



EPS

Escola Politècnica

UdG

Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

Títol: PROJECTE DE LA INSTAL·LACIÓ DE CLIMATITZACIÓ D'UNA LLAR D'INFANTS

Document: ANNEX B - CÀLCULS

Alumne: MARC CARLES PEÑA FALLON

Director/Tutor: ALEXANDRE DELTELL I CARBONELL
Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: INSTAL·LACIONS

Convocatòria (mes/any): JUNY / 2014

ÍNDEX

B.1. CÀLCUL INSTAL·LACIÓ SOLAR	1
B.1.1 DIMENSIONAMENT CAPTADORS SOLARS	1
B.1.2 CÀLCUL INTERCANVIADOR	4
B.1.3 CÀLCUL ACUMULADOR	5
B.2. CÀLCUL INSTAL·LACIÓ CALEFACCIÓ	6
B.2.1 CÀLCUL DE CÀREGUES	6
B.2.2 CÀLCUL ACUMULADOR INÈRCIA CALEFACCIÓ	16
B.2.3 CÀLCUL EMISSORS CALEFACCIÓ	17
B.2.4 CÀLCUL CONSUM ANUAL PELLETS	21
B.3. CÀLCUL XEMENEIA EVACUACIÓ GASOS CALDERA BIOMASSA	23
B.3.1 CONDICIONS DE LA INSTAL·LACIÓ	23
B.3.2 CÀLCUL DIMENSIÓ I MATERIAL XEMENEIA	24
B.4. CÀLCUL CANONADES	26
B.4.1 CÀLCUL CANONADES SALA DE CALDERES – SALA DE MÀQUINES	26
B.4.2 CÀLCUL CANONADES CALEFACCIÓ AULA	27
B.4.3 CÀLCUL CANONADES CALEFACCIÓ ENTRADA	29
B.4.4 CÀLCUL ACUMULADOR DE RECOLZAMENT SOLAR	30
B.4.5 CÀLCUL COL·LECTORS DISTRIBUCIÓ	32
B.5. GRUP DE BOMBEIG CALEFACCIÓ	33
B.5.1 CÀLCUL BOMBA CIRCUIT AULA	33
B.5.2 CÀLCUL BOMBA CIRCUIT ENTRADA	35
B.5.3 CÀLCUL BOMBA ACUMULADOR RECOLZAMENT	36
B.6. RECUPERADORS DE CALOR	38
B.6.1 CÀLCUL RECUPERADOR DE CALOR AULA	38
B.6.2 CÀLCUL RECUPERADOR DE CALOR ENTRADA	39
B.7. ESTUDI VIABILITAT ECONÒMICA	40

B.1 CÀLCUL INSTAL·LACIÓ SOLAR

B.1.1 DIMENSIONAMENT CAPTADORS SOLARS

Pel dimensionament i càlcul de les característiques dels captadors solars a instal·lar s'ha usat el programa de càlcul *CHEQ4* facilitat per l'IDAE (*"Instituto para la Diversificació i el Ahorro de Energia"*), eina informàtica per validar les instal·lacions solars tèrmiques segons el Codi Tècnic d'Edificació, que facilita el Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme.

S'ha decidit usar aquest programari pel càlcul del sistema solar tèrmic ja que permet:

- Ubicar la instal·lació a projectar a la geografia estatal amb dades ambientals actualitzades.
- Dimensionar la instal·lació segons els usuaris i ús de l'habitatge.
- Seleccionar els captadors segons fabricant i característiques amb dades actualitzades.
- Introduir altres dades relatives a la instal·lació.
- Obtenir la validació del compliment del CTE de la instal·lació

A l'hora de calcular la instal·lació solar tèrmica per abastiment d'Aigua Calenta Sanitària es van tenir en compte les prescripcions tècniques descrites al CTE en el seu apartat CTE-DB-HE4 referent a contribució solar mínima d'ACS.

Cal tenir en compte que la normativa vigent obliga a instal·lar captadors solars a tota nova edificació, tot i que en el cas de la llar d'infants no seria necessària la instal·lació de captadors solars, ja que es compta amb una aportació de calor per part d'una altra energia renovable.

També s'ha tingut en compte que per les característiques de la llar d'infants, s'haurà de satisfer una contribució solar mínima del 50% (70% en cas de que la caldera de reforç sigui elèctrica, d'efecte Joule) i que en cap cas la contribució solar real pot sobrepassar durant més de 3 mesos el 100%, en cas de sobrepassar-ho s'haurà de dotar la instal·lació amb dissipadors d'energia o sistemes de refredament de les plaques.

Tabla 2.1. Contribució solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climàtica				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70

Figura 1 – Taula 2.1. Contribució Solar mínima – extracte del CTE-DB-HE4

Segons les coordenades facilitades pel promotor: 41° 57' 0.2952" Nord 2° 48' 59.2914" Est, s'han introduït les característiques geogràfiques al programa de càlcul per obtenir-ne els valors de radiació solar, temperatura de xarxa i temperatura ambient.

Llar d'Infants	
Província	Girona
Municipi	Girona
Zona climàtica	III
Altura de la instal·lació	79 m

Un cop introduïdes les característiques geogràfiques, n'obtenim les dades per generar el càlcul:

	Radiació (MJ/m ²)	Tª Xarxa (°C)	Tª Ambient (°C)
Gener	7,2	8,0	6,8
Febrer	9,4	9,0	7,9
Març	12,7	10,0	9,8
Abril	16,2	11,0	11,6
Maig	18,8	14,0	15,4
Juny	20,7	16,0	19,4
Juliol	22,6	19,0	22,8
Agost	19,7	18,0	22,4
Setembre	15,0	17,0	19,9
Octubre	10,9	14,0	15,2
Novembre	7,8	10,0	10,2
Desembre	6,3	9,0	7,7
Promig	13,9	12,9	14,1

Figura 2 – Característiques emplaçament

Previsió del consum:

D'acord amb les instruccions del CTE, s'ha de dimensionar els captadors solars segons una demanda mitja d'ACS a 60°C, establerta per la norma UNE 94002:2005: "Instal·lacions solars tèrmiques per a producció d'ACS".

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

Criterio de demanda	Litros ACS/dia a 60° C	
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona

Figura 3 – Taula 3.1. Demanda mitja a 60°C – extracte del CTE-DB-HE4

Segons el promotor, la llar d'infants esta projectada per acollir fins a 25 alumnes. Així doncs, seguint aquestes directrius es realitza el càlcul de consum mig diari d'ACS per la instal·lació a projectar, considerant que l'edifici s'usarà com escola de preescolar.

$$25 \text{ alumnes} \cdot 3 \text{ litres/persona} = 75 \text{ litres/dia a } 60^\circ\text{C}$$

Configuració:

S'ha escollit una configuració de "Sistema Solar Tèrmic per a producció d'ACS en instal·lacions de consum únic amb acumulador amb intercanviador integrat i vàlvula termostàtica". S'ha escollit aquest muntatge per a la nostra instal·lació, ja que per a les dimensions previsibles de la instal·lació, el ventall de productes i ofertes per interacumuladors és major, que la instal·lació d'un acumulador amb intercanviador independent, dissenyats per a instal·lacions de majors dimensions.

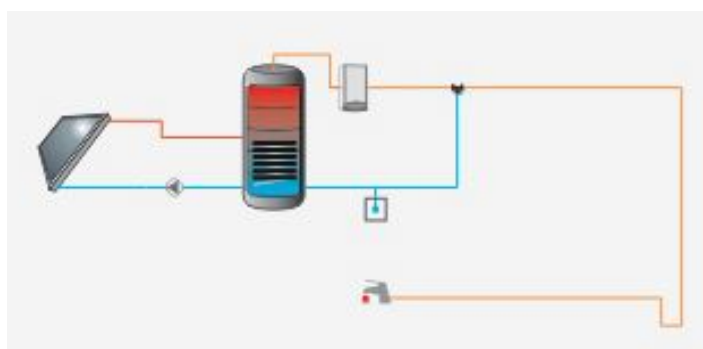


Figura 4 – Configuració instal·lació

S'han provat diferents configuracions i muntatges dels captadors solars per aconseguir el màxim rendiment possible mantenint la instal·lació dins els límits admissibles que determina el CTE.

Finalment s'ha optat per instal·lar dos captadors solars *DS-Class V* de la casa *Domusa*, en sèrie, que tenen una cobertura solar de 3,84 m², muntats a una inclinació de 51º respecte el pla i orientats cap al sud.

Cal destacar que la coberta inclinada sobre les que s'instal·laran els captadors té una inclinació de 11º i esta encarada al sud, per tant l'orientació de la teulada ja era l'adequada per aprofitar el màxim possibles les hores de sol i que el suport dels captadors només permet una inclinació de 5 en 5º, entre els 30º i els 60º. Per tant, la inclinació havia d'adaptar-se als medis disponibles.

Escollint una inclinació inferior als 51º el rendiment excedia del 100%, en més de 4 mesos en època estival. Augmentant la inclinació el rendiment obtingut era molt menor.



Domusa DS-Class V 2	
Àrea	1,92 m ²
Cabal recomanat	45 l/h m ³
Absorció	95 %
Emissivitat	5 %
Transmissivitat del vidre	88,5 %
Factor d'eficiència	0,733
Pèrdues tèrmiques	3,212 W/mK ²
Coeficient de pèrdues secundàries	0,014 W/m ² K ²

Figura 5 – Captadors Domusa DS Class V

S'han aportat detalls com la caldera i combustible de recolzament, distància de les canonades des de la Sala de màquines fins els captadors, diàmetres de les canonades i aïllaments recomanats pels fabricants i temperatura d'impulsió del fluid.

S'ha obtingut que la instal·lació solar tèrmica compleix els requeriments de contribució solar mínima exigida per el CTE-DB-HE4, amb la següent taula i gràfica de resultats.

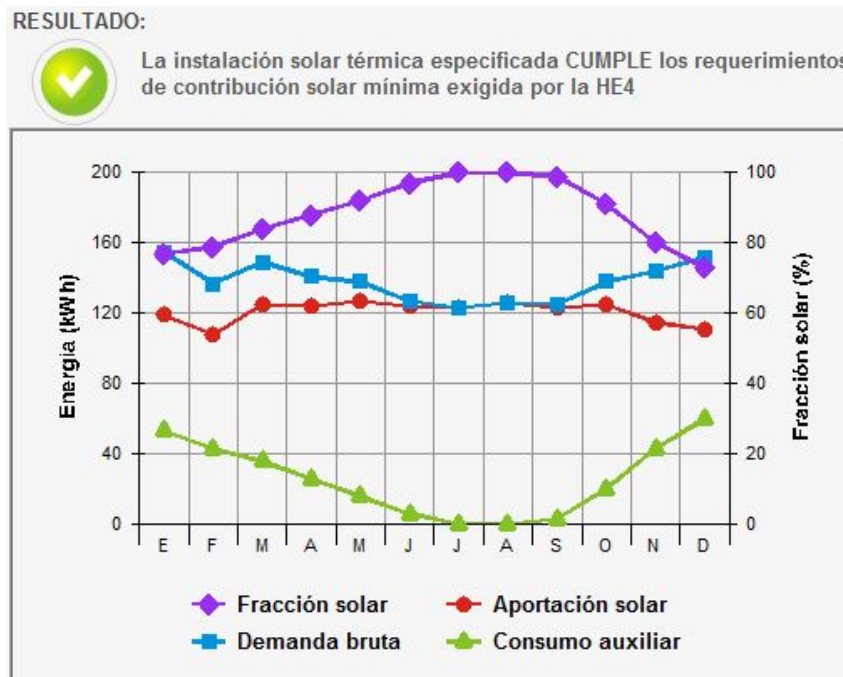


Figura 6 – Gràfica de resultats

Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
88	1.496	1.655	1.450	310	0

Figura 7 – Taula de resultats

B.1.2 CÀLCUL INTERCANVIADOR

Segons el “punt 3.3.4 - Sistema de intercambio” del Document Bàsic referent a contribució mínima solar per a ACS del Codi Tècnic de l’Edificació, CTE-DB-HE4, la potència mínima que ha de tenir l’intercanviador de calor d’una instal·lació d’ACS per plaques solars, segons les seves característiques, es defineix com:

$$P \geq 500 \cdot A$$

P = Potència mínima de l’intercanviador [W]

A = Àrea dels captadors [m²]

Essent aproximadament 4 m² la superfície dels captadors tenint en compte que està formada per dues plaques de gaire bé 2 m² cadascuna. La potència mínima de l'intercanviador ha de ser de 2000 W, 2kW.

$$P \geq 500 \cdot (1,92 \cdot 2)$$

$$P \geq 1920 W$$

L'interacumulador que s'ha projectat per a instal·lar que es subministra amb tota la resta de la instal·lació, compresa dins el pack DS-matic DUO, és un interacumulador del tipus "tank-in-tank", sense serpentí, que amb una superfície d'intercanvi de 2,74 m² té una potència equivalent a 4 kW. Suficient per a la nostra instal·lació al cobrir el doble de la potència exigida.

B.1.3 CÀLCUL ACUMULADOR

Segons el "punt 3.3.3.1 - Generalidades" del CTE-DB-HE4, el sistema solar s'ha de dissenyar en funció de l'energia que aporta al llarg del dia i no en funció de la potència dels captadors solars, per tant, es preveu una acumulació acord amb la demanda.

Per dimensionar l'acumulador s'usa la següent formula:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

V = Volum del dipòsit d'acumulació solar [litres]

A = Àrea dels captadors [m²]

$$50 < \frac{x}{3,84 m^2} < 180$$

Obtenint així que el volum de l'acumulador s'ha de trobar entre 192 i 691,2 litres.

Donat que l'interacumulador solar *Sanit 250* que es subministra amb el pack *DS-matic DUO* te una capacitat de 250 litres, sobredimensionat i suficient per a la instal·lació projectada.

B.2 CÀLCUL INSTAL·LACIÓ CALEFACCIÓ

B.2.1 CÀLCUL DE CÀRREGUES

Per realitzar el càlcul de càrregues i poder dimensionar la instal·lació de calefacció s'ha usat el programa CYPE, software per Enginyeria, Arquitectura i Construcció que amb els seus mòduls de càlcul facilita el disseny i càlcul de instal·lacions, estructures i facilita la generació de documents per l'administració.

Concretament, s'ha usat el mòdul CYPECAD MEP, programa pel disseny i dimensionament de l'envolvent, la distribució i les instal·lacions de l'edifici sobre un model 3D.

Per poder dimensionar correctament la instal·lació s'introdueixen una sèrie de dades referents a la construcció prevista, els seus tancaments i les característiques climatològiques.

Per realitzar el càlcul de la Llar d'Infants s'han introduït els següent valors:

Dades Generals (Climatització):

Llar d'Infants - Girona	
Càlcul de càrregues	Per calefacció
Procediment pel càlcul	Clàssic
Emplaçament (Població)	Girona
Altitud	79 m
Latitud	41º 57' N
Longitud	2º 48' E
Temperatura seca a l'hivern	1,20 ºC
Humitat relativa a l'hivern	90,0 %
Temperatura mínima històrica	-10,27 ºC
Temperatura mínima del terreny	6,40 ºC
Temperatura no pertorbada del terreny	16,19 ºC
Velocitat del vent	3,60 m/s

Figura 8 – Dades generals emplaçament

El càlcul de càrregues s'ha fet respecte les condicions més adverses possibles que serien 1,2ºC de temperatura exterior amb una humitat relativa del 90%, volent obtenir a l'interior una temperatura d'entre 21 i 22 ºC amb una humitat relativa del 50%.

Per poder dimensionar la potència de la caldera i dels emissors també s'ha tingut en compte la temperatura d'entrada de l'aigua de la xarxa de distribució.

	Temperatura aigua freda de xarxa (°C)
Gener	8,0
Febrer	9,0
Març	10,0
Abril	11,0
Maig	14,0
Juny	16,0
Juliol	19,0
Agost	18,0
Setembre	17,0
Octubre	14,0
Novembre	10,0
Desembre	9,0
Promig	12,9

Figura 9 – Dades temperatura de l'aigua

Posteriorment, un cop introduïdes les dades relatives a l'emplaçament i les condicions meteorològiques, es dibuixa la construcció de la qual cal projectar el sistema de calefacció, es defineixen els tancament i es descriu l'ús i condicions interiors de cada sala.

Descripció de la llar d'infants:

Gràcies a la funció que permet importar CAD directament sobre l'àrea de dibuix del CYPE, s'ha pogut definir l'edificació de la llar d'infants al detall.

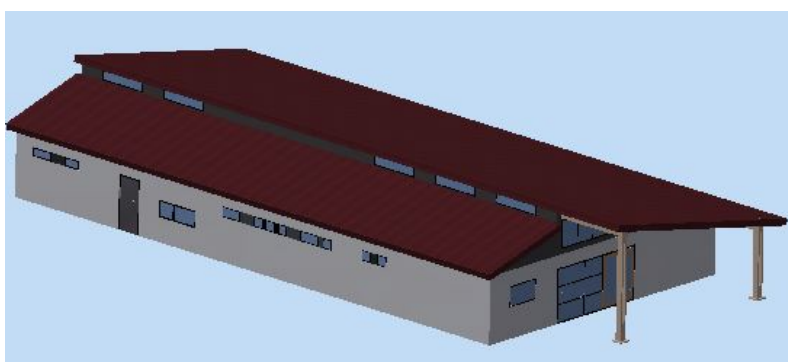


Figura 10 – Imatge en 3D extreta del CYPECAD MEP

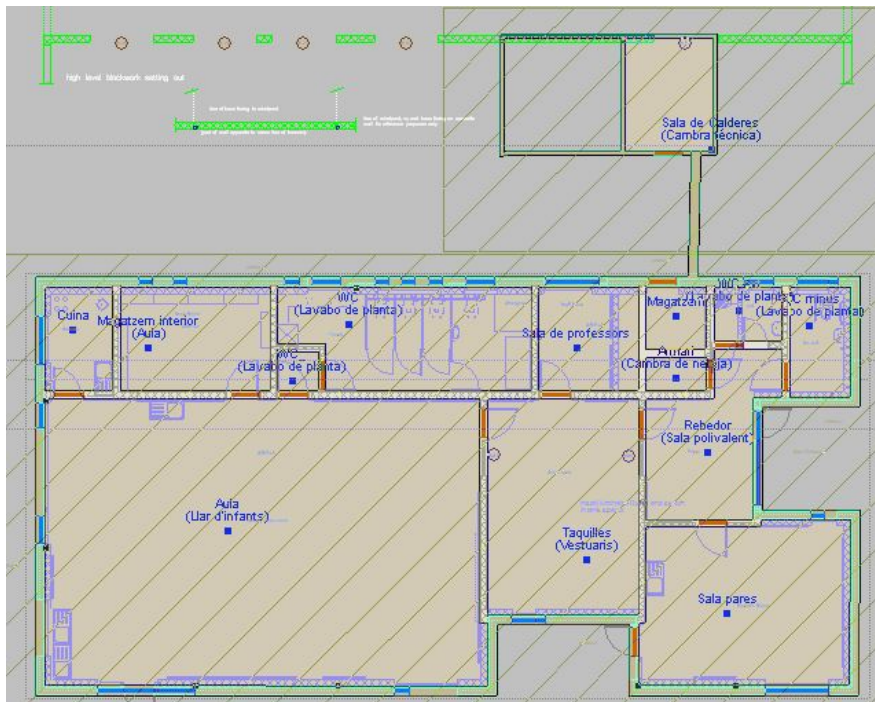


Figura 11 – Dimensionament dels recintes i definició d'usos – CYPECAD MEP

Tancaments edificació:

- Façana exterior:

Formada per 4 materials de construcció que tenen un total de 26,5 cm de gruix.

Pel costat exterior la façana consta d'una capa de morter de 1,5 cm de gruix i per la banda interior la paret consta d'un revestiment de guix de 1,5 cm de gruix i pintura plàstica d'acabat a la seva capa més superficial.

A l'interior, l'aïllament està format per tres capes:

- La més exterior construcció de maó ceràmic buit de 14 cm
- La intermèdia llana minera de 4 cm
- La més interior construcció de maó buit de 7 cm

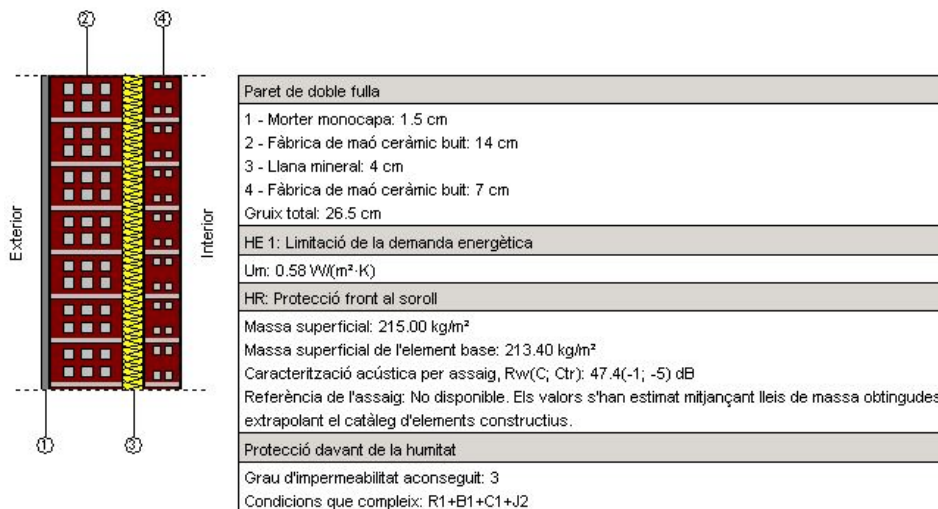


Figura 12 – Esquema de la formació de les façanes

- Teulat:

Forjat unidireccional amb revestiment de formigó de 5 cm formant un gruix total de 30 cm. Tenint en compte les teules, el teulat tindrà un gruix total de 55 cm.

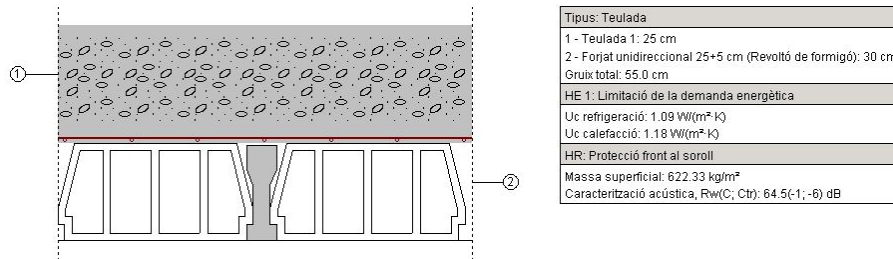


Figura 13 – Descripció tècnica de la teulada a construir

- Envans interiors:

L'acabat superficial de les dues cares de l'envà són iguals: placa de guix laminat, guarnit de guix i pintura plàstica d'acabat superficial.

A l'interior de l'envà s'ha format una estructura simètrica:

- Fàbrica de maó al centre de l'envà
- Cambra d'aire de 1 cm
- Llana mineral de 4,8 cm

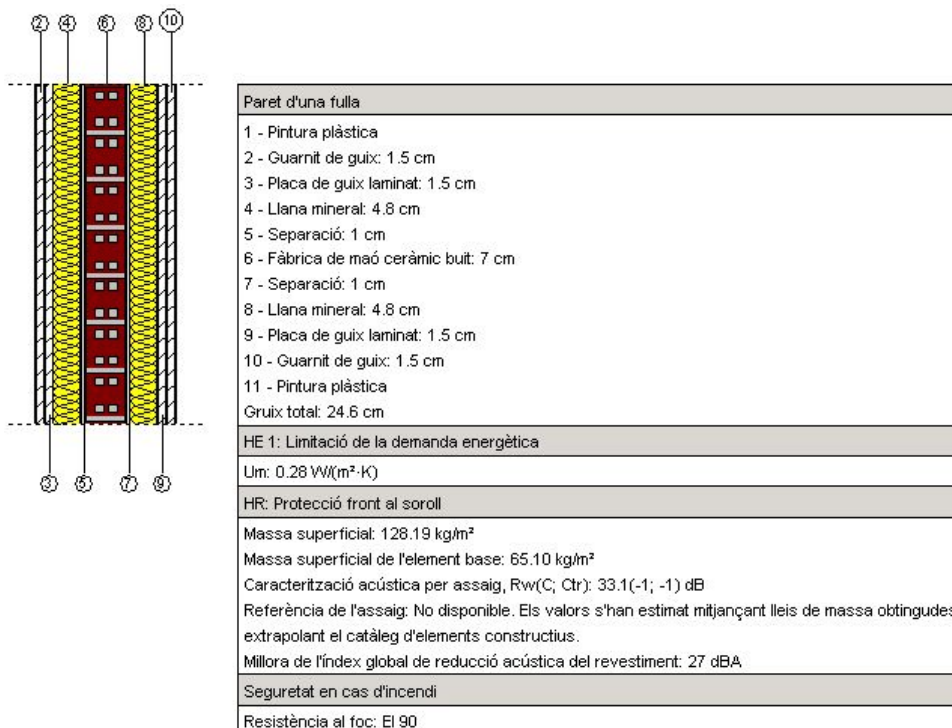


Figura 14 – Esquema de la formació de l'envà

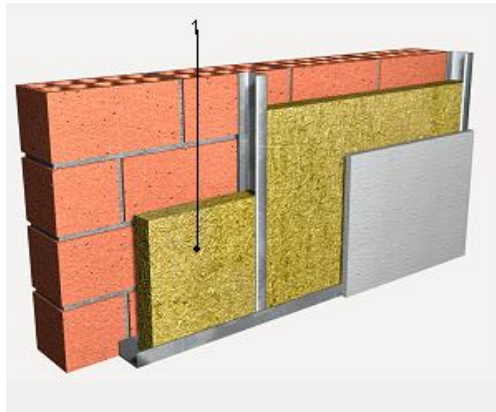


Figura 15 – Exemple del muntatge de l'aïllament de llana minera dins l'envà

- Porta interior:

Totes les portes interiors són d'igual disseny. Portes d'una sola fulla de tauler de fusta aglomerat, abatibles en un sol sentit i sense finestres.

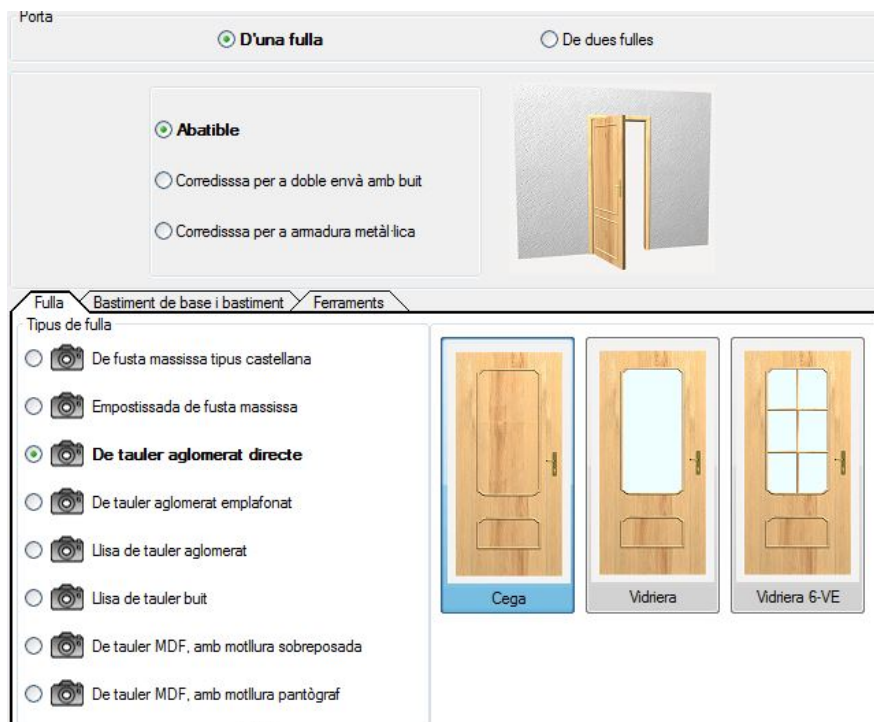


Figura 16 – Detall de les característiques de les portes interiors

- Tancaments de vidre:

Els tancaments de vidre estan formats tots per fusteria d'alumini amb envidrament doble amb cambra d'aire. El gruix del vidre és de 4 mm i l'espessor de la cambra d'aire és de 6 mm, valors mínims que es solen fer servir per envidrament.

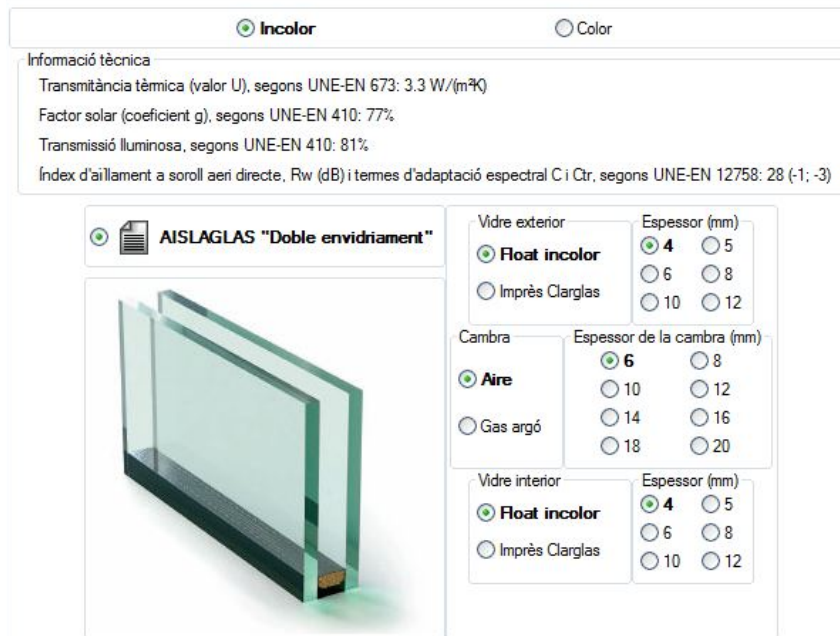


Figura 17 – Característiques del doble vidre amb cambra d'aire utilitzat

- Porta exterior d'acer:

Port d'hacer amb reixats de ventilació a la part inferior i superior de la mateixa per tal de facilitar la circulació d'aire en l'habitacle.

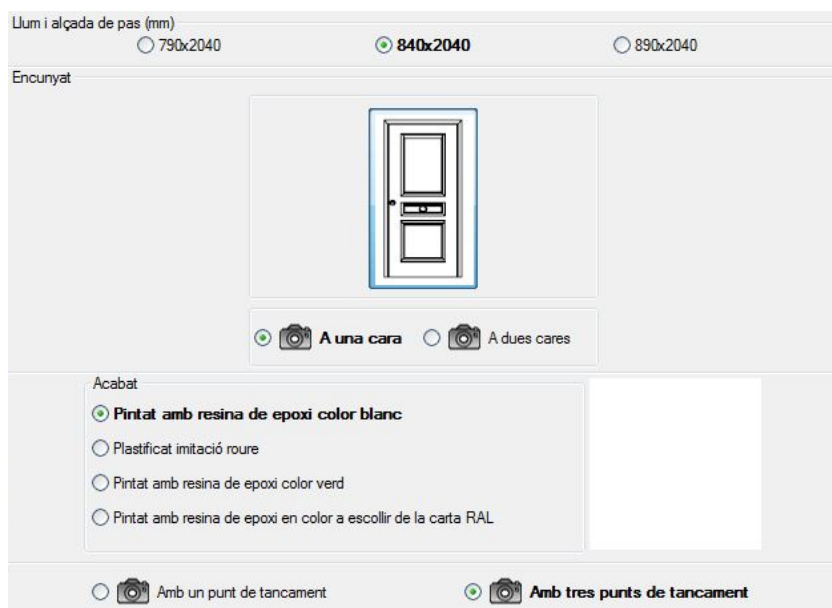


Figura 18 – Detall de les característiques de la porta d'acer

Descripció ús dels recintes:

S'han definit unes condicions concretes per a cada recinte segons el seu ús i dimensions. Els recintes no calefactats, com l'armari o la sala de màquines no s'han tingut en compte a l'hora del càlcul de càrregues i s'han definit com a no calefactats.

La possible aportació de calor per part de la il·luminació no s'ha tingut en compte a l'hora de realitzar el càlcul de càrregues per a realitzar un càlcul més precís.

Les dades que s'han tingut en compte de la mateixa manera per a tots els recintes són:

Llar d'Infants - Girona	
Funcionalitat	Habitable
Climatització	Únicament Calefactat
Temperatura de confort hivern	21 – 22°C
Humitat relativa	50 %
Horari ús	8.00h – 18.30h
Mesos demanda	Octubre - Abril
Temperatura seca a l'hivern	1,20 °C

S'han realitzat canvis en els valors d'ocupació per m² predefinits pel programa per tal de poder adaptar el màxim possible el càlcul a la instal·lació a projectar.

Aula:

L'aula central està ubicada a l'extrem sud-oest de l'edifici, encarada a sud, té una superfície de 98 m² i a l'interior de la mateixa es on si desenvoluparà la docència.

L'aula esta equipada amb dues lluernes, dues finestres i una vidriera encarada a l'Oest.

Seguint les prescripcions del RITE, la qualitat de l'aire a l'interior de l'aula serà de IDA1, és a dir òptima qualitat de l'aire, al tractar-se d'una llar d'infants.

Aula – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 1
Ocupació	3,30 m ² /persona
Tipus d'activitat	Assegut o en repòs
Percentatge d'alumnes	70%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	2215,57 m ³ /h

Cuina:

La cuina està ubicada a l'extrem nord-oest i té una finestra de grans dimensions que dona al pati de l'escola pel costat oest. Té unes dimensions de 7 m² i està equipada per poder dur a terme petites tasques de cuina.

S'ha definit una qualitat de l'aire IDA 2 al no tractar-se de l'aula directament i al realitzar-se activitat transitòria. IDA2 = Bona qualitat de l'aire

Cuina – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 2
Ocupació	33,0 m ² /persona
Tipus d'activitat	De peu, activitat mitja
Percentatge d'alumnes	0%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	40,83 m ³ /h

Magatzem aula:

El magatzem situat al nord de l'aula, amb accés des d'aquesta, està dispost per a utilitzar com espai d'emmagatzematge per les eines necessàries per la docència. Té unes finestres a la part alta de l'habitació encarades a nord abatibles cap a l'interior, que permeten la ventilació de la mateixa. Un tamany de 18 m².

Magatzem Aula – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 1
Ocupació	3,30 m ² /persona
Tipus d'activitat	Assegut o de peu
Percentatge d'alumnes	70%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	227,19 m ³ /h

Lavabo:

El lavabo té accés des de l'aula principal, i està situat a l'est del magatzem interior. Té una dimensió total de 18 m².

WC – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 2
Ocupació	33,0 m ² /persona
Tipus d'activitat	Assegut o en repòs
Percentatge d'alumnes	70%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	54 m ³ /h

Sala de professors:

Situada al centre de l'edificació i encarada a nord. Sala de reunions per al professorat al llarg de la jornada escolar i abans i després de la mateixa per tal de planificar les diferents tasques.

Té una dimensió de 5,4 m².

Sala professors – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 1
Ocupació	3,0 m ² /persona
Tipus d'activitat	Assegut o en repòs
Percentatge d'alumnes	0%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	126,04 m ³ /h

Taquilles:

Sala prèvia a l'aula docent, on els alumnes deixen totes les seves pertinences abans d'entrar a l'aula i on emmagatzemen tot el material que poden necessitar al llarg de la jornada.

La sala té una dimensió de 20 m². Hi ha ubicada una finestra rodona de 50 cm de diàmetre a la seva cara sud i una lluern a al sostre enfocada a nord.

Vestuari – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 1
Ocupació	9,0 m ² /persona
Tipus d'activitat	De peu, activitat mitja
Percentatge d'alumnes	70%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	28,80 m ³ /h

Vestíbul:

A la façana est de l'edifici s'hi troba l'entrada principal des del carrer. Aquest té unes dimensions de 9 m².

Rebedor – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 2
Ocupació	33,0 m ² /persona
Tipus d'activitat	De peu, activitat lleugera
Percentatge d'alumnes	70%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	17,98 m ³ /h

Lavabo exterior:

Des del vestíbul és pot accedir a un lavabo instal·lat per a ús d'usuaris transeünts tals com pares o familiars que visitin la llar d'infants.

WC exterior – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 2
Ocupació	33,0 m ² /persona
Tipus d'activitat	Assegut o en repòs
Percentatge d'alumnes	50%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	54 m ³ /h

Lavabo minusvàlids:

Al costat del lavabo anteriorment descrit, a l'extrem nord-est, s'hi ha instal·lat un servei per a discapacitats físics.

WC minusvàlids – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 2
Ocupació	33,0 m ² /persona
Tipus d'activitat	Assegut o en repòs
Percentatge d'alumnes	50%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	54 m ³ /h

Sala d'espera:

La sala d'espera és l'habitació situada a l'extrem sud-est de l'edifici. A la seva façana sud hi ha una finestra que facilita l'entrada de llum solar des de l'exterior i una altre finestra a la paret nord que dona visibilitat a l'entrada de la llar d'infants. Té una dimensió de 25 m².

Sala d'espera pares – Llar d'Infants	
Qualitat de l'aire	IDA 2
Ocupació	9,0 m ² /persona
Tipus d'activitat	Assegut o de peu
Percentatge d'alumnes	70%
Categoria de l'aire d'extracció	AE1 (baix nivell contaminació)
Cabal mínim de ventilació	135,30 m ³ /h

Resultat:

El resultat obtingut total i per recintes després d'introduir totes les dades pertinents ha estat el següent:

Conjunt: Llar d'Infants						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (W)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m³/h)	Càrrega total (W)	Per superfície (W/m²)	Total (W)
Aula principal	Planta baixa	3103,83	2215.57	14200,43	170,41	17304,26
Lavabo	Planta baixa	592,27	54.00	346,11	47,89	938,37
WC minusvàlids	Planta baixa	307,40	54.00	346,11	118,94	653,50
WC exterior	Planta baixa	133,29	54.00	346,11	157,45	479,39
Sala de professors	Planta baixa	305,78	126.04	807,81	132,53	1113,59
Vestuari - Taquilles	Planta baixa	613,61	28.80	184,59	30,11	798,20
Cuina	Planta baixa	313,73	40.83	261,71	101,47	575,44
Magatzem interior	Planta baixa	323,73	277.19	1776,60	165,34	2100,52
Rebedor	Planta baixa	787,34	17.98	109,43	68,00	896,77
Sala d'espera	Planta baixa	927,34	135.30	867,18	66,32	1794,52
Total			3003.7			
Càrrega total simultània						26654.6

Figura 19 – Resultats obtinguts del càlcul de càrregues CYPECAD-MEP

Així doncs, en podem extreure dos valors significatius per el dimensionament de la nostra instal·lació de calefacció. La potència per superfície a l'hora de dimensionar els emissors a instal·lar i la potència total a l'hora de dimensionar la caldera del sistema.

$$\text{Potència per superfície} = 116,3 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Potència total} = 26654,6 \text{ W}$$

Per tal de sobredimensionar la instal·lació i permetre que la caldera treballi a un règim mig de treball sense haver de treballar sempre a màxim rendiment, s'ha optat per instal·lar una caldera de 30kW de potència, modular.

El càlcul de càrregues s'ha realitzar en Watts, per facilitar la compatibilitat de unitats amb els fabricants de calderes de biomassa i simplificar els càlculs.

B.2.2 CÀLCUL ACUMULADOR INÈRCIA CALEFACCIÓ

Tot i que no seria indispensable, si que es recomana la instal·lació d'un acumulador d'inèrcia per poder subministrar aigua calenta quan sigui necessària.

Segons fabricant aquest acumulador ha de tenir una capacitat d'entre 800 i 1000 litres. S'ha seleccionat el de la marca HERZ inclòs en la instal·lació.

B.2.3 CÀLCUL EMISSORS CALEFACCIÓ

Segons els resultats obtinguts al càlcul de càrregues, mitjançant el programa de disseny d'instal·lacions CYPECAD MEP, s'han donat les coordenades de la ubicació desitjada dels radiadors, i el mateix programari els ha dimensionat per tal de cobrir les necessitats.

Un cop dimensionats els radiadors, s'ha seleccionat el fabricant i model a instal·lar.

Els radiadors a instal·lar a tota la llar d'infants, seran radiadors de la casa *BAXIROCA*, concretament el model DUBAL. Un cop escollits, s'han definit les característiques i dimensions dels mateixos per tal de muntar més o menys elements per poder cobrir la demanda màxima correctament.

Els resultats obtinguts, compliment de la demanda i radiadors a instal·lar per recinte estan definits a la taula següent. Els càlculs per dimensionar els emissors de calefacció s'ha realitzat amb kcal/h ja que els fabricants de radiadors i sistemes d'emissió calorífica treballen amb aquesta unitat.

La ubicació i tamany del radiador estan descrits acuradament a l'annex de plànols.

Dades Aula						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m ³ /h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m ²))	Total (kcal/h)
Aula principal	Planta baixa	2661,09	2215,57	12210,17	146,45	14871,26

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 80	13 elements	5 radiadors	142,2 Kcal/h	1848,6 Kcal/h	9243 Kcal/h
DUBAL 80	12 elements	1 radiador	142,2 Kcal/h	1706,4 Kcal/h	1706,4 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					10949,4 Kcal/h

Figura 20 – Radiador a instal·lats a l'Aula

Dades Cuina						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m³/h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m²))	Total (kcal/h)
Cuina	Planta baixa	269,33	40,83	225,03	87,17	494,36

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 45	8 elements	1 radiador	79,5 Kcal/h	636 Kcal/h	636 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					636 Kcal/h

Figura 21 – Radiador a instal·lar a la Cuina

Dades Magatzem interior						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m³/h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m²))	Total (kcal/h)
Magatzem interior	Planta baixa	277,55	277,19	1527,60	142,09	1805,15

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 80	10 elements	1 radiador	142,2 Kcal/h	1422 Kcal/h	1422 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					1422 Kcal/h

Figura 22 – Radiador a instal·lar al Magatzem interior

Dades Sala Professors						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m³/h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m²))	Total (kcal/h)
Sala professors	Planta baixa	262,28	126,04	694,59	113,88	956,87

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 45	24 elements	1 radiador	79,5 Kcal/h	1908 Kcal/h	1908 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					1908 Kcal/h

Figura 23 – Radiador a instal·lar a la Sala de professors

Dades Lavabo						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m ³ /h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m ²))	Total (kcal/h)
Lavabo	Planta baixa	507,77	54,00	297,60	41,10	805,36

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 45	14 elements	1 radiador	79,5 Kcal/h	1113 Kcal/h	1113 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					1113 Kcal/h

Figura 24 – Radiador a instal·lar al Lavabo

Dades Vestuari - Taquilles						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m ³ /h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m ²))	Total (kcal/h)
Vestuari – Taquilles	Planta baixa	525,59	28,80	158,72	25,82	684,31

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 60	8 elements	1 radiador	103,9 Kcal/h	831,2 Kcal/h	831,2 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					831,2 Kcal/h

Figura 25 – Radiador a instal·lar al Vestuari - Taquilles

Dades Sala d'Espera						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m ³ /h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m ²))	Total (kcal/h)
Sala d'espera	Planta baixa	795,32	135,50	745,64	56,95	1540,95

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 45	10 elements	1 radiador	79,5 Kcal/h	795 Kcal/h	795 Kcal/h
DUBAL 45	9 elements	1 radiador	79,5 Kcal/h	715,5 Kcal/h	715,5
APORTACIÓ TOTAL =					1510,5 Kcal/h

Figura 26 – Radiador a instal·lar a la Sala d'espera

Dades Rebedor						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m ³ /h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m ²))	Total (kcal/h)
Rebedor	Planta baixa	795,32	135,30	745,64	56,95	1540,95

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 45	13 elements	1 radiador	79,5 Kcal/h	1033,5 Kcal/h	1033,5 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					1033,5 Kcal/h

Figura 27 – Radiador a instal·lar al Rebedor

Dades WC Minusvàlids						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m ³ /h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m ²))	Total (kcal/h)
WC Minusvàlids	Planta baixa	263,89	54	297,60	102,19	561,49

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 45	9 elements	1 radiador	79,5 Kcal/h	715,5 Kcal/h	715,5 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					715,5 Kcal/h

Figura 28 – Radiador a instal·lar al WC minusvàlids

Dades WC Exterior						
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (kcal/h)	Ventilació		Potència	
			Cabal (m ³ /h)	Càrrega total (kcal/h)	Per superfície (kcal/(h·m ²))	Total (kcal/h)
WC exterior	Planta baixa	114,38	54	297,60	135,31	411,97

Radiador	Nº elements	Nº radiadors	Potència per element	Potència per radiador	Potència total
DUBAL 45	7 elements	1 radiador	79,5 Kcal/h	556,5 Kcal/h	556,5 Kcal/h
APORTACIÓ TOTAL =					556,5 Kcal/h

Figura 29 – Radiador a instal·lar al WC exterior

B.2.4 CÀLCUL CONSUM ANUAL PELLETS

Per poder dimensionar el tamany de la sitja a instal·lar s'ha realitzat un càlcul del consum aproximat de pelles pel sistema de calefacció amb caldera de biomassa.

Per poder dur a terme el càlcul s'han emprat dos sistemes.

1.- S'ha calculat l'etiqueta energètica de la instal·lació mitjançant una exportació de les característiques de la instal·lació des del programa de disseny CYPECAD MEP al programa de càlcul d'eficiència d'instal·lacions CALENER VYP proporcionat per el Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme, obtenint el consum anual en kWh de la instal·lació.

2.- S'ha realitzat un càlcul manual del consum energètic anual mitjançant les dades obtingudes de l'IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energia) de les hores totals de consum de calefacció a la ciutat de Girona.

Així doncs obtenim:

Hores de consum de calefacció a Girona: 1078 h/any

Potència necessària aproximadament: 27 kW

Consum Anual:

$$27 \cdot 1078 = 29106 \text{ kWh}$$

Segons l'etiqueta energètica calculada amb el CALENER VYP, el consum anual és de 27.000kWh Llavors, el consum anual de la instal·lació projectada serà d'entre 27.000 i 29.000 kWh

Per realitzar el càlcul del consum de combustible pellets en Kg s'han usat les dades següents:

PCI Pellets: 5 kWh/Kg

Rendiment de la Caldera: 85%

$$\frac{kWh}{\eta} \cdot 100 = kWh_{TOTALS} \rightarrow \frac{kWh_{TOTALS}}{PCI (kWh/Kg)} = Kg_{consum} \cong Tones_{consum}$$

$$1.) \frac{27000 \text{ kWh}}{85} \cdot 100 = 31765 \text{ kWh} \rightarrow \frac{31765 \text{ kWh}}{5 \text{ kWh/Kg}} = 6,353 \text{ Kg} \cong 6,4 \text{ Tones}$$

$$2.) \frac{29000 \text{ kWh}}{85} \cdot 100 = 34118 \text{ kWh} \rightarrow \frac{34118 \text{ kWh}}{5 \text{ kWh/Kg}} = 6,824 \text{ Kg} \cong 6,8 \text{ Tones}$$

Obtenim que el consum anual de pellets per la instal·lació projectada serà d'entre 6,4 i 6,8 Tones.

Tenint en compte que el preu del pellets actualment està entre els 210 i els 230 €/tona. El cost anual de combustible pellets serà aproximadament:

$$6,4 \text{ Tones} \cdot 230 \text{ €/T} = 1472 \text{ €}$$

$$6,8 \text{ Tones} \cdot 230 \text{ €/T} = 1564 \text{ €}$$

La instal·lació tindrà un cost aproximat en combustible d'entre 1500 i 1600 €.

B.3 CÀLCUL XEMENEIA EVACUACIÓ GASOS CALDERA BIOMASSA

Pel càlcul de la xemeneia d'evacuació de gasos de la caldera de biomassa s'ha usat el programa de càlcul, *DINAKALC CE III*, facilitat per la empresa *DINAK* en el que, introduint els valors de la instal·lació i tipus de caldera projectada, dimensiona una xemeneia adequada per a una correcta evacuació dels gasos d'acord amb la norma UNE-EN 13384 (*Xemeneies*)

Cal recordar que el RITE, en el seu apartat "*IT 1.2.4.1.3. Chimeneas*" exigeix un dimensionament correcte de l'evacuació de gasos provinents de la caldera, d'acord amb la UNE-EN 13384-1.

B.3.1 CONDICIONS DE LA INSTAL·LACIÓ

Per poder dimensionar la xemeneia s'introdueixen al programari les característiques de la caldera projectada facilitades pel fabricant, de les condicions desitjades aproximadament de la sortida de gasos i de l'emplaçament de la xemeneia.

Caldera: HERZ Pelletstar 30 BioControl		
Combustible	Pellets	
Tipus d'aparell	Caldera pressuritzada	
Condensacions	NO	
Condicions de treball	Modular	
	Nominal	Mínim
Potència	30 kW	9,01 kW
Rendiment	90 %	90 %
Temperatura fums	180 °C	120 °C
Tir mínim	5 Pa	5 Pa
Cabal	26,79 g/s	8,93 g/s

Figura 20 – Condicions de la sortida de gasos de la caldera projectada

Un cop introduïdes les dades de la caldera projectada i de les desitjades per la sortida de fums, automàticament el programa defineix les condicions mínimes i màximes.

Dades de situació	
Província	Girona
Altitud	79 m
Temperatura màxima	30 °C
Temperatura mínima a la sortida de la xemeneia	-3 °C
Muntatge	Exterior
Pressió oposada a la sortida	NO

Figura 21 – Situació del projecte

Es realitzen el càlculs pertinents obtenint-ne els requisits de pressió i temperatura mínims que hauria de tenir la sortida de fums.

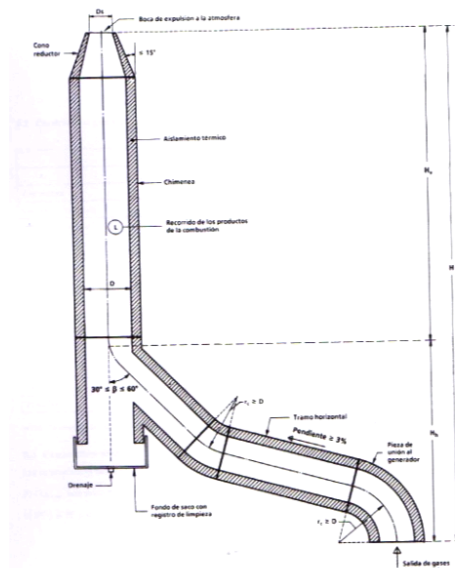


Figura 22 – Estructura a instal·lar per la sortida de gasos de Calderes de Biomassa

B.3.2 CÀLCUL DIMENSIÓ I MATERIAL XEMENEIA

Càlculs i Resultats *DINAKALC CE III*:

Requisits de pressió		
Coefficient de seguretat del flux	1,2	
	Nominal	Mínim
Tir teòric a la base de la vertical	9,71 Pa	6,1 Pa
Pèrdua de càrrega a la vertical	1,66 Pa	0,17 Pa
Tir mínim de la caldera	5 Pa	5 Pa
Perdues de càrrega tram horitzontal	0,87 Pa	0,09 Pa
	A potència nominal de la caldera	A potència mínima de la caldera
Tir de la instal·lació	2,18 Pa	0,84 Pa

Requisits de temperatura	Nominal	Mínim
Temperatura a la paret interior de la xemeneia	131,5 °C	65,1 °C

Figura 23 – Requisits de pressió i temperatura a l'interior de la xemeneia

Un cop executades les operacions de càlcul, el resultat obtingut és que, la xemeneia més adequada per a instal·lar a la caldera *HERZ Pelletstar 30 BioControl* és una xemeneia *DINAK DP* de diàmetre interior 175 mm i diàmetre exterior 235 mm de material *INOX 316L, T600 N1 D V2 G(XX)*, segons *EN 1856-1*.

Resultat:

Xemenia: DINAK DP				
Gama	DINAK DP			
Diàmetre interior	175 mm			
Diàmetre exterior	235 mm			
Material	INOX 316L			
Designació EN1856-1	T600 N1 D V2 G(XX)			
Tram horitzontal	0,5 m			
Tram vertical	3 m			
	Nominal		Mínim	
Velocitat mitja del fums	1,5 m/s		0,4 m/s	
	Horitzontal	Vertical	Horitzontal	Vertical
Tª mitja fums (°C)	179	169	118	108
Tª mitja paret exterior (°C)	33	3	24	0
Sortida de la xemeneia				
Velocitat fums	1,4 m/s			
Temperatura fums	161 °C			
Temperatura paret exterior	3 °C			

Figura 24 – Resultats DINAKALC CE III

B.4 CÀLCUL CANONADES

El càlcul de canonades que realitza el programa de disseny d'instal·lacions CYPECAD MEP, realitza un estudi acurat de les necessitats de la instal·lació i dels emissors i modifica la secció de la canonada en funció del cabal necessari. En quant a eficiència energètica és un càlcul necessari per mirar d'optimitzar al màxim el circuit, però en quant a cost de la instal·lació, suposa un encariment considerable del pressupost a destinar per el circuit de calefacció.

Els constants canvis de secció obliguen a instal·lar gran quantitat de ràcords reductors , a banda de tenir en compte que els accessoris de diàmetres inferiors a ½" solen tenir un cost més elevat, degut a la complexitat de la seva fabricació.

Per aquest motiu s'ha realitzat un dimensionament manual mitjançant una fulla de càlcul per tal de verificar els resultats i homogeneïtzar la instal·lació.

B.4.1 CÀLCUL CANONADES SALA DE CALDERES – SALA DE MÀQUINES

Per realitzar la connexió entre l'acumulador d'inèrcia instal·lat a la Sala de Calderes i els col·lectors de distribució d'aigua calenta i el seu retorn, s'instal·laran canonades de PEX de la casa UPONOR. S'ha decidit usar aquest tipus de canonada, ja les connexions que uniran la Sala de Calderes i la Sala de Màquines aniran soterrades i UPONOR facilita els conductes recoberts amb aïllant amb protecció tant tèrmica com mecànica.

Pel dimensionament d'aquestes canonades s'ha calculat prèviament el cabal màxim que hi pot circular i seguidament s'ha calculat el diàmetre a utilitzar, mitjançant la formula de càlcul de diàmetre per a conductes soterrats.

Cabal procedent de la caldera

$$Q = \frac{P}{C_e \cdot P_e \cdot \Delta T^a}$$

on:

P = Potència de la Caldera (kCal/h)

C_e = Calor específic de l'aigua (Kcal(Kg·K))

P_e = Potència específica aigua (Kg/l)

ΔT^a = Increment de temperatura de la impulsió respecte el retorn (Kº)

$$Q = \frac{30kW \cdot 860 (Kcal/h)/kW}{1 (KCal(KgK)) \cdot 1Kg/l \cdot 15K} = 1720 l/h$$

$$1,72 m^3/h$$

Diàmetre de canonades de impulsió i retorn:

$$D = 10 \cdot j \cdot C^{0,35} \quad * \text{Facilitada pel fabricant}$$

on:

j = coeficient de rugositat del tub

2,2 materials metàl·lics

2,4 materials plàstics

C = Cabal (l/s)

$$D = 10 \cdot 2,4 \cdot 0,48(l/s)^{0,35}$$

N'obtenim que el diàmetre interior necessari és de 18,5 mm. El diàmetre normalitzat interior immediatament més proper és 20,4 mm de diàmetre interior i 25 mm de diàmetre exterior.

Aquest serà el diàmetre òptim a instal·lar tant per la impulsió com pel retorn, **DN25**.

B.4.2 CÀLCUL CANONADES CALEFACCIÓ AULA

Els emissors del circuit de calefacció més gran que subministra aigua calenta als radiadors instal·lats a l'aula, la cuina, el magatzem interior, el lavabo, la sala de professors i el vestuari, estaran muntats en paral·lel. Per dimensionar el diàmetre de les canonades d'alimentació i retorn es sumen les potències de tots els emissors projectats per, d'aquesta manera, trobar el cabal total necessari per alimentar la instal·lació. A partir d'aquest cabal es calcularà la secció dels conductes mitjançant la formula del cabal $Q = V \cdot S$.

Potència radiadors:

Ubicació	ref.	Radiador	Potència (kCal/h)
Aula	R80.13 R80.12	5 x radiador de 13 elements <i>DUBAL 80</i> 1 x radiador de 12 elements <i>DUBAL 80</i>	5 x 1848,6 1706,4
Cuina	R45.8	1 x radiador de 8 elements <i>DUBAL 45</i>	636
Magatzem interior	R80.10	1 x radiador de 10 elements <i>DUBAL 80</i>	1422
Lavabo	R45.14	1 x radiador de 14 elements <i>DUBAL 45</i>	1113
Sala de professors	R45.24	1 x radiador de 24 elements <i>DUBAL 45</i>	1908
Vestuari	R.60.8	1 x radiador de 8 elements <i>DUBAL 60</i>	831,2

TOTAL = 16859,6 Kcal/h

Cabal procedent de la bomba

$$Q = \frac{P}{C_e \cdot P_e \cdot \Delta T^a}$$

on:

P = Potència emissors ($kCal/h$)

C_e = Calor específic de l'aigua ($Kcal(Kg \cdot K)$)

P_e = Potència específica aigua (Kg/l)

ΔT^a = Increment de temperatura de la impulsió respecte el retorn (K^a)

$$Q = \frac{16859,6 \text{ Kcal/h}}{1 (KCal(KgK)) \cdot 1Kg/l \cdot 15K} = 1123 \text{ l/h}$$

$$1,12 \text{ m}^3/h$$

Diàmetre de canonades de impulsió i retorn:

$$Q = V \cdot S \rightarrow S = \frac{Q}{V}$$

on:

Q = Cabal calculat (m^3/h)

V = velocitat desitjada (m/h)

S = secció de la canonada (m^2)

Segons estudis de fluidomecànica, en conductes de calefacció, per tal de que el soroll sigui mínim la velocitat ha de ser sempre inferior a 1,5 m/s, preferiblement, la velocitat ha de ser pròxima a 1 m/s. Per tal de tenir una instal·lació el més silenciosa i eficient possible, s'ha pres com a velocitat de disseny 1 m/s.

$$S = \frac{1,12 \text{ m}^3/h}{\left(1 \frac{m}{s} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}\right)} = 3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{3,12 \cdot 10^{-4}}{\pi}} \rightarrow 9,96 \text{ mm}_{radi} \cdot 2 = 19,93 \text{ mm de } \Phi_{int}$$

N'obtenim que el diàmetre interior necessari és de 19,93 mm. El diàmetre normalitzat interior immediatament més proper és 21,7 mm de diàmetre interior i 26,9 mm de diàmetre exterior.

Aquest serà el diàmetre òptim a instal·lar tant per la impulsió com pel retorn, **DN20 – 3/4"**.

B.4.3 CÀLCUL CANONADES CALEFACCIÓ ENTRADA

S'ha separat el circuit de calefacció en dos circuits amb termòstats separats per tal de facilitar l'ajustament de temperatura en un i altre, ja que una part de la llar d'infants és on es desenvolupa l'activitat principal i l'altre es d'activitat intermitent, ja que és on es realitza l'entrada i sortida dels alumnes.

Per dimensionar les canonades d'alimentació del circuit més petit, s'ha realitzat el mateix càlcul que al circuit principal.

Potència radiadors:

Ubicació	ref.	Radiador	Potència (kCal/h)
WC exterior	R45.7	1 x radiador de 7 elements <i>DUBAL 45</i>	556,5
WC minusvàlids	R45.10	1 x radiador de 10 elements <i>DUBAL 45</i>	795
Rebedor	R45.13	1 x radiador de 13 elements <i>DUBAL 45</i>	1033,5
Sala d'espera	R45.10 R45.9	1 x radiador de 10 elements <i>DUBAL 45</i> 1 x radiador de 9 elements <i>DUBAL 45</i>	795 715,5

TOTAL = 5485,5 Kcal/h

Cabal procedent de la caldera

$$Q = \frac{P}{C_e \cdot P_e \cdot \Delta T^a}$$

on:

P = Potència emissors (kCal/h)

C_e = Calor específic de l'aigua (Kcal/(Kg·K))

P_e = Potència específica aigua (Kg/l)

ΔT^a = Increment de temperatura de la impulsió respecte el retorn (K^a)

$$Q = \frac{5485,5 \text{ Kcal/h}}{1 (\text{KCal(KgK)}) \cdot 1\text{Kg/l} \cdot 15\text{K}} = 365,7 \text{ l/h}$$

$$0,37 \text{ m}^3/\text{h}$$

Diàmetre de canonades de impulsió i retorn:

$$Q = V \cdot S \rightarrow S = \frac{Q}{V}$$

on:

Q = Cabal calculat (m^3/h)

V = velocitat desitjada (m/h)

S = secció de la canonada (m^2)

Definim la velocitat a 1 m/s igual que hem fet anteriorment amb el circuit principal de calefacció.

$$S = \frac{0,37 \text{ m}^3/\text{h}}{\left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}\right)} = 1,015 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{1,015 \cdot 10^{-4}}{\pi}} \rightarrow 5,68 \text{ mm}_{\text{radi}} \cdot 2 = 11,37 \text{ mm de } \Phi_{\text{int}}$$

N'obtenim que el diàmetre interior necessari és de 11,37 mm. El diàmetre normalitzat interior immediatament superior que es podria instal·lar és 12,60 mm de diàmetre interior i 17,2 mm de diàmetre exterior.

Aquest serà el diàmetre òptim a instal·lar tant per la impulsió com pel retorn, **DN10 – 3/8"**.

B.4.4 CÀLCUL CANONADES ACUMULADOR RECOLZAMENT SOLAR

Per dimensionar les canonades que transportaran l'aigua calenta provinent de la caldera de biomassa fins a l'acumulador de recolzament solar des dels col·lectors, s'usa la fórmula del cabal per a acumuladors, en el que es té en compte l'estona que triga l'aigua a escalfar-se fins a 65°C a l'interior de l'acumulador.

L'expressió per calcular el cabal necessari per a un acumulador és la següent:

$$Q = \frac{Pe \cdot Ce \cdot Volum \cdot \Delta T^a}{\eta \cdot temps}$$

on:

Pe = Potència específica de l'aigua (Kg/l)

Ce = Calor específic de l'aigua (Kcal(Kg·K))

$Volum$ = Volum de l'acumulador en litres

ΔT^a = Increment de temperatura a l'aigua, des de xarxa fins a 65°

η = rendiment de l'acumulador

$temps$ = temps necessari per escalfar l'aigua fins a 65°C (h)

$$Q = \frac{\frac{1Kg}{l} \cdot 1Cal(KgK) \cdot 100litres \cdot (65 - 8,03)}{0,85 \cdot 2hores} = 3351,17 l/h$$

S'ha pres 2 hores com a temps necessari per escalfar l'aigua per sobre la temperatura de seguretat anti-legionel·losis perquè es el valor que solen emprar les empreses per realitzar el càlcul. Es calcula el cabal pel cas més desfavorable, és a dir, en cas que les plaques solar no aportessin gens de calor, l'acumulador de recolzament hauria de escalfar tota l'aigua procedent de la xarxa fins a la temperatura desitjada.

N'obtenim que el cabal necessari màxim, en cas que les plaques solars no facin cap aportació de calor, hauria de ser de 3,35 m³/h.

Diàmetre de canonades de impulsió i retorn:

$$Q = V \cdot S \rightarrow S = \frac{Q}{V}$$

on:

Q = Cabal calculat (m³/h)

V = velocitat desitjada (m/h)

S = secció de la canonada (m²)

De la mateixa manera que hem fet amb els anterior càlculs de secció, .

$$S = \frac{3,35 \text{ m}^3/h}{\left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}\right)} = 9,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{9,3 \cdot 10^{-4}}{\pi}} \rightarrow 17,21 \text{ mm}_{radi} \cdot 2 = 34,42 \text{ mm de } \Phi_{int}$$

N'obtenim que el diàmetre interior necessari és de 34,42 mm. El diàmetre normalitzat interior immediatament superior que es podria instal·lar és 36,00 mm de diàmetre interior i 42,4 mm de diàmetre exterior.

Aquest serà el diàmetre òptim a instal·lar tant per la impulsió com pel retorn, **DN32 – 1¼"**.

B.4.5 CÀLCUL COL·LECTORS DISTRIBUCIÓ

Per dimensionar els col·lectors de distribució i retorn dels circuits de calefacció i de l'acumulador de recolzament solar s'ha pres la premissa d'eficiència energètica que dicta que: "per tal de fer un repartiment equitatiu, el diàmetre del col·lector ha de ser "n" vegades més gran que el diàmetre dels tubs del circuit de distribució".

$$\Phi_{col·lector} = \Phi_{canonada+gran} \cdot n$$

on:

n = nombre de sortides del col·lector

Així doncs, tenint en compte que el diàmetre de sortida en el cas del col·lector de distribució d'aigua calenta provinent de l'acumulador cap als circuits és de 21,45 mm de diàmetre interior, DN20 per canonada d'acer negre, el diàmetre mínim del distribuïdor per fer un repartiment equitatiu ha de ser de:

$$\Phi_{col·lector} = 21,45 \text{ mm} \cdot 3_{(sortides)} = 64,35 \text{ mm}$$

Així doncs, com a mínim els col·lectors han de fer 65 mm de diàmetre interior, que seria aproximadament 2¾", per facilitar la instal·lació i abaratir costos, s'ha seleccionat un diàmetre més convencional.

S'instal·laran dos col·lectors, un d'impulsió i un de retorn, de 3", 80 mm de diàmetre interior, de 0,85m de longitud, d'acer negre.

B.5 GRUP BOMBEIG CALEFACCIÓ

Tot i que la majoria de càlculs pel dimensionament de la instal·lació de calefacció s'han dut a terme amb el programa de càlcul d'instal·lacions CYPECAD MEP, pel que fa els càlculs de distribució d'aigua calenta per a radiadors i dimensionament de canonades, els càlculs són extremadament acurats sense tenir en compte un sobredimensionant mínim perquè en cas d'un excés de demanda, la bomba no hagi de treballar a ple rendiment.

B.5.1 CÀLCUL BOMBA CIRCUIT AULA

Per dimensionar correctament la bomba cal tenir en compte el cabal exigint en el cas més desfavorable, en el que hi hagi més demanda, la secció que s'ha previst instal·lar en el circuit, i les característiques del circuit per poder torbar les pèrdues de càrrega.

Com que el muntatge dels circuits de calefacció és en paral·lel amb conductes de distribució d'aigua bitubulars, es calcularan les pèrdues de càrrega pel tram del circuit més llarg i que per tant tindrà més pèrdues de càrrega.

Cal tenir en compte els accessoris que caldrà instal·lar en aquest circuit per la seva correcta adaptació a la construcció. En funció del nombre d'accessoris les pèrdues de càrrega variaran. Es pot observar les característiques d'aquest circuit a l'annex de plànols, al plànol: Circuits de Calefacció.

Càlcul del nombre de Reynolds

Nombre adimensional utilitzat en mecànica de fluids per caracteritzar el moviment del fluid. Necessari per trobar el coeficient de fricció (λ)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

on:

ρ = Densitat del fluid (kg/m^3)

v = Velocitat del fluid (m/s)

D = Diàmetre de la canonada (m)

μ = Viscositat dinàmica del fluid ($Pa \cdot s$)

$$Re = \frac{971,8 \cdot 1 \cdot 0,0217}{0,000354} = 59570,791$$

S'ha seleccionat el diàmetre interior de la canonada dimensionada pel circuit que calefactarà el circuit de l'aula, el diàmetre és 21,7 mm → 0,0217 metres. També s'ha usat la velocitat desitjada pel fluid, 1m/s i les característiques de l'aigua que són la seva densitat i viscositat.

Coefficient de fricció:

Per calcular el coeficient de fricció utilitzem la "formula de Blasius" per regim turbulent llis.

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = 0,02022687$$

on:

λ = Coeficient de fricció

Re = nombre de Reynolds

Finalment procedim al càlcul de pèrdues de càrrega per poder dimensionar correctament la bomba, havent calculat que la longitud del circuit més desfavorable és de 30,6 m.

Longitud Equivalent Accessoris ¾"		Nº elements
Colze 90º	0,6 m	5
"T" o creu	1,2 m	1
Radiador	5 m	1

$$H_R = \lambda \cdot \left(\rho_r \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \right)$$

on:

H_R = Pèrdues de càrrega en metres columna d'aigua (m.c.a.)

λ = Coeficient de fricció

ρ = Densitat relativa de l'aigua a 80ºC (0,98)

L = Longitud del tram més desfavorable + Longitud equivalent dels accessoris

D = Diametre canonada (m)

v = Velocitat del fluid (1m/s)

g = gravetat (9,8)

$$H_R = 0,02022 \cdot \left(0,98 \cdot \frac{(0,6 \cdot 5 + 1,2 + 5 + 30,6)}{0,0217} \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,8} \right) = 1,8549 \text{ mca}$$

Com que l'estructura amb la que estan instal·lats els radiadors, és en paral·lel amb canonades bitubulars, cal tenir en compte també les pèrdues de càrrega en la canonada de retorn.

$$1,8549 \cdot 2 = 3,7098 \text{ mca}$$

A més també se li han sumat les pèrdues de càrrega de l'acumulador d'inèrcia, ja que les bombes d'impulsió dels circuits de calefacció estiraran també l'aigua des de l'acumulador que està situat a 3,5m, a l'interior de la sala de calderes.

$$3,7908 + 0,16 = 3,86981 \text{ mca}$$

Les pèrdues de càrrega de l'acumulador són 0,16 m.c.a. que sumem directament sobre les pèrdues de càrrega del circuit.

Les característiques principals de la bomba d'impulsió del circuit de calefacció que alimenta la zona Oest de la Llar d'Infants han de ser:

$$Q = 1,1239 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_R = 3,8689 \text{ m}$$

B.5.2 CÀLCUL BOMBA CIRCUIT ENTRADA

Pel circuit de calefacció que alimenta els emissors instal·lats a la zona est de la Llar d'Infants, que compren el rebedor, la sala d'espera de pares i el lavabo petit i el lavabo de minusvàlids, s'ha realitzat el mateix càlcul que en el circuit gran, però agafant els valors de dimensions de canonades calculats prèviament.

Càlcul del nombre de Reynolds

$$Re = \frac{971,8 \cdot 1 \cdot 0,0217}{0,000354} = 59570,791$$

S'ha seleccionat el diàmetre interior de la canonada dimensionada pel circuit que calefatarà el circuit de l'entrada, el diàmetre és 12,6 mm → 0,0126 metres. També s'ha usat la velocitat desitjada pel fluid, 1m/s i les característiques de l'aigua que són la seva densitat i viscositat.

Coeficient de fricció:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = 0,02317$$

Finalment procedim al càlcul de pèrdues de càrrega per poder dimensionar correctament la bomba, havent calculat que la longitud del circuit més desfavorable és 16 m:

Longitud Equivalent Accessoris ^{3/8"}	Nº elements	
Colze 90º	0,6 m	3
"T" o creu	1,2 m	2
Radiador	5 m	1

$$H_R = 0,02317 \cdot \left(0,98 \cdot \frac{(0,6 \cdot 3 + 1,2 \cdot 2 + 5 + 16)}{0,0126} \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,8} \right) = 2,50103 \text{ mca}$$

Com que l'estructura amb la que estan instal·lats els radiadors, és en paral·lel amb canonades bitubulars, cal tenir en compte també les pèrdues de càrrega en la canonada de retorn.

$$2,50103 \cdot 2 = 5,00206 \text{ mca}$$

Al càlcul de la bomba del circuit petit també hi sumarem les pèrdues de càrrega de l'acumulador, per tal d'assegurar un correcte funcionament del circuit i evitar la instal·lació d'una bomba que alimenti els col·lectors des de l'acumulador d'inèrcia situat a la Sala de Calderes. Comptant que la distància que separa la Sala de Calderes de la Sala de Màquines es inferior a 10 metres, s'ha considerat que no era necessària la instal·lació d'una bomba a la sortida de l'acumulador i que les bombes de circulació tindrien suficient potència per absorbir i retornar el fluid.

$$5,00206 + 0,16 = 5,1620 \text{ mca}$$

Les característiques principals de la bomba d'impulsió del circuit de calefacció que alimenta la zona Est de la Llar d'Infants han de ser:

$$Q = 0,3657 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_R = 5,1620 \text{ m}$$

B.5.3 CÀLCUL BOMBA ACUMULADOR DE RECOLZAMENT SOLAR

L'última bomba a dimensionar és la que alimentarà l'acumulador de recolzament solar que subministra Aigua Calenta Sanitària a la Llar d'Infants.

S'ha repetit el càlcul anteriorment descrit igual que pels dos circuits de calefacció. Cal tenir en compte que el cabal calculat per aquest circuit és molt elevat, ja que s'ha tingut en compte la possibilitat que no hi hagués aportació de calor per part de les plaques solars i que tota l'energia calorífica hagués de ser aportada per part de la caldera de biomassa.

Partint de la secció ja dimensionada i el cabal calculat s'ha realitzat el càlcul per dimensionar la bomba.

Càlcul del nombre de Reynolds

$$Re = \frac{971,8 \cdot 1 \cdot 0,036}{0,000354} = 98827,1186$$

S'ha seleccionat el diàmetre interior de la canonada dimensionada pel circuit que calefactarà el circuit de l'entrada, el diàmetre és 36 mm → 0,036 metres. També s'ha usat la velocitat desitjada pel fluid, 1m/s i les característiques de l'aigua que són la seva densitat i viscositat.

Coefficient de fricció:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = 0,0178224$$

Finalment procedim al càlcul de pèrdues de càrrega per poder dimensionar correctament la bomba, havent calculat que la longitud des del col·lector fins a l'acumulador de recolzament solar és de tant sols 1,3m + un colze de 90º:

Longitud Equivalent Accessoris 1-¼"		Nº elements
Colze 90º	0,9 m	1

$$H_R = 0,01782 \cdot \left(0,98 \cdot \frac{0,9 + 1,3}{0,036} \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,8} \right) = 0,054457 \text{ mca}$$

En el cas d'aquest circuit s'ha de tenir en compte que cal sumar-hi les pèrdues de càrrega de dos acumuladors, l'acumulador de recolzament solar i l'acumulador d'inèrcia de la caldera de biomassa. Així que es doblaran les pèrdues de càrrega pels conductes d'anada i retorn, i posteriorment se li sumarà la pèrdua de carrega de dos acumuladors.

$$(0,0544567 \cdot 2) + (0,16 \cdot 2) = 0,4289 \text{ mca}$$

Les característiques principals de la bomba d'impulsió del circuit de calefacció que alimenta la zona Est de la Llar d'Infants han de ser:

Q = 3,3511 m³/h

H_R = 0,4289 m

B.6 RECUPERADORS DE CALOR

Tot i que les especificacions del projecte no demanaven el disseny d'un circuit d'aire, per tal de fer tota la instal·lació més eficient, s'han dimensionat i dissenyat dos circuit d'impulsió i extracció d'aire connectats a dos recuperadors de calor.

Cadascun d'aquests recuperadors s'encarreguen d'alimentar una zona de l'edificació. Així s'instal·laran dos recuperadors: un s'encarregarà de la zona Est de l'edificació aclimatant: Sala d'espera, Vestuari i Sala de professors. L'altre recuperador de calor alimentarà l'aula principal i el Magatzem interior.

En funció dels resultats obtinguts amb l'anàlisi de càrregues s'han dimensionat i dissenyat dos recuperadors de calor de la casa Soler i Palau, amb el programari de càlcul CYPECAD MEP.

Cal tenir en compte que el disseny dels recuperadors de calor ha sigut addicional i que pel càlcul de la caldera no s'ha considerat la possible aportació pels recuperadors de calor.

B.6.1 CÀLCUL RECUPERADOR DE CALOR AULA

RECUPERADOR DE CALOR CADT-D 56 H - AULA	
Recinte	Cabal d'aire
Aula principal	2215,57 m ³ /h
Magatzem Aula	277,19 m ³ /h
TOTAL:	2492,76 m³/h

Circuit Aula Principal:

Pel circuit que abastirà l'aula central i on es desenvolupa l'activitat principal de la llar, s'ha projectat la instal·lació d'un recuperador de calor S&P CADT-D 56 AH, amb un caudal màxim de 5400 m³/h, tot i que el cabal màxim al que treballarà en aquestes estàncies és de 2900m³/h.

La potència d'aquest recuperador serà de 2 x 1,5 kW i te una eficiència calculada de 52%.

Aquest circuit a banda dels tradicionals filtres d'aportació extracció d'aire F7 que aporten una qualitat de l'aire d'IDA2, al circuit d'aportació d'aire s'hi col·locarà un filtra F9 per garantir una qualitat de l'aire de IDA1, exigít a les aules de preescolar.

B.6.2 CÀLCUL RECUPERADOR DE CALOR ENTRADA

RECUPERADOR DE CALOR CADB-D 08 H - ENTRADA	
Recinte	Cabal d'aire
Sala d'Espera	1794,52 m ³ /h
Vestuari – Taquilles	798,20 m ³ /h
Sala professors	1113,59 m ³ /h
TOTAL:	3706,31 m³/h

Circuit Rebedor:

Pel circuit de recuperació de calor de l'entrada de l'edifici, s'ha projectat la instal·lació d'un recuperador de calor *S&P CADB-D 08 AH*, de caudal màxim de 890 m³/h, tot i que el cabal màxim al que treballarà en aquestes estàncies és de 380 m³/h.

La potència d'aquest recuperador serà de 2 x 0,3 kW, un per a cada ventilador, entrada i sortida, i té una eficiència calculada de 50%.

B.7 ESTUDI VIABILITAT ECONÒMICA

Per tal de verificar la viabilitat d'aquest projecte i la rendibilitat del mateix s'ha realitzat un càlcul comparatiu del cost d'una instal·lació de calefacció amb combustible gasoil i el cost d'una instal·lació amb caldera de pellets.

Per poder realitzar un càlcul el més acurat possible i obtenir dades reals de la possible amortització de la instal·lació projectada, s'ha dissenyat mitjançant el programa de disseny d'instal·lacions CYPECAD MEP, una instal·lació amb caldera de gasoil per cobrir la mateixa edificació amb les mateixes característiques: mateixos paraments, tancaments, mateixes exigències tèrmiques i mateixos emissors.

Un cop dimensionada la caldera i accessoris correctament se n'ha extret el pressupost per poder fer el càlcul comparatiu d'amortització.

Així doncs, les dades de partida per realitzar el càlcul comparatiu són:

	Gasoil	Biomassa
Necessitats energètiques de disseny	27.000 kWh	27.000 kWh
Combustible	Gasoil	Pellets
Potència Caldera	30 kW	30 kW
Rendiment Caldera	92 %	85 %
PCI Combustible	10,23 kWh/l	5,0 kWh/Kg
Preu Combustible	0,80 €/l	0,23 €/Kg
Cost Instal·lació	8.630 €	20.267 €

El cost de la instal·lació inclou tots els accessoris necessaris perquè ambdues instal·lacions funcionin correctament. Es defineixen a continuació. El cost que no s'ha tingut en compte ha estat el de la construcció de la sala de calderes, ja que a la llar d'infants projectada no hi ha espai suficient a la Sala de Màquines, on es torben totes les connexions de la instal·lació solar tèrmica, per poder instal·lar la caldera de gasoil. Per tant, tant en un cas com en l'altre es necessària la construcció d'una Sala de Calderes.

<u>Gasoil</u>	<u>Cost</u>	<u>Biomassa</u>	<u>Cost</u>
Caldera	4228 €	Caldera	11867 €
Tanc de Gasoil (1000l)	1802 €	Sitja + accessoris	3100 €
Xemeneia	1100 €	Xemeneia	1100 €
Accessoris i muntatge	1500 €	Obra civil associada	700 €
		Instal·lació	3500 €
TOTAL:	8629,74 €	TOTAL:	20267 €

El consum anual amb el que estan basats els càlculs per extreure el període d'amortització ha estat l'extret del càlcul d'eficiència energètica realitzat amb el CALENER VYP, amb l'exportació de les característiques de l'edificació i la instal·lació realitzades amb el CYPECAD MEP.

Els resultats extrets durant l'estudi de viabilitat s'exposen en una taula al final de l'apartat. Els càlculs duts a terme per un i altre combustible han estat:

$$\frac{kWh}{\eta} \cdot 100 = kWh_{TOTALS} \rightarrow$$

$$Gasoil = \frac{27000}{92} \cdot 100 = 29384 kWh$$

$$Pellets = \frac{27000}{85} \cdot 100 = 31765 kWh$$

$$Consum_{ANUAL} = \frac{kWh_{ANUALS}}{PCI} \rightarrow$$

$$Consum_{GASOIL} = \frac{29348 kWh}{10,23 kWh/l} = 2869 litres$$

$$Consum_{BIOMASSA} = \frac{31765 kWh}{5,0 kWh/Kg} = 6353 Kg$$

$$Cost_{COMBUSTIBLE ANUAL} = \frac{Consum anual}{Preu combustible} \rightarrow$$

$$Cost_{GASOIL} = \frac{2869 litres}{0,8 €/l} = 2259 €$$

$$Cost_{BIOMASSA} = \frac{6353 Kg}{0,23 €/Kg} = 1461 €$$

Així doncs, es poden definir els valors per poder realitzar el càlcul.

La instal·lació de Biomassa te un sobrecost de 11.637 € més elevat que la inversió a realitzar per una instal·lació de gasoil.

Per altra banda, el cost del combustible, pellets, te un preu 834 € inferior al cost anual pel consum del gasoil.

Així que per amortitzar la instal·lació, comptant una recuperació de 834 € anuals, son necessaris 14 anys.

Taula de resultats:

DADES INICIALS	Valor	Unitats
Necessitats energètiques anuals	27.000	kWh
Potència caldera	30	kW
OPCIÓ 1.- COMBUSTIBLE FÒSSIL	Valor	Unitats
Tipus de combustible	Gasoil	litres
Preu combustible	0,800	€/l
PCI combustible	10,23	kWh/l
Rendiment de les calderes	92	%
OPCIÓ 2.- BIOMASSA	Valor	Unitats
Tipus de combustible	Pellet 1a	
Preu combustible	0,230	€/kg
PCI combustible	5,0	kWh/kg
Densitat combustible	650	kg/m ³
Rendiment calderes noves	85	%
DADES TÈRMIQUES	Valor	Unitats
Consum combustible fòssil (kWh)	29.348	kWh
Consum combustible fòssil	2.869	Litres
Consum biomassa (kWh)	31.765	kWh
Consum biomassa (kg)	6.353	Kg
Estalvi energètic anual	2.417	kWh
DADES BIOMASSA	Valor	Unitats
Consum biomassa (Tones)	6,4	T
Consum biomassa (m³)	9,8	m ³
DADES ECONÒMIQUES	Valor	Unitats
Cost anual Gasoil	2.295	€
Cost anual biomassa	1.461	€
Cost Instal·lació Gasoil	8.630	€
Cost Instal·lació biomassa	20.267	€
Ajuts i subvencions (%)*	0	%
Total ajut	0	€
Cost Inversió (sense ajuts)	11.637	€
Cost Inversió (amb ajuts)	11.637	€
*actualment no hi ha subvencions		
DADES MEDIAMBIENTALS	Valor	Unitats
Estalvi combustible fòssil	29.348	kWh/any
Factor d'emissions de CO₂	0,267	kgCO₂/Kwh
Estalvi d'emissions de CO₂	7,8	t/any
DADES VIABILITAT ECONÒMICA	Valor	Unitats
Estalvi econòmic anual	834	€
Temps de retorn simple (sense ajut)	14,0	anys
Temps de retorn simple (amb ajut)	14,0	anys