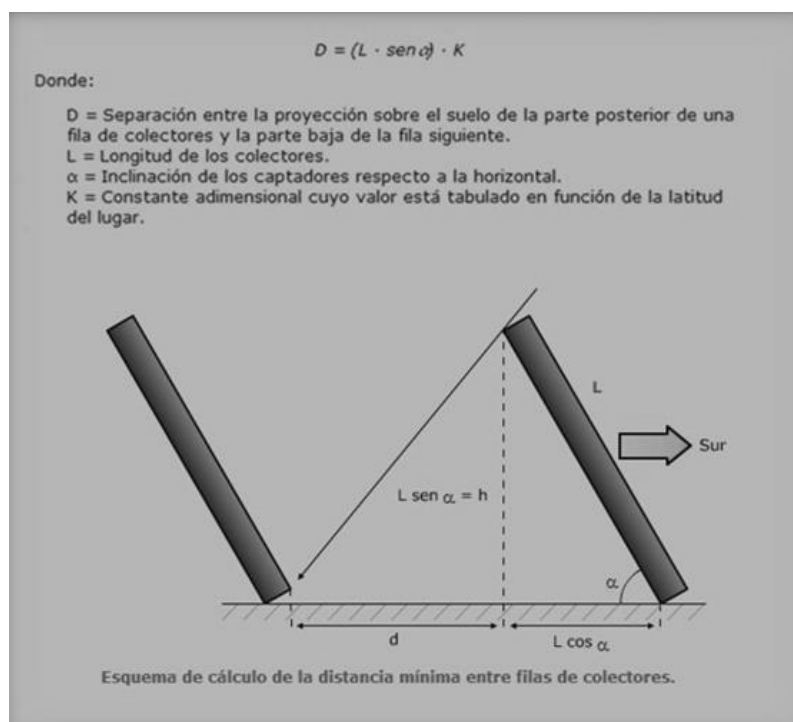


Figura 29: fórmula de càlcul de la separació mínima entre captadors

De les dades necessàries, sabem que la longitud L del captador és de 1.056 metres, amb un angle d'inclinació de 38° , obtenint així que $L \cdot \cos 38 = 0.83$ metres.

Per determinar la distància d , és necessari el valor del paràmetre K , tabulat a la taula que es mostra a continuació, segons la latitud:

Latitud = 38°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.07	1.06	1.04	1.03	1.02	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08	1.08
10	1.13	1.11	1.08	1.05	1.02	1.02	1.03	1.05	1.09	1.14	1.16	1.16
15	1.19	1.15	1.11	1.06	1.03	1.01	1.03	1.07	1.13	1.19	1.23	1.22
20	1.24	1.19	1.13	1.07	1.02	1.01	1.02	1.07	1.15	1.24	1.3	1.29
25	1.28	1.22	1.14	1.07	1.01	.99	1.01	1.08	1.17	1.28	1.35	1.34
30	1.31	1.24	1.15	1.06	.99	.97	.99	1.07	1.18	1.31	1.4	1.38
35	1.34	1.25	1.15	1.04	.96	.94	.97	1.05	1.19	1.34	1.43	1.42
40	1.36	1.26	1.14	1.02	.93	.9	.93	1.03	1.18	1.35	1.46	1.45
45	1.37	1.26	1.13	.99	.89	.86	.89	1	1.17	1.36	1.48	1.47
50	1.37	1.25	1.1	.96	.85	.81	.85	.97	1.15	1.35	1.49	1.48
55	1.36	1.23	1.07	.91	.8	.75	.8	.92	1.12	1.34	1.49	1.48
60	1.35	1.21	1.04	.86	.74	.69	.74	.87	1.08	1.32	1.48	1.47
65	1.33	1.18	.99	.81	.68	.63	.68	.82	1.04	1.29	1.46	1.45
70	1.29	1.14	.94	.75	.61	.56	.61	.76	.98	1.25	1.43	1.42
75	1.25	1.09	.89	.69	.54	.49	.54	.69	.93	1.2	1.39	1.39
80	1.21	1.04	.83	.62	.47	.42	.47	.62	.86	1.14	1.34	1.34
85	1.15	.98	.76	.55	.4	.34	.39	.55	.79	1.08	1.29	1.29
90	1.09	.91	.69	.47	.32	.26	.31	.47	.72	1.01	1.22	1.23

Taula 57: paràmetre K per al càlcul de la distància mínima entre files de col·lectors

A partir de la taula, i per una inclinació arrodonida a 40° , s'obté el valor més desfavorable al mes de novembre, amb una $K = 1.46$. Interessa el valor més crític, perquè com major sigui, més restricció tindrem en quant a separació entre plaques. Per tant, conegut el paràmetre restant, la distància mínima entre captadors serà la següent:

$$D = L \cdot \sin \alpha \cdot K = 1.056 \cdot \sin 38 \cdot 1.46 = \underline{\underline{0.95 \text{ metres}}}$$

5.2.5. Pèrdues per ombres i orientació

Les ombres generades sobre el recinte per culpa d'edificis propers, arbres, elements urbans, etc. també suposen un greu problema en instal·lacions d'aprofitament d'energia solar tèrmica, reduint en gran mesura el seu rendiment. Això fa necessari tenir-les molt en compte a l'hora de fer els càlculs i determinar el nombre de plaques, ja que si les ombres sobre l'edifici fossin excessives, el dimensionament d'una instal·lació d'aquest tipus no seria viable. A més, el CTE especifica uns valors de pèrdua per ombres i orientació màxims, segons el tipus d'instal·lació, tal com es mostra a la següent taula:

Tabla 2.4 Pérdidas límite			
Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Taula 58: valors límit de pèrdues per orientació i inclinació / ombres, segons CTE

Amb una instal·lació de tipus general com és el nostre cas, veiem com les pèrdues límit acceptades per orientació són del 10%. Amb una orientació de 25° i una inclinació de 38, s'ha realitzat el càlcul de pèrdues degudes a aquest factor a través d'una fulla de càlcul, obtenint un valor del 2.19%, molt per sota del límit acceptat, i per tant complint la normativa en el que a orientació es refereix.

Pel que fa a les ombres, s'extreu de la taula que el valor admès pel Codi Tècnic és també el 10%. Tenint en compte que el recinte municipal es tracta d'un edifici totalment aïllat, els elements confrontants no tindran cap tipus d'incidència, i per tant no hi haurà cap tipus d'ombra que interfereixi amb la radiació solar. D'aquesta manera, les pèrdues energètiques per ombres seran nul·les, obtenint un valor de pèrdues total de només el 2.19% comentat abans, degudes a la orientació. El baix percentatge de pèrdues obtingut fa que l'ús de captadors d'energia solar tingui, si cap, encara més sentit.

5.2.6. Radiació solar

Tots sabem que el sol és la principal font energètica al planeta Terra, però el que no se sap de forma tant clara és la magnitud d'aquesta incidència. És aquest el motiu pel qual s'inclou aquest apartat, en el qual es mostrarà quina és la radiació solar que es podrà aprofitar pels captadors, de forma numèrica.

La quantificació d'aquests valors ve de mà de la "Agencia andaluza de la energía", la qual disposa de diverses estacions repartides per tota la comunitat, i que s'encarreguen d'enregistrar diàriament els valors de radiació obtinguts, calculant així valors mitjans diaris i mensuals, que ens seran molt útils per determinar quina serà l'aportació energètica, deguda al sol, que podrem aprofitar en els nostres captadors solars.

Tenint en compte que la població on es troba el recinte, Villafranca de Córdoba, no disposa d'estació pròpia, s'han extret els resultats de la més propera al municipi, és a dir, Adamuz, amb latitud 37.999 i longitud -4.444. Tots els resultats són els que s'han obtingut en una superfície inclinada a 38° i amb azimuth 25°:

Mes	Mitja (KWh/m ²)	Mediana (KWh/m ²)
1 (Gener)	109,9	133,8
2 (Febrer)	132,4	159,6
3 (Març)	167	192,5
4 (Abril)	183,1	203
5 (Maig)	197,4	215,2
6 (Juny)	207,6	215,8
7 (Juliol)	221,5	227,3
8 (Agost)	218,1	224,6
9 (Setembre)	183,3	198,4
10 (Octubre)	143,9	162
11 (Novembre)	109,6	127,5
12 (Desembre)	93,4	113,2

Taula 59: valors de radiació obtinguts, segons la "Agencia Andaluza de la Energía"

5.2.7. Contribució solar

La contribució solar mínima anual és la fracció entre els valors anuals de l'energia solar aportada exigida i la demanda energètica anual, obtinguts a partir dels valors mensuals. El Codi Tècnic de l'Edificació contempla dos casos per determinar la contribució solar en instal·lacions d'A.C.S., en funció del tipus de combustible utilitzat i de la zona climàtica, mentre en el cas de climatització de piscines cobertes només varia en funció de l'últim factor comentat. A continuació, es mostra el criteri de selecció utilitzat en cadascun dels casos:

- Obtenció d'A.C.S.

El CTE dona dues taules de referència, en funció de si la font energètica auxiliar és un combustible, o bé electricitat, aprofitant l'efecte Joule. En aquest projecte es preveu utilitzar biomassa com a combustible auxiliar, amb la qual cosa obtenim la contribució solar necessària per a la producció d'A.C.S. de la taula següent:

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general					
Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Taula 60: contribució solar mínima per generació d'A.C.S. a 60°C, segons el CTE

Per tant, en una zona climàtica IV, com és el nostre cas, la contribució mínima per produir A.C.S. serà del 60%

- Escalfament del vas

Per a l'escalfament de l'aigua de l'aigua del vas, el CTE dóna la següent taula, específica pel al càlcul de piscines cobertes:

Tabla 2.3. Contribución solar mínima en %. Caso Climatización de piscinas					
	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
Piscinas cubiertas	30	30	50	60	70

Taula 61: contribució solar mínima per l'escalfament de l'aigua de piscines cobertes, segons el CTE

5.3. Metodologia de càlcul: el mètode F-Chart

En aquest projecte, els càlculs pel que fa a la instal·lació d'energia solar tèrmica, es duran a terme a partir del mètode de les corbes f (F-Chart), el qual permet realitzar el càlcul de la cobertura d'un sistema solar, és a dir, de la seva contribució a l'aportació de calor total necessari per cobrir les càrregues tèrmiques, i del seu rendiment mig en un llarg període de temps. Tot i ser un mètode àmpliament acceptat com un procés de càlcul suficientment exacte per llargues estimacions, no ha d'aplicar-se per estimacions de tipus setmanal o diari.

Per desenvolupar-lo s'utilitzen dades mensuals mitges meteorològiques, i és perfectament vàlid per determinar el rendiment o factor de cobertura solar en instal·lacions d'escalfament, en tot tipus d'edificis, mitjançant captadors solars plans.

La seva aplicació sistemàtica consisteix en identificar les variables adimensionals del sistema d'escalfament solar i utilitzar la simulació de funcionament mitjançant l'ordinador, per dimensionar les correlacions entre aquestes variables i el rendiment mig per a un llarg període de temps.

La metodologia i fórmules de càlcul emprades pel mètode comentat, es mostren detalladament a l'ANNEX E del present document.

5.4. Obtenció d'A.C.S.

Pràcticament la totalitat dels edificis destinats a la realització d'activitats esportives estan dotats de dutxes, els quals suposen un consum d'aigua calenta sanitària, i en conseqüència requereixen d'una aportació energètica important. A través de la implantació de l'energia solar a l'edifici, s'aconseguirà disminuir dràsticament el consum provinent de fonts energètiques no renovables, i que a més suposen un cost elevat, en haver de fer funcionar contínuament els sistemes d'escalfament més típics, com són les calderes.

La obtenció d'aigua calenta sanitària al nostre recinte es durà a terme a través dels captadors solars, els quals alimentaran els acumuladors on es realitzarà l'intercanvi energètic, aportant així calor a l'aigua de consum fins a fer-la arribar a la temperatura desitjada. En els apartats següents es justificaran tots els conceptes necessaris, a partir dels quals s'ha dimensionat la instal·lació d'energia solar tèrmica, per a la producció d'A.C.S.

5.4.1. Càlcul de la demanda energètica

Per al càlcul de la demanda energètica per a la producció d'A.C.S., el Codi Tècnic de l'Edificació estipula unes demandes d'aigua d'ús de referència, en funció del tipus de local de què es tracti. Es poden veure les demandes comentades a la figura següent, extreta del CTE DB HE 4 d'abril de 2009, el qual especifica que en dutxes col·lectives o vestuaris, per cada servei que s'hagi suposat que es durà a terme a l'edifici diàriament, caldrà aportar un total de 15 litres d'aigua calenta a una temperatura de 60°C:

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

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

Taula 62: demandes de referència per servei, segons DB HE 4

A més, com ja s'havia comentat anteriorment, després de realitzar un estudi d'ús de les instal·lacions per part dels usuaris, s'ha arribat a la conclusió que en un dia, es donen al voltant de 80 serveis d'aigua calenta, obtenint així el volum d'aigua de consum que es mostra tot seguit:

$$V = 80 \text{ serveis} \times 15 \text{ litres/servei} = \mathbf{1200 \text{ litres/dia}}$$

Conegut el volum de consum d'A.C.S., el càlcul de consum energètic es durà a terme mitjançant la següent expressió:

$$E = \frac{C_e \cdot V \cdot (T_a - T_x)}{3600} \left[\frac{KWh}{dia} \right]$$

Eq. 16: demanda tèrmica diària per a la producció d'A.C.S.

On:

- C_e = calor específic = 3.642 KJ/Kg.°C
- T_a = temperatura d'ús de l'aigua = 60 °C
- T_x = temperatura de xarxa de l'aigua (variable en funció del mes)

Les temperatures de xarxa de l'aigua, en funció del mes, són les que es mostren a continuació, extretes de l'IDAE:

Mes	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
Tx (°C)	6	7	9	11	12	13

Mes	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
Tx (°C)	14	13	12	11	9	6

Taula 63: temperatures de xarxa de l'aigua, segons IDAE

Utilitzant l'equació donada, es determinen els valors de demanda tèrmica diària per a la producció d'A.C.S., amb la qual s'obtenen els següents resultats:

Mes	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
E (Kwh/dia)	65.5	64.3	61.9	59.4	58.2	57

Mes	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
E (Kwh/dia)	55.8	57	58.2	58.4	61.9	65.5

Taula 64: demanda tèrmica diària per a la producció d'A.C.S.

5.4.2. Mètode F-Chart. Dades de disseny

Donat que els càlculs es realitzaran a través d'una fulla de càlcul, basada en el mètode F-Chart i les equacions abans mostrades, a continuació es farà un breu resum de les dades principals introduïdes en aquesta, a partir de les quals s'obtingran els resultats, que fonamentalment seran els de superfície de captació i, consegüentment, el nombre de captadors que caldrà instal·lar.

- Dades generals

- Consum diari estimat = 1200 litres
- Contribució solar mínima = 60%
- Azimut = 25°
- Latitud = 38°
- Superfície de captació (per placa) = 2.32 m²
- Inclinació col·lectors = 38°
- Rendiment = 45%

- **Dades mensuals**

Mes	T aigua xarxa (°C)	E (KWh/dia)	Irradiació global mensual (KWh/m ²)	Tamb (°C)
Gener	6	65.5	109.9	11
Febrer	7	64.3	132.4	13
Març	9	61.9	167	16
Abril	11	59.4	183.1	18
Maig	12	58.2	197.4	21
Juny	13	57	207.6	26
Juliol	14	55.8	221.5	30
Agost	13	57	218.1	30
Setembre	12	58.2	183.3	26
Octubre	11	59.4	143.9	21
Novembre	9	61.9	109.6	16
Desembre	6	65.5	93.4	12

Taula 65: dades de disseny mensuals per al dimensionat de la instal·lació d'E.S.T.

5.4.3. Mètode F-Chart. Resultats

Tot i que als annexes del projecte es mostraran totes les fulles de càlcul utilitzades en detall, amb les pertinents fórmules i resultats, en aquest apartat es comentaran breument els resultats més importants obtinguts, a partir dels quals es determina la quantitat de captadors solars que caldrà instal·lar per poder aconseguir el volum d'aigua calenta desitjada.

- **Paràmetres i energia útil obtinguda**

Una vegada introduïdes totes les dades a la fulla de càlcul, s'obtenen els següents resultats, pel que fa als paràmetres de F-Chart comentats a l'apartat d'explicació del mètode (paràmetres D1 i D2), així com el factor solar i l'energia útil que s'obtindria mensualment:

	Facs	D1	D2	f %	Eutil kWh/mes
Gener	0,8993258	0,58	1,63	0,41	840,59
Febrer	0,9110345	0,79	1,65	0,56	1004,02
Març	0,952619	0,93	1,73	0,64	1229,54
Abril	1,0134146	1,10	1,87	0,72	1287,02
Maig	1,0126582	1,17	1,83	0,76	1367,24
Juny	0,9764865	1,30	1,69	0,82	1403,06
Juliol	0,9548571	1,37	1,60	0,85	1474,77
Agost	0,8997143	1,32	1,48	0,84	1487,45
Setembre	0,9243243	1,13	1,57	0,75	1311,85
Octubre	0,9637975	0,84	1,71	0,58	1077,42
Novembre	0,952619	0,63	1,73	0,45	829,72
Desembre	0,8831818	0,49	1,58	0,35	710,60
					14023,27

Taula 66: resultats de paràmetres F-Chart, factor solar i energia útil

- Resultats de captació

En aquesta part, gràcies a la fulla de càlcul s'ha anat iterant amb el nombre de plaques a utilitzar, fins a obtenir els resultats òptims per a la instal·lació. En resum, es pretén que la contribució solar sigui, com a mínim, la donada anteriorment (el 60%), però sempre mantenint el rendiment per sobre del 40%. La dificultat recau en que a mida que anem augmentant el nombre de col·lectors, augmenta la superfície de captació i per tant el factor solar, però en contrapartida el rendiment va disminuint. És per això que s'ha de trobar el punt d'equilibri en què el rendiment es trobi per sobre d'aquest 40% comentat, amb un factor solar igual a superior a 60.

A la instal·lació d'obtenció d'aigua calenta sanitària, això s'obté amb un total de 7 plaques, la qual suposa una superfície de captació de 16.24 m².

L'ús de 7 captadors solars ens permet tenir un rendiment del 44%, amb una contribució solar del 64%, ambdós valors considerablement per sobre dels mínims establerts.

- Resultats d'acumulació

Segons el CTE, per a l'aplicació d'A.C.S., l'àrea total dels captadors tindrà un valor que aconsegueixi la condició:

$$50 < V/A < 180$$

On:

- A = suma de les àrees dels captadors (m²)
- V = volum del dipòsit d'acumulació solar

Llavors, operant aquesta relació veiem que el volum d'acumulació d'aigua haurà de trobar-se entre els següents valors:

$$50 \cdot \text{Superfície captació} < V \text{ acumulació} < 180 \cdot \text{Superfície captació}$$

És a dir:

$$50 \cdot 16.24 < V \text{ acumulació} < 180 \cdot 16.24 \rightarrow 812 < V \text{ acumulació} < 2923.2$$

Per tant, en vista que el volum d'acumulació òptim estarà situat entre 812 i 2923.2 litres, es considera que la opció òptima és utilitzar dos acumuladors amb una capacitat igual a 2000 litres. Més endavant, es comentarà amb més detall el perquè de la necessitat d'instal·lar-ne dos.

5.4.4. Disposició dels col·lectors

En haver d'instal·lar només 7 captadors, aquests es col·locaran en una sola fila. Anirà situada a l'extrem sud de la coberta, a la part més baixa (ja que la coberta presenta un desnivell d'uns 2.5 metres), essent així la primera fila captadora. Com ja s'havia comentat, els 7 col·lectors es dividiran en dos grups: un amb 4 plaques en paral·lel i un altre amb només 3.

Utilitzant la configuració especificada, s'aconsegueix minimitzar la longitud dels trams de canonada que connectaran els captadors amb els acumuladors, ja que aquests es troben

pràcticament a sota de la fila de col·lectors, a la planta soterrani. Conseqüentment, els costos de la instal·lació també es reduiran notablement.

A la figura següent es mostra la distribució projectada pel que fa a les plaques destinades a la producció d'A.C.S. Per veure-la amb més detall, consultar el document "Plànols" del projecte.

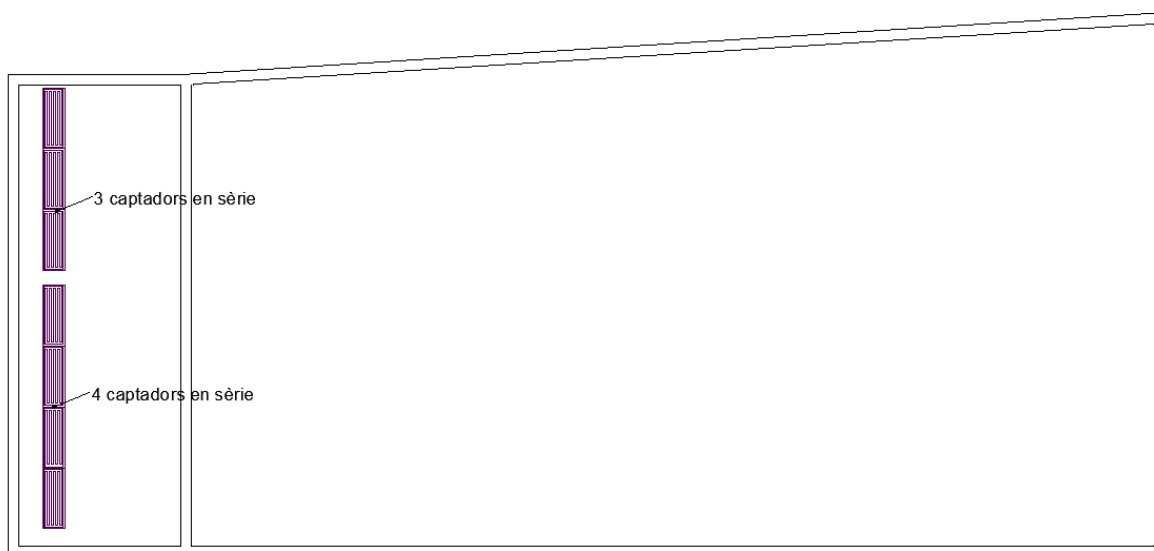


Figura 30: distribució dels captadors destinats a la producció d'A.C.S.

A més, cal dir també que els dos grups de plaques aniran alimentats en paral·lel per la bomba circuladora, situada al grup de bombeig al soterrani. Els grups de captadors aniran equipats amb vàlvules de compensació, per tal de compensar la diferència de cabals i pèrdues de càrrega. Caldrà prendre especial atenció a l'estanqueïtat i durabilitat de les connexions dels captadors

5.4.5. Acumulador A.C.S.

Per poder realitzar l'intercanvi de calor entre els captadors i l'aigua de consum, serà necessària la instal·lació dels acumuladors. Com ja s'havia dit, en caldran dos; un d'ells serà el principal on es durà a terme l'intercanvi d'energia entre col·lectors i aigua calenta sanitària, mentre l'altre estarà alimentat pel sistema auxiliar de producció d'energia, que aportarà al fluid la càrrega calorífica extra que pugués necessitar, en cas que la instal·lació solar patís una avaria, o que senzillament la radiació solar no sigui prou elevada per a aconseguir la temperatura desitjada.

Segons els càlculs, es requereix un volum d'acumulació d'aproximadament 2.000 litres. Sabent això, El model triat és el MVV – RB 2000 de la marca Junkers, el qual presenta les següents característiques, extretes del seu catàleg:

Característica	MVV – RB 2000
Alçada (mm)	2280
Diàmetre (mm)	1360
Espessor de l'aïllament (mm)	80
Conductivitat tèrmica (W/m·K)	0.025
Volum útil (l)	2000
Temperatura màxima de funcionament (°C)	90
Pressió màxima de funcionament (bar)	8

Taula 67: característiques de l'acumulador MVV – RB 2000

Aquest model, segons dicta la normativa, en tenir un volum superior a 750 litres disposa d'una boca d'home de 400 mm, situat a un dels laterals i a prop de terra, essent així fàcilment accessible i permetent l'entrada al dipòsit a una persona de forma senzilla.

L'acumulador haurà d'estar equipat de fàbrica amb els necessaris maneguets d'acoblament, soldats abans del tractament de protecció, per les següents funcions:

- a) Maneguets roscats per a l'entrada d'aigua freda i la sortida d'aigua calenta
- b) Registre embridat per a inspecció de l'interior de l'acumulador i eventual acoblament del serpentí
- c) Maneguets roscats per a l'entrada i sortida del fluid primari
- d) Maneguets roscats per a accessoris com termòmetre i termòstat
- e) Maneguet per al buidat

A més, estarà totalment recobert amb material aïllant i és recomanable disposar una protecció mecànica en xapa pintada al forn, PRFV, o làmina de material plàstica.

5.4.6. Canonades

Les canonades d'aigua distribuiran el fluid des de la bomba d'impulsió, fins als captadors, havent així de determinar les seves respectives seccions, que permetin tenir una velocitat correcta, mantenint les pèrdues a un nivell baix.

El càlcul dels diàmetres de canonada òptims per a la producció d'A.C.S. s'ha dut a terme amb l'ajuda del programa Airpack, on s'han anat introduint els trams de conducte amb les seves respectives longituds, des del grup de bombeig, fins a connectar a cada grup de captadors. En aquest tipus d'aplicacions, el material de canonada més típic és el coure, que és el que s'ha utilitzat també en aquest projecte, amb la distribució que es mostra tot seguit:

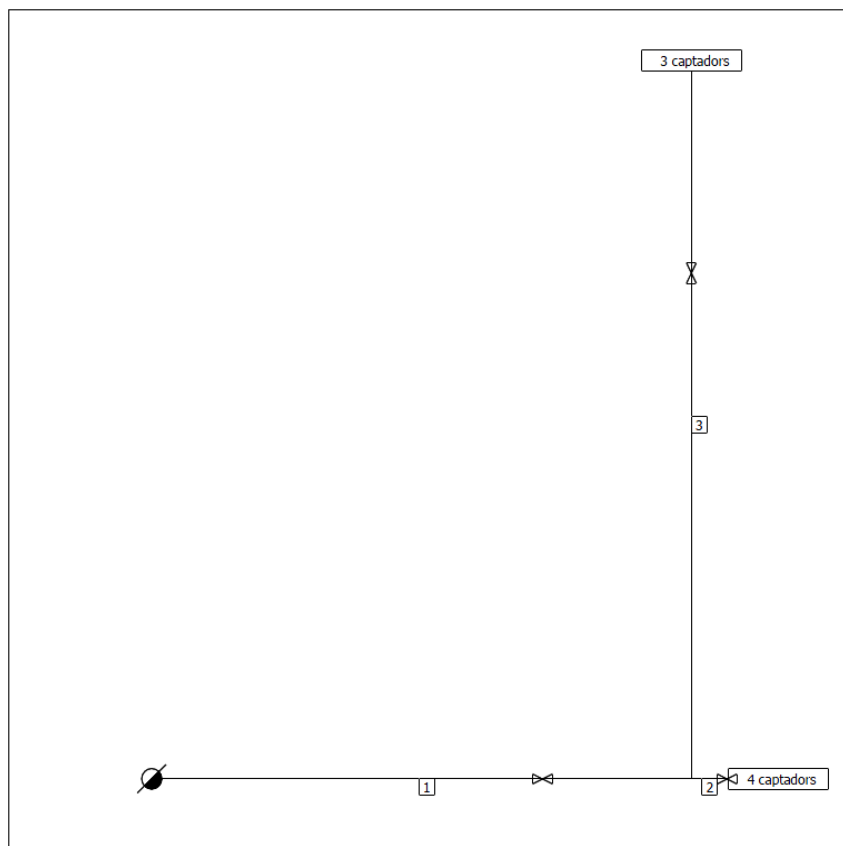


Figura 31: distribució de les canonades d'aigua per a la producció d'A.C.S.

Els trams suposats són:

- Tram 1 : impulsió de l'aigua des del grup de bombeig fins a la coberta
- Tram 2 : connexió entre el tram d'impulsió i el primer grup de 4 captadors
- Tram 3 : connexió entre el tram d'impulsió i el grup de 3 captadors

Una vegada s'han comentat els criteris bàsics de disseny i la distribució, s'exposen els resultats obtinguts per cadascun dels trams:

Planta - Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diàmetre	P.C. lineal (mm.c.a./m)	P.C. total (mm.c.a.)	Nº codos	Vàlvulas	Material
Vista general - 01	7,94	186	14 mm	28,94	649,23	4	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 02	0,55	93	12 mm	20,26	96,50	1	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 03	10,6	93	12 mm	20,26	541,22	3	1	Cobre [0,0015]

Taula 68: resultats de càlcul de les canonades d'aigua per a la producció d'A.C.S., segons Airpack

A més, Airpack proporciona també el valor de pèrdues de càrregues als grups de captadors. Abans, però, s'ha hagut de determinar aquesta pèrdua unitària per cadascun dels col·lectors que, segons el document d'instruccions de planificació de Viessmann per als captadors Vitosol 200-F, és de 10 mmca.

Llavors, als grups amb 4 plaques s'indicarà una pèrdua de pressió de 40 mmca, mentre als que només disposin de 3 col·lectors serà de 30. Amb aquestes consideracions, obtenim la taula que es mostra:

Planta - Climatizador (Tramo)	Caudal (l/h)	P.C. Climatizador + Válvula (mm.c.a.)	P.C. total (mm.c.a.)	P.C. Equilibrado (mm.c.a.)
Vista general - 3 captadors (3)	93	30	1.220,45	Referència
Vista general - 4 captadors (2)	93	40	785,74	434,71

Taula 69: pèrdua de càrrega deguda als captadors

Als annexes del projecte s'inclouen els resultats generats pel programa Airpack, on es poden verificar tots els càlculs i consideracions amb més detall.

S'haurà de tenir en compte que l'aïllament de les canonades d'intempèrie hauran de portar una protecció externa que asseguri la durabilitat front les accions climatològiques, admetent-se revestiments amb pintures asfàltiques, polièsters reforçats amb fibra de vidre o pintures acríliques. L'aïllament no deixarà zones visibles de canonades o accessoris, quedant únicament a l'exterior els elements que siguin necessaris per al bon funcionament i operació dels components.

5.4.7. Vasos d'expansió

A les xarxes de canonades, en augmentar la temperatura, augmenta també el volum de l'aigua i aquest augment va acompanyat d'un increment del volum disponible, degut a la dilatació simultània dels components del circuit.

Aquesta situació provoca un augment de pressió al circuit. Els sistemes d'expansió són els encarregats de compensar aquest augment de volum de l'aigua per tal que la pressió del circuit no sobrepassi la pressió nominal dels seus components. En aquest cas, els vasos hauran de ser capaços de compensar l'augment de volum al circuit que uneix els captadors amb l'acumulador.

En vista de l'aplicació per la qual són requerits, s'utilitzaran vasos tancats, que consisteixen en un recipient o dipòsit d'aigua connectat a la canonada que alberga al seu interior una membrana elàstica formada per una càmera d'aire. En augmentar la pressió de l'aigua, comprimeix aquest aire i augmenta el volum d'aigua al vas, alleujant així l'excés de volum al circuit.

Seguint la metodologia de càlcul de vasos d'expansió tancats que es mostra a l'annex D, segons la norma UNE 100155:2004, s'ha utilitzat una fulla de càlcul, a través de la qual s'han obtingut els resultats següents:

A. Contingut total d'aigua del circuit

A1. Canonades

Diàmetre interior [mm]	Volum unitari [litres/m]	Longitud [m]	Volum [litres]
12	0.1131	22.3	3
14	0.1539	15.88	2
Contingut d'aigua en canonades (litres)			5

Taula 70: contingut d'aigua a les canonades, en litres

A2. Dipòsits i equips

Equips / dipòsits	Volum [litres]
Acumulador	2.000
Contingut d'aigua en dipòsits i equips (litres)	2.000

Taula 71: contingut d'aigua als dipòsits i equips, en litres

A3. Contingut total

Canonades	5
Dipòsits i equips	2.000
Volum de seguretat (20%)	401
Contingut total d'aigua al circuit (litres)	2.406

Taula 72: contingut total d'aigua al circuit, en litres

B. Volum útil del vas d'expansió

Fluid	Aigua + glicol
Concentració de glicol (%)	20
Temperatura màxima (°C)	80
Coeficient d'expansió C_e	0,0326
Volum útil V_u (litres)	78,337

Taula 73: coeficient d'expansió i volum útil del vas d'expansió, en litres

C. Volum total del vas d'expansió

Pressió de tarat de la vàlvula de seguretat (relativa) [bar]	9
Pressió mínima en el vas d'expansió (relativa) [bar]	3
Pressió màxima P_M (absoluta) [bar]	9
Pressió mínima P_m (absoluta) [bar]	3
Coeficient de pressions C_p	1.5
Volum total del vas d'expansió [litres]	117.5

Taula 74: pressions i volum total del vas d'expansió

Per tant, en vista de les dades i resultats, s'utilitzarà un vas d'expansió amb un volum mínim de 117.5 litres. S'instal·larà el vas de la marca Ibaiondo amb codi 03200070, amb un volum de 200 litres i dimensions 485 x 1400 mm, treballant a una pressió màxima de 10 bar.

5.4.8. Bomba de circulació captadors

La bomba de circulació tindrà la funció d'impulsar l'aigua del circuit solar des del grup de bombeig fins als captadors, amb una pressió suficient com per superar les pèrdues de càrrega, tant de les canonades com dels captadors i, per suposat, arribant a l'alçada en què es troben les plaques.

Per tal de seleccionar la bomba idònia per al requisit que se li demana, és necessari determinar abans quin serà el cabal que haurà d'aportar i amb quina pressió ho haurà de fer:

- **Cabal:** segons les instruccions de planificació dels captadors Viessmann 200-F, el fabricant recomana un cabal unitari de $40 \text{ l/h}\cdot\text{m}^2$, que s'haurà de multiplicar per la superfície col·lectora total. Llavors, tindrem el següent cabal:

$$Q_{\text{placa}} = 40 \text{ l/h}\cdot\text{m}^2, \quad \text{per tant:} \quad Q_{\text{TOTAL}} = 40 \times 16.24 \text{ m}^2 = 649.6 \text{ l/h} = \mathbf{0.65 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- **Pressió:** la pressió de funcionament de la bomba haurà de ser, com a mínim, la suma de l'increment d'alçada entre els col·lectors i el grup de bombeig, les pèrdues de pressió a les canonades, i la pèrdua als captadors. Aquestes últimes s'obtenen de l'apartat anterior, "canonades", en el qual es mostraven les pèrdues a cada tram de canonada, essent el total la suma de tots ells. La pèrdua als captadors és el valor de referència de les taules extretes d'Airpack.

Sabent això, la pressió de la bomba haurà de ser:

$$\left. \begin{array}{l} \bullet \text{ Increment d'alçada} = 5.27 \text{ m} \\ \bullet \text{ Pèrdues canonades} = 1.29 \text{ m} \\ \bullet \text{ Pèrdues captadors} = 1.22 \text{ m} \end{array} \right\} H_{\text{bomba}} = 5.27 + 1.29 + 1.22 = \mathbf{7.78 \text{ m}}$$

Per tant, busquem una bomba que sigui capaç d'aportar una alçada de 7.78 metres, amb un cabal de $0.65 \text{ m}^3/\text{h}$. Del catàleg de bombes SACI, escollim el model CM50/1000, que ofereix la corba de funcionament que es mostra tot seguit:

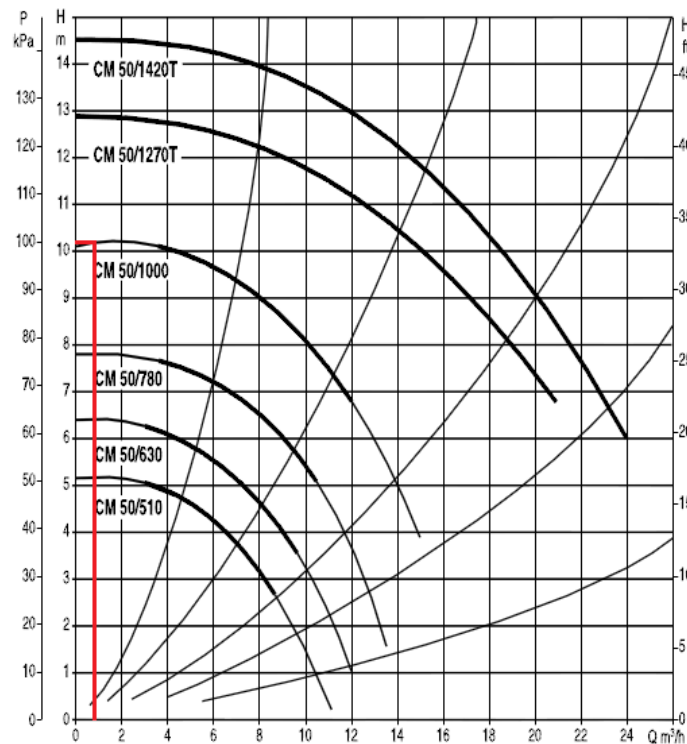


Figura 32: corba de funcionament de la bomba SACI CM50/1000

5.4.9. Grup de control

El grup de control és la part electrònica de la instal·lació, encarregada de llegir les dades rebudes dels diferents sensors de temperatura i/o pressió, per poder actuar sobre els grups de bombeig, engegant o aturant les bombes, segons sigui més adient.

Pel que fa al funcionament de la instal·lació solar, la centraleta estarà dotada amb els següents sensors:

- Sensor de temperatura ambient exterior
- Sensor de temperatura d'aigua calenta a la sortida dels captadors
- Sensor de temperatura dels acumuladors
- Sensor de temperatura de sortida d'aigua calenta del sistema auxiliar

I a més, haurà de poder actuar sobre els següents elements:

- Grup de bombeig dels captadors
- Bomba de circulació del sistema auxiliar d'energia

Segons especifica el CTE, en circulació forçada, el control de funcionament normal de les bombes del circuit de captadors, haurà de ser sempre de tipus diferencial i, haver dipòsit d'acumulació, haurà d'actuar en funció de la diferència entre la temperatura del fluid portador a la sortida de la bateria dels captadors i la del dipòsit d'acumulació. Els sistema de control actuarà i estarà ajustat de manera que les bombes no estiguin en marxa quan la diferència de temperatures sigui menor de 2 °C i no estiguin aturades quan la diferència sigui major de 7 °C. La diferència de temperatures entre els punts d'arrencada i de parada del termòstat diferencial no serà menor de 2 °C.

Vistos els requisits, s'utilitzarà la centraleta auroMATIC VRS 560 de Vaillant, que de forma resumida serà l'encarregada d'activar i desactivar el circuit primari quan les condicions permetin obtenir A.C.S. a partir dels captadors i desactivar-lo quan no sigui possible, en tenir per exemple una temperatura exterior massa baixa, produint així un consum energètic totalment inútil.

Activarà el circuit secundari quan el primari no estigui generant prou aigua calenta, aportant així l'energia extra que necessiti. Amb això, s'arriba a la conclusió que ambdós circuits tant podrien estar treballant conjuntament, com per separat segons les condicions que es donin en cada cas.

Adicionalment, el sistema de control assegurarà que en cap cas s'arribin a assolir temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits, així com també garantirà que en cap punt la temperatura del fluid de treball descendeixi per sota d'una temperatura tres graus superior a la de congelació del fluid.

5.5. Escalfament del vas

El fet d'escalfar l'aigua d'una piscina, degut a les seves dimensions i al volum de fluid que això comporta, suposa una despesa energètica enorme. Mitjançant únicament sistemes de generació d'energia no renovables, aquesta seria una opció difícilment viable, degut a l'elevat cost econòmic que això suposaria.

Per aquest motiu, en aquest projecte tal com s'ha vist amb l'A.C.S., l'aigua del vas s'escalfarà a través de captadors solars, que traspassaran l'energia a l'aigua de la piscina elevant així la seva temperatura, tot i que en aquest cas es farà mitjançant intercanviadors

de calor, en comptes d'acumuladors. A més, el càlcul de la demanda energètica també serà sensiblement diferent, degut a que caldrà considerar les pèrdues de transmissió, renovació, evaporació, etc. que succeiran al vas.

5.5.1. Càlcul de la demanda energètica

Per determinar la demanda energètica que suposarà el fet d'escalfar l'aigua de la piscina, caldrà sumar totes les pèrdues que s'hi generen diàriament, és a dir, pèrdues per radiació, transmissió, convecció, evaporació i renovació. Cal dir que totes aquestes pèrdues ja havien estat calculades prèviament a l'apartat "4.1.8. Altres aportacions", on es determinava la càrrega tèrmica del local, necessària per realitzar-ne la climatització. Recordem els resultats obtinguts a la següent taula:

Càrrega	Tipus	Resultat eq.	Factor de càlcul	Potència (W)
Radiació	Sensible	-11.52 W/m ²	312.5 m ²	-3.600
Convecció		-1.574 W/m ²	312.5 m ²	-491'875
Renovació		1920784'69 KJ/dia	14h/dia	38.111
Transmissió		13922 W	-	13.922
Evaporació	Latent	58.19 Kg/h	2272 J/g	36.724'35

Taula 75: taula resum de les càrregues generades a la piscina

Tots els resultats mostrats són de potències tèrmiques, és a dir, l'energia que caldria aportar per segon que, sabent que el recinte municipal només funcionarà 14 hores al dia, ens permet fer una estimació de l'energia diària que cal aportar, o dit d'una altra manera, la demanda energètica.

A la taula següent es mostren aquests valors energètics, valorant les hores de funcionament de la piscina. La càrrega per renovació no es té en compte encara, ja que, en dependre de la temperatura de l'aigua de xarxa, variarà mensualment, en funció dels valors que s'havien obtingut de l'IDAE. Es pot veure com per a l'evaporació es consideren 14 hores, mentre a la resta 24. Això és degut a que l'evaporació succeirà fonamentalment mentre hi hagi afluència de banyistes al vas, mentre tant la radiació, com convecció i transmissió es duren a terme al llarg de tot el dia, hi hagi o no usuaris a la instal·lació:

Tipus pèrdua	Pèrdua (W)	hores	Pèrdua diària (KWh)
Radiació	-3600	24	-86,40
Convecció	-491,875	24	-11,81
Transmissió	13922	24	334,13
Evaporació	36724,35	14	514,14
		TOTAL	750,06

Taula 76: càlcul de les pèrdues energètiques a la piscina

Al valor energètic obtingut, 750.06 KWh, només caldrà sumar-hi les pèrdues per renovació generades diàriament, que tindran com a valor el producte del volum, per la calor específica de l'aigua, i pel salt tèrmic entre l'aigua de xarxa i la de funcionament, que s'ha considerat de 25°C. Els resultats són els que es mostren tot seguit:

Mes	T aigua freda [°C]	V renov. [L]	Pèrdues ren. [KJ/dia]	Pèrdues ren. [KW/dia]	Pèrdues ren. [KWh]
Gener	6	31.25	2.482.646,88	49,26	689,62
Febrer	7	31.25	2.351.981,25	46,67	653,33
Març	9	31.25	2.090.650,00	41,48	580,74
Abril	11	31.25	1.829.318,75	36,30	508,14
Maig	12	31.25	1.698.653,13	33,70	471,85
Juny	13	31.25	1.567.987,50	31,11	435,55
Juliol	14	31.25	1.437.321,88	28,52	399,26
Agost	13	31.25	1.567.987,50	31,11	435,55
Setembre	12	31.25	1.698.653,13	33,70	471,85
Octubre	11	31.25	1.829.318,75	36,30	508,14
Novembre	9	31.25	2.090.650,00	41,48	580,74
Desembre	6	31.25	2.482.646,88	49,26	689,62

Taula 77: pèrdues energètiques per renovació, en KWh

Aleshores, la pèrdua total, i en conseqüència la demanda energètica per a escalfar l'aigua de la piscina, serà la suma diària de pèrdues per radiació, convecció, transmissió i evaporació, més la diària per renovació. Amb aquest criteri, a continuació es pot veure la taula on es determina aquesta demanda tèrmica diària i mensual:

Mes	Pèrdua R+C+T+E (KWh)	Pèrdua ren. (KWh)	Demanda dària [KWh/dia]	Dies mensuals	Demanda mensual [KWh/mes]
Gener	750,06	689,62	1.439,69	31	44.630,33
Febrer	750,06	653,33	1.403,39	28	39.294,98
Març	750,06	580,74	1.330,80	31	41.254,80
Abril	750,06	508,14	1.258,21	30	37.746,24
Maig	750,06	471,85	1.221,91	31	37.879,27
Juny	750,06	435,55	1.185,62	30	35.568,48
Juliol	750,06	399,26	1.149,32	31	35.628,92
Agost	750,06	435,55	1.185,62	31	36.754,10
Setembre	750,06	471,85	1.221,91	30	36.657,36
Octubre	750,06	508,14	1.258,21	31	39.004,45
Novembre	750,06	580,74	1.330,80	30	39.924,00
Desembre	750,06	689,62	1.439,69	31	44.630,33

Taula 78: demandes diàries i mensuals per a l'escalfament de l'aigua de la piscina

Sumant la demanda obtinguda cada mes, obtenim la demanda tèrmica anual que, segons els càlculs, valdrà 468.973,25 KWh/any. Això, convertit a potència, dóna un total de 91,77 KW, que és la potència tèrmica que caldrà aportar a l'aigua, per tal de mantenir-la a les condicions desitjades.

5.5.2. Mètode F-Chart. Dades de disseny

Donat que els càlculs es realitzaran a través d'una fulla de càlcul, basada en el mètode F-Chart i les equacions mostrades a l'apartat 5.3., a continuació es farà un breu resum de les dades principals introduïdes en aquesta, a partir de les quals s'obtiniran els resultats, que fonamentalment seran els de superfície de captació i, consegüentment, el nombre de captadors que caldrà instal·lar.

- Dades generals

- Temperatura de funcionament de l'aigua = 25 °C
- Contribució solar mínima = 60%
- Azimut = 25°

- Latitud = 38°
- Superfície de captació (per placa) = 2.32 m²
- Incl·inació col·lectors = 38°
- Rendiment = 45%

- Dades mensuals

Mes	T aigua xarxa (°C)	Demanda (KWh/dia)	Irradiació global mensual (KWh/m ²)	Tamb (°C)
Gener	6	1.439,69	109.9	11
Febrer	7	1.403,39	132.4	13
Març	9	1.330,80	167	16
Abril	11	1.258,21	183.1	18
Maig	12	1.221,91	197.4	21
Juny	13	1.185,62	207.6	26
Juliol	14	1.149,32	221.5	30
Agost	13	1.185,62	218.1	30
Setembre	12	1.221,91	183.3	26
Octubre	11	1.258,21	143.9	21
Novembre	9	1.330,80	109.6	16
Desembre	6	1.439,69	93.4	12

Taula 79: dades de disseny mensuals per al dimensionat de la instal·lació d'E.S.T.

5.5.3. Mètode F-Chart. Resultats

Tot i que als annexes del projecte es mostraran totes les fulles de càlcul utilitzades en detall, amb les pertinents fórmules i resultats, en aquest apartat es comentaran breument els resultats més importants obtinguts, a partir dels quals es determina la quantitat de captadors solars que caldrà instal·lar per poder aconseguir el volum d'aigua calenta desitjada.

- Paràmetres i energia útil obtinguda

Una vegada introduïdes totes les dades a la fulla de càlcul, s'obtenen els següents resultats, pel que fa als paràmetres de F-Chart comentats a l'apartat d'explicació del mètode (paràmetres D1 i D2), així com el factor solar i l'energia útil que s'obtindria mensualment:

Mes	Facs	D1	D2	F [%]	Eutil [KWh/mes]
Gener	0,4352809	0,476	0,733	39%	17297,60
Febrer	0,43632184	0,651	0,737	52%	20406,00
Març	0,46095238	0,782	0,792	60%	24948,07
Abril	0,5097561	0,938	0,905	69%	26122,26
Maig	0,48987342	1,007	0,863	73%	27771,38
Juny	0,41837838	1,128	0,711	80%	28586,54
Juliol	0,36485714	1,202	0,605	84%	30071,40
Agost	0,30971429	1,147	0,498	83%	30357,93
Setembre	0,36621622	0,966	0,604	73%	26651,36
Octubre	0,44101266	0,713	0,754	56%	21888,33
Novembre	0,46095238	0,531	0,792	43%	17032,68
Desembre	0,41386364	0,404	0,689	33%	14826,24
				TOTAL	285959,77

Taula 80: resultats de paràmetres F-Chart, factor solar i energia útil

- Resultats de captació

Exactament igual com per al càlcul de la superfície de captació d'A.C.S. necessària, gràcies a la fulla de càlcul s'ha anat iterant amb el nombre de plaques a utilitzar, fins a obtenir els resultats òptims per a la instal·lació. En resum, es pretén que la contribució solar sigui, com a mínim, la donada anteriorment (el 60%), però sempre mantenint el rendiment del captador per sobre del 40%, condició que especifica el Codi Tècnic de

l'Edificació DB HE4. Com ja s'havia comentat, la dificultat la teníem en que a mida que anem augmentant el nombre de col·lectors, augmenta la superfície de captació i per tant el factor solar, però en contrapartida el rendiment va disminuint.

A la instal·lació d'obtenció d'aigua calenta per al vas, s'ha obtingut el punt d'equilibri, en què aconseguim una contribució solar superior al 60%, sense estar per sota del rendiment mínim comentat, utilitzant un nombre mínim total de 126 plaques, les quals suposen una superfície de captació de 292.32 m².

L'ús de 126 captadors solars ens permet tenir un rendiment del 50%, amb una contribució solar del 61%. Com es pot veure fàcilment, el nombre de col·lectors que caldrà instal·lar és molt elevat, i la principal dificultat la podríem trobar en la superfície disponible a la coberta de l'edifici, la qual podria no ser suficient. No obstant, en el nostre cas, el recinte disposa d'espai més que suficient per a la instal·lació de totes les plaques necessàries, tal com es mostrarà amb més detall a l'apartat de distribució de captadors.

- Resultats d'acumulació

Donat que el sistema d'intercanvi de calor per a l'aigua de la piscina no es durà a terme mitjançant acumuladors, sinó intercanviadors, i que el volum d'acumulació hauria de ser enorme, la instal·lació d'energia solar destinada a escalfar l'aigua del vas, no disposarà d'acumuladors de cap tipus.

A més, el CTE especifica que per a instal·lacions de climatització de piscines, no es podrà fer ús de cap volum d'acumulació, tot i que es podria utilitzar un petit emmagatzematge d'inèrcia al primari.

5.5.4. Disposició dels col·lectors

La bona distribució dels captadors solars a la instal·lació destinada a escalfar l'aigua del vas, és un aspecte amb gran importància, ja que el nombre de plaques a instal·lar és molt gran, i es podria donar la situació en què l'espai no fos suficient. A més, una altra dificultat a tenir en compte és el desnivell que presenta la coberta, i que haurà de ser superat per les canonades d'aigua.

En vista que el nombre de plaques a instal·lar és de 126, es col·locaran distribuïdes en 18 files de 7 captadors i començant automàticament després de la fila de col·lectors destinats

a la producció d'A.C.S., a la distància mínima calculada a l'apartat "5.2.5. Separació entre plaques".

Els captadors estaran distribuïts a la coberta amb dues files situades a la part baixa d'aquesta, i les 16 restants a la part alta, uns 2,5 metres més elevada. A més, tal com s'havia dit prèviament, cada fila anirà dividida en un grup de 4 captadors en paral·lel i un altre de 3, cadascun d'ells alimentat en paral·lel, i començant primer per tots els grups de 4 plaques, per després retornar cap a l'intercanviador passant pels de 3. Igual com en el cas de l'aigua calenta sanitària, els grups de captadors aniran equipats amb vàlvules de compensació, per tal de compensar la diferència de cabals i pèrdues de càrrega. Caldrà prendre especial atenció a l'estanqueïtat i durabilitat de les connexions dels captadors.

Utilitzant la configuració especificada, s'aconsegueix minimitzar la longitud dels trams de canonada que connectaran els captadors amb els intercanviadors, ja que, donat que les canonades hauran de "donar la volta" per la coberta fent l'anada i la tornada per tal de distribuir l'aigua a tots els captadors, els trams d'impulsió i retorn començaran i acabaran respectivament molt propers l'un de l'altre.

A més, cal comentar també que el primer tram d'impulsió, on comença el primer grup de captadors, es troba a escassos dos metres de la zona habilitada per albergar els muntants d'aigua, tant d'A.C.S., com d'escalfament de l'aigua del vas. Tots aquests aspectes comentats, finalment es reflectiran en una reducció dels costos de la instal·lació.

A la figura següent es mostra la distribució projectada pel que fa a les plaques destinades a la producció d'A.C.S. Per veure-la amb més detall, consultar el document "Plànols" del projecte.

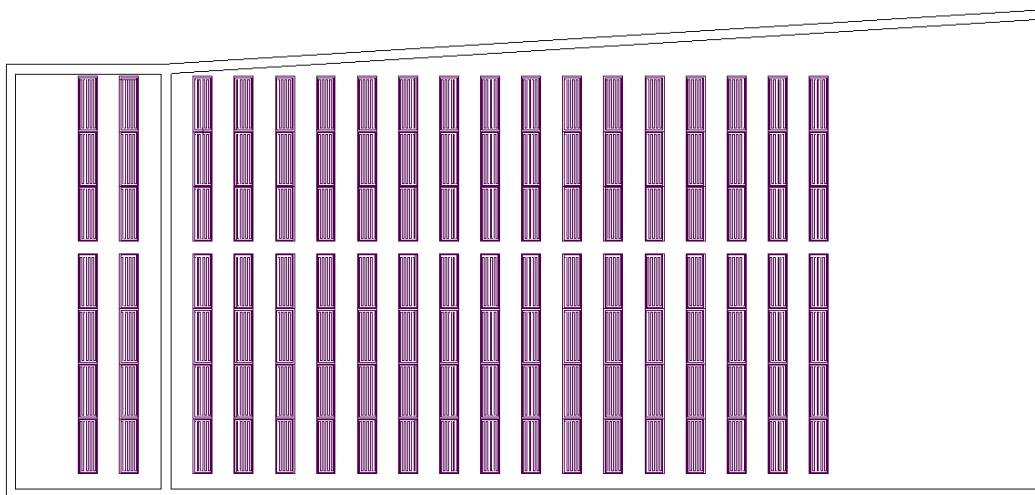


Figura 33: distribució dels captadors destinats a l'escalfament de l'aigua del vas

5.5.5. Canonades

Les canonades d'aigua seran les encarregades de distribuir el fluid, des de la bomba d'impulsió, fins als captadors, havent així de determinar les seves respectives seccions, que permetin tenir una velocitat correcta, mantenint les pèrdues a un nivell baix. En aquest tipus d'aplicacions, el material de canonada més típic és el coure, que és el que s'ha utilitzat també en aquest projecte, amb la distribució que es mostra tot seguit:

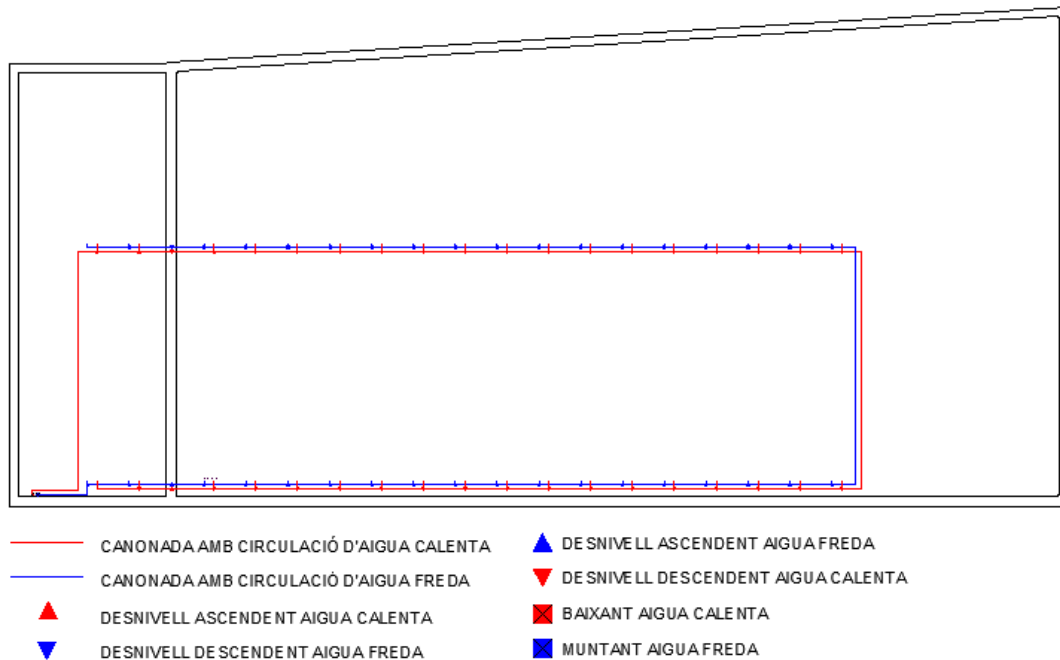


Figura 34: distribució de les canonades d'aigua, destinades a l'escalfament de l'aigua del vas

Com es pot veure a la figura mostrada, partint de la canonada muntant, primer s'alimenten tots els grups de 4 captadors, superant el desnivell de 2.5 metres que presenta la coberta. Un cop alimentats tots ells, es retorna cap al punt baixant, fent el mateix recorregut a la inversa, alimentant els grups de 3 captadors en el transcurs.

El càlcul dels diàmetres de canonada òptims per a la l'escalfament de l'aigua del vas. s'ha dut a terme amb l'ajuda del programa Airpack, on s'han anat introduint els trams de conducte amb les seves respectives longituds, des del grup de bombeig, fins a connectar a cada grup de captadors.

Els trams en què s'ha dividit la instal·lació són:

- Tram 1 : impulsió de l'aigua des del grup de bombeig fins a la coberta

- Trams 2, 3 : connexió entre el tram d'impulsió i els primer 2 grups de 4 captadors
- Tram 4 : tram de superació del desnivell de la coberta a l'anada
- Trams 5 – 35: connexió amb els grups de 4 captadors
- Tram 36: tram de retorn i inici dels grups de 3 captadors
- Trams 37 – 67: connexió amb els grups de 3 captadors
- Tram 68: tram de superació del desnivell de la coberta a la tornada
- Tram 69 – 71: connexió amb els últims dos grups de 3 captadors

Una vegada s'han comentat els criteris bàsics de disseny i la distribució, s'exposen els resultats obtinguts per cadascun dels trams:

Planta - Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diàmetre	P.C. lineal (mm.c.a./m)	P.C. total (mm.c.a.)	Nº codos	Válvulas	Material
Vista general - 01	8,47	3.348	42 mm	18,48	578,76	3	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 02	1,78	3.255	42 mm	17,59	112,05	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 03	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 04	5,67	3.162	35 mm	39,85	685,41	2	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 05	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 06	1,78	3.069	35 mm	37,80	225,72	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 07	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 08	1,78	2.976	35 mm	35,81	213,17	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 09	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 10	1,78	2.883	35 mm	33,86	200,96	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 11	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 12	1,78	2.790	35 mm	31,96	189,09	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 13	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 14	1,78	2.697	35 mm	30,10	177,56	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 15	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 16	1,78	2.604	35 mm	28,30	166,37	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 17	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 18	1,78	2.511	35 mm	26,55	155,52	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 19	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 20	1,78	2.418	35 mm	24,84	145,02	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 21	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 22	1,78	2.325	35 mm	23,19	134,86	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 23	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 24	1,78	2.232	35 mm	21,59	125,05	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 25	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 26	1,78	2.139	35 mm	20,03	115,59	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 27	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 28	1,78	2.046	35 mm	18,53	106,48	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 29	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 30	1,78	1.953	35 mm	17,08	97,72	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 31	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 32	1,78	1.860	35 mm	15,68	89,31	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 33	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 34	1,78	1.767	35 mm	14,34	81,25	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 35	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 36	11,96	1.674	35 mm	13,04	339,15	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 37	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 38	1,78	1.581	28 mm	36,65	193,26	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 39	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 40	1,78	1.488	28 mm	32,96	172,95	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 41	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 42	1,78	1.395	28 mm	29,44	236,38	2	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 43	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 44	1,78	1.302	28 mm	26,10	135,48	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 45	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 46	1,78	1.209	28 mm	22,93	118,34	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 47	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]

Vista general - 48	1,78	1.116	28 mm	19,95	102,28	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 49	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 50	1,78	1.023	28 mm	17,14	87,31	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 51	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 52	1,78	930	28 mm	14,53	73,43	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 53	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 54	1,78	837	28 mm	12,10	60,67	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 55	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 56	1,78	744	22 mm	34,19	161,43	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 57	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 58	1,78	651	22 mm	27,12	126,94	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 59	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 60	1,78	558	22 mm	20,77	96,27	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 61	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 62	1,78	465	18 mm	37,66	167,54	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 63	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 64	1,78	372	18 mm	25,62	112,65	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 65	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 66	1,78	279	16 mm	28,77	122,62	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 67	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 68	5,67	186	14 mm	28,94	344,40	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 69	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 70	1,93	93	12 mm	20,26	164,04	1	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 71	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]

Taula 81: resultats de càlcul de les canonades d'aigua per a l'escalfament de l'aigua del vas, segons Airpack

A més, Airpack proporciona també el valor de pèrdues de càrregues als grups de captadors. Abans, però, s'ha hagut de determinar aquesta pèrdua unitària per cadascun dels col·lectors que, segons el document d'instruccions de planificació de Viessmann per als captadors Vitosol 200-F, és de 10 mmca.

Llavors, als grups amb 4 plaques s'indicarà una pèrdua de pressió de 40 mmca, mentre als que només disposin de 3 col·lectors serà de 30. Amb aquestes consideracions, obtenim la taula que es mostra:

Planta - Climatizador (Tramo)	Caudal (l/h)	P.C. Climatizador + Válvula (mm.c.a.)	P.C. total (mm.c.a.)	P.C. Equilibrado (mm.c.a.)
Vista general - 3 captadors 19 (39)	93	30	4.054,71	2.390,33
Vista general - 3 captadors 20 (41)	93	30	4.247,97	2.197,07
Vista general - 3 captadors 21 (43)	93	30	4.420,92	2.024,12
Vista general - 3 captadors 22 (45)	93	30	4.657,29	1.787,74
Vista general - 3 captadors 23 (47)	93	30	4.792,77	1.652,26
Vista general - 3 captadors 24 (49)	93	30	4.911,12	1.533,92
Vista general - 3 captadors 25 (51)	93	30	5.013,40	1.431,64
Vista general - 3 captadors 26 (53)	93	30	5.100,71	1.344,33
Vista general - 3 captadors 27 (55)	93	30	5.174,14	1.270,90
Vista general - 3 captadors 28 (57)	93	30	5.234,81	1.210,23
Vista general - 3 captadors 29 (59)	93	30	5.396,23	1.048,80
Vista general - 3 captadors 30 (61)	93	30	5.523,17	921,86
Vista general - 3 captadors 31 (63)	93	30	5.619,44	825,60
Vista general - 3 captadors 32 (65)	93	30	5.786,98	658,06
Vista general - 3 captadors 33 (67)	93	30	5.899,63	545,41
Vista general - 4 captadors 1 (3)	93	40	704,41	5.740,63
Vista general - 4 captadors 10 (21)	93	40	2.830,26	3.614,78
Vista general - 4 captadors 11 (23)	93	40	2.975,28	3.469,75
Vista general - 4 captadors 12 (25)	93	40	3.110,15	3.334,89
Vista general - 4 captadors 13 (27)	93	40	3.235,20	3.209,83
Vista general - 4 captadors 14 (29)	93	40	3.350,80	3.094,24
Vista general - 4 captadors 15 (31)	93	40	3.457,27	2.987,76
Vista general - 4 captadors 16 (33)	93	40	3.554,99	2.890,05

Vista general - 4 captadors 17 (35)	93	40	3.644,30	2.800,74
Vista general - 4 captadors 18 (37)	93	40	3.725,56	2.719,48
Vista general - 4 captadors 2 (5)	93	40	816,46	5.628,58
Vista general - 4 captadors 3 (7)	93	40	1.501,87	4.943,17
Vista general - 4 captadors 4 (9)	93	40	1.727,59	4.717,45
Vista general - 4 captadors 5 (11)	93	40	1.940,76	4.504,28
Vista general - 4 captadors 6 (13)	93	40	2.141,72	4.303,32
Vista general - 4 captadors 7 (15)	93	40	2.330,81	4.114,23
Vista general - 4 captadors 8 (17)	93	40	2.508,37	3.936,67
Vista general - 4 captadors 9 (19)	93	40	2.674,74	3.770,30
Vista general - Clim 34 (69)	93	30	6.022,25	422,79
Vista general - Clim 35 (71)	93	30	6.366,65	78,39

Taula 82: pèrdua de càrrega deguda als captadors

Totes les pèrdues de càrrega mostrades, juntament amb les de les canonades, ens permetran determinar la pressió que haurà d'aportar la bomba, per poder subministrar aigua des del grup de bombeig fins als captadors.

Als annexes del projecte s'inclouen tots els resultats complerts generats pel programa Airpack, on es poden verificar tots els càlculs i consideracions amb més detall.

A més, s'haurà de tenir en compte que l'aïllament de les canonades d'intempèrie hauran de portar una protecció externa que asseguri la durabilitat front les accions climatològiques, admetent-se revestiments amb pintures asfàltiques, polièsters reforçats amb fibra de vidre o pintures acríliques. L'aïllament no deixarà zones visibles de canonades o accessoris, quedant únicament a l'exterior els elements que siguin necessaris per al bon funcionament i operació dels components.

5.5.6. Bomba circulació captadors

La bomba de circulació tindrà la funció d'impulsar l'aigua del circuit solar des del grup de bombeig fins als captadors, amb una pressió suficient com per superar les pèrdues de càrrega, tant de les canonades com dels captadors

Com ja s'havia fet per la obtenció d'A.C.S., per tal de seleccionar la bomba idònia per al requisit que se li demana, és necessari determinar abans quin serà el cabal que haurà d'aportar i amb quina pressió ho haurà de fer:

- **Cabal:** segons les instruccions de planificació dels captadors Viessmann 200-F, el fabricant recomana un cabal unitari de $40 \text{ l/h}\cdot\text{m}^2$, que s'haurà de multiplicar per la superfície col·lectora total. Llavors, tindrem el següent cabal:

$$Q_{\text{placa}} = 40 \text{ l/h}\cdot\text{m}^2, \quad \text{per tant:} \quad Q_{\text{TOTAL}} = 40 \times 292.32 \text{ m}^2 = 11.692,8 \text{ l/h} = \mathbf{11.7 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- **Pressió:** la pressió de funcionament de la bomba haurà de ser, com a mínim, la suma de l'increment d'alçada entre els col·lectors i el grup de bombeig, les pèrdues de pressió a les canonades, la pèrdua primària a l'intercanviador (que es mostrarà més endavant), i la pèrdua als captadors, que serà el valor de "referència", segons les taules extretes d'Airpack. Sabent això, la pressió de la bomba haurà de ser:

- Increment d'alçada = 7,77 m
- Pèrdues canonades = 9,41 m
- Pèrdues captadors = 5,9 m
- Pèrdues intercanviador = 3.92 m

$$H_{\text{bomba}} = 7,77 + 9,41 + 5,9 + 3,92 = 27 \text{ m}$$

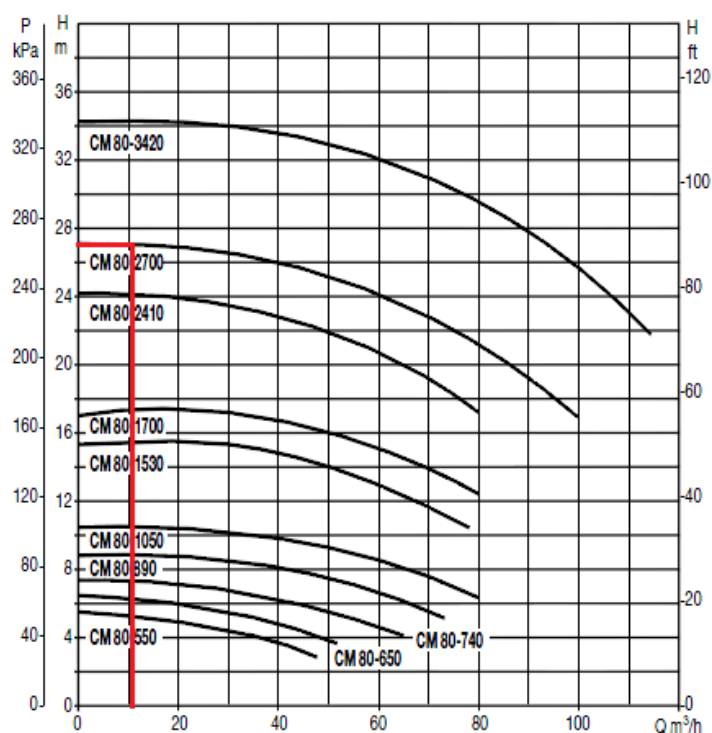


Figura 35: corba de funcionament de la bomba SACI CM80-2700

Segons indica el Codi Tècnic de l'Edificació, DB HE 4, en tenir una instal·lació superior a 50 m², es muntaran dues bombes idèntiques en paral·lel, deixant una de reserva, tant en el circuit primari com en el secundari. A més, caldrà preveure el funcionament alternatiu de les mateixes, de forma manual.

A més, diu també que en instal·lacions de climatització de piscines la disposició dels elements serà la següent: el filtre ha de col·locar-se sempre entre la bomba i els captadors, i el sentit de la corrent ha de ser bomba-filtre-captadors; per evitar que la resistència d'aquest provoqui una sobrepressió perjudicial als captadors, prenent especial atenció al

seu manteniment. La impulsió de l'aigua calenta es farà per la part inferior de la piscina, quedant la impulsió d'aigua freda a superfície.

5.5.7. Intercanvi entre els captadors i el vas

En aquest apartat es comentaran els aspectes bàsics del mètode d'intercanvi energètic que s'utilitzarà per a l'escalfament de l'aigua de la piscina, així com el càlcul dels diferents elements necessaris perquè tot funcioni correctament, com són bombes, vasos d'expansió i canonades.

5.5.7.1. Sistema d'intercanvi

El traspàs energètic dels captadors a l'aigua del vas, es realitzarà mitjançant intercanviadors de calor, pels quals circularan simultàniament ambdós fluids, intercanviant així energia l'un amb l'altre.

S'utilitzaran dos intercanviadors: el primari serà l'encarregat d'intercanviar calor de l'aigua procedent dels captadors, mentre el secundari ho farà a partir de l'aigua calenta provinent del sistema auxiliar d'energia, i que podrà funcionar en solitari, o bé conjuntament amb els captadors, en cas que simplement es requereixi una aportació energètica extra. S'utilitzarà el mateix model d'intercanviador de calor pels dos casos.

Per tal d'alimentar-los, s'utilitzaran dues bombes en paral·lel, tot i que una d'elles serà l'encarregada de dur a terme la recirculació del fluid directament a la piscina, sense passar per cap sistema d'intercanvi.

La selecció entre l'intercanviador primari i el secundari, la farà una vàlvula de 3 vies motoritzada, controlada pel grup de control electrònic. La seva funció principal és fer que aqan l'energia captada per les plaques solars sigui suficient per a escalfar l'aigua del vas, s'utilitzarà el circuit primari, mentre quan no s'estigui captant prou calor, l'aigua passarà pel circuit secundari.

5.5.7.2. Intercanviadors

El model d'intercanviadors escollit haurà de complir uns certs requisits, recollits al Codi Tècnic de l'Edificació, DB HE4, que són:

- $P [W] \geq 500 \cdot \text{Àrea captadors (m}^2\text{)}$
- $\text{Sintercanvi} / \text{Scaptadors} > 0.15$

Si operem aquestes restriccions, obtenim que:

- $P \geq 500 \cdot 292.32 = 146.160 \text{ W} = 146,16 \text{ KW} = \mathbf{125.674,98 \text{ Kcal/h}}$
- $\text{Sintercanvi} > \text{Scaptadors} \cdot 0.15 = 292.32 \cdot 0.15 = \mathbf{43.84 \text{ m}^2}$

Aleshores, segons el CTE els nostres intercanviadors hauran de tenir obligatòriament una superfície mínima de 43.82 m^2 d'intercanvi, amb una potència mínima de $125.674,98 \text{ Kcal/h}$. No obstant, aquesta potència ens quedarà encara més acotada, ja que el valor límit el marcarà el sistema auxiliar de producció d'energia, el qual se sap que aportarà una potència de 220 KW , tal com es veurà a l'apartat "5.6. Sistema auxiliar d'energia".

Per tant, la potència de l'intercanviador haurà de ser igual o superior a aquests 220 KW o, dit d'una altra manera, de 189.166 Kcal/h . Del catàleg de Comeval, es tria el model S4A – 45TL, un intercanviador de calor aigua-aigua per plaques que presenta aquestes especificacions:

- Potència = $200.000 \text{ Kcal/h} = 232.6 \text{ KW}$
- Cabal primari = $13.64 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pèrdua de càrrega primària = $0.381 \text{ bar} = 3.92 \text{ m}$
- Cabal secundari = $5.75 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pèrdua de càrrega secundària = $0.093 \text{ bar} = 0.95 \text{ mca}$

Llavors, veiem com el requisit de potència el compleix amb força marge i, pel que fa a la superfície d'intercanvi, aquest tipus d'intercanviadors permeten l'addició o extracció de plaques, augmentant o disminuint la superfície d'intercanvi al gust de l'usuari, i ajustant-la així a les nostres necessitats.

Vista tota la informació necessària, s'instal·laran dos intercanviadors Comeval S4A – 45TL, un alimentat pels captadors solars i l'altre pel sistema auxiliar d'energia.

5.5.7.3. Canonades vas-intercanviador

Seràn les encarregades de transportar l'aigua del vas i connectar-la amb els intercanviadors de calor. L'objectiu d'aquest apartat és mirar de determinar les seccions que aportin una velocitat correcta, mantenint les pèrdues a un nivell baix. En aquest tipus d'aplicacions, el material de canonada més típic és el coure, que és el que s'ha utilitzat també en aquest projecte, amb la distribució que es mostra tot seguit:

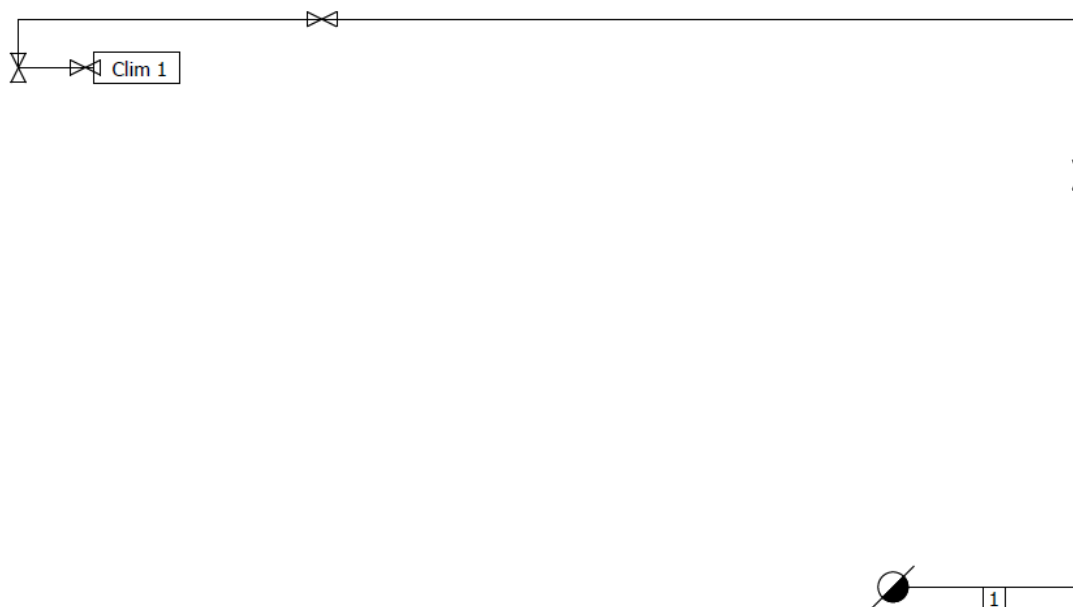


Figura 36: distribució de les canonades de connexió entre el vas i els intercanviadors

El càlcul dels diàmetres de canonada òptims per a l'escalfament de l'aigua del vas s'ha dut a terme amb l'ajuda del programa Airpack, on s'han anat introduint els trams de conducte amb les seves respectives longituds, des del grup de bombeig, fins a connectar a cada grup de captadors.

Tenint en compte que en el circuit no hi ha bifurcacions, tot i haver-hi diversos colzes i canvis de direcció, el càlcul de les canonades es simplifica a un únic tram, que és el següent, amb la seva respectiva pèrdua de càrrega, la qual ens permetrà determinar la pressió que haurà d'aportar la bomba.:

Planta - Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diàmetre	P.C. lineal (mm.c.a./m)	P.C. total (mm.c.a.)	Nº codos	Vàlvulas	Material
Vista general - 01	19,1	5.750	54 mm	13,58	1.239,82	4	4	Cobre [0,0015]

Taula 83: resultats de càlcul de les canonades d'aigua d'unió entre vas i intercanviadors, segons Airpack

Als annexes del projecte s'inclouen tots els resultats complets generats pel programa Airpack, on es poden verificar tots els càlculs i consideracions amb més detall.

5.5.7.4. Bombes circulació vas-intercanviador

Per tal d'impulsar l'aigua des del vas, s'utilitzaran dues bombes idèntiques, tot i que el seu funcionament serà totalment diferent, l'una amb l'altra. Una d'elles serà l'encarregada de la recirculació d'aigua entre el vas de la piscina i l'intercanviador quan no es requereixi escalfar l'aigua del vas, per a evitar sobreescalfaments i estancaments d'aigua, les quals podrien arribar a comportar possibles proliferacions de colònies bacterianes al circuit, que podrien arribar a degenerar en un problema greu, tant per a la instal·lació com per als usuaris. L'altra bomba serà la que haurà de fer arribar l'aigua del vas fins als intercanviadors de calor.

Ambdues bombes utilitzades hauran de proporcionar una pressió suficient com per superar les pèrdues de càrrega, tant de les canonades com de l'intercanviador.

Per tal de seleccionar el model idoni de bomba, és necessari determinar abans quin serà el cabal que haurà d'aportar i amb quina pressió ho haurà de fer:

- **Cabal:** segons s'ha vist al catàleg d'intercanviadors Comeval, el fabricant determina un cabal unitari de **5.75 m³/h** en el circuit secundari, és a dir, el que rebrà l'energia.

- **Pressió:** la pressió de funcionament de la bomba haurà de ser, com a mínim, la suma de l'increment d'alçada entre els l'intercanviador i el grup de bombeig, les pèrdues de pressió a les canonades, i la pèrdua a l'intercanviador. Aquesta última s'obté de l'apartat anterior, "Intercanviador", en el qual el fabricant especifica una pèrdua de càrrega al circuit secundari de **0.95 mca**. Sabent això, la pressió de la bomba haurà de ser:

• Increment d'alçada = 0 m	}	$H_{bomba} = 1.94 + 0.95 = 2,2 \text{ m}$
• Pèrdues canonades = 1.24 m		
• Pèrdues intercanviador = 0.95 m		

Per tant, busquem una bomba que sigui capaç d'aportar una alçada de 2,2 metres, amb un cabal d'5.75 m³/h. Del catàleg de bombes SACI, escollim el model CM40-440, que ofereix la corba de funcionament que es mostra tot seguit:

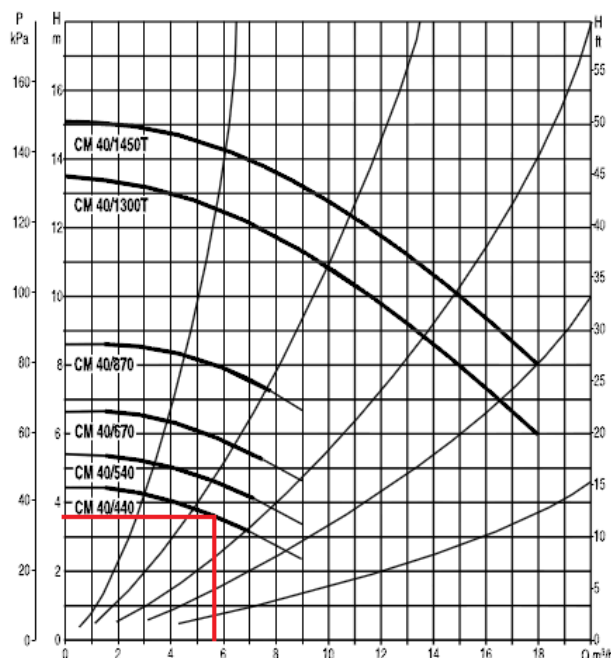


Figura 37: corba de funcionament de la bomba SACI CM40-440

5.5.7.5. Vas d'expansió piscina-intercanviador

En vista que les canonades que uneixen el vas de la piscina amb els intercanviadors es pot considerar com un circuit obert, s'ha optat per obviar l'ús d'un vas d'expansió tancat, ja que, tècnicament, la pròpia piscina faria la funció que faria un vas d'expansió obert.

5.5.8. Vas d'expansió circuit

El sistema d'expansió serà l'encarregat de compensar l'augment de volum de l'aigua al circuit que uneix els captadors amb l'intercanviador per tal que la pressió del circuit no sobrepassi la pressió nominal dels seus components.

En vista de l'aplicació per la qual són requerits, s'utilitzaran vasos tancats, que consisteixen en un recipient o dipòsit d'aigua connectat a la canonada que alberga al seu interior una membrana elàstica formada per una càmera d'aire. En augmentar la pressió de l'aigua, comprimeix aquest aire i augmenta el volum d'aigua al vas, alleujant així l'excés de volum al circuit.

Seguint la metodologia de càlcul de vasos d'expansió tancats que es mostra a l'annex D, segons la norma UNE 100155:2004, s'ha utilitzat una fulla de càlcul, a través de la qual s'han obtingut els resultats següents:

A. Contingut total d'aigua del circuit**A1. Canonades**

Diàmetre interior [mm]	Volum unitari [litres/m]	Longitud [m]	Volum [litres]
12	0.1131	14.36	2
14	0.1539	11.34	2
16	0.2011	3.56	1
18	0.2545	7.12	2
22	0.3801	10.68	4
28	0.6158	32.04	20
35	0.9621	88.66	85
42	1.3854	20.5	28
Contingut d'aigua en canonades (litres)			143

Taula 84: contingut d'aigua a les canonades, en litres

A2. Dipòsits i equips

Equips / dipòsits	Volum [litres]
-	0
Contingut d'aigua en dipòsits i equips (litres)	0

Taula 85: contingut d'aigua als dipòsits i equips, en litres

A3. Contingut total

Canonades	143
Dipòsits i equips	0
Volum de seguretat (20%)	29
Contingut total d'aigua al circuit (litres)	172

Taula 86: contingut total d'aigua al circuit, en litres

B. Volum útil del vas d'expansió

Fluid	Aigua + glicol
Concentració de glicol (%)	20
Temperatura màxima (°C)	80
Coefficient d'expansió C_e	0,0326
Volum útil V_u (litres)	5,6

Taula 87: coeficient d'expansió i volum útil del vas d'expansió, en litres

C. Volum total del vas d'expansió

Pressió de tarat de la vàlvula de seguretat (relativa) [bar]	9
Pressió mínima en el vas d'expansió (relativa) [bar]	3
Pressió màxima P_M (absoluta) [bar]	9
Pressió mínima P_m (absoluta) [bar]	3
Coefficient de pressions C_p	1.5
Volum total del vas d'expansió [litres]	8.4

Taula 88: pressions i volum total del vas d'expansió

Per tant, en vista de les dades i resultats, s'utilitzarà un vas d'expansió amb un volum mínim de 8.4 litres. S'instal·larà el vas de la marca Ibaiondo amb codi 02012070, amb un volum de 12 litres i dimensions 270 x 310 mm, treballant a una pressió màxima de 10 bar, i amb una pressió de tarat de la vàlvula de seguretat de 9 bar.

5.5.9. Grup de control

Com s'havia comentat, el grup de control és la part electrònica de la instal·lació, encarregada de llegir les dades rebudes dels diferents sensors de temperatura i/o pressió, per poder actuar sobre els grups de bombeig, engegant o aturant les bombes, segons sigui més adient. Per dur a terme l'escalfament de l'aigua del vas, donada la complexitat que això presenta, no serà suficient utilitzant un centraleta del catàleg d'algun fabricant, sinó que caldrà utilitzar un autòmat programat per realitzar les funcions desitjades.

Pel que fa al funcionament de la instal·lació solar, l'autòmat rebrà informació dels següents sensors:

- Sensor de temperatura ambient exterior (S1)
- Sensor de temperatura d'aigua calenta a la sortida dels captadors (S2)
- Sensor de temperatura de la branca d'impulsió als intercanviadors (S3)
- Sensor de temperatura de la branca de recirculació (S4)
- Sensor de temperatura de sortida d'aigua calenta del sistema auxiliar (S5)

I a més, haurà de poder actuar sobre els següents elements:

- Grup de bombeig dels captadors (B1)
- Bomba de la branca d'impulsió als intercanviadors (B2)
- Bomba de la branca de recirculació (B3)
- Vàlvula de 3 vies motoritzada (V1)
- Bomba de circulació del sistema auxiliar d'energia (B4)

Segons dicta el DB HE 4 del Codi Tècnic, en el cas de climatització de piscines, per al control de la temperatura de l'aigua es disposarà una sonda de temperatura en el retorn d'aigua a l'intercanviador de calor i un termòstat de seguretat dotat de rearmament manual a la impulsió que enclavi el sistema de generació de calor. La temperatura de tarat del termòstat de seguretat serà, com a mínim, 10°C major que la temperatura màxima d'impulsió.

Vistos els requisits, es programarà l'autòmat, de manera que sigui capaç de realitzar les següents funcions:

- **Cas 1:** funcionament només amb energia solar ($S1, S2 \gg S3, S4 < T_{\text{disseny}}$)
 - Obrir la vàlvula V1 de manera que l'aigua vagi a l'intercanviador alimentat pels captadors solars
 - Activar la bomba B2
 - Activar la bomba de B1 (només si està funcionant la bomba B2, ja que en cas contrari es podria produir sobreescalfament). Desactivar-la en cas contrari.
 - Mantenir la resta de bombes desactivades

- **Cas 2:** funcionament amb combinació d'energia solar + auxiliar ($S2 > S3$, $S4 < T$ disseny ; $S5 > S3$, $S4$)
 - Obrir la vàlvula V1 de manera que el cabal d'aigua es divideixi en ambdós intercanviadors
 - Activar la bomba B2
 - Activar les bombes B4 (només si està funcionant la bomba B2, ja que en cas contrari es podria produir sobreescalfament). Desactivar-la en cas contrari.
 - Mantenir la resta de bombes desactivades
- **Cas 3:** funcionament només amb sistema auxiliar ($S2 < S3$, $S4 < T$ disseny; $S5 > S3$, $S4$)
 - Obrir la vàlvula V1 de manera que el cabal aigua vagi a l'intercanviador alimentat pel sistema auxiliar
 - Activar la bomba B2
 - Activar la bomba B4 (només si està funcionant la bomba B2, ja que en cas contrari es podria produir sobreescalfament). Desactivar-la en cas contrari.
 - Mantenir la resta de bombes desactivades
- **Cas 4:** funcionament sense escalfament ($S3$, $S4 \geq T$ disseny)
 - Tancar la vàlvula V1 per complet
 - Activar la bomba B3.
 - Mantenir la resta de bombes desactivades

De forma resumida, el que es pretén en cadascun dels casos comentats és el següent:

- **Cas 1:** la instal·lació funcionarà únicament mitjançant l'energia solar tèrmica, quan la temperatura exterior i la de sortida dels captadors sigui suficientment superior a la de la piscina. S'obrirà el pas de l'aigua únicament a l'intercanviador alimentat pels captadors, fent funcionar les respectives bombes, tant la d'impulsió de la piscina, com la dels col·lectors solars.
- **Cas 2:** quan l'energia aportada pel sol no sigui suficient, l'aigua circularà per ambdós intercanviadors, aconseguint així l'aportació energètica extra que necessita.

- **Cas 3:** si la producció energètica dels col·lectors solars és massa baixa, es recorrerà únicament a l'ús del sistema auxiliar, mantenint la bomba de circulació de captadors aturada, i la del sistema auxiliar activada, juntament amb la d'impulsió de la piscina.
- **Cas 4:** per últim, aquest cas es donarà quan la temperatura de l'aigua de la piscina sigui igual o superior a la desitjada. En aquesta situació, simplement s'haurà de recircular l'aigua una altra vegada cap al vas sense escalfar-la, per tal que no es produeixin sobreescalfaments.

Adicionalment, el sistema de control assegurarà que en cap cas s'arribin a assolir temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits, així com també garantirà que en cap punt la temperatura del fluid de treball descendeixi per sota d'una temperatura tres graus superior a la de congelació del fluid.

A més, caldrà incorporar un sistema d'aturada d'emergència, que doni la possibilitat d'aturar totes les bombes manualment en qualsevol moment, en cas de tenir-ne la necessitat.

Cal comentar, però, que el control i programació de la instal·lació pel que fa a la part electrònica d'aquesta, no entra dins l'àmbit d'aplicació del present projecte, amb la qual cosa la informació donada és estimativa, i subjecta a possibles modificacions futures.

5.6. Sistema auxiliar d'energia. Biomassa

Una vegada definit el sistema primari de generació energètica, cal afegir-ne un de secundari, capaç de realitzar exactament la mateixa funció, però sense dependre de factors aleatoris, com és el cas del clima en un sistema d'aprofitament solar.

Amb l'objectiu de reduir l'impacte ambiental de la instal·lació, aconseguint un edifici el més ecològic possible, el sistema auxiliar es basarà en una caldera de biomassa, alimentada amb pélet i que serà capaç d'aportar la potència suficient per treballar en solitari si fos necessari, generant l'energia tèrmica requerida per la instal·lació.

En els següents apartats es farà una breu explicació de què és la biomassa i què suposa la seva utilització, i es determinaran els elements necessaris per al seu funcionament, com és la sitja de combustible, la bomba de circulació, o el sistema d'evacuació de fums.

5.6.1. Introducció a la biomassa

La biomassa és un tipus d'energia renovable procedent de l'aprofitament de la matèria orgànica i industrial formada en algun procés biològic o mecànic, generalment, de les substàncies que constitueixen els éssers vius, o les seves restes i residus. L'aprofitament de l'energia de la biomassa es fa normalment per combustió, com és el cas de la nostra instal·lació, en què la producció energètica es farà a través d'una caldera de combustió de pellet.

Amb la pujada de preu de l'energia fòssil i la creixent conscienciació mediambiental, ha augmentat la demanda de formes d'energia renovables. Una caldera de biomassa moderna és una alternativa respectuosa amb el medi ambient, front als sistemes de combustibles fòssils. A més, presenta alguns avantatges com:

- **Sostenible:** la fusta constitueix una font energètica renovable i respectuosa amb el medi ambient i un component important per la gestió sostenible dels recursos.
- **CO₂ neutre:** En la combustió la fusta allibera la mateixa quantitat de CO₂ que la que els arbres han absorbit durant el seu cicle vital. Per això, la combustió de biomassa es considera CO₂ neutre.
- **Econòmica:** en tractar-se d'un combustible natural, resulta molt econòmic i no està exposat a fluctuacions de preu. En temps d'inestabilitat dels preus de l'energia, el preu de la fusta es manté estable i econòmic.
- **Tecnologia punta i fiabilitat:** les instal·lacions de biomassa modernes treballen de forma completament automàtica i estan dotades de sistemes de regulació i seguretat d'alta tecnologia per a un funcionament fiable, eficient i segur.
- **Natural i independent:** la fusta és un producte natural, s'obté amb un cost energètic mínim i contribueix a l'economia de la regió.

A més, els pellets són la forma més comprimida per a la obtenció d'energia a partir de fusta, els quals posseeixen un alt valor de combustió i requereixen de poca capacitat d'emmagatzematge.

5.6.2. Càlcul de potència de la caldera

El càlcul de la potència que haurà d'aportar la caldera es realitza seguint dos criteris diferents:

- Ha de proporcionar prou potència per produir el volum d'A.C.S. diari requerit, i a la vegada mantenir l'aigua del vas a la temperatura desitjada.
- Ha de ser capaç d'escalfar tot el volum d'aigua contingut al vas a la temperatura de disseny, en un temps prèviament estipulat (posada en funcionament).

Llavors, en aquest apartat es contemplaran ambdós criteris, i es calcularà la potència de selecció de la caldera, triant aquella que sigui més gran.

- Potència de manteniment

En condicions normals, es necessitarà un escalfament continu de l'aigua del vas, a la vegada que es podria donar la situació en què totes les dutxes estiguessin funcionant conjuntament. Per tant, la caldera ha de poder aportar la suma d'ambdós valors energètics per unitat de temps, es a dir, de potència.

El càlcul es realitza sumant totes les demandes mensuals, fins a obtenir una demanda energètica anual, per després dividir-la pels segons que funcionarà la instal·lació en un any, obtenint així el valor de potència buscat. El càlcul és idèntic tant per la generació d'A.C.S. com per l'escalfament de l'aigua del vas:

$$\text{Demanda tèrmica anual ACS} = 22.037,74 \text{ KWh/any} \cdot 3600 / (365 \cdot 14^* \cdot 3600) = 4,31 \text{ KW}$$

$$\text{Demanda tèrmica anual vas} = 468.973,25 \text{ KWh/any} \cdot 3600 / (365 \cdot 14^* \cdot 3600) = 91,77 \text{ KW}$$

Aleshores, la potència total de manteniment és la següent:

$$P_{\text{caldera manteniment}} = 4,31 + 91,77 = \mathbf{96,08 \text{ KW}}$$

* Es divideix per 14, ja que són les hores de funcionament diari de la piscina

- Potència de posada en funcionament

L'objectiu és ser capaços d'escalfar l'aigua des de la temperatura inicial (temperatura de xarxa), fins a la de disseny en el temps que nosaltres li estipulem. Lògicament, si pretenem escalfar l'aigua en un període de temps molt curt, necessitarem una potència molt elevada però, pel contrari, si marquem un temps relativament llarg, aquesta disminuirà notablement.

La fórmula per al càlcul de la potència es realitza a través de l'equació següent:

$$P = \frac{V \cdot D \cdot Ce \cdot (Tag - Tx)}{T}$$

Eq 17: potència de posada en marxa de la caldera

On:

- V = volum d'aigua de la piscina (625 m³)
- D = densitat de l'aigua (1000 kg/m³)
- Ce = calor específica de l'aigua (1.16 W·h/Kg·C)
- Tag = temperatura de disseny (25°C)
- Tx = temperatura de l'aigua de xarxa (10.3°C, valor mitjà a Córdoba segons IDAE)
- T = temps de posada en funcionament

Pel que fa al temps de posada en funcionament, generalment s'escull per dies (24, 48, 72 hores, etc). La intenció és poder posar la instal·lació en marxa i poder escalfar tot el volum d'aigua del vas fins a la temperatura desitjada en un cap de setmana, amb la qual cosa a priori es tria un període de temps de 48 hores, amb el que obtenim el resultat següent:

$$P = \frac{625 \cdot 1000 \cdot 1.16 \cdot (25 - 10.3)}{48} = 222.03 \text{ KW}$$

Habitualment, els valors de potència en calderes relativament grans salten entre sí amb marges força grans. Visitant catàlegs de calderes, se n'ha trobat una de 220 KW, tot i que no aportaria tota la potència requerida. Per aquest motiu, es dissenya la instal·lació perquè el temps d'escalfament sigui una hora superior al previst, és a dir, 49 hores, de manera que la demanda de potència canvia de la següent manera:

$$P = \frac{625 \cdot 1000 \cdot 1.16 \cdot (25 - 10.3)}{49} = 217.5 \text{ KW}$$

Per tant, ara sí, amb una caldera que aporti una potència igual o superior a la calculada, serem capaços d'escalfar l'aigua del vas en el temps estipulat finalment.

5.6.3. Selecció de la caldera

Sabent que el criteri de selecció de la caldera és bàsicament el de potència, tal com s'havia calculat a l'apartat anterior, amb un resultat de 220 KW, visitem el catàleg de calderes de biomassa de la marca Viessmann, on trobem el model Pyrot 220, amb especificacions:

- Potència = 220 KW
- Pressió màxima en funcionament = 3 bar
- Dimensions = 2537x1330x2084 (longitud x amplada x alçada)
- Pes = 3024 Kg

Amb una potència de 220 KW, superant els 217.5, serà perfectament capaç d'aportar l'energia necessària per als requisits abans comentats.

5.6.4. Sitja de combustible

Si bé la utilització de calderes de biomassa aporta un gran nombre d'avantatges, tant per a la instal·lació com per al medi ambient, també tenen un gran desavantatge, que no és ni més ni menys que l'emmagatzematge de combustible. Per poder alimentar la caldera de forma ininterrompuda, degut al gran volum que aquest ocupa, és obligatòria l'habilitació d'un espai dedicat exclusivament a albergar els pellets. Per fer-nos una idea del volum de combustible necessari, per produir una mateixa quantitat d'energia, es requereix aproximadament el doble de massa de pellets, que si s'utilitzés un combustible com el gasoil.

Per això, és necessari dimensionar l'espai al qual s'emmagatzemarà aquest combustible, fent-ho en algun lloc accessible per poder-lo reemplenar quan sigui necessari. El fabricant de la caldera, Viessmann, dóna les següents regles bàsiques per al dimensionat del dipòsit:

- Per 1 KW de necessitat = 0.9 m^3 d'espai
- Dipòsit d'emmagatzematge aprofitable = $2/3$ del dipòsit
- 1 m^3 de pellets = 650 Kg
- Contingut energètic = 5 KWh/Kg

Definides les regles bàsiques, calculem les mides que hauria de tenir el dipòsit si el carreguéssim anualment (per al càlcul de la mida del dipòsit s'ha utilitzat l'alçada útil del soterrani on es construirà la sitja, que és de 3 metres):

- Necessitat = 217.5 KW $\rightarrow$ Espai = $217.5 \cdot 0.9 = 195.75 \text{ m}^3$
- Contingut aprofitable del dipòsit = $195.75 \cdot 2/3 = 130.5 \text{ m}^3$
- Quantitat de pellets = $130.5 \text{ m}^3 \cdot 650 \text{ Kg/m}^3 = 84.825 \text{ Kg}$
- Mida del dipòsit = $195.75 \text{ m}^3 / 3\text{m} = 65.25 \text{ m}^2$
- Energia emmagatzemada = $84825 \cdot 5 \text{ KWh/Kg} = 424.125 \text{ KWh}$

Veiem que amb una previsió de recàrrega del dipòsit d'un cop anual, aquest haurà de tenir una superfície mínima de $65,25 \text{ m}^2$. No obstant, amb l'objectiu de reduir el volum necessari per a emmagatzemar el combustible de la caldera, s'opta per preveure que la recàrrega s'haurà de realitzar 3 cops a l'any, és a dir, cada 4 mesos.

D'aquesta manera, aconseguim que la superfície calculada es vegi dividida per 3, obtenint el següent resultat final:

$$S \text{ dipòsit} = 65.25 \text{ m}^2 / 3 = \mathbf{21.75 \text{ m}^2}$$

Sabent la superfície mínima necessària, es dimensiona el dipòsit amb una amplada de 4.5 metres, per una longitud de 5, aconseguint una superfície de 22.5 m^2 . Així, ens assegurem que podrem emmagatzemar suficient combustible per alimentar la caldera durant 4 mesos seguits, sense cap tipus de problema.

Per al reemplenat del dipòsit, s'instal·larà una trapa al terra a la zona de magatzem 1 (situada just a sobre la sitja de combustible), amb unes dimensions d'1,5 x 1,5 metres. Addicionalment, s'habilitarà també l'entrada al magatzem a través d'una porta de 2,6 metres d'amplada que comunicarà amb l'exterior de l'edifici, la qual permetrà l'accés del camió que transporti els pellets, facilitant l'abastiment de combustible.

5.6.5. Bomba de circulació de la caldera

La bomba de circulació de la caldera utilitzada serà una Grundfos UPS 40-80/4F, recomanada pel fabricant Viessmann, per al model Pyrot 220, tal com es mostra a la taula següent, extreta de les instruccions d'instal·lació de calderes Viessmann:

Boiler model KRT-	North America							
	pump	freq.	voltage and phase	Grundfos part number	Vi. Part Number	voltage and phase	Grundfos part number	Vi. Part number
150	UPS 32-80 F	60 Hz	3 x 208-230 V	96402710	9560240	1 x 230 V	96402709	9560239
220	UPS 40-80/4 F	60 Hz	3 x 208-230 V	96404950	9544478	1 x 230 V	96404949	9560255
300	UPS 50-80/4 F	60 Hz	3 x 208-230 V	96404960	9560274	1 x 230 V	96404959	9560273
400	UPS 50-80/4 F	60 Hz	3 x 208-230 V	96404960	9560274	1 x 230 V	96404959	9560273
540	UPS 50-80/4 F	60 Hz	3 x 208-230 V	96404960	9560274	1 x 230 V	96404959	9560273

Taula 89: bomba recomanada per Viessmann per la caldera Pyrot 220

Segons especificacions del fabricant, aquest model de bomba és capaç d'impulsar 1230 l/h, és a dir, 1.23 m³/h d'aigua.

5.6.6. Evacuació de fums

Per dur a terme l'evacuació de fums de combustió a l'exterior, la caldera disposa d'un ventilador per a impulsar-los. En el nostre cas la xemeneia d'extracció de fums no es pot dissenyar recta, ja que en cas de fer-ho, hauria de passar pel mig del vestuari de dones. Per solucionar aquest problema, s'ha optat per fer-la passar per fora de la zona de calderes, fent-la pujar fins a coberta passant per la zona habilitada com a magatzem 1, a la qual sabem que no hi haurà concurrència de gent. D'aquesta manera, s'eviten possibles accidents com cremades per parts dels usuaris, a part de l'aspecte estètic.

A més, la normativa obliga a que la xemeneia sobrepassi el punt més alt de l'edifici en una alçada de com a mínim mig metre. Per això, s'ha optat per fer-la passar enganxada al desnivell de coberta, fins arribar al punt més alt d'aquesta. Tot i que a nivells pràctics no és la col·locació òptima per a extreure els fums, el criteri utilitzat ha estat principalment estètic, ja que en cas de fer-la sortir per la zona baixa de coberta (cas més òptim), hauria hagut de superar-la en gairebé 3 metres d'alçada, afegint un punt estètic força desagradable visualment a l'edifici.

Tenint en compte els tres canvis de direcció que hauran de fer els fums (un a l'esquerra, un a la dreta i un altre de pujada), serà important el bon funcionament del ventilador que incorpora la caldera per a impulsar els fums.

Pel que fa a la secció de la xemeneia, segons especifica el catàleg de característiques de la caldera Pyrot 220 (el qual es pot consultar als annexes del projecte), haurà de tenir un diàmetre de 250 mm, constant fins al punt d'extracció.

5.6.7. Vas d'expansió de la caldera

El sistema d'expansió serà l'encarregat de compensar l'augment de volum de l'aigua al circuit que uneix la caldera amb l'intercanviador per tal que la pressió del circuit no sobrepassi la pressió nominal dels seus components.

S'utilitzaran vasos tancats, que consisteixen en un recipient o dipòsit d'aigua connectat a la canonada que alberga al seu interior una membrana elastòmera formada per una càmera d'aire.

Seguint la metodologia de càlcul de vasos d'expansió tancats que es mostra a l'annex D, segons la norma UNE 100155:2004, s'ha utilitzat una fulla de càlcul, a través de la qual s'han obtingut els resultats següents:

A. Contingut total d'aigua del circuit

A1. Canonades

Diàmetre interior [mm]	Volum unitari [litres/m]	Longitud [m]	Volum [litres]
28	0.1131	5.3	3
Contingut d'aigua en canonades (litres)			3

Taula 90: contingut d'aigua a les canonades, en litres

A2. Dipòsits i equips

Equips / dipòsits	Volum [litres]
-	0
Contingut d'aigua en dipòsits i equips (litres)	0

Taula 91: contingut d'aigua als dipòsits i equips, en litres

A3. Contingut total

Canonades	3
Dipòsits i equips	0
Volum de seguretat (20%)	1
Contingut total d'aigua al circuit (litres)	4

Taula 92: contingut total d'aigua al circuit, en litres

B. Volum útil del vas d'expansió

Fluid	Aigua + glicol
Concentració de glicol (%)	20
Temperatura màxima (°C)	80
Coeficient d'expansió C_e	0,0326
Volum útil V_u (litres)	0,1275

Taula 93: coeficient d'expansió i volum útil del vas d'expansió, en litres

C. Volum total del vas d'expansió

Pressió de tarat de la vàlvula de seguretat (relativa) [bar]	6
Pressió mínima en el vas d'expansió (relativa) [bar]	3
Pressió màxima P_M (absoluta) [bar]	6
Pressió mínima P_m (absoluta) [bar]	3
Coeficient de pressions C_p	2
Volum total del vas d'expansió [litres]	0,255

Taula 94: pressions i volum total del vas d'expansió

Per tant, en vista de les dades i resultats, s'utilitzarà un vas d'expansió amb un volum mínim 0,255 litres. S'instal·larà el vas de la marca Ibaiondo amb codi 02002070, amb un

volum de 2 litres i dimensions 110 x 245 mm, treballant a una pressió màxima de 10 bar, i amb una pressió de tarat de la vàlvula de seguretat de 9 bar.

5.7. Condicions de la instal·lació d'E.S.T.

En aquest apartat s'exposaran les diferents condicions de treball que imposa el Codi Tècnic de l'Edificació en instal·lacions solars tèrmiques, per tal d'obtenir una durabilitat i qualitat suficient, garantint sempre un ús segur d'aquesta, a la vegada que s'optimitza l'estalvi energètic global.

5.7.1. Condicions generals

1. Tant el circuit primari com el secundari, portaran un producte químic anticongelant, evitant-se qualsevol tipus de barreja entre els diferents fluids que poden operar a la instal·lació.
2. Donat que l'aigua d'A.C.S. arribarà a una temperatura de 60°C, no es permet l'ús de components d'acer galvanitzat.
3. S'instal·laran maneguets electrolítics entre elements de diferents materials, per evitar el parell galvànic

5.7.2. Fluid de treball

1. El fluid portador es selecciona d'acord amb les especificacions del fabricant dels captadors. Poden utilitzar-se com a fluids primaris aigua de la xarxa, aigua desmineralitzada o aigua amb additius, segons les característiques climatològiques del lloc d'instal·lació i de la qualitat de l'aigua utilitzada. En cas d'utilització d'altres fluids tèrmics, caldria incloure al projecte la seva composició i calor específic.
2. El fluid de treball tindrà un pH a 20°C entre 5 i 9, i un contingut en sals que s'ajustarà als assenyalats als punts següents:
 - La salinitat de l'aigua del circuit primari no excedirà de 500mg/l totals de sals solubles. En cas de no disposar d'aquest valor, es prendrà el de conductivitat com a variable limitant no sobrepassant els 650 µS/cm
 - El contingut en sals de calci no excedirà de 200mg/l, expressats com a contingut en carbonat càlcic
 - El límit de diòxid de carboni lliure contingut a l'aigua no excedirà de 50 mg/l.
3. Fora d'aquests valors, l'aigua haurà de ser tractada

5.7.3. Protecció contra gelades

1. El fabricant, subministrador final, instal·lador o dissenyador del sistema haurà de fixar la mínima temperatura permesa al sistema. Totes les parts del sistema que estiguin exposades a l'exterior hauran de ser capaces de suportar la temperatura especificada sense danys permanents en el sistema.
2. Qualsevol component que vagi a ser instal·lat a l'interior d'un recinte on la temperatura pugui caure per sota dels 0°C, haurà d'estar protegit contra gelades.
3. La instal·lació estarà protegida amb un producte químic no tòxic, del qual el valor específic no sigui inferior a 3 KJ/Kg·K, en 5°C per sota de la mínima històrica registrada amb objecte de no produir danys al circuit primari de captadors per gelades. Addicionalment, aquest producte químic mantindrà totes les seves propietats físiques i químiques dins dels intervals mínim i màxim de temperatura permesa per tots els components i materials de la instal·lació.
4. Es podrà utilitzar un altre sistema de protecció contra gelades que, arribant als mateixos nivells de protecció, sigui aprovat per l'Administració Competent.

5.7.4. Sobreescalfaments

5.7.4.1. Protecció contra sobreescalfaments

1. Es dotarà la instal·lació solar de dispositius de control manuals o automàtics que evitin els sobreescalfaments de la instal·lació que puguin danyar els materials o equips i penalitzin la qualitat de subministrament energètic. En el cas de dispositius automàtics, s'evitaran de manera especial les pèrdues de fluid anticongelant, el reomplert amb una connexió directa a la xarxa i el control de sobreescalfament mitjançant el consum excessiu d'aigua de xarxa.
2. Quan el sistema disposi de la possibilitat de drenatges com a protecció front a sobreescalfaments, la construcció haurà de realitzar-se de tal forma que l'aigua calenta o el vapor del drenatge no suposin cap perill per als habitants i no es produeixin danys al sistema, i a cap altre material a l'edifici o habitatge.

5.7.4.2. Protecció contra cremades

Els sistemes d'aigua calenta sanitària, on la temperatura de l'aigua calenta als punts de consum excedeixi de 60°C s'instal·larà un sistema automàtic de barreja o un altre sistema

que limiti la temperatura de subministrament a 60°C, tot i que a la part solar pugui arribar a una temperatura superior per sufragar les pèrdues.

5.7.4.3. Protecció de materials contra altes temperatures

El sistema ha de ser calculat de tal forma que mai s'excedeixi la màxima temperatura permesa per tots els materials i components.

5.7.5. Resistència a pressió

1. Els circuits s'hauran de sotmetre a una prova de pressió de 1.5 vegades el valor de la pressió màxima de servei. S'assajarà el sistema amb aquesta pressió durant almenys una hora no produint-se danys permanents ni fugues en els components del sistema i a les seves interconnexions. Passat aquest temps, la pressió hidràulica no haurà de caure més d'un 10% del valor mig mesurat al principi de l'assaig.
2. El circuit de consum haurà de suportar la màxima pressió requerida per les regulacions nacionals/europees d'aigua potable per instal·lacions d'aigua de consum obertes o tancades.
3. En el cas de sistemes de consum oberts amb connexió a la xarxa, es tindrà en compte la màxima pressió de la mateixa per verificar que tots els components del circuit de consum suporten aquesta pressió.

5.7.6. Prevenció de flux invers

1. La instal·lació del sistema haurà d'assegurar que no es produeixin pèrdues energètiques rellevants degudes a fluxos inversos no intencionats a cap circuit hidràulic del sistema.
2. La circulació natural que produeix el flux invers es pot afavorir quan l'acumulador es trobi per sota del captador per la qual cosa s'haurà de prendre, en aquests casos, les precaucions oportunes per evitar-ho
3. Per evitar fluxos inversos és aconsellable la utilització de vàlvules antiretorn, exceptuant que l'equip fos per circulació natural.

5.7.7. Estructura suport dels captadors

1. S'aplicarà a l'estructura suport les exigències del Codi Tècnic de l'Edificació en quant a seguretat.

2. El càlcul i la construcció de l'estructura i el sistema de fixació de captadors permetrà les necessàries dilatacions tèrmiques, sense transferir càrregues que puguin afectar a la integritat dels captadors o al circuit hidràulic.
3. Els punts de recolzament del captador seran suficients en quantitat, tenint en compte el recolzament i posició relativa adequades, de forma que no es produeixin flexions al captador, superior a les permeses pel fabricant.
4. Les subjeccions dels captadors no provocaran ombres sobre si mateixos.

5.7.8. Purga d'aire

En els punts alts de la sortida de bateries de captadors i a tots aquells punts de la instal·lació on pugui quedar aire acumulat, es col·locaran sistemes de purga constituïts per ampolles de desaïrejat i purgador manual o automàtic. El volum útil del l'ampolla serà superior a 100 cm³. Aquest volum podrà disminuir-se si s'instal·la a la sortida del circuit solar i abans de l'intercanviador un desaïrejador amb purgador automàtic,

5.7.9. Sistema electrònic i de control

1. La localització i instal·lació dels sensors de temperatura haurà d'assegurar un bon contacte tèrmic amb la part a la qual ha de mesurar la temperatura. Per aconseguir-ho en el cas de les d'immersió, s'instal·laran a contracorrent del fluid. Els sensors de temperatura han d'estar aïllats contra la influència de les condicions ambientals que els envolten.
2. La ubicació de les sondes ha de realitzar-se de forma que aquestes mesurin exactament les temperatures que es desitgin controlar, instal·lant-se els sensors a l'interior de baines i evitant-se les canonades separades a la sortida dels captadors i les zones d'estancament als dipòsits.
3. Preferentment, les sondes seran d'immersió. Es tindrà especial cura en assegurar una adequada unió entre les sondes de contactes i la superfície metàl·lica.
4. Les sondes de temperatura per al control diferencial es col·locaran a la part superior dels captadors, de forma que representin la màxima temperatura del circuit de captació. El sensor de temperatura es col·locarà preferentment a la part inferior en una zona no influenciada per la circulació del circuit secundari o per l'escalfament de l'intercanviador si aquest fos incorporat.

5.8. Manteniment

En el present apartat s'explicaran els conceptes i operacions que, segons el CTE, són necessàries durant la vida útil de la instal·lació per a assegurar el seu funcionament, garantir la seva fiabilitat i prolongar la duració de la mateixa. El Codi Tècnic estableix dos escalons complementaris d'actuació:

- Pla de vigilància
- Pla de manteniment preventiu

A continuació es comentarà cadascun d'ells, amb els aspectes que marca la normativa.

5.8.1. Pla de vigilància

El pla de vigilància es refereix bàsicament a les operacions que permeten assegurar que els valors operacionals de la instal·lació siguin correctes. És un pla d'observació simple dels paràmetres funcionals principals, per verificar el correcte funcionament. A la següent taula, extreta del Codi Tècnic de l'Edificació, es mostren les freqüències de vigilància necessàries, segons la part de la instal·lació de què es tracti:

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

Taula 95: freqüències de vigilància dels components de la instal·lació

5.8.2. Pla de manteniment

El manteniment són operacions d'inspecció visual, verificació d'actuacions i d'altres, que aplicats a la instal·lació han de permetre mantenir dins els límits acceptables les condicions de funcionament, prestacions, protecció i durabilitat de la instal·lació.

Donat que tenim una instal·lació amb superfície de captació superior a 20 metres quadrats, s'haurà de realitzar una revisió com a mínim cada 6 mesos. El manteniment haurà de ser realitzat per personal tècnic competent que conegui la tecnologia solar tèrmica i les instal·lacions mecàniques en general.

S'inclouran totes les operacions de manteniment i substitució d'elements fungibles o desgastats per l'ús, necessàries per a assegurar que el sistema funcioni correctament durant la seva vida útil.

A continuació es detallen les operacions de manteniment que s'hauran de realitzar:

- Sistema de captació

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

Taula 96: freqüències de manteniment per als sistemes de captació, extrems del CTE DB HE

- Sistema d'acumulació

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

Taula 97: freqüències de manteniment per als sistemes d'acumulació, extrems del CTE DB HE

- Sistema d'intercanvi

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

Taula 98: freqüències de manteniment per als sistemes d'intercanvi, extrems del CTE DB HE

- Circuit hidràulic

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

Taula 99: freqüències de manteniment per al circuit hidràulic, extrems del CTE DB HE

- Sistema elèctric i de control

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

Taula 100: freqüències de manteniment per al sistema elèctric i de control, extrems del CTE DB HE

- Sistema d'energia auxiliar

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

Taula 101: freqüències de manteniment per al sistema d'energia auxiliar, extrems del CTE DB HE

5.9. Estudi ambiental

Avui dia, un dels principals objectius en els quals es centra l'enginyeria és l'estalvi energètic, motiu pel qual s'ha dut a terme aquest projecte en el qual, donada la normativa actual existent, aquest fet s'ha convertit en llei documentada al CTE, especialment a la part denominada HE (estalvi energètic). Aquesta proposa un ús racional de l'energia necessària per a la utilització dels edificis, reduint a límits raonablement sostenibles el seu consum i a més, que part d'aquest consum procedeixi d'energies renovables.

Per aquest motiu, aquest projecte s'ha centrat en la determinació de les condicions prèvies per a la instal·lació d'un adequat sistema de col·lectors, així com la climatització més eficient possible. Com a conseqüència, és interessant estudiar l'estalvi d'energia que suposarà la instal·lació d'aquest sistema i l'estalvi d'emissions contaminants relatives a l'aprofitament de l'energia solar.

5.9.1. Estalvi energètic

A continuació es presenten els resultats de demanda obtinguts a l'edifici, tant per la producció d'A.C.S., com per a l'escalfament d'aigua del vas, i la cobertura que es realitza mitjançant els panells solars, quantificada i percentualment. D'aquesta manera, es podran veure els valors energètics que haurà d'aportar el sistema auxiliar, per a suplir la demanda total:

Mes	Dacs (KWh/mes)	Esolar (KWh/mes)	Dpiscina (KWh/mes)	Esolar (KWh/mes)	E auxiliar (KWh/mes)
Gener	2032,24	840,59	44630,33	17297,60	28524,38
Febrer	1801,58	1004,02	39294,98	20406,00	19686,53
Març	1919,33	1229,54	41254,80	24948,07	16996,53
Abril	1784,58	1287,02	37746,24	26122,26	12121,54
Maig	1806,43	1367,24	37879,27	27771,38	10547,09
Juny	1711,74	1403,06	35568,48	28586,54	7290,62
Juliol	1731,16	1474,77	35628,92	30071,40	5813,92
Agost	1768,80	1487,45	36754,10	30357,93	6677,51
Setembre	1748,16	1311,85	36657,36	26651,36	10442,31
Octubre	1844,07	1077,42	39004,45	21888,33	17882,77
Novembre	1857,42	829,72	39924,00	17032,68	23919,03
Desembre	2032,24	710,60	44630,33	14826,24	31125,73
TOTAL	22037,74	14023,27	468973,25	285959,77	191027,95
CONTRIBUCIÓ	64%		61%		

Taula 102: comparació entre demanda del sistema i energia útil i contribucions solars

Es pot observar fàcilment a la taula com es compleixen els valors de contribució solar. Tot i així, a continuació es mostren dues gràfiques comparatives, on es podrà veure amb més claredat el percentatge d'aportació energètica solar, front a la demanda tèrmica de la instal·lació, tant per la producció d'A.C.S., com per a l'escalfament de l'aigua del vas de la piscina:

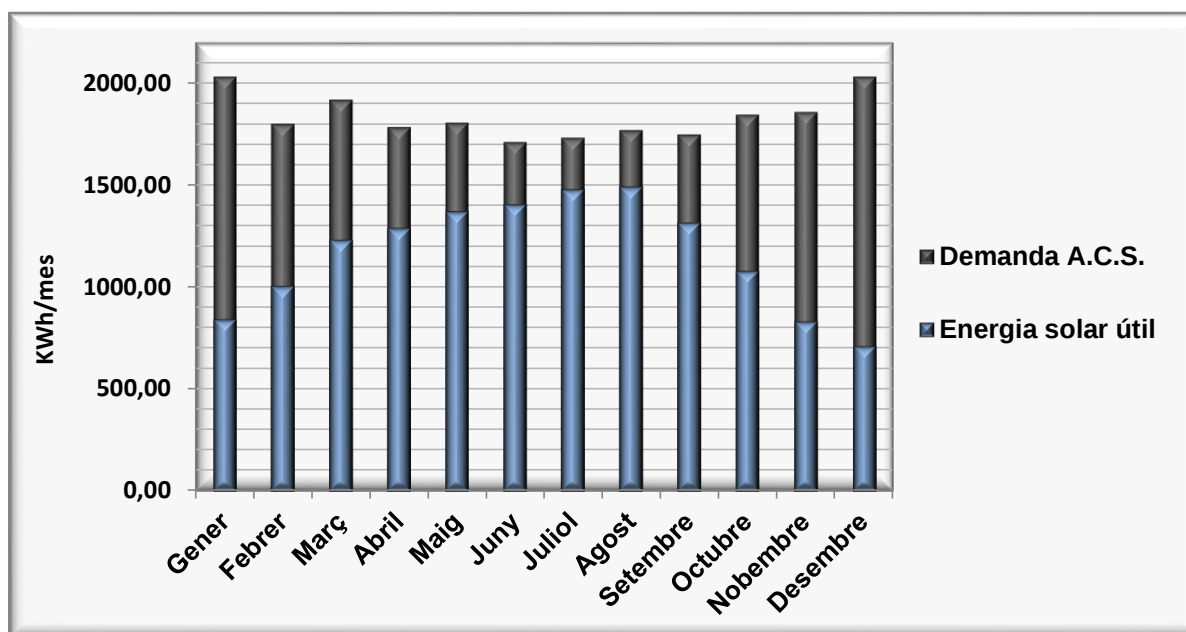


Figura 38: comparació entre demanda energètica i producció d'energia solar, per la producció d'A.C.S.

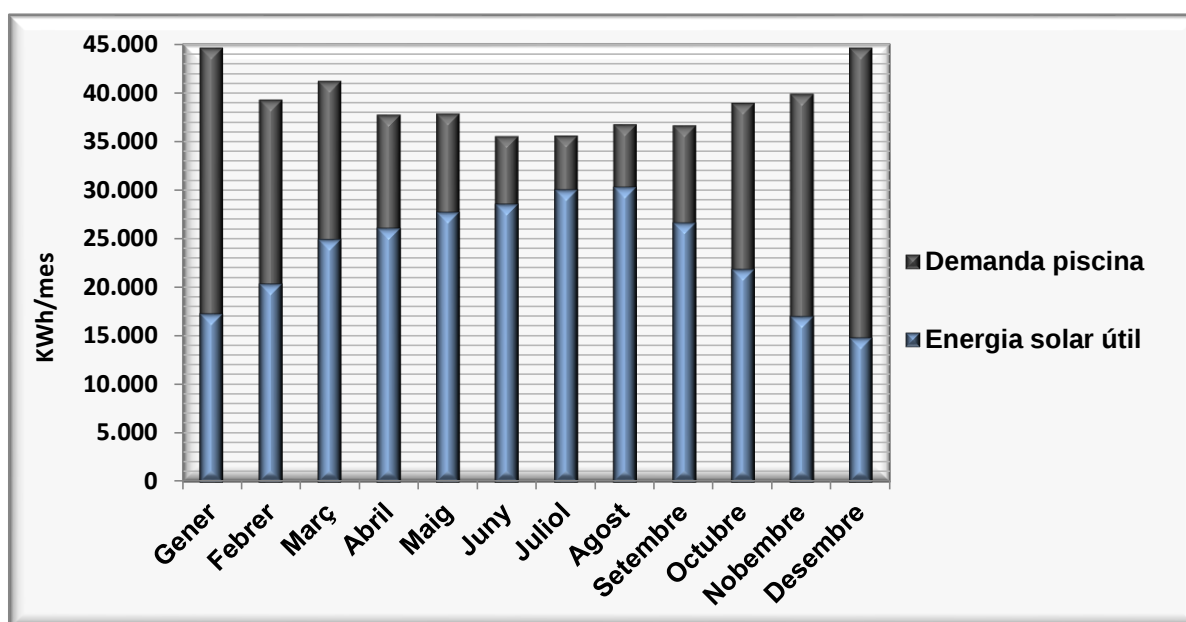


Figura 39: comparació entre demanda energètica i producció d'energia solar, per l'escalfament del vas

5.9.2. Estalvi en les emissions de CO₂

Per tal de quantificar quin és l'estalvi en emissions de CO₂ a l'atmosfera que s'aconsegueix únicament a través de l'ús d'una instal·lació d'energia solar tèrmica, es realitza un estudi en el qual es compara l'aportació solar amb la font d'energia a la qual substitueix, en aquest cas, el gas natural.

Sabent que el Gas Natural emet 56 Kg de CO₂ per cada Gigajoule d'energia alliberada, es pot calcular quina és la quantitat de CO₂ que s'emetria en cas de fer funcionar la instal·lació amb una sola caldera de Gas Natural, i quina serà l'emissió, generant una part d'aquesta demanda a través de la instal·lació dimensionada.

A la taula següent es mostren les aportacions mensuals i anuals que s'obtindrien sense energia solar, i les que obtindrem només a través de l'ús d'aquest recurs renovable, mostrant també el pertinent estalvi:

Mes	D.E.T. [GJ]	A.E.S. [GJ]	A.E.A.N. [GJ]	E.S.E.S. [Kg]	E.A.E.S. [Kg]	Estalvi CO2 [Kg]
Gener	167,99	65,30	102,69	9.407,17	5.750,51	3.656,66
Febrer	147,95	77,08	70,87	8.285,07	3.968,80	4.316,26
Març	155,43	94,24	61,19	8.703,91	3.426,50	5.277,40
Abril	142,31	98,67	43,64	7.969,41	2.443,70	5.525,71
Maig	142,87	104,90	37,97	8.000,64	2.126,29	5.874,35
Juny	134,21	107,96	26,25	7.515,69	1.469,79	6.045,90
Juliol	134,50	113,57	20,93	7.531,79	1.172,09	6.359,71
Agost	138,68	114,64	24,04	7.766,22	1.346,19	6.420,03
Setembre	138,26	100,67	37,59	7.742,55	2.105,17	5.637,38
Octubre	147,05	82,68	64,38	8.235,06	3.605,17	4.629,89
Novembre	150,41	64,30	86,11	8.423,13	4.822,08	3.601,06
Desembre	167,99	55,93	112,05	9.407,17	6.274,95	3.132,23
TOTAL	1.767,64	1.079,94	687,70	98.987,82	38.511,24	60.476,58

Taula 103: comparativa d'emissions de CO₂, en funció del recurs energètic emprat

D.E.T. = demanda energètica total del sistema, en GigaJoules

A.E.S. = aportació d'energia solar, en GigaJoules

A.E.A.N. = aportació d'energia auxiliar necessària, en GigaJoules

E.S.E.S. = emissió sense energia solar, en Kg

E.A.E.S. = emissió amb energia solar, en Kg

Tal com es pot observar, sense l'aportació energètica que faran els panells solars, s'emetrien al voltant de 99 tones de CO₂, les quals, únicament recolzant-nos en l'aportació solar, es veurà reduïda fins a aproximadament 60,5 tones. Per tant, simplement amb l'aprofitament de l'energia emesa pel sol, estarem reduint les emissions de contaminants a l'atmosfera en un 61%.

A més, com bé s'ha comentat prèviament, l'aportació energètica auxiliar es durà a terme a través de la biomassa. Això comporta que, tot i que en realitat l'emissió de contaminants emesos per la caldera seran relativament alts, degut al baix poder calorífic del combustible comparat amb els fòssils, se sol considerar les calderes de biomassa com a "emissores neutrals de CO₂", ja que la combustió de la llenya genera les mateixes emissions que l'arbre ha anat absorbint durant el seu creixement.

Per tant, veiem com en resum, la combinació de captadors solars, juntament amb el recolzament d'una caldera de biomassa, permet que una instal·lació d'alt consum energètic i, inicialment gran contaminadora, es converteixi en el que genèricament es podria considerar un edifici amb emissions nul·les de diòxid de carboni a l'atmosfera.

En conclusió, es pot veure fàcilment com si tan sols es comencés a implantar a tot arreu la utilització de panells solars, en una gran capital com és per exemple el cas de Madrid, la qual compta amb un total de piscines municipals que està al voltant de les 62 sense comptar les privades, podríem arribar a tenir un estalvi de més de 3.700 tones anuals en emissions a l'atmosfera.

És evident que l'estalvi de CO₂ aconseguit és molt important, ja que ajuda, entre d'altres coses, a reduir problemàtiques generalitzades al planeta, com és el conegut escalfament global. És per aquest motiu que les energies renovables s'estan generalitzant cada vegada més ja que tal com s'ha demostrat empíricament, són una solució molt més neta i ecològica, a més de ser generalment un recurs inesgotable i, a llarg termini, molt més econòmic.

6. RESUM DEL PRESSUPOST

Per estimar el cost aproximat de la instal·lació, pel que fa a peces de compra i materials per a l'execució del projecte, s'inclou una taula resum dividida en les diferents partides que componen la instal·lació:

Concepte	Cost total
Partida 03: Instal·lació de climatització	101.490,00 €
Partida 04: Instal·lació solar d'A.C.S.	12.916,78 €
Partida 05: Instal·lació solar per l'escalfament del vas	92.373,49 €
Partida 06: Sistema d'escalfament auxiliar	9.579,90 €
Partida 07: Habilitació zona de calderes	241,20 €
Partida 08: Alimentació de la caldera	1.100,39 €
Partida 09: Fals sostre	1.085,00
COST TOTAL D'EXECUCIÓ MATERIAL	218.786,76 €

Taula 104: costos per concepte del projecte

A més, a la taula següent es pot comprovar també per separat els costos finals i la respectiva diferència que suposaran ambdues instal·lacions dimensionades a l'edifici:

Tipus d'instal·lació	Cost total
Instal·lació de Climatització	102.575,00 €
Instal·lació d'Energia solar tèrmica i derivats	116.211,76 €

Taula 105: costos de les instal·lacions dissenyades

En aquest apartat s'han considerat exclusivament preus d'execució material, excloent costos de mà d'obra, els quals s'exposen detalladament al document "Pressupost", juntament amb la resta de materials, elements, components, etc. que conformen la totalitat de la instal·lació.

Cal tenir present que tots els preus indicats tindran vigència durant el present exercici econòmic, però sempre exposats a possibles variacions per decisió del fabricant.

7. CONCLUSIONS

En el present projecte s'han complert totalment els objectius exposats, desenvolupant minuciosament les bases i criteris a seguir per al dimensionat de la instal·lació necessària per climatitzar una piscina coberta, sempre seguint les prescripcions i directives dictades a les normatives estatals actuals. A través d'elles, s'ha aconseguit dissenyar la instal·lació necessària per realitzar la climatització, tant pel que fa a l'edifici com a l'escalfament de l'aigua del vas i obtenció d'aigua calenta sanitària a partir de l'energia solar tèrmica, de forma que s'assoleixin les condicions requerides per al confort dels usuaris. En ambdós casos, s'ha procurat seguir una estructura el més lògica i intel·ligible possible, justificant sempre qualsevol decisió, càlcul, consideració o acció presa durant la confecció del projecte, intentant evitar la generació de dubtes, o males interpretacions dels resultats, que acabarien conduint a greus problemes, especialment en l'hipotètic cas que la instal·lació fos executada.

Per a la realització del projecte ha estat necessari descriure l'edifici de forma exhaustiva, per tal de poder obtenir les dades necessàries, algunes a través del projecte d'execució original de la piscina i d'altres havent de fer suposicions, de la forma més objectiva possible. A més, tot i haver utilitzat diversos programes de càlcul per al dimensionat de canonades, verificació de compliment del CTE HE1, càrregues tèrmiques, etc., s'han anat estudiant els valors obtinguts individualment, per evitar la inducció a futurs errors durant l'elaboració del projecte.

Cal afegir també que a mida que s'ha anat avançant i profunditzant en el disseny de la instal·lació, s'han anat descobrint nous requisits, així com noves possibilitats que no havien estat valorades prèviament, com ha estat per exemple la utilització de recuperadors de calor, o una caldera de biomassa com a sistema auxiliar, que sumat a l'aprofitament que suposa l'ús de l'energia solar, comporten un estalvi energètic i econòmic molt important.

Com a contrapartida, dir que tot i la cura presa en la seva elaboració, qualsevol instal·lació és millorable d'una manera o altra, sobretot quan parlem d'aprofitament energètic. No obstant, el que es pot assegurar és que aconseguir una millora substancial, suposaria un gran nombre d'hores de treball afegides, a les quals caldria prendre especial atenció petits detalls i components, que probablement ens permetrien obtenir un rendiment lleugerament major. Si aquesta opció no s'ha considerat viable, és perquè el volum de feina extra que això comportaria no compensaria de cap manera la millora obtinguda.

Per tant, en un futur es podrien arribar a estudiar maneres de millorar encara més l'eficiència energètica de l'edifici, tot i que caldria tenir present que de forma pràcticament segura es convertiria en una despesa molt difícilment amortitzable.

En conclusió, la combinació de tots els factors que s'han anat comentant, fan que una piscina municipal, les quals acostumen a ser grans consumidores d'energia i recursos en general, es converteixi en un edifici amb un consum molt moderat i altament ecològic, en comparació a les especificacions inicials. Per aquest motiu, seria interessant que cada cop més s'aconseguís una conscienciació general i es comencessin a implantar aquest tipus d'instal·lacions a totes les piscines municipals d'arreu del món. Això comportaria una enorme reducció en emissions de contaminants i malbaratament de recursos no renovables, amb la consegüent millora en la qualitat de vida que, al cap i a la fi, és el principal motiu pel qual estudiem, treballem, i sens dubte pel qual s'ha redactat aquest projecte.

L'autor del present projecte:

Dario Valverde Martínez

Girona, a 2 de setembre de 2013.

8. RELACIÓ DE DOCUMENTS

Conjuntament amb la memòria, trobem els següents documents:

1. ANNEXOS

- ANNEX A: RESULTATS OBTINGUTS AMB LIDER
- ANNEX B: RESULTATS OBTINGUTS AMB AIRPACK
- ANNEX C: EL MÈTODE F-CHART
- ANNEX D: RESULTATS OBTINGUTS AMB F-CHART
- ANNEX E: CÀLCUL DELS VASOS D'EXPANSIÓ
- ANNEX F: ESPECIFICACIONS DE LA MAQUINÀRIA

2. Plànols

3. Plec de condicions

4. Estat d'amidaments

5. Pressupost

ANNEX A

RESULTATS OBTINGUTS AMB LIDER

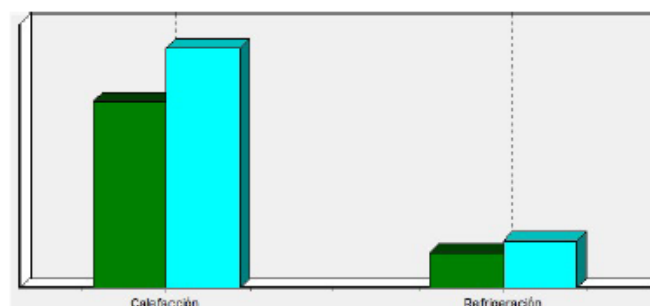
ANNEX A: RESULTATS OBTINGUTS AMB LIDER

A.1. Compliment amb la reglamentació

2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	77,6	75,3
Proporción relativa calefacción refrigeración	84,1	15,9



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Figura 1: compliment de la normativa CTE-HE1, segons LIDER

A.2. Descripció geomètrica i constructiva

A.2.1. Espais

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Àrea (m²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Residencial	3	161,86	2,50
P02_E02	P02	Residencial	3	764,35	5,00
P03_E03	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	161,86	3,00
P04_E04	P04	Residencial	3	764,35	3,00

Taula 1: Espais de càlcul, segons LIDER

A.2.2. Materials

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)	Just.
Mortero de áridos ligeros [vermiculita, perlita]	0,410	900,00	1000,00	-	10	SI
BH aligerado hueco espesor 250 mm	0,472	760,00	1000,00	-	6	--
EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,029	30,00	1000,00	-	20	SI
Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	-	-	-	0,18	-	--
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	-	4	--
Hormigón armado 2300 < d < 2500	2,300	2400,00	1000,00	-	80	--
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000	--
FU Entrevigado de hormigón aligerado -Cant	1,020	1180,00	1000,00	-	6	--
Hormigón en masa 2000 < d < 2300	1,650	2150,00	1000,00	-	70	--
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	-	1	SI
Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,000	1450,00	1050,00	-	50	--
Poliuretano [PU]	0,250	1200,00	1800,00	-	6000	--
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30	--
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	-	6	--
1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm< G < 60	0,667	1140,00	1000,00	-	10	--
Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	-	-	-	0,17	-	--
Tabique de LH sencillo Gran Formato [40 m	0,228	670,00	1000,00	-	10	--

Taula 2: materials de càlcul, utilitzats al programa LIDER

A.2.3. Composició de tancaments

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Paret exterior	0,42	BH aligerado hueco espesor 250 mm	0,200
		EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,040
		Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,000
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,050

Paret exterior piscina	0,50	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,100
		Betún fieltro o lámina	0,002
		EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,040
		Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,000
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,050
Coberta	0,38	FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 25	0,250
		Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,020
		Mortero de áridos ligeros [vermiculita, perlita]	0,010
		Betún fieltro o lámina	0,020
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,080
Coberta	0,38	Betún fieltro o lámina	0,020
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,020
Forjat piscina i vestuaris	1,68	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,250
		Betún fieltro o lámina	0,020
		Poliuretano [PU]	0,040
		Mortero de áridos ligeros [vermiculita, perlita]	0,020
		Plaqueta o baldosa cerámica	0,020
Paret piscina i vestuaris	0,90	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020
		Mortero de áridos ligeros [vermiculita, perlita]	0,020
		1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm< G < 60 mm	0,150
		Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	0,000
		Tabique de LH sencillo Gran Formato [40 mm <	0,100
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020

Taula 3: composició dels tancaments, utilitzats al programa LIDER

A.3. Resultats per espais

Espacios	Àrea (m²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P01_E01	161,9	1	51,4	57,6	66,8	73,2
P02_E02	764,4	1	100,0	73,3	100,0	66,8
P04_E04	764,4	1	56,3	93,9	58,8	96,8

Taula 4: resultats de càlcul obtinguts pel programa LIDER, per a cada espai

ANNEX B

RESULTATS OBTINGUTS AMB AIRPACK

ANNEX B. RESULTATS OBTINGUTS AMB AIRPACK

B.1. Càrregues tèrmiques

B.1.1. Piscina

- Càrregues a l'estiu

PARAMETROS DEL LOCAL		CONDICIONES INTERIORES			CONDICIONES EXTERIORES	
Planta (m²)	714,12		T (°C)	HR (%)	T max (°C)	38,8
Altura (m)	2,5	Verano	27	60	T min (°C)	-1,2
Personas	157	Invierno	27	60	Variación diaria (°C)	17,3
					HR (%)	30

Taula 5: condicions de càlcul introduïdes al programa Airpack

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	6.427 m³/h
Personas	16.225	26.472	
Iluminación	8.927	-	
Otras fuentes	47.942	36.725	

Taula 6: aportacions internes a l'estiu i cabal de ventilació, segons Airpack

15 h. solar (23/7)	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	113.684	23.456	90.228
Latente (W)	62.445	-752	63.197
Total (W)	176.128	22.704	153.425
F.C.S.	0,65		0,59

Demanda tèrmica acumulada: 10.423.370 KJ/día (2.895 KWh tèrmicos/día)

Taula 7: càrregues d'estiu calculades pel programa Airpack

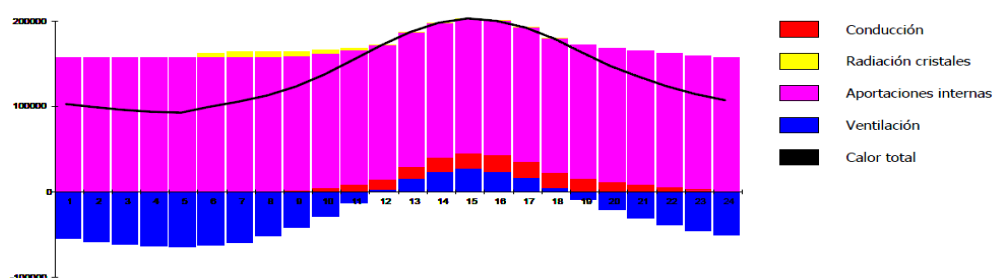


Figura 2: gràfica de càrregues obtinguda, segons el programa Airpack

- Càrregues a l'hivern

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	6.427 m³/h
Personas	-	-	
Iluminación	-	-	
Otras fuentes	-	-	

Taula 8: aportacions internes a l'hivern i cabal de ventilació, segons Airpack

Mes de invierno	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	96.723	62.775	33.948
Latente (W)	-	-	-
Total (W)	96.723	62.775	33.948
F.C.S.	-	-	-

Necesitamos 89.296 g. agua/h

Taula 9: càrregues d'hivern calculades pel programa Airpack

B.1.2. Vestuaris

- Càrregues a l'estiu

PARAMETROS DEL LOCAL		CONDICIONES INTERIORES			CONDICIONES EXTERIORES	
Planta (m²)	29,12		T (°C)	HR (%)	T max (°C)	38,8
Altura (m)	2,5	Verano	25	60	T min (°C)	-1,2
Personas	10	Invierno	21	50	Variación diaria (°C)	17,3
					HR (%)	30

Taula 10: condicions de càlcul introduïdes al programa Airpack

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	450 m³/h
Personas	763	624	
Iluminación	728	-	
Otras fuentes	0	2.704	

Taula 11: aportacions internes a l'estiu i cabal de ventilació, segons Airpack

14 h. solar (22/9)	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	5.807	1.854	3.953
Latente (W)	3.690	362	3.328
Total (W)	9.497	2.216	7.281
F.C.S.	0,61		0,54

Demanda tèrmica acumulada: 427.242 KJ/día (119 KWh tèrmics/día)

Taula 12: càrregues d'estiu calculades pel programa Airpack

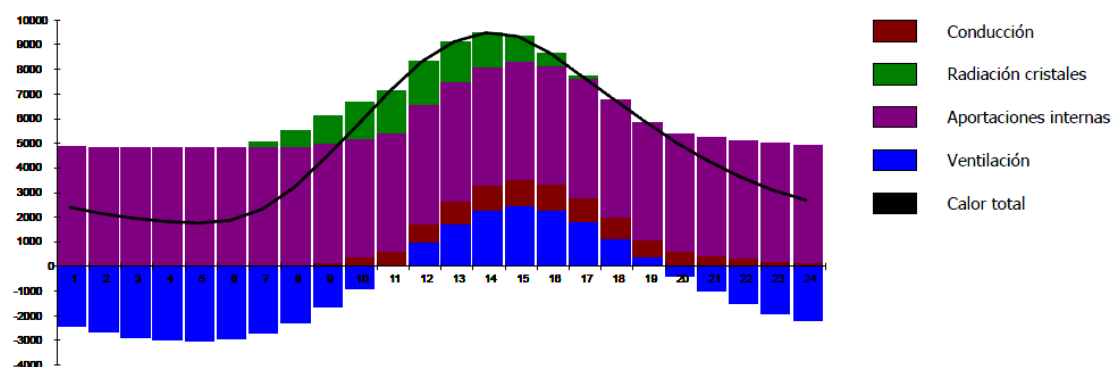


Figura 3: gràfica de càrregues obtinguda, segons el programa Airpack

- Càrregues a l'hivern

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	450 m³/h
Personas	-	-	
Iluminación	-	-	
Otras fuentes	-	-	

Taula 13: aportacions internes a l'hivern i cabal de ventilació, segons Airpack

Mes de invierno	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	5.915	4.105	1.811
Latente (W)	-	-	-
Total (W)	5.915	4.105	1.811
F.C.S.	-		-

Necesitamos 4.199 g. agua/h

Taula 14: càrregues d'hivern calculades pel programa Airpack

B.1.3. Infermeria

- Càrregues a l'estiu

PARAMETROS DEL LOCAL		CONDICIONES INTERIORES			CONDICIONES EXTERIORES	
Planta (m²)	7,82		T (°C)	HR (%)	T max (°C)	38,8
Altura (m)	2,5	Verano	25	60	T min (°C)	-1,2
Personas	0	Invierno	21	50	Variación diaria (°C)	17,3
					HR (%)	30

Taula 15: condicions de càlcul introduïdes al programa Airpack

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	23 m³/h
Personas	0	0	
Iluminación	25	-	
Otras fuentes	0	0	

Taula 16: aportacions internes a l'estiu i cabal de ventilació, segons Airpack

9 h. solar (22/9)	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	2.538	14	2.524
Latente (W)	-99	-99	0
Total (W)	2.439	-85	2.524
F.C.S.	-		-

Demanda tèrmica acumulada: 72.022 KJ/día (20 KWh tèrmics/día)

Taula 17: càrregues d'estiu calculades pel programa Airpack

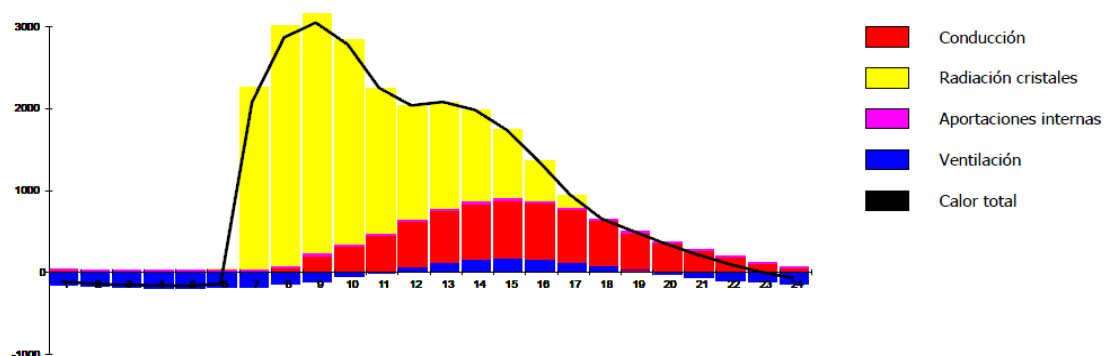


Figura 4: gràfica de càrregues obtinguda, segons el programa Airpack

- Càrregues a l'hivern

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	23 m³/h
Personas	-	-	
Iluminación	-	-	
Otras fuentes	-	-	

Taula 18: aportacions internes a l'hivern i cabal de ventilació, segons Airpack

Mes de invierno	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	1.032	178	854
Latente (W)	-	-	-
Total (W)	1.032	178	854
F.C.S.	-	-	-

Necesitamos 150 g. agua/h

Taula 19: càrregues d'hivern calculades pel programa Airpack

B.1.4. Oficines

- Càrregues a l'estiu

PARAMETROS DEL LOCAL		CONDICIONES INTERIORES			CONDICIONES EXTERIORES	
Planta (m²)	17,72		T (°C)	HR (%)	T max (°C)	38,8
Altura (m)	2,5	Verano	25	60	T min (°C)	-1,2
Personas	2	Invierno	21	50	Variación diaria (°C)	17,3
					HR (%)	30

Taula 20: condicions de càlcul introduïdes al programa Airpack

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	797 m³/h
Personas	133	89	
Iluminación	443	-	
Otras fuentes	0	0	

Taula 21: aportacions internes a l'estiu i cabal de ventilació, segons Airpack

15 h. solar (22/9)	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	5.595	3.402	2.193
Latente (W)	962	873	89
Total (W)	6.558	4.275	2.282
F.C.S.	0,85		0,96

Demanda tèrmica acumulada: 150.467 KJ/día (42 KWh tèrmicos/día)

Taula 22: càrregues d'estiu calculades pel programa Airpack

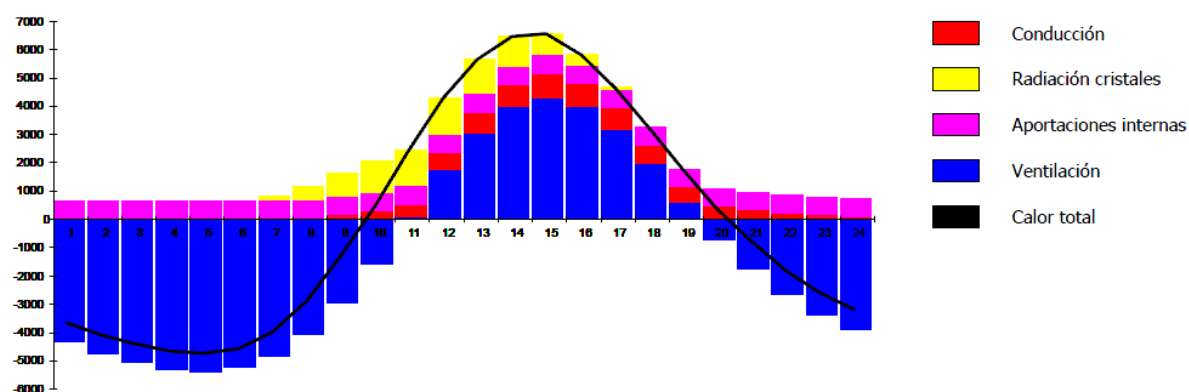


Figura 5: gràfica de càrregues obtinguda, segons el programa Airpack

- Càrregues a l'hivern

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	797 m³/h
Personas	-	-	
Iluminación	-	-	
Otras fuentes	-	-	

Taula 23: aportacions internes a l'hivern i cabal de ventilació, segons Airpack

Mes de invierno	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	7.389	6.173	1.216
Latente (W)	-	-	-
Total (W)	7.389	6.173	1.216
F.C.S.	-		-

Necesitamos 5.196 g. agua/h

Taula 24: càrregues d'hivern calculades pel programa Airpack

B.1.5. Pas i recepció

- Càrregues a l'estiu

PARAMETROS DEL LOCAL		CONDICIONES INTERIORES			CONDICIONES EXTERIORES	
Planta (m²)	28,6		T (°C)	HR (%)	T max (°C)	38,8
Altura (m)	2,5	Verano	25	60	T min (°C)	-1,2
Personas	15	Invierno	21	60	Variación diaria (°C)	17,3
					HR (%)	30

Taula 25: condicions de càlcul introduïdes al programa Airpack

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	675 m³/h
Personas	1.145	937	
Iluminación	715	-	
Otras fuentes	0	0	

Taula 26: aportacions internes a l'estiu i cabal de ventilació, segons Airpack

15 h. solar (23/7)	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	6.126	2.881	3.245
Latente (W)	1.677	740	937
Total (W)	7.803	3.621	4.182
F.C.S.	0,79		0,78

Demanda tèrmica acumulada: 232.803 KJ/día (65 KWh tèrmics/día)

Taula 27: càrregues d'estiu calculades pel programa Airpack

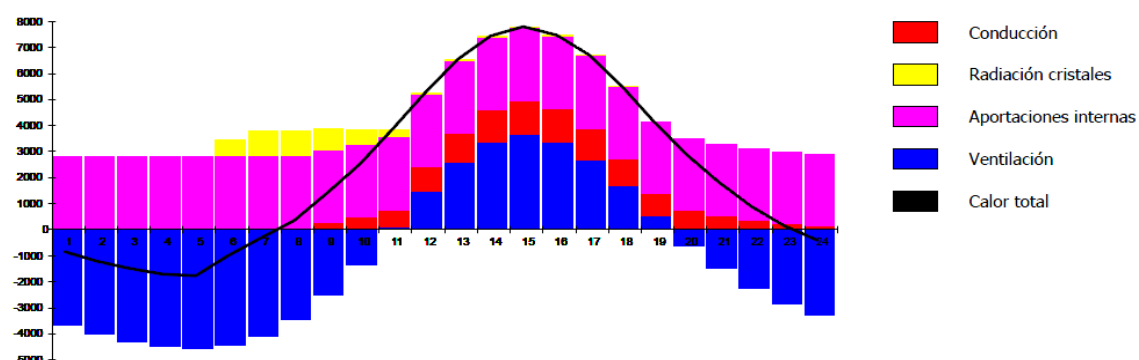


Figura 6: gràfica de càrregues obtinguda, segons el programa Airpack

- Hivern

APORTACIONES INTERNAS			CAUDAL DE VENTILACIÓN
Calor debido a:	Sensible (W)	Latente (W)	675 m³/h
Personas	-	-	
Iluminación	-	-	
Otras fuentes	-	-	

Taula 28: aportacions internes a l'hivern i cabal de ventilació, segons Airpack

Mes de invierno	CARGA MÁXIMA TOTAL	CARGA VENTILACIÓN	CARGA INTERNA
Sensible (W)	8.438	6.137	2.301
Latente (W)	-	-	-
Total (W)	8.438	6.137	2.301
F.C.S.	-	-	-

Necesitamos 8.045 g. agua/h

Taula 29: càrregues d'hivern calculades pel programa Airpack

B.2. Conductes d'aire

B.2.1. Piscina

Sabent que les canonades d'impuls i retorn seran idèntiques, es mostren només els resultats per als conductes d'impulsió d'aire:

Tramo	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Pérdida lineal (mm.c.a./m)	Pérdida total (mm.c.a.)
1	1	30.000	12,44	1.675	400	0,223	0,223
2	1	29.000	12,39	1.625	400	0,223	0,223
3	1	28.000	12,35	1.575	400	0,222	0,222
4	1	27.000	12,30	1.525	400	0,222	0,222
5	1	26.000	12,24	1.475	400	0,222	0,222
6	1	25.000	12,18	1.425	400	0,222	0,222
7	1	24.000	12,12	1.375	400	0,222	0,222
8	1	23.000	12,05	1.325	400	0,222	0,222
9	1	22.000	11,98	1.275	400	0,221	0,221
10	1	21.000	11,90	1.225	400	0,221	0,221
11	1	20.000	11,82	1.175	400	0,221	0,221
12	1	19.000	11,73	1.125	400	0,220	0,220
13	1	18.000	11,63	1.075	400	0,220	0,220
14	1	17.000	11,52	1.025	400	0,219	0,219
15	1	16.000	11,40	975	400	0,218	0,218
16	1	15.000	11,26	925	400	0,217	0,217
17	1	14.000	11,11	875	400	0,216	0,216
18	1	13.000	10,94	825	400	0,215	0,215
19	1	12.000	10,75	775	400	0,213	0,213
20	1	11.000	10,54	725	400	0,211	0,211

21	1	10.000	10,29	675	400	0,208	0,208
22	1	9.000	10,42	600	400	0,224	0,224
23	1	8.000	10,10	550	400	0,221	0,221
24	1	7.000	9,72	500	400	0,216	0,216
25	1	6.000	9,26	450	400	0,209	0,209
26	1	5.000	8,68	400	400	0,198	0,198
27	1	4.000	8,55	325	400	0,220	0,220
28	1	3.000	7,58	275	400	0,197	0,197
29	1	2.000	6,94	200	400	0,214	0,214
30	1	1.000	5,56	125	400	0,213	0,213

Taula 30: secció i pèrdues als trams de canonada, segons Airpack

Material: acer galvanitzat [0,09 mm]

Superfície de material necessària: 96,2 m²**Tabla de pérdidas**

Trayectoria	Pérdida total (mm.c.a.)	Pérdida disponible (mm.c.a.)
1	0,22	6,29
1 / 2	0,45	6,06
1 / 2 / 3	0,67	5,84
1 / 2 / 3 / 4	0,89	5,62
1 / 2 / 3 / 4 / 5	1,11	5,40
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6	1,33	5,18
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7	1,56	4,95
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8	1,78	4,73
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9	2	4,51
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10	2,22	4,29
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11	2,44	4,07
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12	2,66	3,85
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13	2,88	3,63
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14	3,10	3,41
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15	3,32	3,19
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16	3,54	2,97
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17	3,75	2,76
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18	3,97	2,54
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19	4,18	2,33
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20	4,39	2,12
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21	4,60	1,91
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22	4,82	1,69
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22 / 23	5,04	1,47
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22 / 23 / 24	5,26	1,25
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22 / 23 / 24 / 25	5,47	1,04
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22 / 23 / 24 / 25 / 26	5,67	0,84
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22 / 23 / 24 / 25 / 26 / 27	5,89	0,62
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22 / 23 / 24 / 25 / 26 / 27 / 28 / 29	6,30	0,21
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22 / 23 / 24 / 25 / 26 / 27 / 28 / 29 / 30	6,51	Referencia

Taula 31: pèrdues de càrrega als trams de canonada, segons Airpack

B.2.2. Pas i recepció

Tramo	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Pérdida lineal (mm.c.a./m)	Pérdida total (mm.c.a.)
1	2,5	1.770	4,86	675	150	0,122	0,305
2	2,5	1.549	4,78	600	150	0,122	0,304
3	2,5	1.328	4,68	525	150	0,121	0,303
4	2,5	1.106	4,55	450	150	0,120	0,300
5	1,1	443	3,65	225	150	0,105	0,132
6	2,6	664	4,10	300	150	0,114	0,720
7	3,6	221	3,27	125	150	0,122	0,605
8	2,4	443	3,65	225	150	0,105	0,253
9	2,4	221	3,27	125	150	0,122	0,293

Taula 32: secció i pèrdues als trams de canonada, segons Airpack

Material: acer galvanitzat [0,09 mm]

Superfície de material necessària: 27 m²

Tabla de pérdidas

Trayectoria	Pérdida total (mm.c.a.)	Pérdida disponible (mm.c.a.)
1	0,30	2,18
1 / 2	0,61	1,87
1 / 2 / 3	0,91	1,57
1 / 2 / 3 / 4 / 5	1,34	1,14
1 / 2 / 3 / 4 / 6	1,93	0,55
1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 7	1,95	0,53
1 / 2 / 3 / 4 / 6 / 8	2,18	0,30
1 / 2 / 3 / 4 / 6 / 8 / 9	2,48	Referencia

Taula 33: pèrdues de càrrega als trams de canonada, segons Airpack

B.2.3. Vestuaris

Tramo	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Pérdida lineal (mm.c.a./m)	Pérdida total (mm.c.a.)
1	10,08	3.120	5,33	650	250	0,090	1,398
2	2	2.340	4,95	525	250	0,085	0,170
3	1,55	1.560	4,62	375	250	0,087	0,135
4	2	780	3,85	225	250	0,083	0,166

Taula 34: secció i pèrdues als trams de canonada, segons Airpack

Material: acer galvanitzat [0,09 mm]

Superfície de material necessària: 30,1 m²

Tabla de pérdidas

Trayectoria	Pérdida total (mm.c.a.)	Pérdida disponible (mm.c.a.)
1	1,40	0,47
1 / 2	1,57	0,30
1 / 2 / 3	1,70	0,17
1 / 2 / 3 / 4	1,87	Referencia

Taula 35: pèrdues de càrrega als trams de canonada, segons Airpack

B.3. Canonades d'aigua**B.3.1. Obtenció d'A.C.S.**

Planta - Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diámetro	P.C. lineal (mm.c.a./m)	P.C. total (mm.c.a.)	Nº codos	Válvulas	Material
Vista general - 01	7,94	186	14 mm	28,94	649,23	4	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 02	0,55	93	12 mm	20,26	96,50	1	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 03	10,6	93	12 mm	20,26	541,22	3	1	Cobre [0,0015]

Taula 36: diàmetre i pèrdues als trams de canonada, segons Airpack

Els valors de les taules indiquen les pèrdues de càrrega d'anada i tornada.

El volum total (anada i tornada) de les canonades és de 4 litres.

Tabla de pérdidas

Planta - Climatizador (Tramo)	Caudal (l/h)	P.C. Climatizador + Válvula (mm.c.a.)	P.C. total (mm.c.a.)	P.C. Equilibrado (mm.c.a.)
Vista general - 3 captadors (3)	93	30	1.220,45	Referència
Vista general - 4 captadors (2)	93	40	785,74	434,71

Taula 37: pèrdues de càrrega als captadors, segons Airpack

Stock de tubería

Material	Diámetro	Longitud (m)
Cobre	12 mm	22,3
Cobre	14 mm	15,88

Taula 38: stock de canonada per a la producció d'A.C.S., segons Airpack

B.3.2. Escalfament del vas

Planta - Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diàmetre	P.C. lineal (mm.c.a./m)	P.C. total (mm.c.a.)	Nº codos	Vàlvulas	Material
Vista general - 01	8,47	3.348	42 mm	18,48	578,76	3	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 02	1,78	3.255	42 mm	17,59	112,05	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 03	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 04	5,67	3.162	35 mm	39,85	685,41	2	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 05	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 06	1,78	3.069	35 mm	37,80	225,72	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 07	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 08	1,78	2.976	35 mm	35,81	213,17	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 09	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 10	1,78	2.883	35 mm	33,86	200,96	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 11	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 12	1,78	2.790	35 mm	31,96	189,09	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 13	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 14	1,78	2.697	35 mm	30,10	177,56	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 15	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 16	1,78	2.604	35 mm	28,30	166,37	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 17	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 18	1,78	2.511	35 mm	26,55	155,52	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 19	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 20	1,78	2.418	35 mm	24,84	145,02	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 21	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 22	1,78	2.325	35 mm	23,19	134,86	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 23	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 24	1,78	2.232	35 mm	21,59	125,05	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 25	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 26	1,78	2.139	35 mm	20,03	115,59	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 27	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 28	1,78	2.046	35 mm	18,53	106,48	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 29	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 30	1,78	1.953	35 mm	17,08	97,72	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 31	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 32	1,78	1.860	35 mm	15,68	89,31	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 33	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 34	1,78	1.767	35 mm	14,34	81,25	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 35	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 36	11,96	1.674	35 mm	13,04	339,15	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 37	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 38	1,78	1.581	28 mm	36,65	193,26	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 39	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 40	1,78	1.488	28 mm	32,96	172,95	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 41	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 42	1,78	1.395	28 mm	29,44	236,38	2	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 43	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 44	1,78	1.302	28 mm	26,10	135,48	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 45	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 46	1,78	1.209	28 mm	22,93	118,34	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 47	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 48	1,78	1.116	28 mm	19,95	102,28	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 49	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 50	1,78	1.023	28 mm	17,14	87,31	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 51	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 52	1,78	930	28 mm	14,53	73,43	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 53	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 54	1,78	837	28 mm	12,10	60,67	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 55	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 56	1,78	744	22 mm	34,19	161,43	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 57	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 58	1,78	651	22 mm	27,12	126,94	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 59	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 60	1,78	558	22 mm	20,77	96,27	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 61	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 62	1,78	465	18 mm	37,66	167,54	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 63	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 64	1,78	372	18 mm	25,62	112,65	0	0	Cobre [0,0015]

Vista general - 65	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 66	1,78	279	16 mm	28,77	122,62	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 67	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 68	5,67	186	14 mm	28,94	344,40	0	0	Cobre [0,0015]
Vista general - 69	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 70	1,93	93	12 mm	20,26	164,04	1	1	Cobre [0,0015]
Vista general - 71	0,15	93	12 mm	20,26	85,65	0	1	Cobre [0,0015]

Taula 39: diàmetre i pèrdues als trams de canonada, segons Airpack

Els valors de les taules indiquen les pèrdues de càrrega d'anada i tornada.

El volum total (anada i tornada) de les canonades és de 126 litres.

Tabla de pérdidas

Planta - Climatizador (Tramo)	Caudal (l/h)	P.C. Climatizador + Válvula (mm.c.a.)	P.C. total (mm.c.a.)	P.C. Equilibrado (mm.c.a.)
Vista general - 3 captadors 19 (39)	93	30	4.054,71	2.390,33
Vista general - 3 captadors 20 (41)	93	30	4.247,97	2.197,07
Vista general - 3 captadors 21 (43)	93	30	4.420,92	2.024,12
Vista general - 3 captadors 22 (45)	93	30	4.657,29	1.787,74
Vista general - 3 captadors 23 (47)	93	30	4.792,77	1.652,26
Vista general - 3 captadors 24 (49)	93	30	4.911,12	1.533,92
Vista general - 3 captadors 25 (51)	93	30	5.013,40	1.431,64
Vista general - 3 captadors 26 (53)	93	30	5.100,71	1.344,33
Vista general - 3 captadors 27 (55)	93	30	5.174,14	1.270,90
Vista general - 3 captadors 28 (57)	93	30	5.234,81	1.210,23
Vista general - 3 captadors 29 (59)	93	30	5.396,23	1.048,80
Vista general - 3 captadors 30 (61)	93	30	5.523,17	921,86
Vista general - 3 captadors 31 (63)	93	30	5.619,44	825,60
Vista general - 3 captadors 32 (65)	93	30	5.786,98	658,06
Vista general - 3 captadors 33 (67)	93	30	5.899,63	545,41
Vista general - 4 captadors 1 (3)	93	40	704,41	5.740,63
Vista general - 4 captadors 10 (21)	93	40	2.830,26	3.614,78
Vista general - 4 captadors 11 (23)	93	40	2.975,28	3.469,75
Vista general - 4 captadors 12 (25)	93	40	3.110,15	3.334,89
Vista general - 4 captadors 13 (27)	93	40	3.235,20	3.209,83
Vista general - 4 captadors 14 (29)	93	40	3.350,80	3.094,24
Vista general - 4 captadors 15 (31)	93	40	3.457,27	2.987,76
Vista general - 4 captadors 16 (33)	93	40	3.554,99	2.890,05
Vista general - 4 captadors 17 (35)	93	40	3.644,30	2.800,74
Vista general - 4 captadors 18 (37)	93	40	3.725,56	2.719,48
Vista general - 4 captadors 2 (5)	93	40	816,46	5.628,58
Vista general - 4 captadors 3 (7)	93	40	1.501,87	4.943,17
Vista general - 4 captadors 4 (9)	93	40	1.727,59	4.717,45
Vista general - 4 captadors 5 (11)	93	40	1.940,76	4.504,28
Vista general - 4 captadors 6 (13)	93	40	2.141,72	4.303,32
Vista general - 4 captadors 7 (15)	93	40	2.330,81	4.114,23
Vista general - 4 captadors 8 (17)	93	40	2.508,37	3.936,67
Vista general - 4 captadors 9 (19)	93	40	2.674,74	3.770,30
Vista general - Clim 34 (69)	93	30	6.022,25	422,79
Vista general - Clim 35 (71)	93	30	6.366,65	78,39

Taula 40: pèrdues de càrrega als captadors, segons Airpack

Stock de tubería

Material	Diàmetre	Longitud (m)
Cobre	12 mm	14,36
Cobre	14 mm	11,34
Cobre	16 mm	3,56
Cobre	18 mm	7,12
Cobre	22 mm	10,68
Cobre	28 mm	32,04
Cobre	35 mm	88,66
Cobre	42 mm	20,5

Taula 41: stock de canonada per a l'escalfament de l'aigua del vas., segons Airpack

B.3.3. Vas – intercanviadors

Planta - Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diàmetre	P.C. lineal (mm.c.a./m)	P.C. total (mm.c.a.)	Nº codos	Vàlvulas	Material
Vista general - 01	19,1	5.750	54 mm	13,58	1.239,82	4	4	Cobre [0,0015]

Taula 42: diàmetre i pèrdues als trams de canonada, segons Airpack

Els valors de les taules indiquen les pèrdues de càrrega d'anada i tornada.

El volum total (anada i tornada) de les canonades és de 80 litres.

Stock de tubería

Material	Diàmetre	Longitud (m)
Cobre	54 mm	38,2

Taula 43: stock de canonada per a la circulació entre intercanviadors i vas., segons Airpack

ANNEX C

EL MÈTODE F-CHART

ANNEX C. EL MÈTODE F-CHART

Com ja s'ha comentat, els càlculs pel que fa a la instal·lació d'energia solar tèrmica, es duran a terme a partir del mètode de les corbes f (F-Chart), el qual consisteix en identificar les variables adimensionals del sistema d'escalfament solar i utilitzar la simulació de funcionament mitjançant l'ordinador, per dimensionar les correlacions entre aquestes variables i el rendiment mig per a un llarg període de temps.

El mètode F-Chart es basa en la següent equació:

$$f = 1.029 D_1 - 0.065 D_2 - 0.245 D_1^2 + 0.0018 D_2^2 + 0.0215 D_1^3$$

Eq. 1: fórmula de càlcul del mètode F-Chart

La seqüència que sol seguir-se en el càlcul és la següent:

1. Valoració de les càrregues calorífiques per a l'escalfament de l'aigua
2. Valoració de la radiació solar incident a la superfície inclinada dels captadors
3. Càlcul del paràmetre D_1
4. Càlcul del paràmetre D_2
5. Determinació de la gràfica f
6. Valoració de la cobertura solar mensual
7. Valoració de la cobertura solar anual

Les càrregues calorífiques determinen la quantitat de calor necessària mensual per escalfar l'aigua destinada al consum domèstic, calculant-se mitjançant la següent expressió:

$$Q_a = C_e \cdot C \cdot N \cdot (t_{ac} - t_r)$$

Eq. 2: càrrega calorífica mensual

On:

- Q_a = càrrega calorífica mensual d'escalfament d'A.C.S.
- C_e = calor específic
- C = consum diari d'A.C.S. (L)
- t_{ac} = temperatura de l'aigua calenta d'acumulació (°C)
- t_r = temperatura de l'aigua de xarxa (°C)

- N = número de dies del mes

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

$D_1 = \text{energia absorbida pel captador} / \text{càrrega calorífica mensual}$

Eq. 3: fórmula de càlcul del paràmetre D_1

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

$$E_a = S_c \cdot F_r' \cdot (\tau \cdot \alpha) \cdot R_1 \cdot N$$

Eq. 4: energia absorbida pel captador

On:

- S_c = superfície del captador (m^2)
- R_1 = radiació diària mitja mensual incident sobre la superfície de captació per unitat d'àrea (KJ/m^2)
- N = número de dies del mes
- $F_r' \cdot (\tau \cdot \alpha)$ = factor adimensional, que ve donat per la següent expressió:

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

Eq. 5: factor adimensional pel càlcul de l'energia absorbida

On:

- $F_r' (\tau \cdot \alpha)_n$ = factor d'eficiència òptica del captador
- $(\tau \cdot \alpha) / (\tau \cdot \alpha)_n$ = modificador de l'angle d'incidència. En general es pren 0.96
- F_r' / F_r = factor de correcció del conjunt captador-intercanviador. Es recomana 0.95

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

$D_2 = \text{energia perduda pel captador} / \text{càrrega calorífica mensual}$

Eq. 6: fórmula de càlcul del paràmetre D_2

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

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

Eq. 7: energia perduda pel captador

On:

- S_c = superfície del captador (m^2)
- $Fr' \cdot U_L = Fr \cdot U_L \cdot (Fr'/Fr)$, on $Fr \cdot U_L$ = coeficient global de pèrdua del captador
- t_a = temperatura mitja mensual de l'ambient
- Δt = període de temps considerat en segons
- K_1 = factor de correcció per emmagatzematge
- K_2 = factor de correcció per A.C.S.
-

Una vegada obtingut D_1 i D_2 , amb l'equació inicial es calcula la fracció de la càrrega calorífica mensual aportada pel sistema. D'aquesta forma, l'energia útil captada cada mes és el producte de la fracció solar per la càrrega calorífica mensual d'A.C.S. A través del mateix sistema operatiu, es determinarà aquest valor per tots els mesos de l'any.

ANNEX D

RESULTATS OBTINGUTS AMB F-CHART

ANNEX D. RESULTATS OBTINGUTS AMB F-CHART

D.1. Obtenció d'A.C.S.

<u>Determinació del consum d'ACS, segons CTE</u>		<u>Dades geogràfiques de l'emplaçament</u>		<u>Dades dels col·lectors</u>	
Servei	80	Població:	Córdoba	Model de les plaques:	VISSMANN VITOSOL 200F
Consum per servei:	15 litres	Estació:	Adamuz	Dimensions de les plaques:	2380 x 1056 x 90
Tª utilització aigua:	60 °C	Latitud geogràfica:	38º	Superfície de captació:	2,32 m2
*Consum diari estimat:	1.200 litres	Utilització prevista:	estiu / hivern	Rendiment:	45%
Contribució solar mínima:	60%	Inclinació col·lectors	38º	Nº plaques previstes:	7
Ce	3,642	Azimut:	25º	Superfície total captadors:	16,24 m2
				superfície captació	16,24 m2
				rendiment optic	0,782
				MAI	0,89
				Fact cor capt-inter	0,95
				Kglobal	4,086
				Fact acumulador	0,883393752
				Fact ACS	0,899325843
				n	0,782
				a1	4,07 W/m2K
				a2	0,016 W/m2K2

	T Aigua Freda °C	Pèrdues renovació °C	Demanda tèrmica diària KWh/dia	Dies	Demanda tèrmica mensual KWh/mes	Irradiació global diària kWh/m2	Irradiació global mensual kWh/m2 mes	Tamb °C	Facs	D1	D2	f %	Eutil kWh/mes
Gener	6,00	54,00	65,56	31,00	2.032,24	3,55	109,9	11,00	0,899325843	0,581	1,632	41%	840,59
Febrer	7,00	53,00	64,34	28,00	1.801,58	4,73	132,4	13,00	0,911034483	0,789	1,646	56%	1004,02
Març	9,00	51,00	61,91	31,00	1.919,33	5,39	167	16,00	0,952619048	0,934	1,727	64%	1229,54
Abril	11,00	49,00	59,49	30,00	1.784,58	6,10	183,1	18,00	1,013414634	1,102	1,867	72%	1287,02
Maig	12,00	48,00	58,27	31,00	1.806,43	6,37	197,4	21,00	1,012658228	1,173	1,835	76%	1367,24
Juny	13,00	47,00	57,06	30,00	1.711,74	6,92	207,6	26,00	0,976486486	1,302	1,693	82%	1403,06
Juliol	14,00	46,00	55,84	31,00	1.731,16	7,15	221,5	30,00	0,954857143	1,374	1,600	85%	1474,77
Agost	13,00	47,00	57,06	31,00	1.768,80	7,04	218,1	30,00	0,899714286	1,324	1,475	84%	1487,45
Setembre	12,00	48,00	58,27	30,00	1.748,16	6,11	183,3	26,00	0,924324324	1,126	1,569	75%	1311,85
Octubre	11,00	49,00	59,49	31,00	1.844,07	4,64	143,9	21,00	0,963797468	0,838	1,711	58%	1077,42
Novembre	9,00	51,00	61,91	30,00	1.857,42	3,65	109,6	16,00	0,952619048	0,634	1,727	45%	829,72
Desembre	6,00	54,00	65,56	31,00	2.032,24	3,01	93,4	12,00	0,883181818	0,493	1,585	35%	710,60
TOTAL										TOTAL			14023,27

Pèrdues per orientació i inclinació:	2,19%
--------------------------------------	-------

f anual	64%
rendiment	44%

Volum acumulació	2000 litres
812	ENTRE 2923,2

Taula 44: Resultats de captació, pèrdues, contribució solar i volum d'acumulació, pel mètode F-Chart

D.2. Escalfament de l’aigua del vas

<u>Determinació del consum d'ACS, segons CTE</u>		<u>Dades dels col·lectors</u>	
Tª utilització aigua:	25 °C	Model de les plaques:	VISSMANN VITOSOL 200F
Contribució solar mínima:	60%	Dimensions de les plaques:	2380 x 1056 x 90
<u>Dades geogràfiques de l'emplacament</u>		Superfície de captació:	2,32 m2
Població:	Córdoba	Rendiment:	45%
Estació:	Adamuz	Nº plaques previstes:	126
Latitud geogràfica:	38º	superfície captació	292,32 m2
Utilització prevista:	estiu / hivern	rendiment optic	0,782
Inclinació col·lectors	38º	MAI	0,89
Azimut:	25º	Fact cor capt-inter	0,95
<u>Pèrdues de càrrega obtingudes:</u>		Kglobal	4,086
		Fact acumulador	1
		Fact ACS	1
		n	0,782
		a1	4,07
		a2	0,016
			W/m2K
			W/m2K2

Tipus pèrdua	Pèrdua (W)	hores	Pèrdua diària
Radiació	-3600	24	-86,40
Convecció	-491,875	24	-11,81
Transmissió	13922	24	334,13
Evaporació	36724,35	14	514,14
TOTAL [KWh]			750,06

Taula 45: pèrdues de càrrega diàries, en KWh

	T Agua Freda		Volum renovació	Pèrdues renovació		Demanda tèrmica diària	Dies	Demanda tèrmica	Irradiació global diària	Irradiació global	Tamb	Facs	D1	D2	f	Eutil
	°C	°C		°C	kWh	kWh/dia		kWh/mes	kWh/m2	kWh/m2 mes	°C				%	kWh/mes
Gener	6,00	31,25		31,25	689,62	1.439,69	31,00	44.630,33	3,55	109,9	11,00	0,435281	0,476	0,733	39%	17297,60
Febrer	7,00	31,25		31,25	653,33	1.403,39	28,00	39.294,98	4,73	132,4	13,00	0,436322	0,651	0,737	52%	20406,00
Març	9,00	31,25		31,25	580,74	1.330,80	31,00	41.254,80	5,39	167	16,00	0,460952	0,782	0,792	60%	24948,07
Abril	11,00	31,25		31,25	508,14	1.258,21	30,00	37.746,24	6,10	183,1	18,00	0,509756	0,938	0,905	69%	26122,26
Maig	12,00	31,25		31,25	471,85	1.221,91	31,00	37.879,27	6,37	197,4	21,00	0,489873	1,007	0,863	73%	27771,38
Juny	13,00	31,25		31,25	435,55	1.185,62	30,00	35.568,48	6,92	207,6	26,00	0,418378	1,128	0,711	80%	28586,54
Juliol	14,00	31,25		31,25	399,26	1.149,32	31,00	35.628,92	7,15	221,5	30,00	0,364857	1,202	0,605	84%	30071,40
Agost	13,00	31,25		31,25	435,55	1.185,62	31,00	36.754,10	7,04	218,1	30,00	0,309714	1,147	0,498	83%	30357,93
Setembre	12,00	31,25		31,25	471,85	1.221,91	30,00	36.657,36	6,11	183,3	26,00	0,366216	0,966	0,604	73%	26651,36
Octubre	11,00	31,25		31,25	508,14	1.258,21	31,00	39.004,45	4,64	143,9	21,00	0,441013	0,713	0,754	56%	21888,33
Novembre	9,00	31,25		31,25	580,74	1.330,80	30,00	39.924,00	3,65	109,6	16,00	0,460952	0,531	0,792	43%	17032,68
Desembre	6,00	31,25		31,25	689,62	1.439,69	31,00	44.630,33	3,01	93,4	12,00	0,413864	0,404	0,689	33%	14826,24
TOTAL										1967,2	TOTAL					
										468973,25	TOTAL					

f anual	61%	> 60%
rendiment	50%	> 40%

Pèrdues per orientació i inclinació:		2,19%
--------------------------------------	--	-------

Taula 46: resultats de captació, pèrdues i contribució solar, obtingudes pel mètode F-Chart

ANNEX E

CÀLCUL DELS VASOS D'EXPANSIÓ

ANNEX E. CÀLCUL DELS VASOS D'EXPANSIÓ

A continuació s'explicaran els càlculs i la metodologia que cal dur a terme, segons la norma UNE 100155:2004, per tal de determinar el volum que hauran de tenir els vasos d'expansió tancats, per poder absorbir l'augment de volum de l'aigua que circularà per les canonades, en variar la temperatura d'aquesta.

Inicialment, s'ha de calcular el coeficient de dilatació del fluid C_e (adimensional), que per a l'aigua es calcula de la següent manera:

- Amb temperatures des de 30 °C fins a 70 °C:

$$C_e = (-1,75 + 0,064t + 0,0036t_2) \cdot 10^{-3}$$

Eq. 8: càlcul del coeficient de dilatació, per temperatures entre 30 i 70 °C

- Amb temperatures des de 70 °C fins a 140 °C:

$$C_e = (-33,48 + 0,738t) \cdot 10^{-3}$$

Eq. 9: càlcul del coeficient de dilatació, per temperatures entre 70 i 140 °C

- Amb temperatures des de 140 °C fins a 210 °C:

$$C_e = (-95 + 1,2t) \cdot 10^{-3}$$

Eq. 10: càlcul del coeficient de dilatació, per temperatures entre 140 i 210 °C

On t és la temperatura màxima de funcionament del circuit en °C.

A continuació es calcula el coeficient de pressió del gas C_p (adimensional), el qual es calcula a partir de l'equació dels gasos perfectes, la llei de Boyle Mariotte:

$$C_p = (P_m \cdot P_M) / (P_i \cdot (P_M - P_m))$$

Eq. 11: càlcul del coeficient de pressió del gas

On:

- P_m = pressió mínima del vas en bars
- P_M = pressió del vas en bars
- P_i = pressió inicial del vas en bars

Finalment, el volum del vas d'expansió V_t es calcula segons l'expressió següent:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p \quad [\text{litres}]$$

Eq. 12: volum del vas d'expansió, en litres

On:

- V = contingut total d'aigua al circuit [litres]
- C_e = coeficient de dilatació del fluid (adimensional)
- C_p = coeficient de pressió del gas (adimensional)

Per cada vas d'expansió calculat, s'indicarà a l'apartat corresponent la pressió de tarat de la vàlvula, encarregada de protegir el vas d'expansió contra sobrepressions.

ANNEX F

ESPECIFICACIONS DE LA MAQUINÀRIA

ANNEX F. ESPECIFICACIONS DE LA MAQUINÀRIA

F.1. Bombes de calor

F.1.1. Piscina

- Taula de característiques de la Airmaster BCP 610

Air Master BCP		320	360	400	440	480	555	610
Circuito de aire	Potencia deshumidificación ① (kg/h)	66,5	77,8	82,8	93,1	100,0	116,2	126,5
	Potencia calorífica (kW)	69,5	85,5	94,0	111,9	109,7	124,2	148,7
	Potencia frigorífica ② (kW)	92,1	109,8	115,0	132,2	138,4	160,0	179,9
	Potencia absorbida ③ (kW)	22,6	26,3	29,3	31,2	33,1	36,9	45,0
	Caudal aire nominal (m³/h)	16.000	18.000	20.000	22.000	24.000	27.775	30.000
	Presión estática disp. (mm.c.a.)	19,1	17,5	19,7	16,6	17,2	16,5	18,8
	Tipo ventilador / Número	Centrífugo / 1						
	Potencia (kW)	5,5	5,5	7,5	7,5	7,5	7,5	11
Circuito de aire de alto caudal (opcional)	Caudal aire nominal (m³/h)	24.000	27.000	30.000	33.000	36.000	41.625	43.000
	Presión estática disp. (mm.c.a.)	16,9	21,9	18,9	15,8	18,2	17,4	19,4
	Tipo ventilador / Número	Centrífugo / 1						
	Potencia (kW)	7,5	11	11	11	11	15	18,5
Condensador de agua	Potencia calorífica ④ (kW)	39,7	43,1	42,8	44,0	54,2	65,1	65,2
	Caudal agua nominal (m³/h)	6,8	7,4	7,4	7,6	9,3	11,2	11,2
	Pérdida de carga (m.c.a.)	0,6	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8
	Conexiones hidráulicas	DN-50 Ø 1 1/2"						DN-63 Ø 2"
Batería de apoyo de agua caliente (opcional)	Potencia calorífica ④ (kW)	130,2	138,4	145,1	165,3	179,3	211,3	216,7
	Caudal agua nominal (m³/h)	6,8	7,2	7,5	8,6	9,4	11	11,3
	Pérdida de carga (m.c.a.)	1,6	1,8	1,2	1,2	1,4	1,7	1,6
	Conexiones hidráulicas	2"						
Intercambiador de placas para agua de caldera (opcional)	Potencia calorífica ⑤ (kW)	200			350		500	
	Caudal (17°C salto) (m³/h)	10,6			17,7		25,3	
	Pérdida de carga (m.c.a.) (lado piscina y lado caldera)	0,9			0,8		0,8	
	Conexiones hidráulicas roscadas	2"			2 1/2"			
Compresores	Tipo	Scroll						
	Nº compresores / Nº etapas	3 / 3						
	Nº circuitos aire / recuperación	2 / 1						
	Volumen aceite (l)	3,3 + 1,7 / 3,3	3,3 + 3,3 / 3,3	4,0 + 3,3 / 3,3	4,0 + 4,0 / 3,3	4,0 + 4,0 / 4,0	6,2 + 6,2 / 6,2	8,0 + 6,2 / 6,2
Acometida eléctrica		3 Hilos + Tierra + Neutro						
Intensidad máx. absorbida	400 V / III ph / 50 Hz (A)	87,1	99,1	102,2	102,2	102,2	120,2	144,5
Refrigerante	Tipo	R-407c						
	Potencial de calentamiento atmosférico (PCA) ⑥	1652,5						
	Carga (kg)	18,1	23,2	23,6	28,2	28,2	33,5	34,3
Dimensiones	Largo (mm)	4.640 (2.685 + 1.775)						
	Ancho (mm)	2.204						
	Alto (mm)	1.603			1.822		2.138	
Peso	(kg)	2.690	2.865	2.940	3.360	3.385	3.950	4.050
Evacuación de condensados Ø		1 1/4"						

Taula 47: característiques de la bomba de calor CIATESA Airmaster BCP 610

F.1.2. Vestuaris

- Taula de característiques de l'equip PUHZ-RP200YKA

MODELO			PEZ-200YKA	
UNIDAD EXTERIOR			PUHZ-RP200YKA	
Función			FRÍO	CALOR
Capacidad	kW		19,0 (9,0-22,4)	22,4 (9,5-25,0)
	kCal/h		16.300	19.264
Consumo Total	kW		6,7	6,5
Coeficiente Eficacia Energética			2,84	3,45
Caudal de aire	m³/min		140	
Nivel sonoro ⁽⁴⁾	dB (A)		58 (55)	59
Dimensiones ⁽²⁾	mm		1050 / 330+30 / 1.338	
Peso	Kg		135	
Conexión Frigorífica	Líquido	mm	9,52 (3/8")	
	Gas	mm	25,4 (1")	
Distancias Frigoríficas (Máxima Vertical / Total) ⁽³⁾			30/120	
Condiciones límite de trabajo			-5/+46	-20/+21

Taula 48: característiques de la bomba de calor Mitsubishi PUHZ-RP200YKA

F.1.3. Pas i recepció

- Taula de característiques de l'equip PUHZ-ZRP125VKA

ESPECIFICACIONES		PUHZ-ZRP35VKA	PUHZ-ZRP50VKA	PUHZ-ZRP60VKA	PUHZ-ZRP71VKA	PUHZ-ZRP100YKA	PUHZ-ZRP100YKA	PUHZ-ZRP125VKA	PUHZ-ZRP125YKA
Alimentación eléctrica (V/Fases/HZ)		230/Monofásica/50					400/Trifásica/50	230/Mono/50	400/Trifásica/50
Refrigerante		R410A							
Capacidad Nominal (Frio/Calor)	kW	3,6 / 4,1	5,0 / 6,0	6,1 / 7,0	7,1 / 8,0	10,0 / 11,2		12,5 / 14,0	
Dimensiones (Alt x Anch x Fondo)	mm	630 x 809 x 300		943 x 950 x 330		1338 x 1050 x 330			
Peso	kg	43	46	67	67	116	124	116	126
Caudal de aire	m³/min	45	45	55	55	110	110	120	120
Nivel sonoro	Refrig. dB(A)	44	44	47	47	49	49	50	50
	Calef. dB(A)	46	46	48	48	51	51	52	52
Intensidad Máxima	A	13	13	19	19	26,5	8	26,5	9,5
Diámetro tuberías	Líquido/Gas mm	6,35 / 12,7			9,52 / 15,88				
Long. Máx. tubería total/vert.	m	50 / 30				75 / 30			
Rangos funcionam ineto	Refrig. ⁽¹⁾ °C	-15 ~ +46							
	Calef. °C	-11 ~ +21		-20 ~ +21					

Taula 49: característiques de la bomba de calor Mitsubishi PUHZ-ZRP125VKA

F.2. Recuperadors de calor

F.2.1. Piscina

- Taula de característiques de l'equip Salvador Escoda G07

MODELO		G 02	G 03	G 04	G 05	G 06	G 07	G 08	G 09	G 10	G 11	G 12	G 13	G 14	G 15
Caudal de aire impulsión/extracción	m³/h	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000	11.000	12.000	13.000	14.000	15.000
	l/s	556	833	1.111	1.389	1.667	1.944	2.222	2.500	2.778	3.056	3.333	3.611	3.889	4.167
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS															
Condiciones invierno		A. exterior -4°C - 90% H.R. / A. extracción 21°C - 50% H.R.													
Condiciones verano		A. exterior 35°C - 40% H.R. / A. extracción 24°C - 50% H.R.													
Presión barométrica		93.8 kPa													
RESULTADOS INVIERNO															
Eficiencia térmica	%	54	54	55	54	53	55	54	54	54	54	56	56	57	56
Tª aire impulsión	°C	9,5	9,4	9,7	9,4	9,2	9,7	9,5	9,5	9,6	9,4	10,1	10,0	10,1	10,0
H.R. aire impulsión	%	33,2	33,4	32,7	33,4	33,9	32,8	33,1	33,2	33,1	33,3	31,9	32,1	31,8	32,0
Tª aire extracción	°C	11,5	11,7	11,4	11,7	11,7	11,4	11,5	11,5	11,5	11,5	11	11	11	11
H.R. aire extracción	%	73,8	72,7	74,5	72,8	73,7	74,6	73,7	73,9	73,6	74,1	74,5	74,9	74,7	74,7
Total recuperación sensible	kW	9,1	13,5	18,5	22,5	26,6	32,2	36,4	40,8	45,6	49,7	56,8	61,2	66,4	70,7
RESULTADOS VERANO															
Eficiencia térmica	%	48	47	48	47	46	48	48	48	48	47	50	49	50	50
Tª aire impulsión	°C	29,8	29,8	29,7	29,8	29,9	29,7	29,7	29,8	29,7	29,8	29,5	29,6	29,5	29,5
H.R. aire impulsión	%	53,7	53,6	54,0	53,6	53,3	54,0	53,8	53,7	3,8	53,7	54,5	54,4	54,5	54,4
Tª aire extracción	°C	29,3	29,2	29,3	29,2	29,1	29,3	29,3	29,3	29,3	29,2	29,5	29,5	29,5	29,5
H.R. aire extracción	%	36,7	36,8	36,5	36,8	37,0	36,2	36,7	36,7	36,6	36,7	36,2	36,3	36,2	36,2
Total recuperación sensible	kW	3,6	5,3	7,2	8,8	10,4	12,6	14,3	16,0	17,8	19,5	22,3	24,0	26,1	27,8
PÉRDIDA CARGA IMPULSIÓN	PA	93	110	103	92	127	109	138	145	136	150	160	170	155	170
PÉRDIDA CARGA EXTRACCIÓN	PA	93	110	103	92	127	109	138	145	136	150	160	170	155	170
TIPOS FILTRACION (Pérdida de carga estimada)															
Filtro quebrado EN779 G4	PA	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Filtro compacto EN779 F6	PA	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Filtro compacto EN779 F7	PA	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Filtro compacto EN779 F8	PA	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Filtro compacto EN779 F9	PA	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
MOTORES															
Pot. motor impulsión 150 PA disp.	kW	1,1	1,5	2,2	3	3	3	4	4	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5	9
Pot. motor extracción 150 PA disp.	kW	0,75	1,1	1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	3	3	4	4	5,5	5,5	5,5
DIMENSIONES APROXIMADAS															
Altura módulo	mm	1.140	1.420	1.540	1.540	1.900	1.900	1.900	2.130	2.130	2.330	2.580	2.640	2.640	2.770
Anchura módulo	mm	860	860	1.065	1.165	1.290	1.385	1.485	1.485	1.595	1.595	1.595	1.595	1.645	1.645
Longitud módulo recup. estático	mm	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.600	3.800	3.800	3.800	3.800	4.000	4.000	4.000	4.000
PRECIOS (€)															
Recuperador base filtración IDA 1		7.574	7.986	8.570	9.380	10.485	11.431	12.097	13.154	13.989	14.853	15.621	16.615	17.747	18.330
Recuperador base filtración IDA 2		7.542	7.954	8.522	9.332	10.421	11.367	11.998	13.055	13.890	14.723	15.491	16.485	17.602	18.185
Recuperador base filtración IDA 3		7.531	7.943	8.505	9.315	10.399	11.345	11.966	13.023	13.858	14.677	15.445	16.439	17.477	18.060
Recuperador base filtración IDA 4		7.480	7.892	8.429	9.239	10.297	11.243	11.784	12.841	13.676	14.464	15.232	16.226	17.122	17.705
MÓDULOS ACCESORIOS															
Batería calefacción atemperamiento (agua 80/70°C)		921	1.006	1.103	1.177	1.292	1.364	1.428	1.505	1.592	1.694	1.770	1.830	1.890	1.952
Batería refrigeración atemperamiento (agua 7/12°C)		1.546	1.733	1.881	1.998	2.222	2.340	2.412	2.656	2.783	3.009	3.157	3.240	3.402	3.522
Enfriamiento adiabático rendimiento saturación 90%		2.042	2.068	2.319	2.478	2.605	2.802	2.859	2.922	3.065	3.263	3.378	3.455	3.667	3.725
Caja mezclas 3 compuertas - freecooling		892	868	1.085	1.156	1.689	1.770	1.897	1.971	2.038	2.192	2.268	2.368	2.423	2.469
Silenciador longitud 900 mm		1.168	1.272	1.471	1.545	1.773	1.848	1.918	1.996	2.087	2.163	2.255	2.278	2.315	2.364

Taula 50: característiques del recuperador de calor Salvador Escoda G07

F.2.2. Vestuaris

- Taula de característiques de l'equip LGH-100RX5-E

MODELO			LGH-100RX5-E			
Alimentación Eléctrica			50Hz / Monofásica 220-240V			
Velocidad			Extra High	High	Low	Extra Low
Características eléctricas	Corriente	A	2.3-2.4	2.1-2.1	1.7-1.7	0.9-0.9
	Consumo	W	500-535	445-475	350-380	175-200
Volumen de aire		m ³ /h	1000	1000	755	415
		l/s	278	278	210	115
Presión estática externa		mm.c.a.	16.3-17.3	10.2-11.2	5.6-6.1	1.8
		Pa	160-170	100-110	55-60	18
Rendimiento sensible		(%)	80.0	80.0	83.0	87.0
Rendimiento entálpico	Calefacción	(%)	72.5	72.5	74.0	80.0
	Refrigeración	(%)	71.0	71.0	73.0	79.0
Nivel sonoro ⁽¹⁾		dB	36-37	34-35	31-32.5	21-22
Dimensions	Ancho	mm	1144			
	Fondo	mm	1231			
	Alto	mm	399			
Peso		Kg	59			
Corriente de arranque máxima		A	Menor a 4,6			

Taula 51: característiques del recuperador de calor Mitsubishi LGH-100RX5-E

F.2.3. Pas i recepció

- Taula de característiques de l'equip LGH-150RX5-E

MODELO			LGH-150RX5-E		
Alimentación Eléctrica			50Hz / Monofásica 220-240V		
Velocidad			Extra High	High	Low
Características eléctricas	Corriente	A	3.5-3.5	3.2-3.2	2.9-2.9
	Consumo	W	760-830	690-740	630-680
Volumen de aire		m ³ /h	1500	1500	1300
		l/s	417	417	361
Presión estática externa		mm.c.a.	16.3-17.8	13.3-13.8	9.7-10.2
		Pa	160-175	130-135	95-100
Rendimiento sensible		(%)	80.0	80.0	81.0
Rendimiento entálpico	Calefacción	(%)	72.0	72.0	72.5
	Refrigeración	(%)	70.5	70.5	71.5
Nivel sonoro ⁽¹⁾		dB	38-39	36-37.5	33.5-35
Dimensions	Ancho	mm	1144		
	Fondo	mm	1004		
	Alto	mm	798		
Peso		Kg	105		
Corriente de arranque máxima		A	Menor a 7,3		

Taula 52: característiques del recuperador de calor Mitsubishi LGH-150RX5-E

F.3. Unitats interiors

F.3.1. Vestuaris

- Taula de característiques de l'equip PEA-RP200GA

MODELO		200	250	400	500
UNIDAD INTERIOR		PEA-RP200GA	PEA-RP250GA	PEA-RP400GA	PEA-RP500GA
Caudal de aire	m ³ /min	52/65	64/80	120	160
Presión estática	Pa	150	150	150	150
Nivel sonoro ⁽¹⁾	dB (A)	48 / 51	49 / 52	52	53
Dimensiones ⁽²⁾	mm	1.400 / 634 / 400	1.600 / 634 / 400	1.947 / 764 / 595	1.947 / 764 / 595
Peso	Kg	70	77	130	133

Taula 53: característiques de la unitat interior Mitsubishi PEA-RP200GA

F.3.2. Pas i recepció

- Taula de característiques de l'equip PEAD-RP125JAQ

ESPECIFICACIONES		PEAD-RP35JAQ	PEAD-RP50JAQ	PEAD-RP60JAQ	PEAD-RP71JAQ	PEAD-RP100JAQ	PEAD-RP125JAQ	PEAD-RP140JAQ
Capacidad Frío Nom. (Min/Máx) ⁽¹⁾	kW	3,6 (1,6-4,5)	5,0 (2,3-5,6)	6,1 (2,7-6,7)	7,1 (3,3-8,1)	10,0 (4,9-11,4)	12,5 (5,5-14,0)	13,4 (6,2-15,3)
Capacidad Calor Nom. (Min/Máx) ⁽¹⁾	kW	4,1 (1,6-5,2)	6,0 (2,5-7,3)	7,0 (2,8-8,2)	8,0 (3,5-10,2)	11,2 (4,5-14,0)	14,0 (5,0-16,0)	16,0 (5,7-18,0)
Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo)	mm	250 x 900 x 732		250 x 1.100 x 732		250 x 1.400 x 732		250 x 1.600 x 732
Peso	kg	26	28	33	33	41	43	47
Caudal de aire (Baja/Media/Alta)	m ³ /min	10,0 / 12,0 / 14,0	12,0 / 14,5 / 17,0	14,5 / 18,0 / 21,0	17,5 / 21,0 / 25,0	24,0 / 29,0 / 34,0	29,5 / 35,5 / 42,0	32,0 / 39,0 / 46,0
Presión estática	Pa	35 / 50 / 70 / 100 / 150						
Nivel sonoro (Baja/Media/Alta)	dB(A)	23 / 27 / 30	26 / 31 / 35	25 / 29 / 33	26 / 30 / 34	29 / 34 / 38	33 / 36 / 40	34 / 38 / 43
Potencia sonora	dB(A)	52	57	55	57	61	63	66
Intensidad Máxima	A	1,07	1,39	1,62	1,97	2,65	2,76	2,78
Diámetro tuberías (Líqu./Gas)	mm	6,35 / 12,7		9,52 / 15,88				

Taula 54: característiques de la unitat interior Mitsubishi PEAD-RP125JAQ

F.4. Bombes

F.4.1. Circulació captadors A.C.S.

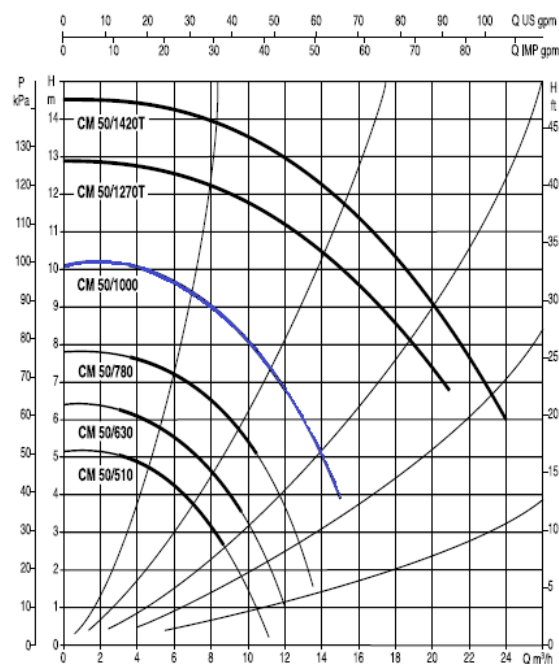


Figura 7: corba de funcionament de la bomba SACI CM50/1000

F.4.2. Circulació captadors piscina

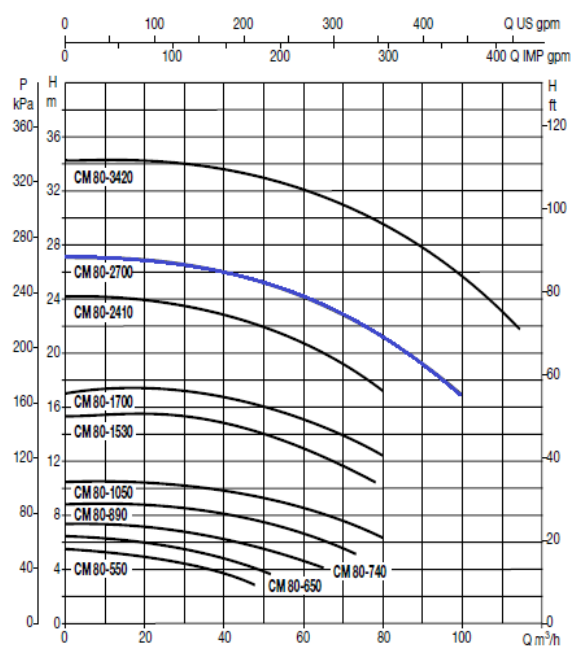


Figura 8: corba de funcionament de la bomba SACI CM80-2700

F.4.3. Circulació caldera

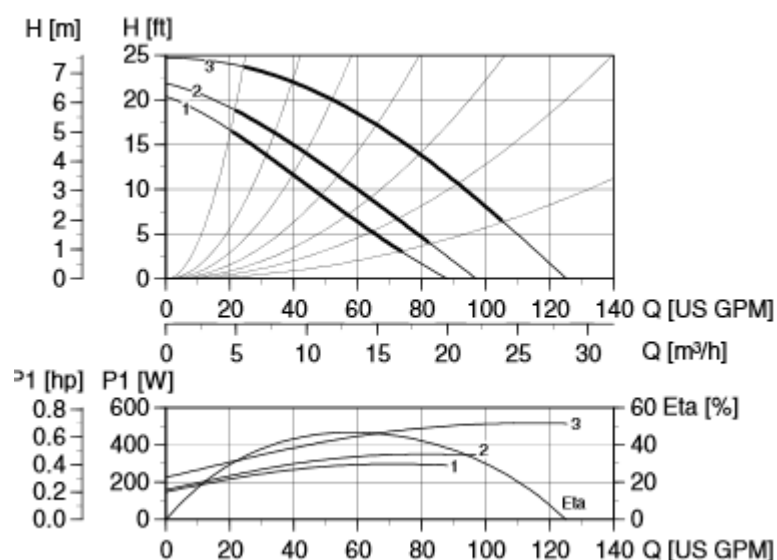
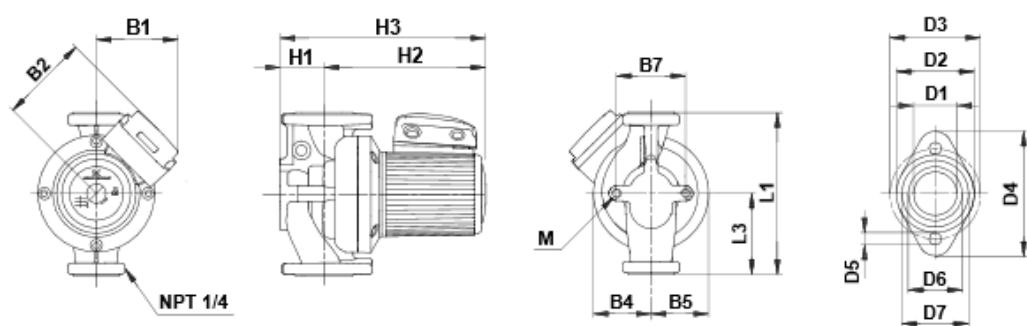


Figura 9: corba de funcionament de la bomba Grundfos UPS 40-80/4F



TM02 0729 5100

Dimensions

Pump name	L1	L3	B1	B2	B4	B5	B7	H1	H2	H3	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	M
UPS 40-80/4	13.50	6.75	5.75	6.68	3.94	3.94	4.75	3.00	9.00	12.01	1.69	2.88	3.42	5.00	0.50	2.06	2.58	
	343	171	146	170	100	100	121	76	229	305	43	73	87	127	13	52	65	M12

Taula 55: dimensions principals de la bomba Grundfos UPS 40-80/4F

Electrical data

Speed	Max amps [A]			P Max [Watts]	Start amps [A]		
	208-230V	460V	575V★		208-230V	460V	575V★
3	1.98	0.99	0.78	550	7.10	4.70	3.76
2	1.20	0.60	0.48	370	4.30	4.44	3.55
1	1.00	— ¹⁾	— ¹⁾	305	3.59	— ¹⁾	— ¹⁾

Taula 56: dades de consum elèctric de la bomba Grundfos UPS 40-80/4F

F.4.4. Circulació vas-intercanviadors

- Corba de funcionament de la bomba SACI CM40/440

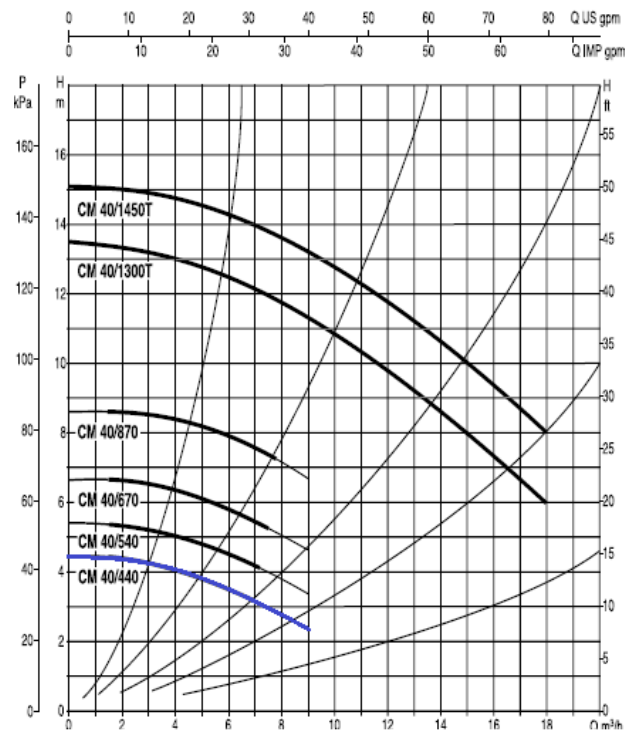


Figura 10: Corba de funcionament de la bomba SACI CM40/440

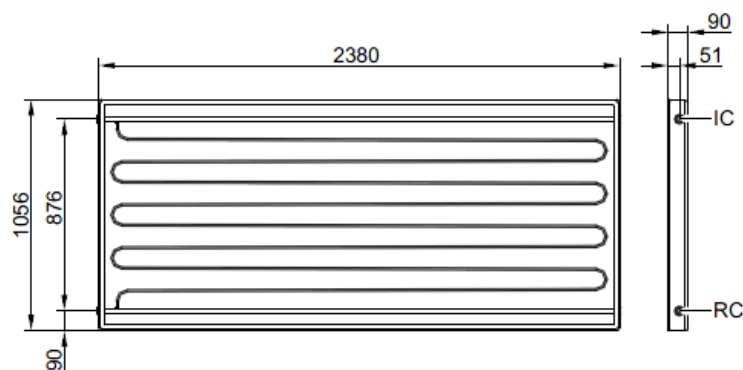
F.5. Captadors solars

Distancia con respecto a la costa:

- Hasta 100 m:
utilice solamente el modelo SV2B/SH2B
- Entre 100 y 1000 m:
recomendamos utilizar el modelo SV2B/SH2B

Modelo		SV2A	SH2A	SV2B	SH2B
Superficie bruta (dato necesario a la hora de solicitar subvenciones)	m ²				2,51
Superficie de absorción	m ²				2,31
Superficie de apertura	m ²				2,33
Posición de montaje (consultar la siguiente Fig.)		(A) (Montaje sobre la cubierta/integración en la cubierta), (C), (D)	(B) (Montaje sobre la cubierta/integración en la cubierta), (C), (D), (E)	(A) (Montaje sobre la cubierta/integración en la cubierta), (C), (D)	(B) (Montaje sobre la cubierta/integración en la cubierta), (C), (D), (E)
Distancia entre colectores	mm				21
Dimensiones					
Anchura:	mm	1056	2380	1056	2380
Altura:	mm	2380	1056	2380	1056
Profundidad	mm	90	90	90	90
Los valores siguientes se refieren a la superficie de absorción:					
– Rendimiento óptico	%		79,3		78,3
– Coeficiente de pérdida de calor k_1	W/(m ² · K)		4,04		4,07
– Coeficiente de pérdida de calor k_2	W/(m ² · K ²)		0,0182		0,016
Capacidad térmica	kJ/(m ² · K)		5,0		4,6
Peso	kg				41
Volumen de fluido (medio portador de calor)	Litros	1,83	2,48	1,83	2,48
Presión de servicio adm.: (consultar el capítulo "Depósito de expansión solar")	bar				6
Temperatura máx. de inactividad	°C		186		185
Capacidad de producción de vapor					
– Posición de montaje favorable	W/m ²				60
– Posición de montaje desfavorable	W/m ²				100
Conexión	Ø en mm				22

Taula 57: dades principals del captador Vitosol 200-f, model SH2A de Viessmann



Modelo SH2A/SH2B

RC Retorno del colector (entrada)
IC Impulsión del colector (salida)

Figura 11: dimensions principals del captador Vitosol 200-f, model SH2A de Viessmann

F.6. Caldera

F.6.1. Característiques

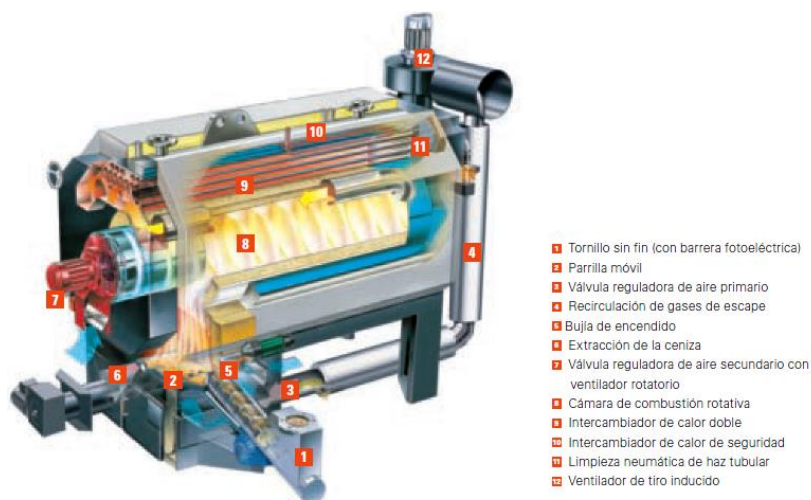


Figura 12: esquema de la caldera Pyrot 200 de Viessmann

	PYROT Rotation Heating system				
Trade name	150	220	300	400	540
Item No:	KRT-150	KRT-220	KRT-300	KRT-400	KRT-540
Performance data					
Related heat output QN MBH / [kW]	512 / 150	751 / 220	1024 / 300	1365 / 400	1843 / 540
Continuous output ¹⁾ Q ₀ MBH / [kW]	461 / 135	683 / 200	921 / 270	1229 / 360	1639 / 480
Minimum heat output ²⁾ Q _{min} MBH / [kW]	154 / 45	205 / 60	273 / 80	341 / 100	478 / 140
Efficiency in operation to be performed [%]	85%				
Maximum water content ³⁾ [%]	W 40				
Size of the chips ⁴⁾	G 30 / G 50 as per CAN/CSA-B366. 1-M91				
Exhaust gas figures					
Mass flow rate QN; W5; O2 6% [lb/s] [g/s]	80.4	117.9	160.8	214.4	289.44
Volume flow QN; W5; O2 6%; 150°C [ft³/s] [m³/s]	3.1 / 0.09	4.9 / 0.14	6.7 / 0.19	8.8 / 0.25	12.4 / 0.35
Mass flow rate QW35; W35; O2 8%; [g/s]	106.9	156.9	213.9	285.2	385.1
Volume flow QW35; W35; O2 8%; 150°C [m/s]	0.12	0.19	0.25	0.34	0.46
Average exhaust gas temperature at QN ⁵⁾ [°F / °C]	320 / 160				
Average exhaust gas temperature at QMin ⁵⁾ [°F / °C]	266 / 130				
Chimney drought required [Pa]	± 0				
Electrical connections					
Electrical connections, total [kW]	2.67	2.85	3.6	3.98	3.63
Ignition device [kW]	1.6				
Flue gas fan [kW]	0.55	0.55	0.75	1.1	1.1
Articulated head fan [kW]	0.12				
Feed auger [kW]	0.37	0.55	1.1	1.1	0.75
Grate drive unit [kW]	0.03	0.03	0.03	0.06	0.06
Electric power consumption at QN [kW]	1.032	1.108	1.521	1.868	1.753
Electric power consumption at Qmin [kW]	0.355	0.369	0.434	0.480	0.460
Heating – relevant specs					
Volume on heating gas side [litr]	374	744	883	1340	1613
Volume of ash container for grate ash [litr]	32	45	55	75	91
Volume of ash container for flue gas de-duster [USG / ltr]	24 / 90				
Water side resistance (diff. 15 K / 27°F) [“wc/mbar]	13 / 38	30 / 76	16 / 42	11 / 29	22 / 56
Boiler water volume [USG / ltr]	114 / 432	209 / 794	238 / 903	350 / 1326	399 / 1510
Heating surface [ft² / m²]	116 / 1.078	173 / 16.04	115 / 20.72	310 / 28.76	424 / 39.36
Test pressure ⁶⁾ [psig / bar]	173 / 5				
Maximum operating pressure ⁶⁾ [psig / bar]	30 or 60 / 2 or 4				
Maximum boiler operating pressure [°F / °C]	212 / 100				
Minimum return temperature [°F / °C]	149 / 65				
Weights					
Weights of fire block [lb / kg]	906 / 412	1084 / 493	1251 / 569	1590 / 723	1648 / 794
Weight of heat exchanger ⁷⁾ [lb / kg]	3201 / 1455	5031 / 2287	5970 / 2714	8690 / 3950	9541 / 4337
Weight of flue gas de-duster [lb / kg]	649 / 295	693 / 315	693 / 315	770 / 350	770 / 350
Weight of feed auger [lb / kg]	277 / 126	277 / 126	277 / 126	282 / 128	282 / 128
Total weight without water ⁸⁾ [lb / kg]	5034 / 2288	7086 / 3221	8193 / 3724	11332 / 5151	12340 / 5609
Total weight with water ⁸⁾ [lb / kg]	5984 / 2720	8833 / 4015	10179 / 4627	14249 / 6477	15662 / 7119

Taula 58: especificacions de la caldera Pyrot 200 de Viessmann

F.6.2. Plànols

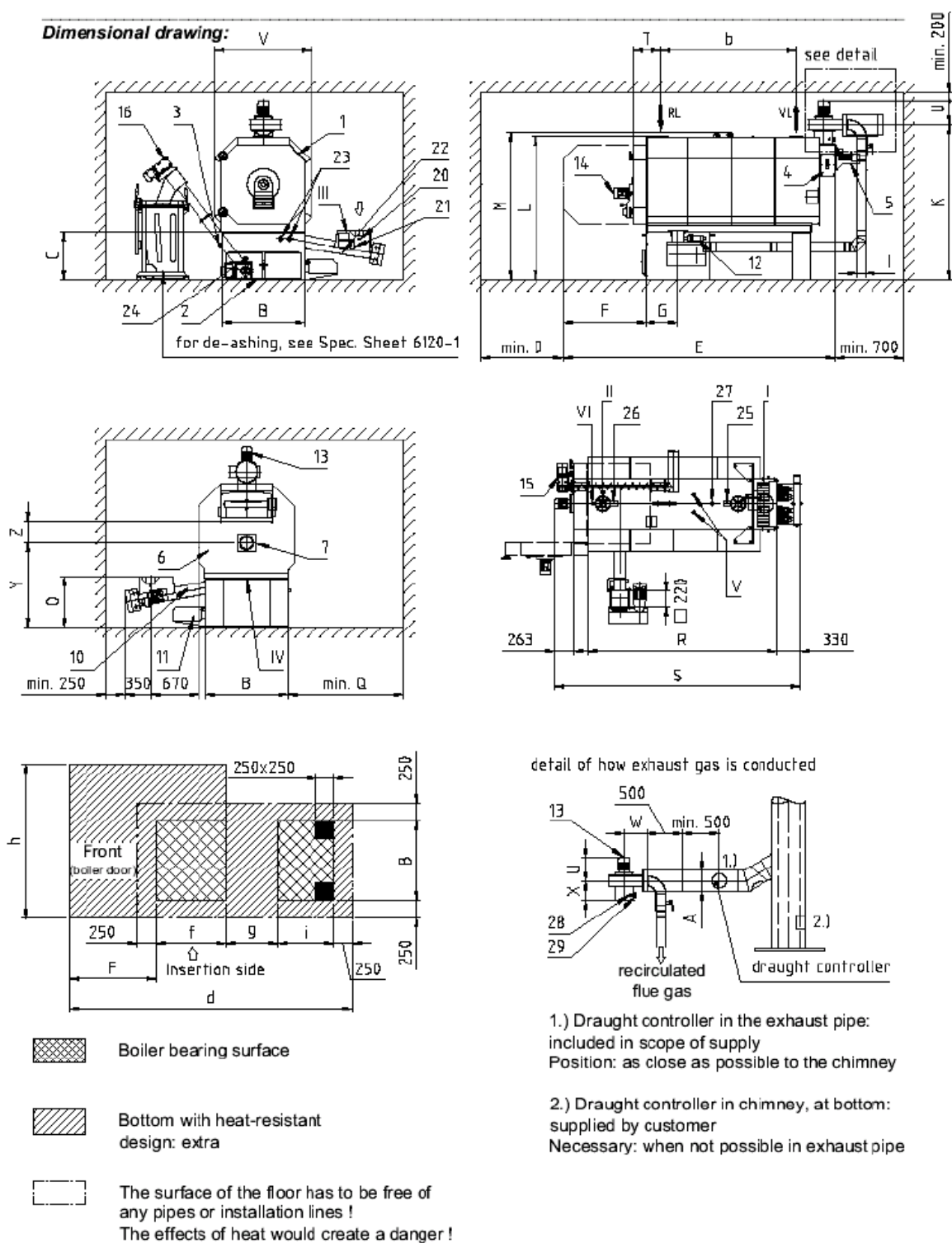


Figura 13: plànols principals de la caldera Pyrot 200 de Viessmann

