



Treball de final de Grau

# Projecte d'una instal·lació geotèrmica de molt baixa entalpia per a un habitatge unifamiliar

Grau en Enginyeria de Recursos  
Energètics i Miners

Autor: David Vall Zamora

Director: José Juan de Felipe Blanch

2 de Setembre de 2016

Manresa



Aquest projecte és el fruit d'hores de treball i esforç, que no hagués estat possible sense la ajuda d'un seguit de persones a qui vull donar les gràcies a continuació.

Primer de tot al director del projecte, José Juan de Felipe Blanch, que sempre ha mostrat el seu interès quan ho he necessitat i m'ha ajudat a solucionar dubtes i problemes que he tingut al llarg d'aquest projecte.

Als professionals que d'una manera o altre m'han assessorat, com per exemple el responsable de l'estació meteorològica de Fals d'on han sortit totes les dades climàtiques que eren necessàries per poder dur a terme el projecte.

Als meus pares, que m'han permès no només fer aquest projecte sinó tota la carrera, i a qui els estic profundament agraït.

Finalment, a la meva parella, que m'ha animat i motivat quan més ho necessitava i m'ha ajudat a veure les coses d'una altra manera.



## RESUM DEL PROJECTE

L'objectiu d'aquest projecte és estudiar la viabilitat que tindria el fet de canviar el sistema de climatització actual de caldera de gasoil per un sistema més eficient com és el geotèrmic amb una sonda vertical, per a un habitatge unifamiliar. Per a això es faran els càlculs teòrics necessaris i les simulacions mitjançant software per determinar els aspectes tècnics de la instal·lació.

Es calcularà la demanda energètica que presenta la llar unifamiliar, que permetrà determinar la profunditat del pou i el tipus de sonda idònia que actuarà com a intercanviador tèrmic. Aquesta sonda estarà connectada a una bomba de calor, la qual s'escollirà d'acord amb la potència requerida per climatitzar la llar, de tal manera que pugui aportar una temperatura de confort a la llar a través de climatització per terra radiant.

Finalment, es realitzarà un estudi econòmic on quedarà plasmat l'elevat cost d'inversió inicial i el temps d'amortització, que es contraposaran amb els avantatges mediambientals i econòmics (a llarg termini) que presenta instal·lar aquest tipus de sistemes de climatització.



## ABSTRACT

The aim of this project is to study the feasibility of changing the current system of an oil boiler for a more efficient system such as a geothermal vertical probe for a house. For it will be necessary theoretical calculations and simulations using software to determine the technical aspects of the installation.

We will calculate the energy demand of the detached house, which will be useful to determine the well depth and the probe type suitable to act as a heat exchanger. This probe will be connected to a heat pump which will be chosen according to the power required to acclimatize the house. This way, it will be possible to provide a comfortable temperature in the house through the radiant floor.

Finally, we will make an economic study, where it will be reflected the high cost of the initial investment and the payback time of the installation. On the other hand, it will be shown the economic and environmental benefits, which are long-term aspects, of this geothermal-conditioning system.





# ÍNDEX

## Document 1: Memòria

<b>1. ANTECEDENTS.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GEOTÈRMIA.....</b>	<b>3</b>
2.1. QUÈ ÉS LA GEOTÈRMIA .....	3
2.2. FORMACIÓ DE LA GEOTÈRMIA .....	3
2.3. CALOR TERRESTRE.....	4
2.3.1. Flux de propagació.....	4
2.3.2. Propagació .....	6
2.4. TIPUS DE SISTEMES GEOTÈRMICS .....	7
2.5. TIPUS D'ENERGIA GEOTÈRMICA .....	8
<b>3. GEOTÈRMIA DE MOLT BAIXA ENTALPIA.....</b>	<b>9</b>
3.1. NORMATIVA.....	9
<b>4. TIPUS DE SISTEMES DE CAPTACIÓ GEOTERMICS.....</b>	<b>11</b>
4.1. CAPTACIÓ GEOTÈRMICA EN UN SISTEMA HORIZONTAL TANCAT.....	11
4.2. SISTEMA DE CAPTACIÓ VERTICAL TANCAT .....	13
4.3. SISTEMA TANCAT DE CIMENTACIÓ TERMOACTIVA.....	15
<b>5. GEOLOGIA DE LA ZONA.....</b>	<b>17</b>
5.1. FORMACIÓ DE LA ZONA.....	17
5.2. LITOLOGIA .....	19
<b>6. PRESENTACIÓ DE L'EDIFICI .....</b>	<b>21</b>
6.1. HISTÒRIA DE L'EDIFICI .....	21
6.2. EMPLAÇAMENT.....	21
6.3. PLA DE TREBALL .....	21

<b>7. CONCEPTE DE CLIMATITZACIÓ</b> .....	<b>23</b>
7.1. NORMATIVA ENERGÈTICA EN EDIFICACIÓ.....	24
7.2. MÈTODES D'OBTENCIÓ DE LA DEMANDA ENERGÈTICA.....	24
<b>8. CONDICIONS CLIMÀTIQUES DE L'EDIFICI</b> .....	<b>27</b>
8.1. ORIENTACIÓ.....	27
8.2. ZONA CLIMÀTICA.....	29
8.3. TANCAMENTS .....	31
8.4. BUI TS.....	37
8.5. DIMENSIONAT .....	39
<b>9. CÀLCUL DE LA DEMANDA ENERGÈTICA</b> .....	<b>43</b>
<b>10. BOMBA DE CALOR</b> .....	<b>47</b>
10.1. FUNCIONAMENT .....	47
10.2. CICLE DE CALEFACCIÓ .....	48
<b>11. DISSENY DE L'INTERCANVIADOR DE CALOR</b> .....	<b>51</b>
11.1. DETERMINACIÓ DE LA BOMBA DE CALOR.....	51
11.2. PROFUNDITAT DEL POU I SONDES.....	51
11.3. CARACTERISTIQUES I COMPONENTS DE LA SONDA.....	64
11.4. REBLIMENT .....	66
<b>12. SOLDADURES DELS TUBS DE PE</b> .....	<b>69</b>
12.1. SOLDADURA PER ELECTROFUSIÓ .....	69
12.2. AVANTATGES DE LA SOLDADURA PER EF .....	70
12.3. CAUSES D'ERROR EN LA SOLDADURA PER EF .....	70
<b>13. PERFORACIÓ DELS SONDEJOS</b> .....	<b>71</b>
13.1. EINES DE PERFORACIÓ .....	71
13.2. MAQUINÀRIA DE PERFORACIÓ.....	73
13.2.1. Perforadora .....	73

13.2.2. Fluid de perforació .....	74
13.2.3. Mesclador i bomba d'impulsió de llot de perforació .....	75
<b>14. FLUID CALOPORTADOR DEL SISTEMA DE CAPTACIÓ .....</b>	<b>77</b>
<b>15. BOMBES DE CIRCULACIÓ .....</b>	<b>79</b>
<b>16. VERIFICACIÓ DEL SISTEMA.....</b>	<b>81</b>
16.1. PROVA DE PRESSIÓ .....	81
16.2. PROVA D'ESTANQUEÏTAT I PRESSIÓ DEL SISTEMA.....	81
<b>17. CLIMATITZACIÓ PER TERRA RADIANT .....</b>	<b>83</b>
17.1. AVANTATGES DEL TERRA RADIANT .....	84
17.2. TEMPERATURA DE CALEFACCIÓ .....	84
17.3. TEMPERATURA DE REFRIGERACIÓ .....	85
 <u>Document 2: Plànols</u>	
 <u>Document 3: Plec de condicions</u>	
<b>18. PLEC DE CONDICIONS.....</b>	<b>94</b>
18.1. PLEC DE CONDICIONS GENERALS .....	94
18.2. PLEC DE CONDICIONS FACULTATIVES .....	94
18.3. PLEC DE CONDICIONS TÈCNiques .....	95
18.4. PLEC DE CONDICIONS ECONÒMIQUES.....	97
18.5. PLEC DE CONDICIONS LEGALS .....	97
 <u>Document 4: Pressupost</u>	
<b>19. PARTIDES DEL PRESSUPOST .....</b>	<b>101</b>
19.1. CONSUM ENERGÈTIC .....	102
<b>20. PRESSUPOST TOTAL.....</b>	<b>105</b>
<b>21. ESTUDI ECONOMIC .....</b>	<b>107</b>
21.1. INSTAL·LACIÓ DE GASOIL.....	107
21.2. INSTAL·LACIÓ DE GEOTÈRMIA .....	107

21.3. TEMPS DE RETORN DE LA INVERSIÓ INICIAL .....	108
<b>22. RESULTATS FINALS I CONCLUSIONS .....</b>	<b>111</b>
<u>Document 5: Annexos</u>	
<b>ANEX A: MAPA GEOLÒGIC DE L'IGME.....</b>	<b>115</b>
<b>ANNEX B: MATERIALS I MAQUINÀRIA.....</b>	<b>117</b>
ELEMENTS CONSTRUCTIUS .....	117
MÀQUINES DE PERFORACIÓ .....	118
SONDA.....	119
REFRIGERANT.....	121
BOMBA DE CALOR.....	123
BOMBA D'IMPULSIÓ.....	124
<b>ANNEX C: OFERTA ENERGÈTICA.....</b>	<b>125</b>

## ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1: Estructura de consum mitjà segons usos energètics en llars unifamiliars. ....	2
Figura 2: Gradient geotèrmic. ....	5
Figura 3: Temperatures a grans profunditats. ....	7
Figura 4: Variació de la temperatura en el sòl. ....	9
Figura 5: Distribució del sistema de captació horitzontal. ....	13
Figura 6: Distribució de tubs caloportadors en sondejos. ....	14
Figura 7: Formació de Catalunya al Paleozoic. ....	17
Figura 8: Formació de Catalunya al Mesozoic. ....	18
Figura 9: Formació de Catalunya al Cenozoic. ....	18
Figura 10: Mapa geològic de Catalunya. ....	19
Figura 11: Mapa geològic de la zona del present projecte. ....	20
Figura 12: Llegenda dels materials geològics de la zona. ....	20
Figura 13: Orientació de la casa. ....	27
Figura 14: Orientació de les façanes. ....	27
Figura 15: Trajectòria solar de cada estació. ....	28
Figura 16: Orientació de la llar al programa LIDER. ....	28
Figura 17: Taula B.1 Zones climàtiques. ....	30
Figura 18: Entrada de dades al programa LIDER de la zona climàtica de la llar. ....	30
Figura 19: Composició del parament Paret_exterior. ....	32
Figura 20: Composició del parament Terra_sostre. ....	33
Figura 21: Composició del parament Envà. ....	34
Figura 22: Composició del parament Terra_teulada. ....	35

Figura 23: Composició del parament Terra_Terrat. ....	36
Figura 24: Composició del parament Teulada.....	37
Figura 25: Tipologia de vidres de la llar.....	38
Figura 26: Composició dels marcs de la llar.....	38
Figura 27: Vista de la façana Est.....	39
Figura 28: Vista de la façana Oest. ....	39
Figura 29: Vista de la façana Sud.....	40
Figura 30: Vista de la façana Nord. ....	40
Figura 31: Vista de l'habitatge en 3D.....	41
Figura 32: Resultats demanda energètica de la llar. ....	43
Figura 33: Gràfic de la demanda energètica de la llar distribuïda al llarg de l'any. ....	44
Figura 34: Esquema de transmissió de calor d'una instal·lació geotèrmica.....	48
Figura 35: Esquema de funcionament d'una bomba de calor. ....	49
Figura 36: Temperatures per hores al llarg de l'any 2015 a la estació meteorològica de Fals.....	52
Figura 37: Gràfica de temperatures del terreny durant l'any.....	56
Figura 38: Gràfica de les hores d'ocurrència total.....	61
Figura 39: Gràfica de les hores d'ocurrència al juliol. ....	61
Figura 40: Gràfica de les hores d'ocurrència al gener. ....	61
Figura 41: Gràfica de la corba de la càrrega tèrmica en funció de la temperatura exterior. ....	61
Figura 42: Peu de sonda de doble-U.....	65
Figura 43: Pes i kit de connexió de pes.....	65
Figura 44: Esquema de la separació dels tubs per distanciadors. ....	66
Figura 45: Propietats dels materials de rebliment de sondejós. ....	67
Figura 46: Passos a seguir per realitzar una soldadura per electrofusió.....	69

Figura 47: Soldadura amb tubs de diferent gruix. ....	70
Figura 48: Procés de tall dels compactes d'una barrina de PDC.....	72
Figura 49: Parts d'una broca PDC. ....	72
Figura 50: Perforadora lleugera TH10LM. ....	74
Figura 51: Mescladora i bomba d'impulsió. ....	76
Figura 52: Propietats del propilenglicol.....	77
Figura 53: Taula de metres equivalents deguts a pèrdua de càrrega segons dimensions del tub. ....	79
Figura 54: Gràfic de tipus de bombes d'impulsió segons cabal i alçada. ....	80
Figura 55: Distribució de la temperatura en funció de cada tipus de sistema de calefacció. ....	83
Figura 56: Principals ofertes d'electricitat de diferents companyies. ....	103
Figura 57: gràfic d'evolució de la inversió de tota la instal·lació geotèrmica. ....	109

## ÍNDEX DE TAULES

Taula 1: Superfícies de les diferents zones de la planta de la llar.....	31
Taula 2: Superfícies de cada façana.....	31
Taula 3: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Paret_exterior. .....	33
Taula 4: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Terra_sostre.	33
Taula 5: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Envà.....	34
Taula 6: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Terra_teulada. .....	35
Taula 7: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Terra_Terrat.	36
Taula 8: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Teulada.....	37
Taula 9: Valors de la demanda energètica de la llar distribuïda al llarg de l'any.....	45
Taula 10: Interval de potències que ha de subministrar la bomba de calor seleccionada.	51
Taula 11: Característiques dels materials predominants travessats pels sondejors.....	53
Taula 12: Dades necessàries per calcular la temperatura del terreny.....	54
Taula 13: Temperatures del terreny en funció de la profunditat i del dia de l'any.....	55
Taula 14: Parells de temperatures.....	57
Taula 15: Iteracions per trobar la temperatura de calefacció.....	58
Taula 16: Iteracions per trobar la temperatura de refrigeració.....	59
Taula 17: Continuació de la taula dels parells de temperatura.....	60
Taula 18: Resultats de les longituds necessàries per calefacció i refrigeració.....	63
Taula 19: Taula resum dels valors obtinguts del punt de rosada.....	86
Taula 20: Pressupost de les partides destinades a instal·lar el sistema de captació per calefacció geotèrmica.....	101
Taula 21: Resum de potències de consum dels diferents elements.....	102



# Projecte d'una instal·lació geotèrmica de molt baixa entalpia per a un habitatge unifamiliar

Document 1: Memòria



## 1. ANTECEDENTS

L'eficiència energètica referida a un edifici, podria definir-se com la reducció d'energia consumida per obtenir les mateixes condicions de confort a la llar. De manera que el consum d'energia per unitat de producte produït o de servei prestat sigui cada cop menor, així, augmenta l'eficiència energètica. Una disminució del consum d'energia suposa també una reducció del consum dels recursos.

El creixement continu de la població suposa un problema pel que fa a l'abastiment de tot tipus de recursos, ja que no en se'n disposa de forma il·limitada, i la tendència que es presenta a curt i mitjà termini és que la demanda augmenti encara més. Pel que fa als recursos energètics, la seva procedència ha anat variant al llarg del temps.

Actualment, el 80% dels recursos consumits procedeixen de combustibles fòssils com són el carbó, el petroli o el gas. La societat a poc a poc va sent conscient de la necessitat d'explotar els recursos de forma sostenible tot respectant el medi ambient o estalviar pel que fa a la utilització d'aquests recursos. Seguint aquesta línia, els països més desenvolupats tendeixen cada cop més a invertir i investigar en energies renovables per dur a terme pràctiques d'eficiència energètica que suposin una disminució de l'energia consumida.

Per aconseguir aquesta disminució del consum energètic, no només s'ha de pensar en utilitzar la millor tecnologia disponible, sinó que també cal pensar en hàbits responsables per part de les persones que faciliten les pràctiques d'estalvi energètic. És cert que la inversió inicial és més elevada en tecnologies energèticament eficients en relació amb les convencionals, però les eficients compensaran econòmicament a posteriori, durant el temps de vida de la instal·lació.

La gran tendència que s'aproxima i que a poc a poc va prenent força a la societat és la que ha impulsat el desenvolupament de les energies renovables. Grans multinacionals han pressionat per evitar aquest important canvi i, encara que no han aconseguit eliminar la tendència, han alentit aquesta inèrcia que s'aproxima. El gran desenvolupament que han experimentat algunes energies renovables com l'eòlica i la solar fotovoltaica n'ha eclipsat d'altres com la biomassa, que novament està prenent força en el nostre territori, i la geotèrmia.

Per entendre la importància d'aquest treball, cal tenir en compte que la demanda dels edificis depèn de moltes variables, entre les quals destaca la zona climàtica i el tipus d'edifici, de manera que les llars unifamiliars són les que major consum energètic unitari tenen. En la figura de continuació [Figura 1] es mostren els serveis que més energia

consumeixen de mitjana en les llars unifamiliars. S'aprecia que el major consum es dona a la calefacció, de manera que resulta molt interessant reduir-ne la despesa mitjançant la instal·lació d'una font d'energia alternativa que abasteixi aquesta important demanda.

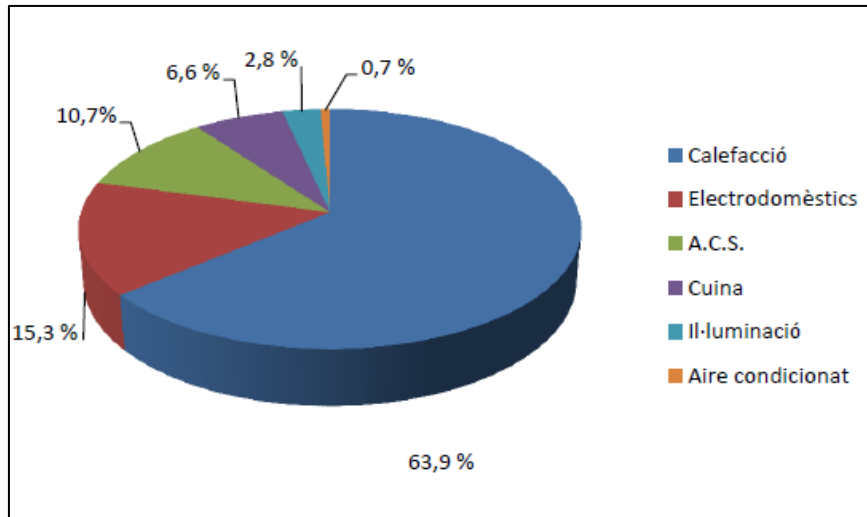


Figura 1: Estructura de consum mitjà segons usos energètics en llars unifamiliars.

Amb el present treball es pretén donar a conèixer els procediments requerits per determinar una instal·lació geotèrmica que pugui satisfer les necessitats quant a la calefacció d'una llar, que suposa més de la meitat del consum total d'energia d'una llar.

Així, el treball estudia com climatitzar les nostres llars de manera econòmica i sostenible, ja que tendim a evolucionar cap una societat respectuosa amb el medi ambient, i la geotèrmia és una font energètica molt important i que s'ha menystingut durant molt temps.

## 2. GEOTÈRMIA

### 2.1. QUÈ ÉS LA GEOTÈRMIA

L'energia geotèrmica és l'energia que trobem en forma de calor, continguda a l'interior de la Terra. La paraula geotèrmia deriva del grec "geos", que significa terra, i "thermos", que significa calor.

No s'ha d'oblidar que fa uns 4.500 milions d'anys el planeta Terra era una immensa bola ardent constituïda essencialment per gasos i pols. Passats 700 milions d'anys, la nebulosa es va refredar i consolidar, formant-se una capa dura que atrapà en el seu interior una gran quantitat de calor que a hores d'ara encara perdura. Una mostra que podem observar des de la superfície que al seu interior encara hi ha grans quantitats de calor és la formació de volcans, els terratrèmols, fumaroles, etc.

### 2.2. FORMACIÓ DE LA GEOTÈRMIA

Des del centre de la Terra fins a la superfície, el globus terrestre està constituït per tres capes successives de temperatura decreixent.

- La primera és el nucli; es troba en estat sòlid a la seva part interior i líquid a la part exterior. La seva temperatura és d'uns 4.200 °C
- El mantell que l'envolta, amb una temperatura que va des de 3.000 °C fins a 1.000 °C. De textura plàstica cap endins, es torna sòlid cap a la superfície.
- L'escorça, que correspon a l'envoltant superficial. La seva temperatura varia de dels 1.000°C en contacte amb el mantell fins als 15-20 °C de la superfície terrestre. El seu gruix varia des de 5 fins a 20 km en les profunditats oceàniques, i des de 30 fins a 70 km sota els continents. La part sòlida del mantell constitueix la litosfera, fragmentada en diverses plaques litosfèriques que es desplacen lentament entre si, que poden arribar a donar importants anomalies tèrmiques i sobre les quals vivim.

En conclusió, al planeta Terra, un 99% de la massa està sotmesa a una temperatura superior als 1.000 °C, i només un 0,1% suporta una temperatura inferior a 100 °C.

Com ja sabem, l'energia geotèrmica aprofita la calor interna de la Terra, però perquè arribi a la superfície terrestre s'ha de generar d'alguna manera. L'origen de calor interna de la Terra es troba en quatre fenòmens diferents.

El primer fenomen es deu a la desintegració d'isòtops radioactius presents a l'escorça del mantell. Principalment són l'urani 235, urani 238 i el tori 232 en forma de sèries radioactives i el potassi 40 que és un radionúclid natural sense descendents radioactius.

El segon fenomen es deu a la calor inicial de la Terra, ja que en la seva formació com a planeta es va alliberar molta calor que encara ens està arribant a causa del seu refredament. Encara que pugui semblar que aquesta font d'energia es pugui acabar per la tendència que porta a disminuir la temperatura, es considera una font d'energia inesgotable, ja que a escala humana no serem capaços de percebre el seu final. Es creu que durant 4.500 milions d'anys, i sabent que el nucli del planeta està a uns 4.200 °C, la Terra s'ha refredat entre 300 °C i 350 °C, és a dir, a un ritme d'uns 130 °C cada mil milions d'anys. En definitiva, a escala humana disposem d'energia geotèrmica de manera indefinida.

En tercer lloc, la calor interna de la Terra és deguda al continu moviment de les capes que formen la Terra, principalment entre el mantell i el nucli.

Finalment, l'últim factor que intervé en la generació de calor és en la zona de transició entre el nucli extern, que és líquid, i el nucli intern, que és sòlid. En aquesta interacció, hi ha una important font d'energia tèrmica.

## 2.3. CALOR TERRESTRE

### 2.3.1. Flux de propagació

Com se sap, l'aprofitament de l'energia calorífica mitjançant geotèrmia prové de l'interior terrestre. Ara bé, és molt important conèixer com es transmeten aquets fluxos de calor per poder fer una estimació correcta de la potència calorífica de la zona.

L'energia calorífica es transmet des de l'interior cap a l'exterior de les capes que conformen la Terra de manera molt lenta, ja que les roques de l'escorça terrestre no són bones conductores. El flux de calor es calcula fent el producte del gradient geotèrmic i la conductivitat tèrmica de les roques.

En profunditzar en l'escorça terrestre, s'observa un canvi de la temperatura del sòl que en general tendeix a augmentar; aquesta variació de temperatura en funció de la profunditat s'anomena gradient geotèrmic. Aquest valor varia força al voltant de l'escorça terrestre depenent del lloc on ens situem, i s'obtenen valors que van des de només 1°C cada 100 m, fins a d'altres llocs en què s'han observat variacions d'entre 20 i 80 °C cada 100 metres. Malgrat tot, la major part de l'escorça i el que és més habitual són valors que giren entorn de 2,5-3,5 °C cada 100 m.

El gradient geotèrmic (G) es determina mesurant el nombre de graus centígrads que augmenta la temperatura del sòl cada 100 metres de profunditat del pou. Aquesta profunditat ha de ser suficient per evitar les pertorbacions en les capes superficials provocades per les variacions diürnes i estacionals de la temperatura. Això es coneix mitjançant una sonda de 2 a 5 metres de longitud amb sensors a través seu, la qual va penetrant els estrats.

$$\text{Gradient geotèrmic} = \frac{(T2 - T1)}{(P2 - P1)}$$

On:

Temperatura (T1) en un punt determinat (P1)

Temperatura (T2) en un altre punt determinat (P2)

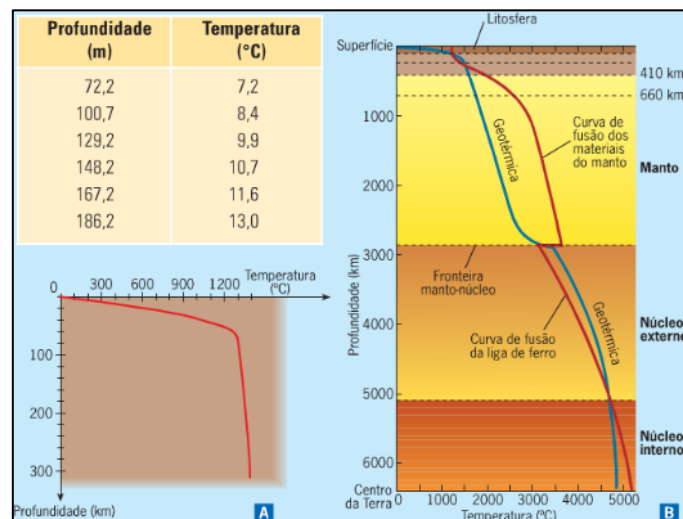


Figura 2: Gradient geotèrmic.

Un altre concepte és el de grau geotèrmic, que s'obté dividint la diferència de profunditat entre la diferència de temperatura.

El gradient geotèrmic variarà amb:

- La conductivitat tèrmica de les roques: com més conductivitat tèrmica de les roques, més gradient geotèrmic i menys grau geotèrmic.
- El tipus de reaccions químiques que predominin a la zona (endotèrmiques o exotèrmiques). En el cas de predominar les reaccions endotèrmiques, el gradient geotèrmic serà menor que en zones on predominin reaccions exotèrmiques.
- La presència i concentració d'elements radioactius que desprenen calor en desintegrar-se, que eleven el gradient geotèrmic i disminueixen el grau geotèrmic.
- La proximitat de roques eruptives encara no consolidades, que aporten importants fonts de calor.

- L'existència d'aigües termals a la zona, etc.

L'altre factor necessari que cal conèixer per poder determinar el flux de calor és la conductivitat tèrmica (K) dels materials. Per trobar aquest valor cal anar al laboratori amb mostres inalterades de sòl per mesurar-ne el gradient tèrmic. Aquestes mostres se sotmeten a un flux de calor coneguda, i en ser un material que no és ideal quant a la transmissió de calor, es presenta una diferència de temperatures al llarg de la mostra. Com més gran sigui la diferència de temperatures menor serà la conductivitat tèrmica de la mostra.

$$Q = \frac{-K \cdot dT}{dZ} = K \cdot G$$

On:

K: coeficient de conductivitat tèrmica. És una característica de cada material i expressa la magnitud de la seva capacitat de conduir calor.

G: gradient de temperatura

### 2.3.2. Propagació

Els mecanismes pels quals s'aporta calor a qualsevol medi són tres: la conducció, la convecció i la radiació. En el camp de la transferència de calor geotèrmica, el mecanisme que predomina és la transferència de calor per convecció, que va des del centre de la Terra fins a profunditats de l'ordre de 50 km des de la superfície, profunditat on es formen els volcans, i des d'aquí fins a la superfície es transmet per conducció tèrmica.

A les roques sòlides, la conducció tèrmica és dèbil ja que les roques es poden considerar a efectes tèrmics com a bons aïllants. La transferència de calor per conducció és un procés dissipatiu mentre que la transferència de calor per convecció pot arribar a formar acumulacions anormals de calor, de manera que les càmeres magmàtiques formen a l'escorça terrestre concentracions molt importants de calor abans de ser refrigerades fins a la temperatura ambient al cap de desenes de milers d'anys. En tot aquest temps, des que els silicats fosos escalfen una roca sòlida fins que a poc a poc la van refonent, altrament dit intrusió, es produeixen esforços mecànics a la roca intrusionada per efecte de les variacions tèrmiques. Això acaba provocant fractures importants o zones fallades per les quals l'aigua meteòrica descendeix a través d'elles des de l'exterior i es va escalfant a mesura que va arribant a la intrusió, fins que en agafar temperatura ascendeix de nou per una altra fractura fins a l'exterior.



Aquests fenòmens no són habituals en la zona del globus terrestre on som ja que només es presenten en zones properes als límits de plaques litològiques, que no és el nostre cas.

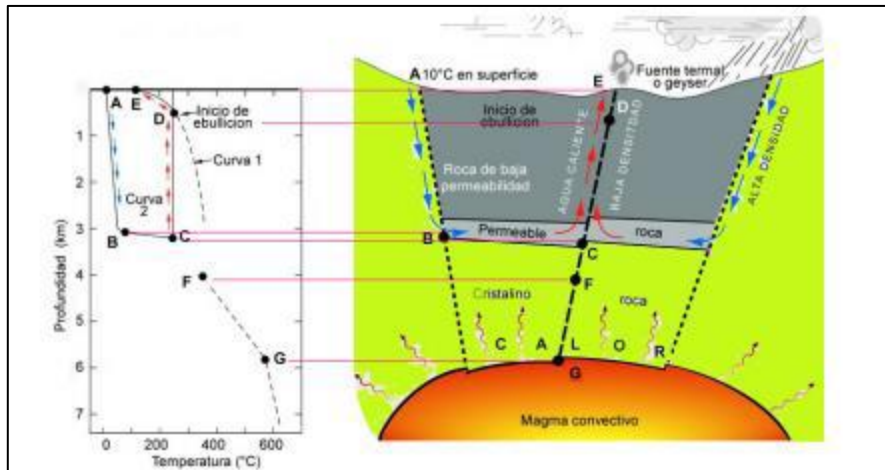


Figura 3: Temperatures a grans profunditats.

## 2.4. TIPUS DE SISTEMES GEOTÈRMICS

De sistemes geotèrmics se'n poden trobar a tot arreu del món, la diferència que hi haurà entre si serà exclusivament en el gradient geotèrmic, que en alguns punts serà molt superior i en d'altres força ínfim. El primer cas serà típic en regions dels marges de les plaques.

Un sistema geotèrmic està constituït per 3 elements principals: el primer i indispensable és una font de calor, seguit d'un reservori i un fluid que permetrà transmetre la calor. La font de calor pot ser des d'una intrusió magmàtica a molt alta temperatura emplaçada a profunditats relativament profundes (5-10 km), fins a sistemes de baixa temperatura on el gradient geotèrmic és més normal. El reservori és un volum de roques calentes i normalment permeables del qual els fluids que circulen absorbeixen la calor. Generalment el reservori està cobert per roques impermeables que contenen grans quantitats d'aigua meteòrica que es va filtrant i va reemplaçant l'aigua extreta per fons termals, o extreta per pous. El fluid geotermal és normalment aigua meteòrica com ja s'ha esmentat, ja sigui en fase líquida o gasosa, que dependrà de la seva temperatura i profunditat.

De tots els elements que constitueixen el sistema geotèrmic, la font de calor és l'únic que ha de ser natural si se'n vol treure un rendiment positiu. Si partim d'una font de calor natural, la resta d'elements (reservori i fluid) poden ser artificials. Per exemple, injectar grans quantitats d'aigua a la font de calor i un cop escalfada recuperar-la per fer-ne un aprofitament tèrmic.

## 2.5. TIPUS D'ENERGIA GEOTÈRMICA

L'entalpia és un concepte que defineix la quantitat d'energia tèrmica que un fluid/objecte pot intercanviar amb el seu entorn. S'expressa en KJ/Kg o en Kcal/Kg.

Hi ha quatre tipus d'energia geotèrmica en funció de la temperatura

- Alta temperatura (més de 150 °C): amb aquestes temperatures es pot obtenir energia elèctrica directament del vapor d'aigua.
- Temperatura mitjana (90-150 °C): permet produir energia elèctrica però es necessita un fluid d'intercanvi com a pas previ per generar electricitat.
- Baixa temperatura (30-90°C): el seu contingut energètic és insuficient per generar energia elèctrica però és adequat per a calefaccions d'edificis i per a processos industrials i agrícoles.
- Molt baixa temperatura (menys de 30 °C): poden ser utilitzades per a calefacció i climatització però necessiten bombes de calor per obtenir un bon rendiment.

### 3. GEOTÈRMIA DE MOLT BAIXA ENTALPIA

L'energia geotèrmica de molt baixa entalpia és aquella que aprofita la temperatura que resideix al subsòl a partir dels 15 metres aproximadament, profunditat a partir de la qual la temperatura del sòl es veu inalterada en funció de la climatologia de l'exterior. Per sota dels 15 metres, la temperatura augmenta a raó de 3 graus centígrads cada 100 metres com a conseqüència del gradient tèrmic.

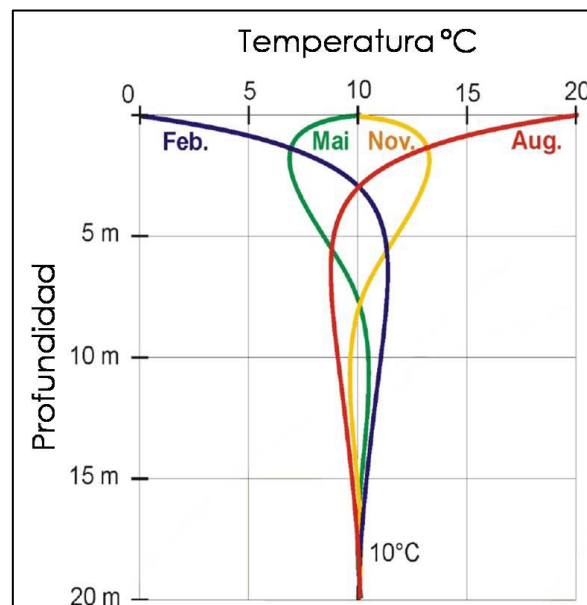


Figura 4: Variació de la temperatura en el sòl.

Per a la climatització d'edificis, la geotèrmia de molt baixa entalpia resulta rendible, i per això aquest projecte treballarà en aquesta línia: climatitzar un edifici utilitzant aquest tipus d'energia.

#### 3.1. NORMATIVA

A l'actualitat, pel que fa als recursos geotèrmics a l'Estat Espanyol no existeix cap tipus de normativa específica. A diferència d'altres països com per exemple Alemanya, que es dota de la directriu VDI 4640 que indica a l'usuari com ha de procedir molt concretament.

Amb aquesta falta d'implicació per part de l'administració, no hi ha cap registre oficial quant al nombre d'instal·lacions del país en funcionament.

Malgrat tot, és important tenir en consideració tota aquella normativa que fa referència a aquest tipus de recurs geotèrmic.

Segons la Llei de Mines (Llei 22/1973, de 21 de juliol de 1973) l'energia geotèrmica és un recurs de la secció D (energètic). Aquesta secció incorpora una sèrie de recursos minerals d'interès energètic segons acorda el Govern. Per contra, els recursos de molt baixa energia s'exclouen de la Llei de Mines, així que queden exclosos els permisos d'explotació corresponents.

En tractar-se d'una activitat minera, caldrà aplicar el Reglament General de Normes Bàsiques de Seguretat Minera, que es desenvolupa en diferents instruccions tècniques (I.T.C) com són la ITC 06.0.01: Prescripcions generals, ITC 06.0.03: Execució de sondejors amb torre, i ITC 06.0.06: Aprofitament de recursos geotèrmics.

## 4. TIPUS DE SISTEMES DE CAPTACIÓ GEOTÈRMICS

Amb aquest apartat es pretén donar a conèixer els diferents sistemes existents quant a la captació d'energia geotèrmica. Alhora, servirà per determinar quin és el millor sistema per al present Projecte en funció dels avantatges i inconvenients que presenti cadascun, donant així una resposta ferma pel que fa a l'elecció del mètode més adequat.

El funcionament dels sistemes de captació geotèrmics es basa a obtenir l'energia del sòl i transportar-la mitjançant un fluid fins a uns intercanviadors d'energia o col·lectors pels quals circula el fluid, que normalment és aigua amb anticongelant, que captarà o cedirà l'energia al subsòl com a conseqüència del salt tèrmic entre el fluid i el terreny.

L'objectiu essencial dels captadors, independentment del tipus que sigui, és proporcionar un intercanvi de calor a les bombes de calor geotèrmiques, que subministraran la climatització desitjada a la llar.

Depenent de la superfície que s'ha d'escalfar, necessitarem una o diverses bombes de calor, i un nombre de tubs que permetin el correcte rendiment de la instal·lació.

A grans trets, els intercanviadors de calor es poden agrupar en dos grans grups: sistemes oberts i sistemes tancats. La principal diferència entre ells està en la recirculació d'un fluid que recorre els tubs en cas dels sistemes tancats, i per contra en els oberts els fluids s'obtenen d'altres tipus de fonts, com podrien ser aqüífers, rius, etc. Com que on s'ubica el present projecte no hi ha constància ni aparentment sembla que hi hagi aflüència d'importants cabals d'aigües termals (ja que no és gens normal en aquest territori), s'obviarà els sistemes oberts i s'estudiaran els sistemes tancats.

### 4.1. CAPTACIÓ GEOTÈRMICA EN UN SISTEMA HORIZONTAL TANCAT

Aquest tipus de captació es basa en un sistema de tubs intercanviadors col·locats horitzontalment i enterrats a una profunditat que ronda entre el metre i els dos metres. Aquest sistema s'aplica com a suport de climatització en llars unifamiliars.

Les limitacions que presenta aquest tipus de sistema de captació són les següents:

- Necessitat de gran superfície de terreny: en disposar-se de forma horitzontal, es necessita una important extensió de terreny per estendre l'entramat de tubs.

- Una altra restricció que es presenta, i relacionat amb el punt anterior, és que no es podrà plantar cap mena de vegetal d'arrels profundes. Queda exclòs per tant qualsevol espècie d'arbre o arbust.
- Caldrà planificar i considerar tots el tipus de serveis que es necessitaran passar per aquella zona, ja que un cop instal·lat el sistema de captació horitzontal, suposarà una dificultat per a qualsevol tipus de servei afegit que hagi de travessar el subsòl. (xarxa telefònica, aigua, etc.). Per això, és important deixar passada alguna funda de tub de plàstic flexible que permeti, si cal, poder passar qualsevol tipus de servei a posteriori.

Per contra, té una gran quantitat d'avantatges que fan que tingui un gran interès per a la seva acceptació com a sistema de climatització:

- El cost és dels més baixos, ja que només s'ha d'excavar un rebaix de 2 metres, que només suposa el 15% de la inversió total, inclosa la bomba de calor.
- No necessita cap instal·lació exterior com podrien ser arquetes ni quadres de cap tipus.
- Només es necessita un permís d'obra que concedeix l'administració local, de manera que no calen autoritzacions especials ni permisos de difícil obtenció que molt sovint suposen esforços extrems.
- Es tracta d'un sistema net i respectuós amb el medi, ja que el volum excavat s'utilitza com a material de rebliment del forat originat.

La temperatura que haurà d'aportar el sistema de climatització a la nostra llar dependrà de l'època de l'any. Clarament es dedueix que en èpoques d'hivern el sistema haurà d'aportar calor a la llar mentre que en èpoques caloroses, com l'estiu, s'haurà d'aportar fred. A vegades no és exactament així, ja que depenent de la zona on es situa l'edifici i dels usos pel qual està destinat pot passar que el criteri lògic de temperatures que s'ha presentat sigui contrari. Un exemple d'això podria ser en el cas dels vagons de metro, on en algunes ocasions (a l'hivern) la calor originada com a conseqüència de la profunditat, el funcionament de les màquines i les persones fa que es necessiti refrigerar.

Com ja s'ha dit, el sistema de captació geotèrmic horitzontal tancat és idoni per a la climatització de llars unifamiliars tal com es tracta en aquest Projecte.

Malgrat això, una de les limitacions més importants és l'espai de terreny ocupat que necessita aquest sistema, que fa que en molts casos no es pugui aplicar, a més que el terreny s'ha de deixar pràcticament desocupat sense possibilitat de realitzar altres activitats que requereixin profunditzar en el terreny. Això implica que no es podrien plantar arbres o construir altres instal·lacions.

La ubicació de la llar d'aquest Projecte no permet la implementació d'aquest sistema de captació energètic, ja que primerament tenim un impediment geològic; la llar està

fonamentada sobre un estrat de material molt compactat d'una potència de 3 metres situat a tan sols 2 metres de profunditat. Amb aquesta poca profunditat, el sistema es veuria influenciat de manera important pels canvis de temperatura climatològics. Un altre motiu és per la falta de superfície útil per aplicar aquest sistema, ja que amb una potència màxima consumida pel sistema de climatització de 18 kW, en un càlcul estimat de la superfície que ocuparia aquest sistema amb una separació entre els tubs de 0,4 metres, a una distància d'1 metres, i una estimació de 35 metres de tub per kW, en una malla quadrada, l'àrea aproximada seria de 250 m<sup>2</sup>.

Disposant d'un jardí de 200 m<sup>2</sup> i tenint en compte l'estrat compacte tant superficial, no hi ha cap possibilitat de poder aplicar aquest sistema.

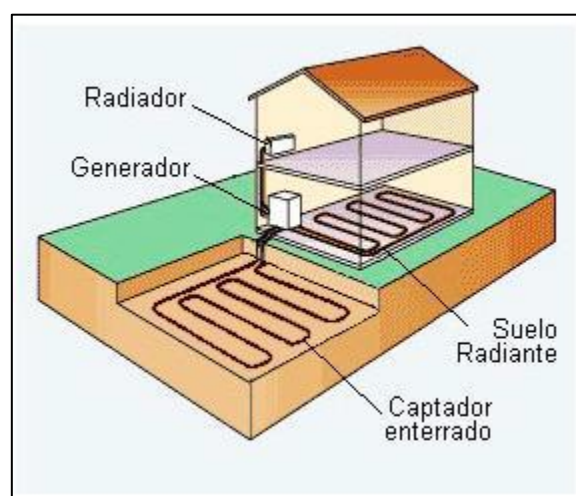


Figura 5: Distribució del sistema de captació horitzontal.

## 4.2. SISTEMA DE CAPTACIÓ VERTICAL TANCAT

A vegades, alguns dels desavantatges esmentats anteriorment dels captadors horitzontals tancats fan que la seva aplicació no sigui viable, i per aquest motiu es recorre a altres sistemes de captació que no requereixin, principalment, extensions tan grans de terreny.

En el sistema de captació vertical tancat, els espais reduïts són un avantatge. Molt sovint es realitzen sondejos per determinar l'estabilitat del subsòl per construir-hi algun habitatge. Aprofitant aquest sondejos, es poden introduir tubs captadors a cada un d'ells, que es converteixen així en un sistema de captació vertical, o altrament dit sondes geotèrmiques.

L'entubament de les perforacions dependrà del tipus de terreny a perforar, i és necessari quasi de forma obligatòria els primers metres.

Els tubs que s'utilitzen estan dissenyats específicament perquè siguin usats per a geotèrmia, amb la finalitat de garantir així el perfecte i segur funcionament de la instal·lació.

És necessari que els sondejos es reomplin amb algun material que permeti una bona transmissió de la calor cap als tubs i, alhora, no siguin un impediment en el cas que hi hagi circulació d'aigua en algunes capes travessades, o infiltracions dels fenòmens pluviomètrics.

En cas d'estar segur que el sondeig està lliure d'aigua, es sol reomplir de graves o arenes permeables, ja que són molt bons conductors tèrmics. Un rebliment de formigó amb bentonita, que es tracta d'una argila de gran conductivitat tèrmica, també pot ser utilitzat, però el seu cost es veu incrementat.

Els tubs de captació vertical es col·loquen a l'interior del sondeig formant parells de tub en forma de "U", de manera que per una baixant entra l'aigua que ha d'absorbir o alliberar temperatura i per la pujant entra l'aigua a la casa amb les condicions tèrmiques desitjades. Depenent del diàmetre utilitzat en la perforació i de les característiques tèrmiques del terreny, es pot col·locar els tubs de diferent manera.

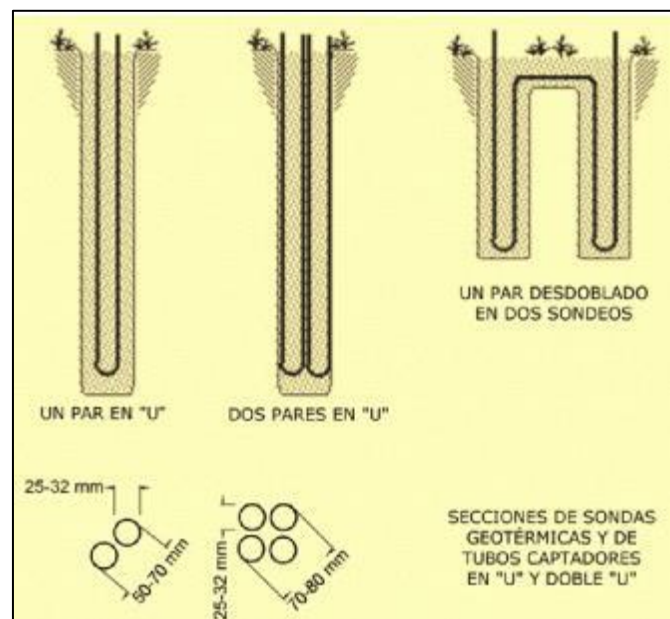


Figura 6: Distribució de tubs caloportadors en sondejos.

Els principals factors que afavoreixen la utilització d'aquests tipus de sistemes són:

- La poca disponibilitat de terreny per enterrar tants metres de tub com són necessaris.
- Es redueixen els metres necessaris de tub per obtenir els mateixos kW que en el cas dels captadors horitzontals tancats, ja que la conductivitat tèrmica és major.



Malgrat tot, el desavantatge que presenta de més impacte és l'elevat cost de realització dels sondejors, ja que el tipus de maquinària que els realitza és una de molt especialitzada i d'alta precisió. Això fa que en relació amb el sistema de captació horitzontal sigui molt més car.

En aquest sistema de captació geotèrmica, cal realitzar les perforacions dins de la parcel·la on es troba situada la llar, i això requereix poder introduir la maquinària, de manera que es necessita un accés fàcil, i espai per allotjar-hi la resta d'equips de suport que treballaran a la perforació.

En el nostre cas, com que el dimensionat dels equips no és excessivament gran, la maquinària podria entrar sense problemes a la zona a perforar.

Un altre avantatge que presenta aquest sistema és que, en tractar-se de perforacions de diàmetre petit, l'espai ocupat és petit i per tant es pot destinar els terrenys adjacents a altres usos sense perill d'afectar el sistema.

Aquest sistema de captació permet que una sonda d'entre 150 i 200 metres sigui suficient per cobrir tota la demanda energètica d'una llar unifamiliar sense el suport de cap mena de calefacció externa els dies més fred. Amb aquestes profunditats no caldria cap bomba de calor ja que s'arribaria a la temperatura de confort de manera automàtica. Malgrat aquest avantatge, com que el metre lineal de perforació és molt car, en aquest projecte s'intentarà trobar l'equilibri entre el cost de les perforacions, el cost de la bomba de calor i el rendiment de confort que ofereix el sistema.

La localització, la falta d'espai de la llar que es treballa en aquest projecte, i els bons accessos que presenta fan que aquest sistema de captació sigui l'escollit per climatitzar la llar.

### **4.3. SISTEMA TANCAT DE CIMENTACIÓ TERMOACTIVA**

La incorporació de la geotèrmia en edificis passa o bé per disposar de superfícies lliures on fer perforacions en el terreny, com són els dos mètodes descrits anteriorment, o bé per incorporar la geotèrmia dins dels elements constructius dels edificis, el que es coneix com a geotèrmia de cimentació activa, o cimentació termoactiva.

Aquests sistemes estan formats per pilons, pantalles subterrànies, murs de contenció, lloses de formigó armat, etc. que a més de tenir una funció quant al sosteniment de l'estructura de l'edifici, s'utilitzen com a intercanviadors de calor en portar inserits els tubs que permeten el flux de calor.

Els tubs són fixats a la part inferior de les armadures dels sistemes de fonamentació abans que el formigó els engoleixi.

Aquest sistema de captació d'energia geotèrmica té l'inconvenient que ha d'estar contemplat en el projecte d'edificació, ja que totes les estructures on poden anar tenen les funcions de sosteniment de l'edifici.

És una opció de les més rendibles econòmicament, ja que es realitza en el mateix moment de la construcció i no s'ha de fer portar maquinària especialitzada ni expressament per executar la instal·lació de captació, de manera que suposa un estalvi de temps, de material, de treballadors, etc.

Malgrat tot, aquest sistema no pot ser aplicat en el nostre projecte ja que l'edificació ja està realitzada i, per tant, queda completament descartat.

## 5. GEOLOGIA DE LA ZONA

### 5.1. FORMACIÓ DE LA ZONA

Durant l' Era Paleozoica, Catalunya formava part d'una gran conca oceànica on es dipositaven materials fins, argilosos.

Aquests materials, a causa de les fortes pressions que suportaren en dipositar-se damunt seu, al llarg de milions d'anys, altres materials, es metamorfositzaren i es transformaren en els gneisos, esquistos o pissarres paleozoiques que afloren en les Serralades Costeres (Serra de Collcerola, Montseny, Gavarres) i en la zona axial dels Pirineus.

En aquest gran oceà paleozoic només sobresortien alguns massissos més antics (pre-cambrians) de poca alçada i mig submergits sota l'aigua. Un d'aquests massissos era l'anomenat Massís de l'Ebre, que ocupava gran part de l'actual Depressió Central. Cap a finals de l'Era Paleozoica, es produeix el plegament hercinià, que dona lloc al Massís Catalano-balear que s'unia amb el Massís de l'Ebre tot formant un gran golf obert pel sud-oest.

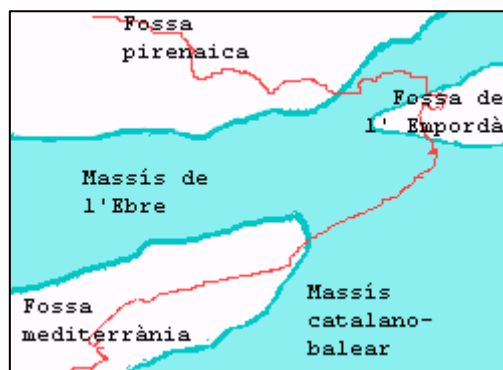


Figura 7: Formació de Catalunya al Paleozoic.

A l'Era Mesozoica, el mar envaí de nou la major part de les terres emergides i les ocupà amb oscil·lacions de superfície i profunditat fins a començaments de l'Era Cenozoica. En aquestes aigües tingué lloc una sedimentació tranquil·la, en ambients marins, que originà la formació de gran quantitat de material calcari, tan freqüent en el nostre territori, sobretot a la meitat sud de les Serralades Costeres (massís de Garraf, Bloc de Gaià, etc.) i al Pre-Pirineu.

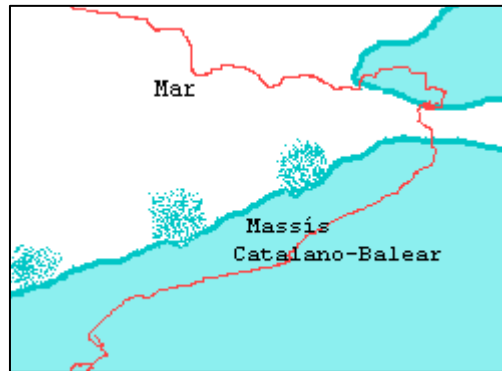


Figura 8: Formació de Catalunya al Mesozoic.

Al començament del Període Terciari de l'Era Cenozoica, les condicions geogràfiques són semblants a les de l'Era Mesozoica, però, poc a poc, i a conseqüència del moviment de les plaques eurasiàtica i africana, aquí en contacte, comença a aixecar-se suaument el dors que acabarà convertint-se en tota una sèrie de serralades de plegament entre elles els Pirineus : és l'orogènesi alpina.

En estendre's aquest abombament cap al sud i l'est, el mar, limitat per les noves terres emergides i les que quedaren del massís Catalano-balear, fou empès en direcció sud-oest, cobrint el massís de l'Ebre, que fins ara s'havia mantingut alternativament emergit i submergit, separant la fossa pirinenca de la fossa mediterrània. Es ara quan es forma el gran golf estès entre els massissos pirinenc i Catalano-Balear, en el qual es comencen a dipositar els materials de la futura Depressió Central.

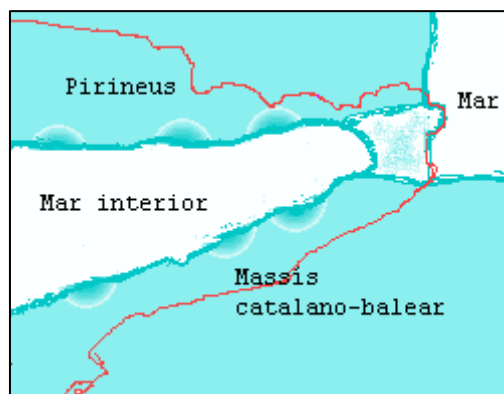


Figura 9: Formació de Catalunya al Cenozoic.

Prop de la línia de costa s'acumulen potents gruixos de conglomerats allà on aboquen les seves aigües els rius pirinencs i els del Massís Catalano-Balear (exemple d'aquesta sedimentació de vora de conca són els massissos de Montserrat, Sant Llorenç del Munt, Montsant); cap a l'interior de la conca es dipositen sorres, argiles... que originaran els gresos, les margues i les calcàries més o menys margoses que omplen el centre de la Depressió Central. Arran de la costa s'acumulen potents gruixos de calcàries. Més tard, en tancar-se la comunicació d'aquest ampli golf amb el mar obert, quedà un gran llac.

Aquestes aigües residuals, en estar sotmeses a una intensa evaporació, donaren lloc als enormes dipòsits salins que cobriren el centre de la conca (Súria, Cardona...).

Cap a la segona meitat del Període Terciari la major part del Massís Catalano-Balear desaparegué, restant tan sols en la superfície una estreta franja de terra, i es formaren les depressions Pre-litorals, de la Cerdanya, de l'Empordà i altres.

Cap a finals del Terciari, les últimes manifestacions de l'orogènesi alpina modifiquen lleugerament la disposició dels materials en les conques interiors de la Cerdanya i la Depressió central. A l'Empordà i a Olot es desencadenen les espectaculars manifestacions volcàniques que duraran fins al Període Quaternari.

## 5.2. LITOLOGIA

Segons el mapa litològic de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, la zona on es vol situar la sonda geotèrmica està composta per materials silicatats i calcaris.

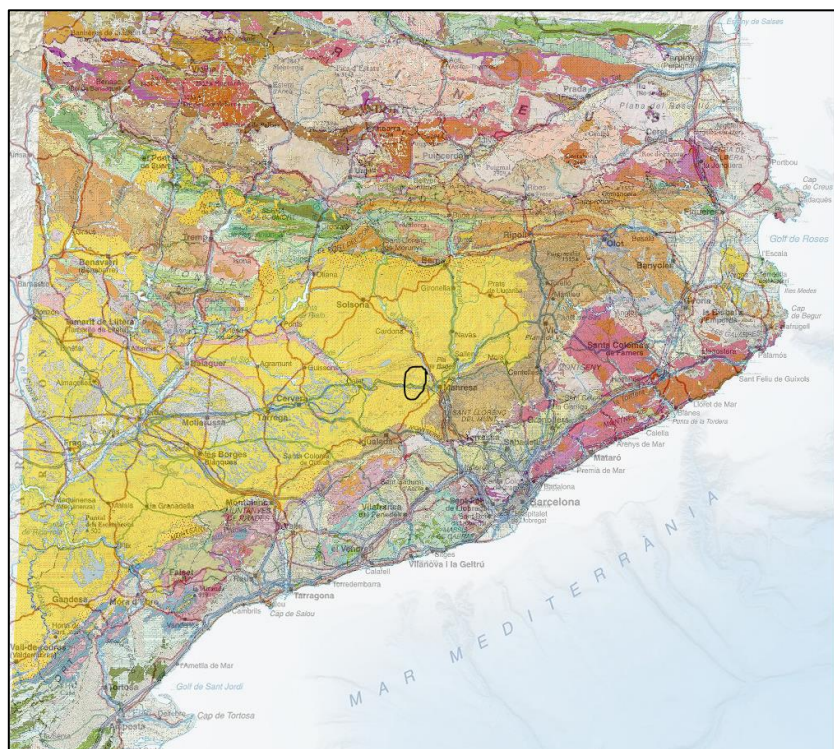


Figura 10: Mapa geològic de Catalunya.

Aquests tipus de materials són típics d'una zona de formació sedimentària tal com hem vist en l'apartat anterior, i es disposen en estrats horitzontals intercalats, de manera que el nostre sondeig travessarà els diferents materials detrítics de la zona, que són bàsicament lutites, margues, gresos i conglomerats.

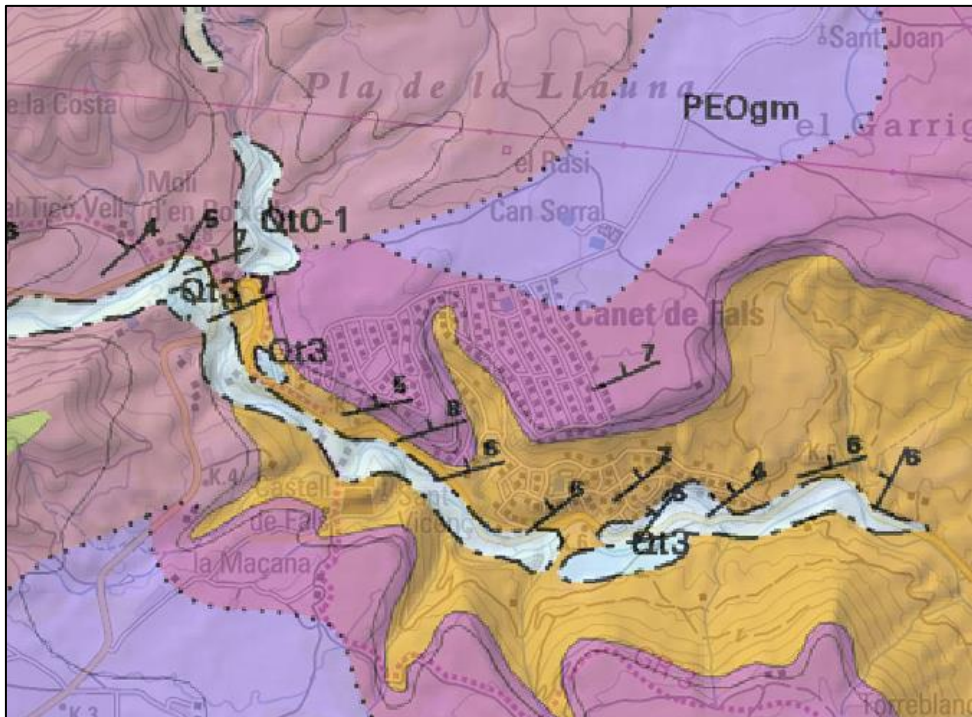


Figura 11: Mapa geològic de la zona del present projecte.

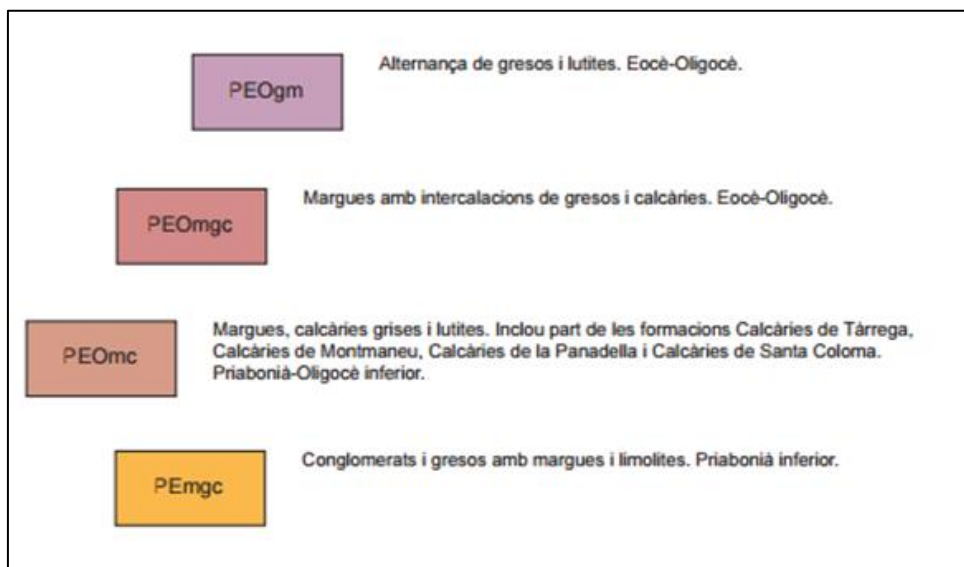


Figura 12: Llegendra dels materials geològics de la zona.



## 6. PRESENTACIÓ DE L'EDIFICI

Aquest apartat fa una presentació de l'edifici en què es treballarà, donant a conèixer de quin tipus de construcció es tracta, la ubicació on està situat, i el càlcul energètic enfocat a la climatització, per tal de conèixer les necessitats energètiques que haurà de satisfer la instal·lació geotèrmica.

### 6.1. HISTÒRIA DE L'EDIFICI

L'edifici va ser construït entre l'any 1998 i 2000, i està format per una primera planta alçada a base de blocs de formigó que està en part soterrada i que no serà considerada per la climatització, i dues plantes més construïdes amb parets dobles de totxos d'obra vista per la part de fora i LHD per la part de dins que conclou amb la teulada.

### 6.2. EMPLAÇAMENT

La llar subjecta al Projecte es troba situada a Canet de Fals, al terme municipal de Fonollosa, al oest de la comarca del Bages i a la província de Barcelona.

Molt ben comunicat entre les poblacions del voltant com Manresa i Igualada, dues importants capitals de comarca, per l'eix Transversal i l'eix Diagonal.

L'edifici consta de 3 plantes, de les quals només se n'utilitzen dues com a llar. Això significa que la despesa energètica va íntegrament dedicada a climatitzar aquestes zones fins a una temperatura de confort. A efectes pràctics, obviarem l'altra planta de l'edifici i només s'estudiaran les plantes en qüestió. Així doncs, cal determinar les pèrdues tèrmiques d'aquestes plantes que tractarem com un element independent de la resta d'espais de l'edifici.

### 6.3. PLA DE TREBALL

El pla de treball d'aquest projecte consistirà a realitzar un estudi de la demanda energètica de les plantes de l'edifici en el qual es treballa. Un cop determinat el valor de la demanda energètica de la llar es procedirà a elegir el millor sistema de captació geotèrmica, basat en les condicions espacials de què es dota la casa així com també la tipologia de sondes més idònies en relació amb les nostres condicions. S'escollirà quina bomba de calor permet subministrar unes condicions de confort òptimes i els elements lligats per al correcte funcionament de la instal·lació.





## 7. CONCEPTE DE CLIMATITZACIÓ

Com ja s'ha dit, més del 60% del consum energètic dels edificis residencials està relacionat amb la seva climatització.

Segons el Codi Tècnic d'Edificació, el concepte de climatització està definit com "a donar a un espai tancat les condicions de temperatura, humitat relativa, qualitat de l'aire i, de vegades, també de pressió, necessàries per al benestar de les persones i/o la conservació de les coses."

Està força estès que el concepte de climatització només està relacionat amb la refrigeració de zones (l'aire condicionat per a l'estiu), però aquest concepte és erroni, perquè també ha d'englobar més qüestions com són la ventilació i la calefacció.

Una bona climatització d'un recinte tancat està subjecta a molts condicionants per obtenir la humitat i la temperatura de confort.

Una climatització que aporti benestar pot dependre de:

- El factor humà: l'activitat, la manera de vestir i el temps durant el qual les persones resten en la mateixa situació de treball.
- L'aire: la velocitat, la humitat relativa i la temperatura.
- L'espai: la temperatura aportada per radiació de les parets del local, etc.

Un altre aspecte important a tenir en compte a l'hora de considerar la climatització d'una llar són les càrregues tèrmiques que rep.

- La temperatura exterior: aquest factor és el que s'intenta combatre, ja que un perfecte aïllament suposaria que no hi hauria cap intercanvi de calor amb l'exterior.
- La radiació solar: el potencial solar de la zona on ens trobem en fa una font d'energia molt important que ens ajuda en èpoques d'hivern. Per contra, a l'estiu, comporta un excés de calor que cal combatre. Un excés de vidre no és desitjable en climes càlids com el nostre, igual que tancaments opacs mal aïllats on la radiació solar augmenta el salt tèrmic entre l'exterior i l'interior.
- La ventilació: és indispensable un cabal mínim d'aire que permeti renovar l'ambient de la llar. Això implica una modificació de la temperatura de l'interior.
- L'ocupació: el nombre de persones que es trobin a la llar i l'activitat que desenvolupin pot augmentar la càrrega tèrmica.

## 7.1. NORMATIVA ENERGÈTICA EN EDIFICACIÓ

El Código Técnico de la Edificación (CTE) és el conjunt principal de normatives que regulen actualment la construcció d'edificis a l'Estat Espanyol. Amb aquesta normativa, s'estableixen els requisits bàsics pel que fa a la fase de projecció de qualsevol edifici, la construcció, el manteniment i la seva conservació.

El CTE està compost d'un conjunt de normatives anomenades Documents Bàsics que es poden englobar en dos grans grups, un està dedicat a la seguretat, mentre que l'altre contempla aspectes d'habitabilitat.

D'aquests dos, el que ens és útil i que hem de conèixer per entendre els passos que durem a terme posteriorment és el Document Bàsic d'Habitabilitat, que alhora està dividit en tres Documents Bàsics.

En concret, el Document Bàsic d'Estalvi d'Energia (DB-HE) engloba tota la normativa quant a aspectes que concerneixen a l'energia. El DB-HE està dividit en cinc capítols, dels quals el primer és el que cal conèixer per a aquest Projecte.

Es tracta de la limitació de la demanda energètica (HE-1). Aquesta normativa té com a objectiu garantir que la demanda energètica de l'edifici obtingut a partir de les pèrdues i els guanys tèrmics sigui igual o menor a uns valors de referència considerats.

Per a qualsevol edifici, s'estableix una zona climàtica definida per una lletra i un número. La lletra, que pot anar des de la A fins a la E, fa referència a la duresa de l'hivern i el número a la duresa de l'estiu (1 al 4). Cada capital de comarca de l'estat espanyol té una zona assignada, i per a la resta de localitats es pot determinar la zona a partir de la latitud per sobre de la seva capital de província.

## 7.2. MÈTODES D'OBTENCIÓ DE LA DEMANDA ENERGÈTICA

Un cop es té en consideració la zona climàtica on es situa l'edificació, es pot conèixer la demanda energètica per dos mètodes: mètode simplificat i mètode general.

### Mètode simplificat

Aquest mètode es basa en el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía del Codi Tècnic d'Edificació. Aquest sistema només pot aplicar-se en casos concrets. Per complir la normativa, cal que el càlcul de la transmitància de cadascun dels tancaments de la llar, com podrien ser murs, forats, els terres, cobertes etc., no superi un valor de transmitància màxima establert.

### Mètode general

Aquest mètode és el que s'utilitzarà en aquest Projecte i que ens permetrà determinar la demanda energètica de l'edifici. Aquest mètode està basat en un software anomenat LIDER (Limitació de la Demanda Energètica), i que es pot aconseguir gratuïtament, en el qual es compara l'edifici que es vol estudiar amb un edifici de referència que la normativa estableix com a vàlid.



## 8. CONDICIONS CLIMÀTIQUES DE L'EDIFICI

### 8.1. ORIENTACIÓ

L'edifici es troba en una orientació força bona. Tal com es veu, té les quatre cares lliures. Degut a que es un edifici construït en una parcel·la més gran, no hi ha possibilitat de cap cara quedi tapada per edificis veïns.

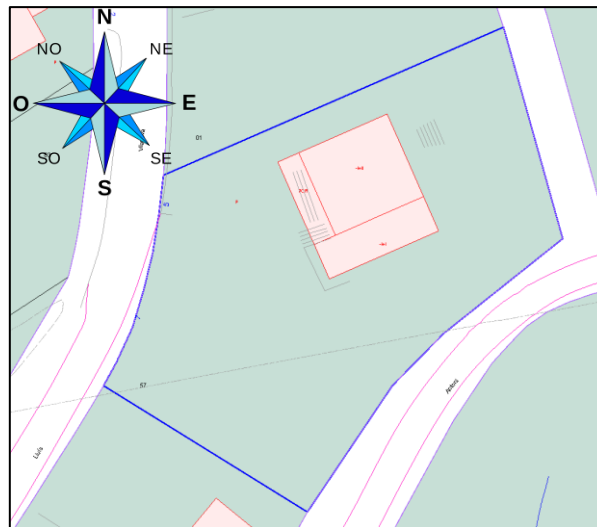


Figura 13: Orientació de la casa.

La taula de continuació, extreta del CTE, mostra quins són els angles que afecten a cada orientació. És important considerar aquets angles, ja que en funció de l'orientació de la nostra llar les pèrdues d'energia varien.

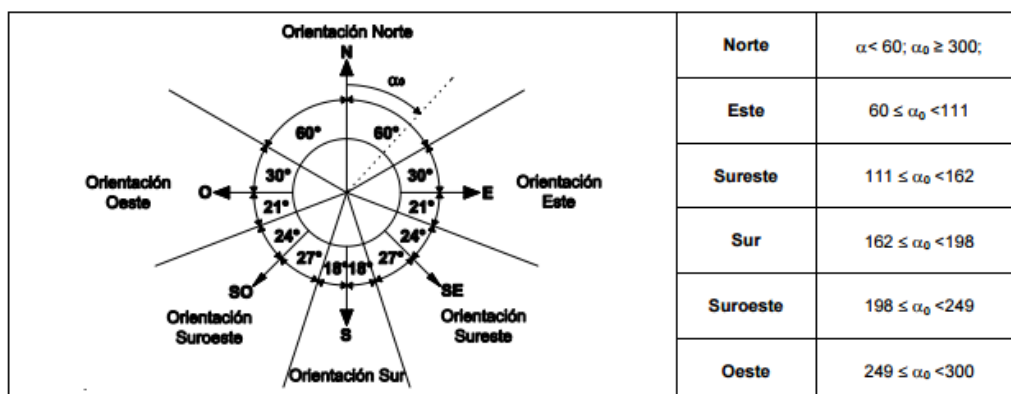


Figura 14: Orientació de les façanes.

La inclinació de la llum solar és diferent al llarg de l'any. En èpoques d'estiu, aquesta trajectòria pren un traçat més vertical en comparació d'èpoques d'hivern, que va més planera.

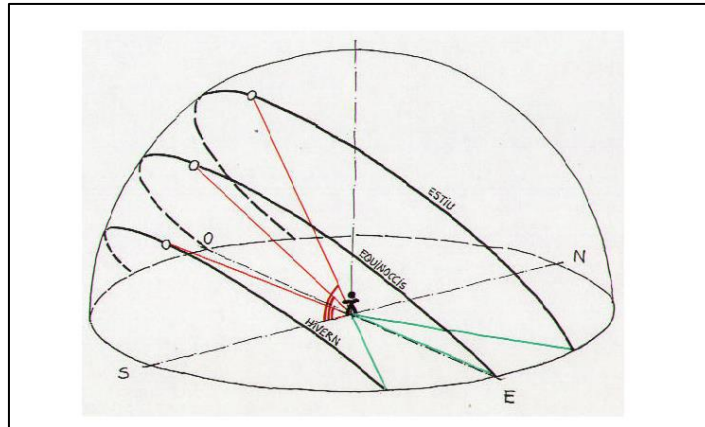


Figura 15: Trajectòria solar de cada estació

D'aquesta manera, en èpoques d'estiu, les façanes més influenciades per la radiació solar seran les façanes est i oest, i en menor mesura la Sud. Per contra, a l'hivern, la façana que més radiació rebrà serà la sud. La façana nord queda al vessant obac durant totes les estacions de l'any i no rep gaire radiació solar a l'estiu, i a l'hivern pràcticament no hi toca el sol.

El nostre edifici està orientat tal com la rosa dels vents indica [Fig.2]. A l'hora del dimensionat de l'edifici és important entrar l'orientació en què es dibuixarà l'edifici en el pla de treball del software, ja que depèn de com es distribueixi a l'espai del programa LIDER, el nord pren una direcció concreta en relació amb el sistema de coordenades cartesianes. Per al nostre dimensionat en el pla de treball de LIDER CALENER el nord prendrà una direcció de 66° en relació amb l'eix d'ordenades [Fig. 5].

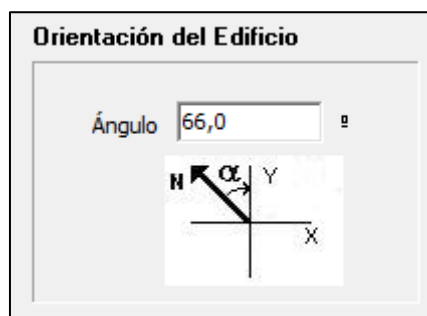


Figura 16: Orientació de la llar al programa LIDER.

## 8.2. ZONA CLIMÀTICA

Per poder determinar la demanda energètica de la llar que ens permeti conèixer els requisits per a una bona climatització, convé basar els càlculs en les condicions climatològiques pròpies de la zona d'estudi, d'aquesta manera s'aconseguirà reduir el sobredimensionat de les màquines de calefacció i/o refrigeració.

Aquesta precisió quant a la climatologia la podem buscar al CTE, mitjançant el Document Bàsic d'Estalvi d'Energia on es determinen les zones climàtiques.

Les zones climàtiques són dades meteorològiques horàries que tenen en consideració variables com; temperatura seca; irradiància; humitat; vent; latitud; etc., que s'han creat com a representatius de cada zona climàtica, i l'estat espanyol es divideix en 12 zones climàtiques.

Les 12 zones peninsulars corresponen a la combinació d'una severitat climàtica d'hivern (A, B, C, D o E) juntament amb una severitat climàtica d'estiu (1, 2, 3 o 4), donant lloc als següents tipus de zones climàtiques: A3, A4, B3, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3 i E1.

Per determinar la zona climàtica corresponent a aquesta llar [Fig. 6] hem d'entrar a la taula per la capital de província, en aquest cas Barcelona. Canet de Fals té una altitud de 365 metres sobre el nivell del mar, el mateix desnivell que podem considerar des de Barcelona, i que ens porta a la franja de desnivell entre 250 i 450 metres, que correspon al tipus de clima C1.

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1										h < 250			h < 450	h < 750	h ≥ 750	
Bilbao/Bilbo	C1	214											h < 250				h ≥ 250	
Burgos	E1	861														h < 600	h ≥ 600	
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0	h < 150				h < 450					h < 600	h < 850			h ≥ 850		
Castellón/Castelló	B3	18					h < 50					h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0					h < 50											
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h ≥ 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200			h ≥ 200	
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Lleida	D3	131										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Logroño	D2	379											h < 200		h < 700			h ≥ 700
Lugo	D1	412														h < 500		h ≥ 500
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0					h < 300					h < 700			h ≥ 700			
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25					h < 100					h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300		h < 800			h ≥ 800
Oviedo	D1	214											h < 50			h < 550	h ≥ 550	
Palencia	D1	722														h < 800	h ≥ 800	
Palma de Mallorca	B3	1					h < 250				h ≥ 250							
Pamplona/Iruña	D1	456											h < 100		h < 300	h < 600	h ≥ 600	
Pontevedra	C1	77											h < 350			h ≥ 350		
Salamanca	D2	770													h < 800			h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5														h < 400	h ≥ 400	
Santander	C1	1												h < 150			h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013													h < 1000			h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200				h ≥ 200							
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1					h < 50					h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500		h < 1000			h ≥ 1000
Toledo	C4	445									h < 500				h ≥ 500			
Valencia/València	B3	8					h < 50				h < 500				h < 950			h ≥ 950
Valladolid	D2	704													h < 800			h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512														h < 500		h ≥ 500
Zamora	D2	617														h < 800		h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650

Figura 17: Taula B.1 Zones climàtiques.

Seguidament es procedeix a entrar les dades al programa LIDER tal com es mostra a continuació [Fig. 7]

Localidad, Datos Climáticos

Comunidad autónoma

Provincia

Localidad

Altitud  m

Zona climática

Peninsular

Extrapeninsular

Figura 18: Entrada de dades al programa LIDER de la zona climàtica de la llar.



### 8.3. TANCAMENTS

Per determinar el càlcul de la demanda energètica, cal tenir en compte les pèrdues per transmissió de calor a través dels tancaments, teulades, superfícies en contacte amb el terra, vidres i marcs de finestres. Cal conèixer la composició de cadascun dels materials de què està format cada tancament, ja que cada material té una resistència tèrmica diferent.

Espais	Superfície (m <sup>2</sup> )
Rebedor/Passadís	25,06
Menjador	29,71
Cuina	12,80
Safareig	7,63
Sabater	4,85
Dormitori 1	12,78
Dormitori 2	12,10
Dormitori 3	11,80
Lavabo 1	7,76
Estudi/Passadís	44,00
Dormitori 4	12,10
Dormitori 5	12,56
Lavabo 2	7,73

Taula 1: Superfícies de les diferents zones de la planta de la llar.

	Buits (m <sup>2</sup> )	Superfície(m <sup>2</sup> )	Tancaments (m <sup>2</sup> )
Façana nord	6,14	56,92	50,78
Façana sud	8,45	56,92	48,48
Façana est	8,51	67,48	58,97
Façana oest	17,34	67,48	50,14

Taula 2: Superfícies de cada façana.

La resistència tèrmica dels materials és la capacitat que tenen d'oposar-se al flux de calor (R), encara que s'utilitza amb més freqüència el terme de transmitància tèrmica (U), que mesura el flux de calor per unitat de temps i superfície a través d'un element constructiu quan hi ha una diferència tèrmica entre els dos extrems que són mesurats. Es determina en  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ , i la seva inversa és la resistència tèrmica.

L'objectiu de qualsevol edificació és reduir al màxim possible el valor de (U), ja que així serà menor el pas d'energia entre les dues cares, i per tant l'edifici oferirà millors capacitats aïllants amb una consegüent reducció de la demanda energètica.

El programa LIDER-CALENER està dotat d'un ampli historial de materials de construcció que van des de qualsevol tipus de totxos, passant per morters, formigons, tancaments, etc. Un cop s'introdueixen els materials que componen cada parament de la llar i les seves potències corresponents, el programa determina la transmitància tèrmica automàticament.

En total es definiran sis tipologies de parament, que corresponen a la composició del terra de la llar, les parets interiors i exteriors, el sostre i la teulada.

Grupo Cerramientos opacos

Nombre

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

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm< G < 50	0,130	0,991	2170	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]	0,030	0,029	30	1000	
3	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm< G <	0,115	0,512	900	1000	
4	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
5						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m²K)

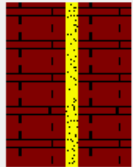


Figura 19: Composició del parament Paret\_exterior.

El tancament Paret\_exterior és el que aïlla la casa de l'exterior. Està constituïda, des de l'exterior cap a l'interior, per un totxo d'obra vista de 13 cm per 4,5 cm, aïllant de poliestirè expandit de 3 cm de gruix, totxo foradat d'11,5 per 9 cm i finalment l'arrebossat final de guix de l'interior de la llar de 2 cm de gruix.

La suma de totes les transmitàncies tèrmiques de cada element dona un valor global, amb la qual es pot determinar també la resistència tèrmica.

Paret Exterior	
U [W/m <sup>2</sup> K]	0,63
R [m <sup>2</sup> K/W]	1,59

Taula 3: Valors de transmissió tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Paret\_exterior.

El tancament Terra\_sostre representa els tancaments horitzontals de l'edifici. Com que l'estudi de la demanda energètica és de les dues plantes de dalt, el sostre i el terra estaran construïts dels mateixos materials. De la part inferior a la superior, està construït d'una primera capa d'enguixat corresponent a la part vista del pis inferior. Segueix una bovedilla que sustenta un planxer de formigó de 20 cm de gruix, una capa de arena de 3 cm, una capa de 3 cm de formigó i finalment l'enrajolat que consta del morter per fixar la rajola i la rajola ceràmica.

Grupo Cerramientos opacos

Nombre

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

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,030	0,550	1125	1000	
3	Hormiçón convencional d 1600	0,030	0,970	1600	1000	
4	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,030	2,000	1450	1050	
5	Hormiçón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1000	
6	FU entrevigado cerámico con canto de 210	0,100	0,840	1338	800	
7	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
8						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m<sup>2</sup>K)

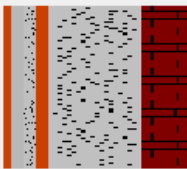


Figura 20: Composició del parament Terra\_sostre.

Terra Sostre	
U [W/m <sup>2</sup> K]	1,88
R [m <sup>2</sup> K/W]	0,53

Taula 4: Valors de transmissió tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Terra\_sostre.

El tancament Envà representa les parets interiors de l'edifici i està construït a base d'un totxo de envà de 7 cm de gruix amb una capa de guix de 1cm de gruix a cada banda.

Grupo Cerramientos opacos

Nombre

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

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
2	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
4						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U  W/(m²K)




Figura 21: Composició del parament Envà

Envà	
U [W/m²K]	2,72
R [m²K/W]	0,37

Taula 5: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Envà.

El tancament Terra\_teulada és el que hi ha entre la casa i la teulada. És molt semblant al terra que hi ha entre els dos pisos, la única diferència és que a sobre de la capa de formigó de 3 cm no hi ha ni la rajola ni el morter, sinó que hi ha una capa de poliestirè de 4 cm.

Grupo Cerramientos opacos

Nombre

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

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]	0,040	0,029	30	1000	
2	Hormiçón convencional d 1600	0,030	0,970	1600	1000	
3	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,030	2,000	1450	1050	
4	Hormiçón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1000	
5	FU entrevigado cerámico con canto de 210	0,100	0,840	1338	800	
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
7						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U  W/[mK]

Figura 22: Composició del parament Terra\_teulada.

Terra sota teulada	
U [W/m <sup>2</sup> K]	0,54
R [m <sup>2</sup> K/W]	1,85

Taula 6: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Terra\_teulada.

El tancament Terra\_Terrat representa el terra de la part de terrat que hi ha al pis de dalt, que esta a sobre el primer pis, i, com passava amb el terra de la teulada, també és molt semblant al terra de la resta del pis. La part diferent és la que està en contacte amb l'exterior, que des de la part més exterior a la interior és una rajola de gres de 2 cm de gruix, seguit de una capa de 3 cm de morter, una capa d'asfalt per impermeabilitzar de 1 cm, una capa de poliestirè de 4 cm i la resta és igual que a l'altre tancament.

Grupo Cerramientos opacos

Nombre

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

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa de gres	0,020	2,300	2500	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,030	0,550	1125	1000	
3	Asfalto	0,010	0,700	2100	1000	
4	EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]	0,040	0,029	30	1000	
5	Hormiçón convencional d 1600	0,030	0,970	1600	1000	
6	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,030	2,000	1450	1050	
7	Hormiçón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1000	
8	FU entrevigado cerámico con canto de 210	0,100	0,840	1338	800	
9	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
10						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U  W/(m²K)

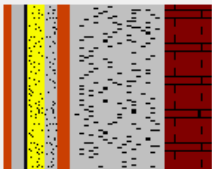


Figura 23: Composició del parament Terra\_Terrat.

Terra Terrat	
U [W/m²K]	0,52
R [m²K/W]	1,92

Taula 7: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Terra\_Terrat.

L'últim tancament, la teulada està sempre sobre el terra de la teulada, i consta de una placa ceràmica de 3 cm de gruix on es recolzen les teules de argila cuita de 1,5 cm de gruix

Grupo Cerramientos opacos

Nombre

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

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Teja de arcilla cocida	0,015	1,000	2000	800	
2	Plaqueta o baldosa cerámica	0,030	1,000	2000	800	
3						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m²K)

Figura 24: Composició del parament Teulada.

Teulada	
U [W/m²K]	4,65
R [m²K/W]	0,22

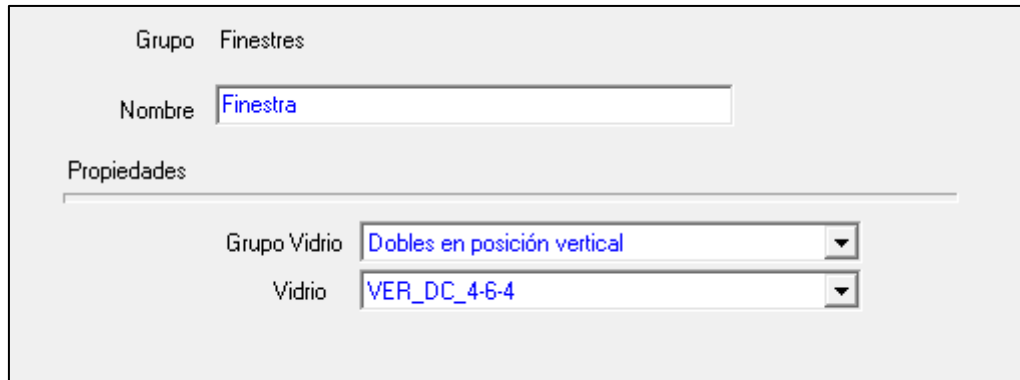
Taula 8: Valors de transmitància tèrmica i resistència tèrmica de la unitat Teulada.

## 8.4. BUIITS

- Vidres

Els vidres de la casa són unitats de vidre aïllant (UVA) més col·loquialment coneguts com a doble vidre o vidre de càmera. Estan formats per un conjunt format per dues o més làmines de vidre monolític separades entre si per un o més espais tancats hermèticament pel seu perímetre. D'aquesta manera, aprofiten la baixa conductivitat de l'aire sec i immòbil de la càmera per reduir de manera notòria l'intercanvi de calor, ja sigui per convecció com per conducció.

Els vidres dels quals disposa la llar són d'una sola càmera i d'una composició de 4-6-4. Aquesta nomenclatura indica els gruixos del vidre-càmera-vidre expressats en mil·límetres i començant pel vidre exterior.



Grupo Finestres

Nombre Finestra

Propiedades

Grupo Vidrio Dobles en posición vertical

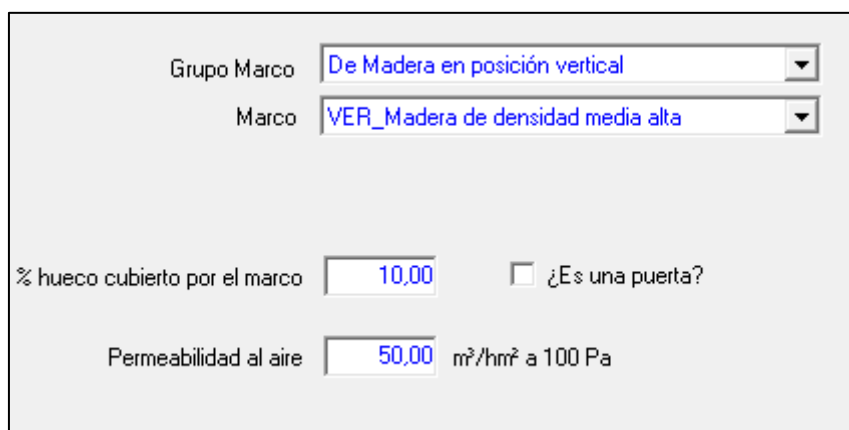
Vidrio VER\_DC\_4-6-4

Figura 25: Tipologia de vidres de la llar.

- Marcs

Les condicions tèrmiques que puguin oferir els marcs estaran limitades al tipus de material del qual es componen i el seu estat de conservació. El mal estat dels marcs així com el nombre de capes de pintura, esquerdes, etc. que tinguin, es tradueix en un augment de la demanda energètica.

Els marcs de l'edifici en qüestió són de fusta, amb una densitat al voltant dels  $55 \text{ kg/dm}^3$ .



Grupo Marco De Madera en posición vertical

Marco VER\_Madera de densidad media alta

¿ hueco cubierto por el marco 10,00  ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire 50,00  $\text{m}^2/\text{hm}^2$  a 100 Pa

Figura 26: Composició dels marcs de la llar.



## 8.5. DIMENSIONAT

Un cop introduïdes les característiques i tipus de materials que conformen la llar, es procedeix a definir la geometria de la llar i es va caracteritzant amb els diferents materials predefinits.

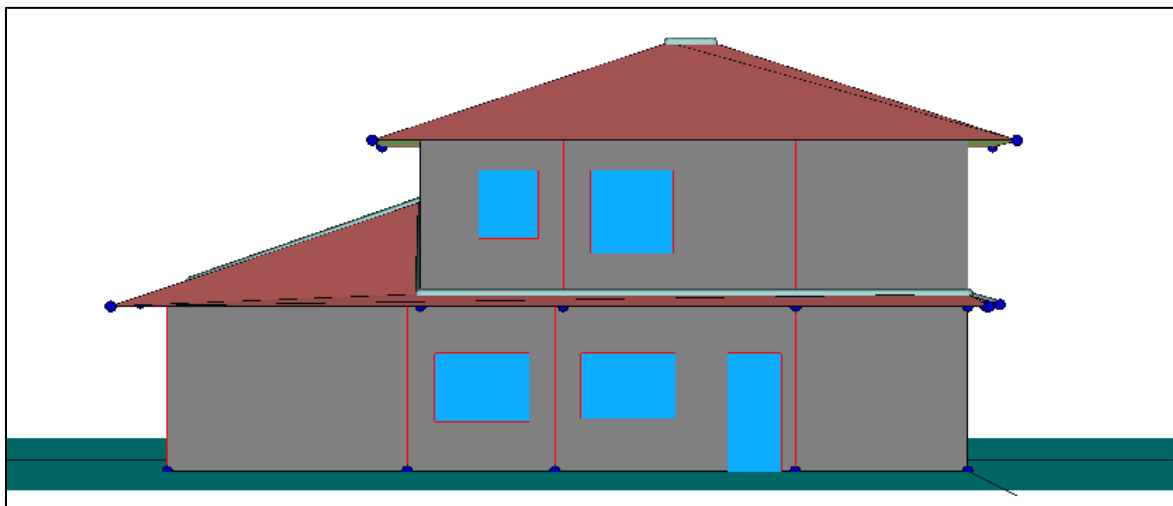


Figura 27: Vista de la façana Est.

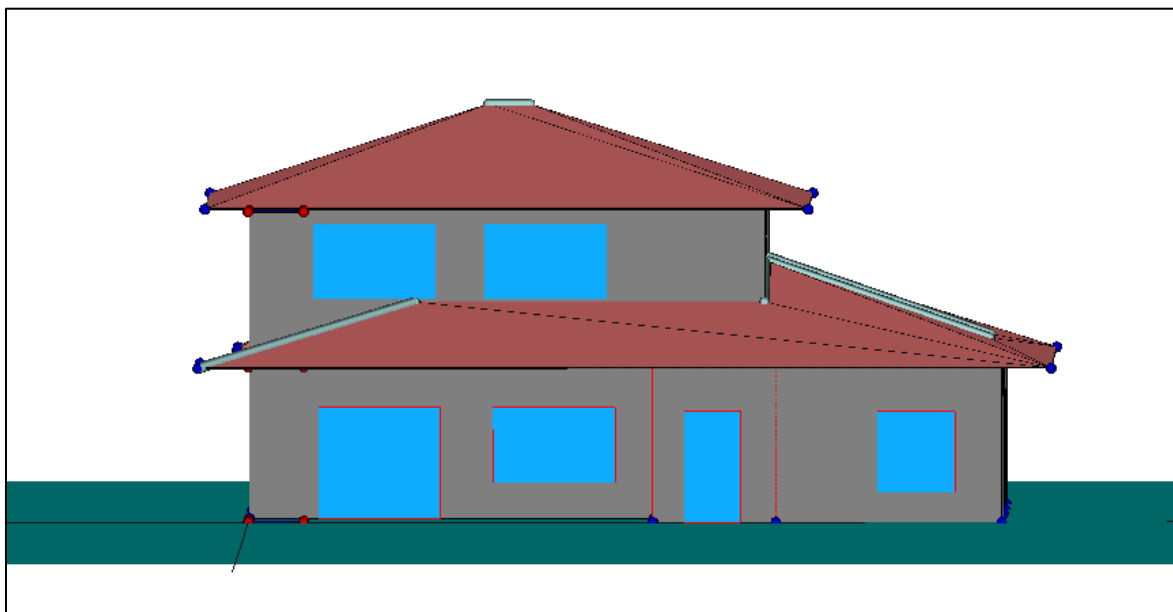


Figura 28: Vista de la façana Oest.

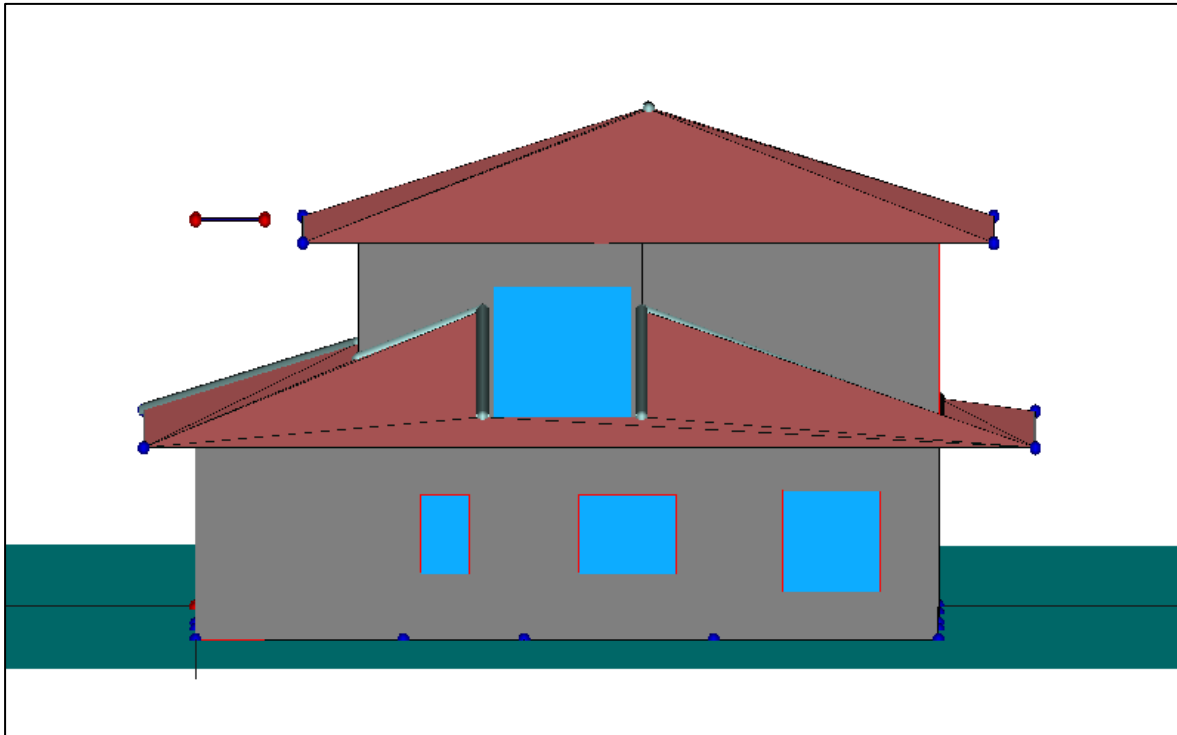


Figura 29: Vista de la façana Sud.

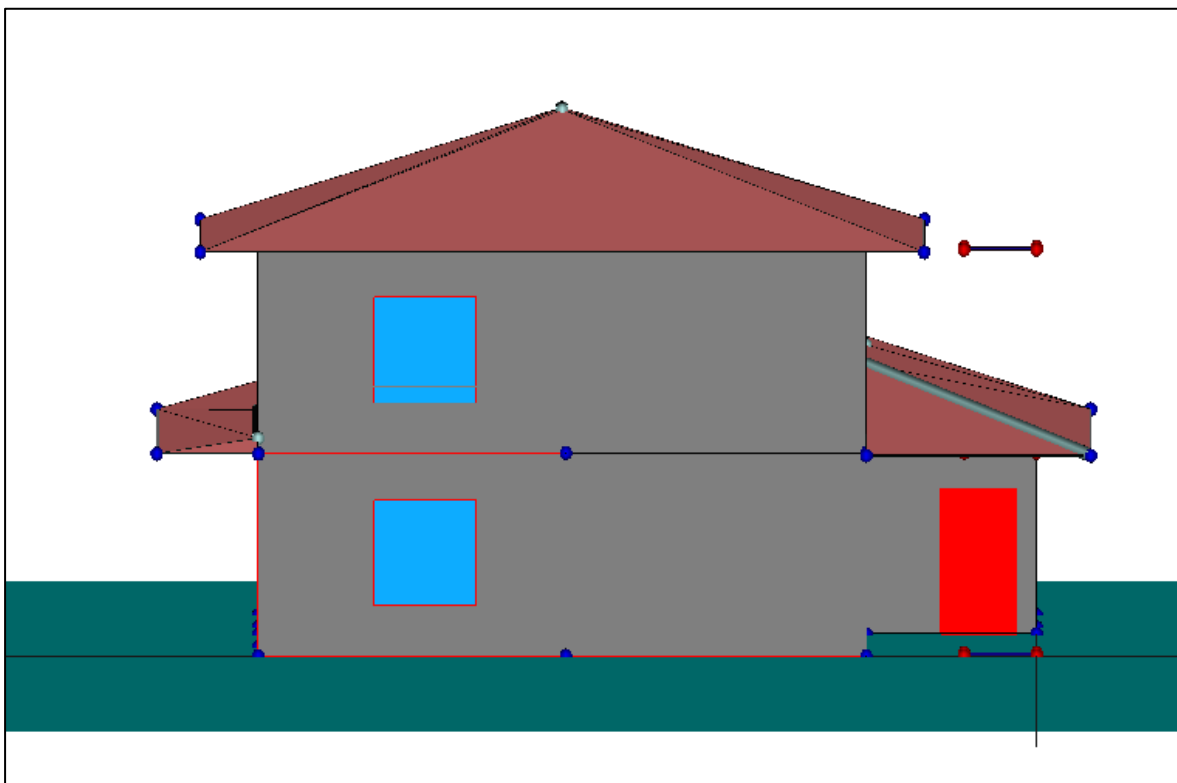


Figura 30: Vista de la façana Nord.

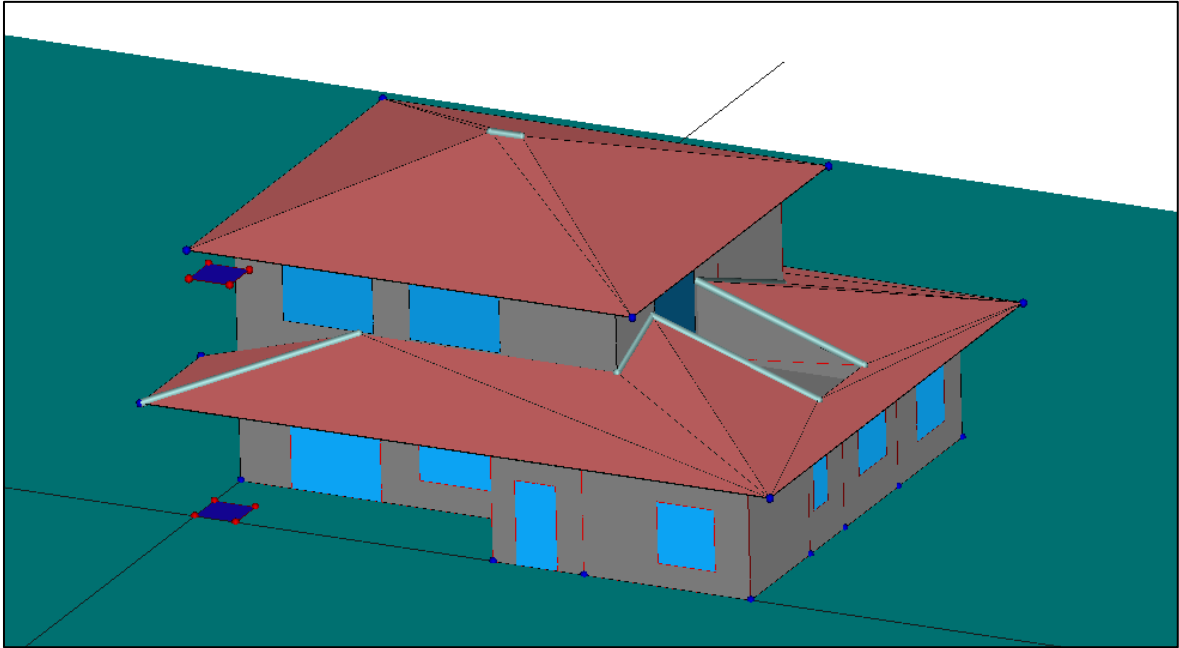


Figura 31: Vista de l'habitatge en 3D.



## 9. CÀLCUL DE LA DEMANDA ENERGÈTICA

Un cop determinada la geometria, es procedeix a executar el càlcul de la demanda energètica, que ens la proporciona el software mitjançant l'opció HE-1 .

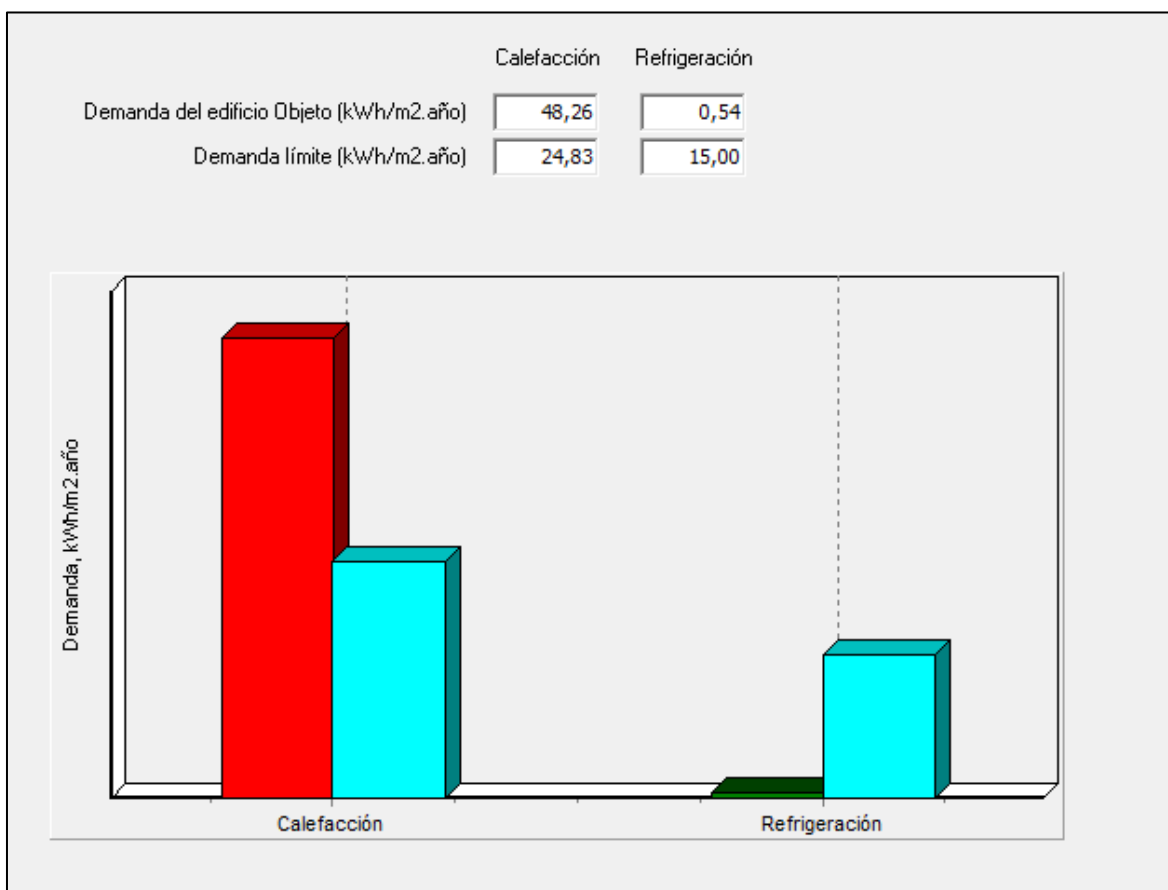


Figura 32: Resultats demanda energètica de la llar.

La figura anterior [Figura 32] és una gràfica on s'observa, per una banda i amb color turquesa, la demanda límit que hauria de tenir la llar dimensionada al programa LIDER-CALENER segons la normativa actual (HE-1). Per un altra banda, de color vermell ens mostra el valor real de demanda energètica de calefacció de la llar, i de color verd la demanda real de refrigeració.

Com es pot observar, la demanda energètica de calefacció és lleugerament superior en relació amb la demanda límit permesa. Això no és d'estranyar, ja que l'edifici va ser construït fa 17 anys, i el programa pren com a valor de comparació l'edifici ideal equivalent al que compleix estrictament la normativa del Codi Tècnic d'Edificació de l'actualitat.

Encara que aquest gràfic és molt interessant, els valors que ens indica són anuals i no ens és prou útil, ja que no coneixem gaire exactament la distribució de la demanda al llarg de l'any.

És per això que es processaran les mateixes dades, proporcionades pel programa LIDER-CALENER i mostrades en arxiu .VIN, a través del programa Visualizador de demandas mensuales y cargas punta para la Heramienta Unificada LIDER CALENER. El programa en qüestió treballa amb les mateixes dades però les proporciona distribuïdes anualment, alhora que determina la carga punta, que es prendrà de referència per desenvolupar el Projecte.

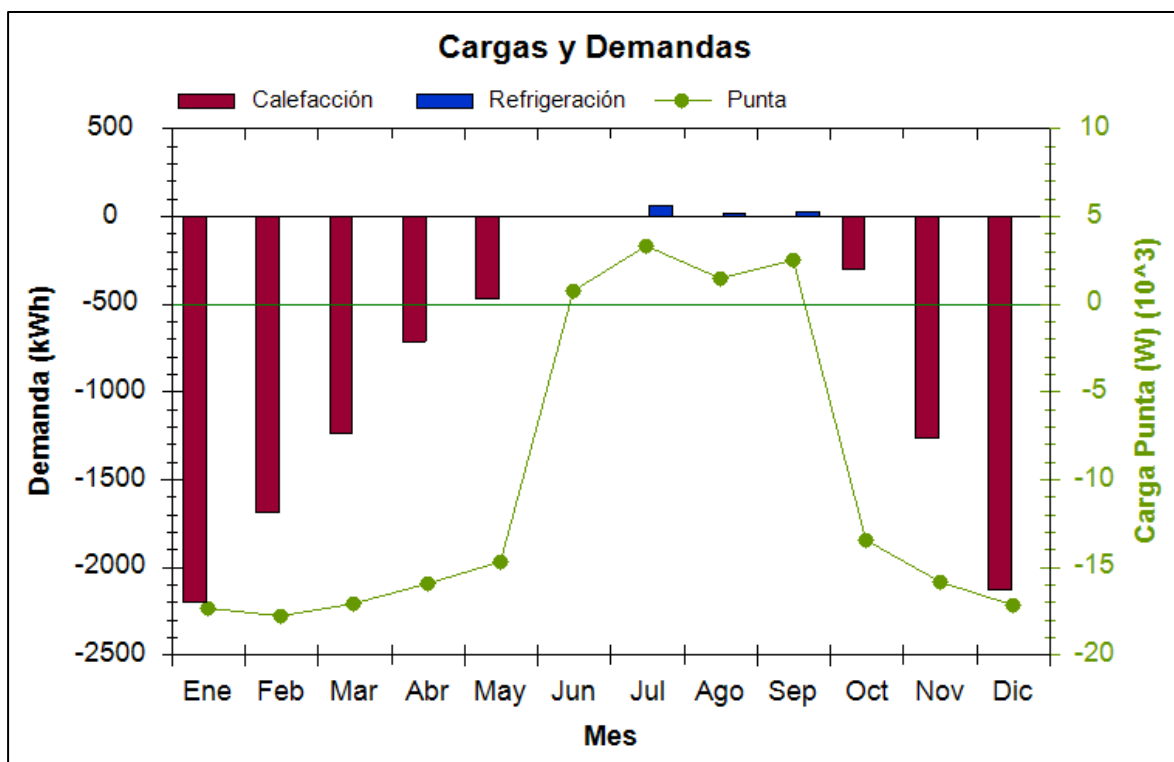


Figura 33: Gràfic de la demanda energètica de la llar distribuïda al llarg de l'any.

	Potència (W)	Energia (kWh)
Gener	-17337	2197,64
Febrer	-17762	1685,77
Març	-17065	1236,55
Abril	-15970	711,16
Maig	-14749	464,89
Juny	720	1,41
Juliol	3274	66,49
Agost	1457	17,93
Setembre	2451	26,79
Octubre	-13508	299,21
Novembre	-15823	1264,05
Desembre	-17188	2127,9
Càrrega Punta Anual (W)		
Calefacció		-19948,86
Refrigeració		11041,51

Taula 9: Valors de la demanda energètica de la llar distribuïda al llarg de l'any.

De la taula anterior es conclou que el sistema de climatització basat en energia geotèrmica haurà de ser dimensionat per tal que pugui aportar una potència de 19,9 kW quant a calefacció i una potència de refrigeració de 11 kW.

Per evitar un sobredimensionat del sistema, ja que només suposaria un excés de capital innecessari, treballarem amb el valor corresponent al 90% de la càrrega punta, d'aquesta manera el treball es realitzarà tenint en consideració el valor de 18 kW de calefacció.





## 10. BOMBA DE CALOR

Una bomba de calor és un sistema termodinàmic tancat on es produeix un intercanvi d'energia, concretament de calor, entre diferents medis. Aquest procés es du a terme mitjançant un químic que incorpora al seu interior anomenat refrigerant, que a partir d'alterar la seva pressió i temperatura permet retirar o cedir calor al fluid climatitzador. Per tant, les bombes de calor s'utilitzen en equips de climatització, ja sigui per aportar calor als sistemes, com podrien ser l'aigua sanitària calenta, escalfar la llar, etc., o també per aportar fred invertint el cicle termodinàmic.

En el funcionament de les bombes de calor, cal destacar els paràmetres més importants, el primer dels quals és l'anomenat COP (Coeficient Of Performance), el qual indica l'eficiència d'escalfament de la màquina en una relació entre el valor de la potència calorífica que proporciona la màquina i la potència útil absorbida que s'ha de subministrar pel funcionament del compressor.

$$COP = \frac{\text{Potència calorífica aportada (kW)}}{\text{Potència calorífica absorbida (kW)}}$$

En un cas on una bomba de calor tinguis un COP de 4, significa que per cada kW de potència elèctrica subministrada a la bomba de calor, aquesta t'aporta 4 kW de potència calorífica.

En el cas de la utilització de la bomba de calor en mode refrigeració, el COP és substituït per un valor anomenat EER (Efficiency Energy Ratio), que indica l'eficiència de refrigeració que té la bomba, i correspon a la relació entre la potència frigorífica total i la potència útil absorbida per la bomba de calor.

$$EER = \frac{\text{Potència refrigeració aportada (kW)}}{\text{Potència refrigeració absorbida (kW)}}$$

### 10.1. FUNCIONAMENT

La relació entre les bombes de calor i els refrigeradors radica en el sentit del cicle de funcionament.

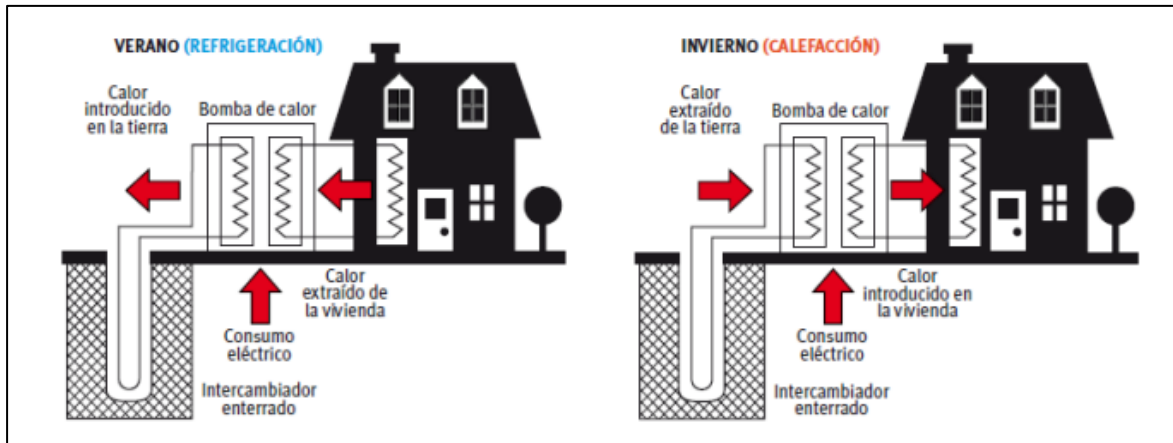


Figura 34: Esquema de transmissió de calor d'una instal·lació geotèrmica.

## 10.2. CICLE DE CALEFACCIÓ

1. El compressor eleva la pressió del fluid refrigerant fins a comprimir-lo. Com que la pressió és proporcional a la temperatura absoluta, en augmentar la pressió també augmenta la temperatura del fluid.
2. Aquest fluid calent es fa passar per un intercanviador anomenat condensador, on el fluid cedeix la calor (anomenat focus calent) i en refredar-se es condensa parcialment passant d'estat gasós a estat líquid. En aquest punt, el condensador correspon a la llar que haurà de ser escalfada.
3. Seguidament es fa passar el fluid, encara a pressió, per una vàlvula d'expansió on el fluid perd pressió brusquement i en conseqüència redueix la temperatura dràsticament.
4. Finalment, passa per un altre intercanviador, situat al focus fred i anomenat evaporador, on absorbeix calor de nou, per tornar a reiniciar el cicle descrit en el compressor. El focus fred correspon al punt en contacte amb el fluid dels pous geotèrmics.

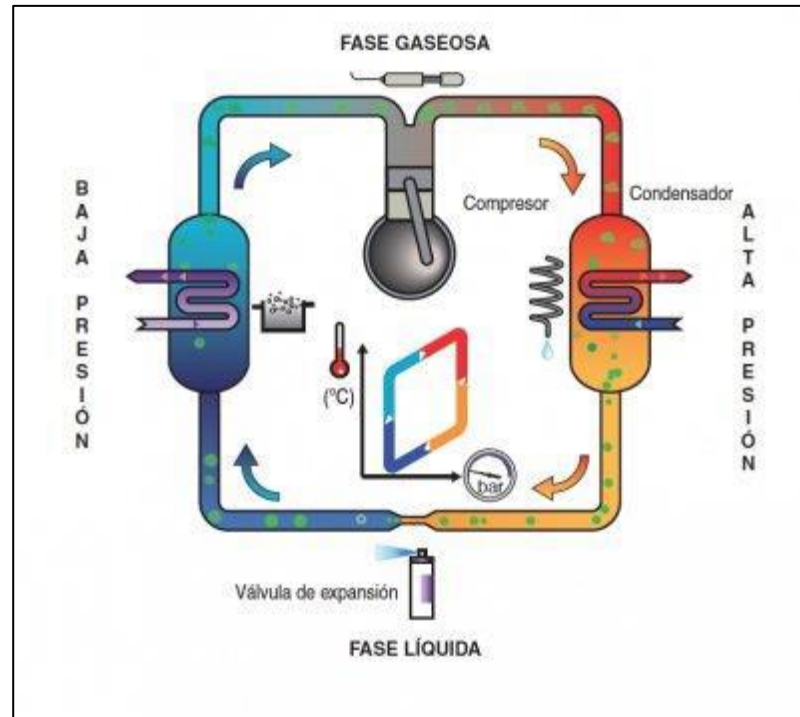


Figura 35: Esquema de funcionament d'una bomba de calor.

El gran avantatge de les bombes de calor es troba en la seva eficiència en la calefacció, ja que són sistemes capaços d'aportar més energia que la que consumeixen, aproximadament entre 2 i 3 vegades més.

Això és degut al fet que aquests equips recuperen l'energia de l'ambient exterior i la incorporen com a energia útil per a calefacció. D'aquesta manera consumeix menys energia que altres sistemes de calefacció per aconseguir el mateix efecte.



## 11. DISSENY DE L'INTERCANVIADOR DE CALOR

### 11.1. DETERMINACIÓ DE LA BOMBA DE CALOR

La bomba de calor que cal instal·lar a la llar unifamiliar ha de ser aquella que cobreixi les necessitats requerides tant per a calefacció com per a refrigeració en les condicions climatològiques més adverses.

Després de calcular les potències màximes, tant per a calefacció com per a refrigeració, segons el programa LIDER CALENER, es selecciona la bomba de calor que més s'adapta a les nostres característiques.

Potència de calefacció (kW)	17,95 kW - 19,95 kW
Potència de refrigeració (kW)	9,94 kW - 11,04 kW

Taula 10: Interval de potències que ha de subministrar la bomba de calor seleccionada.

La taula 10 ens indica que la bomba de calor haurà de ser aquella que estigui continguda entre cada parell de dades de potència. El valor més elevat tant en calefacció com en refrigeració equival a la potència màxima demandada, mentre que el valor menor correspon al 90% de la demanda.

Per evitar sobre costos és important no sobrepassar el valor màxim de potència ja que s'estaria sobredimensionant un equip que quasi mai treballaria a plena càrrega perquè el sistema de sondes no ha estat dimensionat per a tanta potència.

Per a aquest projecte, la bomba de calor escollida és una GEO-Flow DHW THHEY 116 de la marca Rhoss.

### 11.2. PROFUNDITAT DEL POU I SONDES

Per conèixer quina profunditat haurà de tenir la sonda, hem de conèixer quina és la càrrega tèrmica de l'edifici. Per això necessitem conèixer les dades tèrmiques de la zona per poder aplicar un mètode anomenat Mètode de fluxos energètics.

Les dades que necessitem seran la temperatura de l'exterior hora a hora durant un any. Tot i que la casa no disposa d'una estació meteorològica, n'hi ha una al poble veí de Fals, que té unes condicions climatològiques similars al llarg de l'any. La estació meteorològica en concret està a menys de 3 quilòmetres.

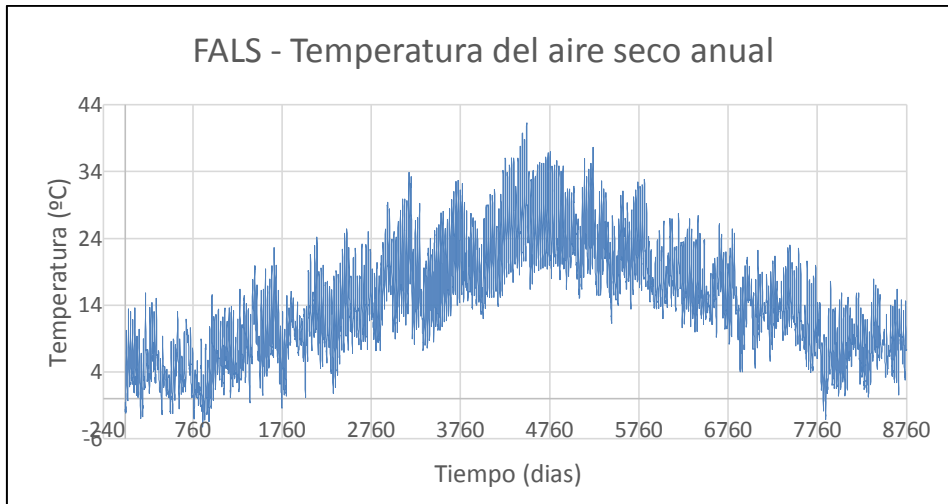


Figura 36: Temperatures per hores al llarg de l'any 2015 a la estació meteorològica de Fals.

De totes aquestes dades en necessitem extreure un seguit de paràmetres per poder fer els càlculs necessaris per arribar a trobar una estimació de la temperatura del terreny. Això ho farem mitjançant la formula següent de Hillel (1982) de models d'evolució de temperatura.

$$T(z, t) = T_0 - A_0 * e^{-z * \sqrt{\frac{\pi}{365 * \alpha}}} * \cos\left(\frac{2 * \pi}{365} * \left(t - t_0 - \frac{z}{2} * \sqrt{\frac{365}{\pi * \alpha}}\right)\right)$$

On:

$T(z,t)$ : és la temperatura del terreny en funció de la profunditat “z” en m i de l'any “t”.

$T_0$ : és la temperatura mitjana anual del terreny (°C) que correspon amb la temperatura mitja anual de l'aire ambient sobre la superfície del terreny.

$A_0$ : correspon a la màxima diferencia de temperatura anual de l'aire sobre la superfície del terreny.

$\alpha$ : és la difusivitat tèrmica del terreny en  $m^2/dia$ , depèn del tipus de sòl i el contingut d'aigua.

$t_0$ : és el desfase en dies, es refereix al desplaçament de la temperatura superficial amb la profunditat.

La mitjana de la temperatura anual la podem calcular directament de les dades de la estació meteorològica. La diferència de temperatura també la podem calcular de les dades i serà, tenint en compte tots els dies de l'any, la que la temperatura variï més de la màxima a la mínima.

El càlcul del desfase serà una aproximació segons l'anàlisi de Kusuda. És la mitjana entre el desfase del material que en té més i el que en té menys (la bentonita i la sal respectivament).

Per calcular la difusivitat tèrmica del sòl necessitarem a més de les dades que ja tenim, dades referents als materials geològics de la zona.

Necessitarem saber quins materials travessaran les sondes, quines potències tenen, la seva conductivitat i la capacitat calorífica volumètrica.

Per saber quins materials hi ha haurem de mirar el mapa geològic de l'IGME, concretament la fulla 362 pertinent a Calaf, que és a la que es veu la zona del present projecte. Del mapa podem extreure que els materials que travessaran seran bàsicament margues i arenisques, amb alguns conglomerats i calcàries però no de gaire potència i que no tindrem en compte a l'hora de calcular la difusivitat.

Per calcular la difusivitat dels diferents tipus de materials, haurem de dividir la conductivitat (W/mK) entre la capacitat calorífica volumètrica (MJ/m<sup>3</sup>K) i ens quedarà la difusivitat (m<sup>2</sup>/s).

<b>Marga</b>	
Conductivitat (W/mK)	2,3
Capacitat calorífica volumètrica (MJ/m <sup>3</sup> *K)	2,25
Profunditat (m)	170
Difusivitat (m <sup>2</sup> /s)	1,02E-06
<b>Areniscas</b>	
Conductivitat (W/mK)	2,8
Capacitat calorífica volumètrica (MJ/m <sup>3</sup> *K)	2,2
Profunditat (m)	40
Difusivitat (m <sup>2</sup> /s)	1,27E-06

Taula 11: Característiques dels materials predominants travessats pels sondejos.

Un cop tenim les dades dels materials podem calcular la difusivitat del terreny fent una mitja ponderada tenint en compte la potència dels diversos estrats que hi ha dels materials. Haurem de passar la difusivitat de m<sup>2</sup>/s a m<sup>2</sup>/dia per poder fer els càlculs més endavant.

La taula següent mostra els resultats dels càlculs necessaris per determinar la temperatura al terreny.

Màxima diferència de temperatures [°C]	$A_0$	21,20
Temperatura mitja anual del terreny [°C]	$T_0$	14,29
Desfase temperatures	$t_0$	33,49
difusivitat tèrmica [m <sup>2</sup> /dia]	$\alpha$	0,092

Taula 12: Dades necessàries per calcular la temperatura del terreny.

Un cop tenim totes les dades, ja podem aplicar la fórmula i obtenim els següents resultats:



Profunditat z(m)	Temperatura del terreny en funció de la profunditat "z" en m, y el dia de l'any "t". T(z,t) °C											
	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
0	-5,85	-6,42	-1,96	7,22	18,01	28,11	34,24	35,11	30,18	21,18	10,02	0,33
1	1,60	-1,28	-0,15	4,89	12,28	20,44	26,73	29,81	28,57	23,57	15,89	8,01
2	7,39	3,66	2,81	4,92	9,45	15,44	20,94	24,80	25,73	23,60	18,85	13,04
3	11,48	7,80	6,00	6,22	8,57	12,56	16,89	20,63	22,62	22,33	19,84	15,94
4	14,09	10,93	8,87	8,03	8,88	11,23	14,32	17,50	19,78	20,54	19,61	17,29
5	15,53	13,10	11,17	9,87	9,79	10,93	12,93	15,36	17,49	18,71	18,76	17,62
6	16,14	14,44	12,85	11,48	10,90	11,23	12,36	14,05	15,80	17,11	17,68	17,33
7	16,22	15,14	13,96	12,74	11,97	11,81	12,31	13,37	14,68	15,85	16,63	16,76
8	16,00	15,41	14,60	13,64	12,87	12,46	12,56	13,12	14,02	14,95	15,74	16,11
9	15,64	15,40	14,91	14,21	13,55	13,07	12,93	13,15	13,69	14,37	15,05	15,51
10	15,26	15,24	14,99	14,53	14,02	13,57	13,32	13,32	13,60	14,05	14,58	15,01
11	14,92	15,03	14,94	14,68	14,31	13,94	13,66	13,55	13,64	13,90	14,28	14,64
12	14,65	14,81	14,82	14,70	14,47	14,18	13,93	13,77	13,75	13,88	14,12	14,39
13	14,45	14,62	14,68	14,66	14,53	14,33	14,13	13,96	13,89	13,92	14,05	14,24
14	14,32	14,47	14,56	14,58	14,53	14,41	14,26	14,11	14,01	13,99	14,05	14,17
15	14,25	14,36	14,45	14,50	14,49	14,43	14,33	14,22	14,12	14,07	14,08	14,14
16	14,21	14,29	14,37	14,43	14,45	14,42	14,37	14,28	14,20	14,15	14,13	14,15
17	14,20	14,26	14,31	14,37	14,40	14,40	14,37	14,32	14,26	14,20	14,17	14,17
18	14,21	14,24	14,28	14,32	14,36	14,37	14,37	14,34	14,29	14,25	14,21	14,20
19	14,22	14,24	14,26	14,30	14,33	14,35	14,35	14,34	14,31	14,28	14,25	14,23
20	14,24	14,24	14,26	14,28	14,30	14,32	14,33	14,33	14,32	14,29	14,27	14,25
120	17,24	17,24	17,26	17,28	17,30	17,32	17,33	17,33	17,32	17,29	17,27	17,25
150	18,24	18,24	18,26	18,28	18,30	18,32	18,33	18,33	18,32	18,29	18,27	18,25

Taula 13: Temperatures del terreny en funció de la profunditat i del dia de l'any.

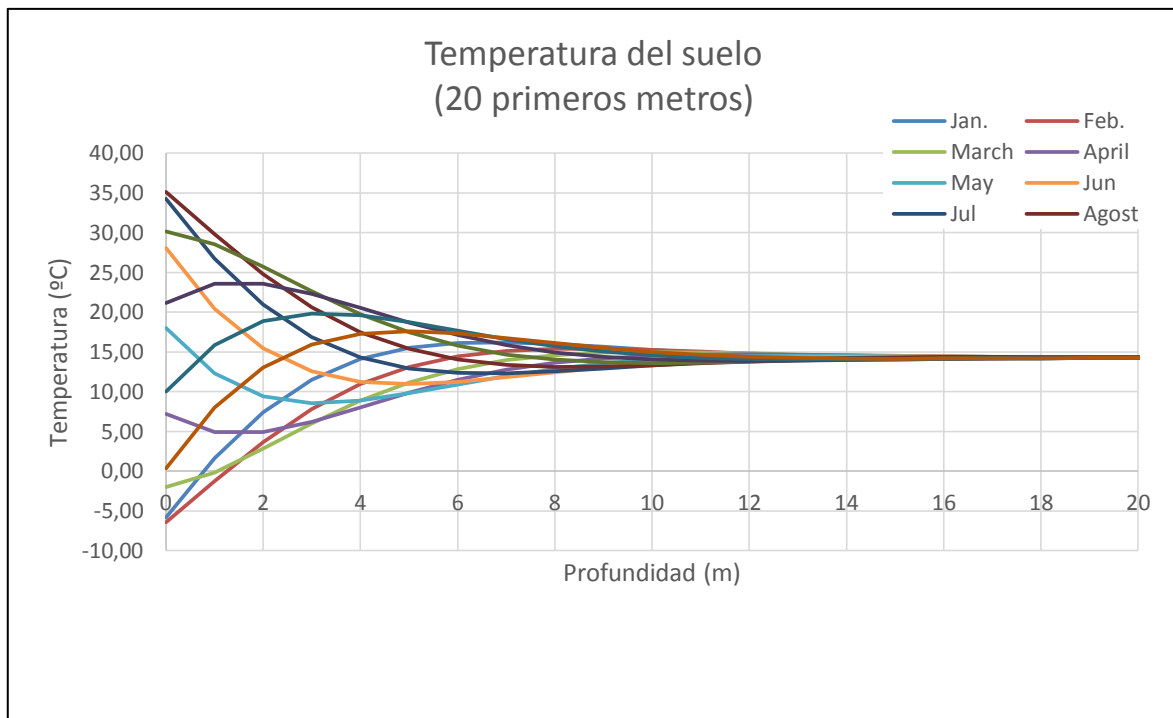


Figura 37: Gràfica de temperatures del terreny durant l'any.

Tenint el gràfic de les temperatures del terreny en funció de la profunditat i del dia de l'any, podem veure que la temperatura a partir més o menys dels 14 metres de profunditat és quasi constant durant tot l'any, i és de al voltant de 14,5°C.

A continuació, per calcular la càrrega tèrmica de l'edifici al llarg de l'any farem servir el mètode de fluxos energètics.

Per començar haurem d'agrupar les dades de temperatures de l'estació meteorològica en parells de dades, és a dir, per exemple, durant tot l'any, quantes hores s'han registrat amb una temperatura d'entre -6°C i de -4 °C, quantes hores s'han registrat amb una temperatura d'entre -4°C a -2°C, quantes de -2°C a 0°C i així fins a quantes de 40°C a 42°C (el rang de temperatures es de -6°C a 42°C ja que són les temperatures més extremes registrades i totes les altres estan dins aquest ventall). D'aquestes dades diferenciarem quines hores d'aquestes hores són al gener i quines al juliol (els dos mesos amb temperatures més extremes), quines són a la resta de l'any i el producte de les hores amb la temperatura corresponent.

Parells d'hores	T mitja exterior T <sub>0,i</sub>	# hores d'ocurrència h(T <sub>0,i</sub> )	# hores d'ocurrència Gener h(T <sub>0,i</sub> )	# hores d'ocurrència Juliol h(T <sub>0,i</sub> )	# hores d'ocurrència (restants) h(T <sub>0,i</sub> )	Producte amb hores totals T <sub>0,i</sub> *h(T <sub>0,i</sub> )
-6 a -4	-5	4	0	0	4	-20
-4 a -2	-3	33	11	0	22	-99
-2 a 0	-1	114	50	0	64	-114
0 a 2	1	346	144	0	202	346
2 a 4	3	457	168	0	289	1371
4 a 6	5	528	135	0	393	2640
6 a 8	7	640	86	0	554	4480
8 a 10	9	771	76	0	695	6939
10 a 12	11	733	39	0	694	8063
12 a 14	13	832	27	0	805	10816
14 a 16	15	768	8	3	757	11520
16 a 18	17	704	0	14	690	11968
18 a 20	19	655	0	71	584	12445
20 a 22	21	587	0	155	432	12327
22 a 24	23	447	0	104	343	10281
24 a 26	25	346	0	77	269	8650
26 a 28	27	224	0	53	171	6048
28 a 30	29	193	0	59	134	5597
30 a 32	31	156	0	67	89	4836
32 a 34	33	108	0	53	55	3564
34 a 36	35	78	0	57	21	2730
36 a 38	37	23	0	18	5	851
38 a 40	39	10	0	10	0	390
40 a 42	41	3	0	3	0	123
<b>Total</b>		<b>8760</b>	<b>744</b>	<b>744</b>	<b>7272</b>	<b>125752</b>

Taula 14: Parells de temperatures.

Un cop tenim això, haurem d'aplicar un parell de fórmules i fer un seguit d'iteracions per arribar a determinar quina serà la temperatura a partir de la qual necessitarem calefacció o refrigeració.

$$c_0 = \left[ \frac{Q_{\text{diseño calefacció}} * \sum_{i=1}^p (T_{0,i}) * h(T_{0,i}) - Q_{\text{total calefacció}} * T_{d,calef}}{\sum_{i=1}^p (T_{0,i}) * h(T_{0,i}) - T_{d,calef} * \sum_{i=1}^p h(T_{0,i})} \right] \quad (7)$$

$$c_1 = \left[ \frac{Q_{\text{total calefacció}} - Q_{\text{diseño calefacció}} * \sum_{i=1}^p h(T_{0,i})}{\sum_{i=1}^p (T_{0,i}) * h(T_{0,i}) - T_{d,calef} * \sum_{i=1}^p h(T_{0,i})} \right] \quad (8)$$

$$T_{\text{balance}} = \frac{-c_0}{c_1} \quad (9)$$

On:

$c_0$  i  $c_1$ : són els coeficients que haurem de iterar.

$Q_{\text{disseny calefacció}}$ : és la càrrega tèrmica de disseny en calefacció.

$Q_{\text{total calefacció}}$ : és la calor total a l'hivern.

$T_{d,calef}$ : és la temperatura de disseny exterior a l'hivern.

$\sum_{i=1}^p (T_{0,i}) \cdot h(T_{0,i})$ : és la suma del producte de les hores amb les temperatures corresponents.

$\sum_{i=1}^p h(T_{0,i})$ : és la suma de les hores d'ocurrència de les temperatures.

Per la fórmula, farem servir les dades que ens donava el programa LIDER en quant a la càrrega tèrmica de disseny de calefacció i refrigeració i la càrrega total a l'hivern i a l'estiu. Les temperatures de disseny màxima i mínima les obtindrem aplicant la següent fórmula:

$$T_{d,r} = 0,4 \cdot T_{mitjana} + 0,6 \cdot T_{màxima}$$

$$T_{d,c} = 0,4 \cdot T_{mitjana} + 0,6 \cdot T_{mínima}$$

On:

$T_{d,r}$  i  $T_{d,c}$ : són les temperatures de disseny.

$T_{mitjana}$ : és la temperatura mitjana de l'any.

$T_{màxima}$ : és la temperatura màxima de l'any.

$T_{mínima}$ : és la temperatura mínima de l'any.

<b>CALEFACCIÓ</b>		
Iteracions	1	5
$\Sigma(T_{0,1}) \cdot h(T_{0,i})$	125752,00	34422,00
$\Sigma h(T_{0,i})$	8760,00	4458,00
$c_0$	18,07	18,09
$c_1$	-0,98	-1,33
T balanç	18,43	13,64

Taula 15: Iteracions per trobar la temperatura de calefacció.

Per calcular la temperatura de l'hivern, l'únic que haurem de fer serà canviar les dades de les fórmules referents a la calefacció i l'hivern per les de refrigeració i estiu.

<b>REFRIGERACIÓ</b>		
Iteracions	1	9
$\Sigma(T_{o,1}) \cdot h(T_{o,i})$	125752,00	110209,00
$\Sigma h(T_{o,i})$	8760,00	5867,00
c0	-6,83	-11,33
c1	0,48	0,61
T balanç	14,26	18,67

Taula 16: Iteracions per trobar la temperatura de refrigeració.

Un cop tenim aquestes dades podem seguir calculant la càrrega tèrmica. Seguirem la taula que havíem començat dels parells de temperatura i per cadascun determinarem, segons les temperatures de balanç que hem trobat amb els càlculs anteriors, si hi ha demanda de calefacció o de refrigeració. Si hi ha demanda, tant de una cosa com l'altre, calcularem la càrrega de calefacció o refrigeració amb la següent fórmula:

$$q_d = c_0 + c_1 \cdot T_d$$

On:

$Q_d$ : és la carrega de disseny, ja sigui la de calefacció o refrigeració.

$c_0$  i  $c_1$ : són els coeficients que havíem calculat abans.

$T_d$ : és la temperatura del parell de dades que estiguem calculant

També calcularem la fracció de la potència de calefacció i refrigeració de la bomba de calor i les hores de marxa de la bomba de calor al gener i al juliol.

Demanda de calefacció (si/no)	Demanda de refrigeració (si/no)	Carga calefacció kW	Carga refrigeració kW	Fracció de marxa, calef Q/QBCcalef	Fracció de marxa, refr. Q/QBCrefrig	Hores marxa BC gener hores	Hores marxa BC juliol hores
si	no	24,72	0,00	1,44	0,00	0,00	0,00
si	no	22,07	0,00	1,28	0,00	14,12	0,00
si	no	19,42	0,00	1,13	0,00	56,45	0,00
si	no	16,77	0,00	0,97	0,00	140,37	0,00
si	no	14,11	0,00	0,82	0,00	137,85	0,00
si	no	11,46	0,00	0,67	0,00	89,95	0,00
si	no	8,81	0,00	0,51	0,00	44,04	0,00
si	no	6,16	0,00	0,36	0,00	27,20	0,00
si	no	3,50	0,00	0,20	0,00	7,94	0,00
si	no	0,85	0,00	0,05	0,00	1,33	0,00
no	no	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
no	no	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
no	si	0,00	0,20	0,00	0,01	0,00	0,46
no	si	0,00	1,41	0,00	0,05	0,00	7,06
no	si	0,00	2,63	0,00	0,08	0,00	8,81
no	si	0,00	3,84	0,00	0,12	0,00	9,54
no	si	0,00	5,05	0,00	0,16	0,00	8,64
no	si	0,00	6,27	0,00	0,20	0,00	11,93
no	si	0,00	7,48	0,00	0,24	0,00	16,17
no	si	0,00	8,69	0,00	0,28	0,00	14,86
no	si	0,00	9,91	0,00	0,32	0,00	18,22
no	si	0,00	11,12	0,00	0,36	0,00	6,46
no	si	0,00	12,33	0,00	0,40	0,00	3,98
no	si	0,00	13,55	0,00	0,44	0,00	1,31
<b>Total</b>		<b>127,87</b>	<b>82,48</b>			<b>519,25</b>	<b>107,42</b>

Taula 17: Continuació de la taula dels parells de temperatura.

En les figures de continuació podem veure representades les hores total d'ocurrència dels parells de temperatures, les hores d'ocurrència a l'estiu (Juliol) i a l'hivern (Gener) i la gràfica de la carrega tèrmica.

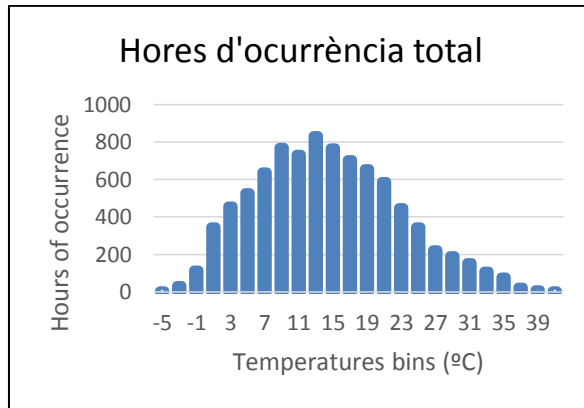


Figura 38: Gràfica de les hores d'ocurrència total.

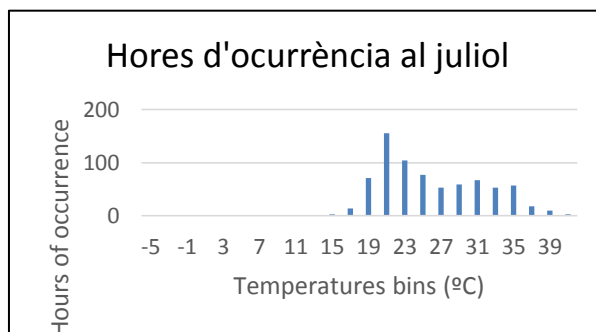


Figura 39: Gràfica de les hores d'ocurrència al juliol.

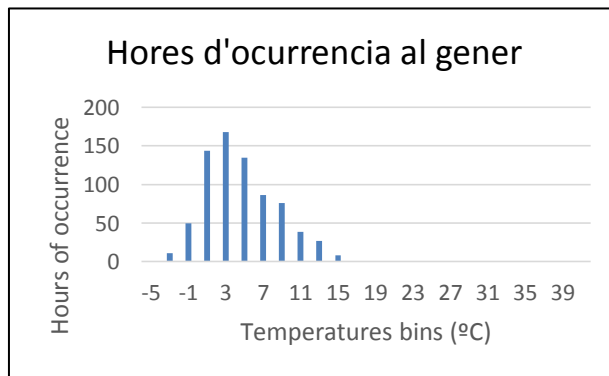


Figura 40: Gràfica de les hores d'ocurrència al gener.

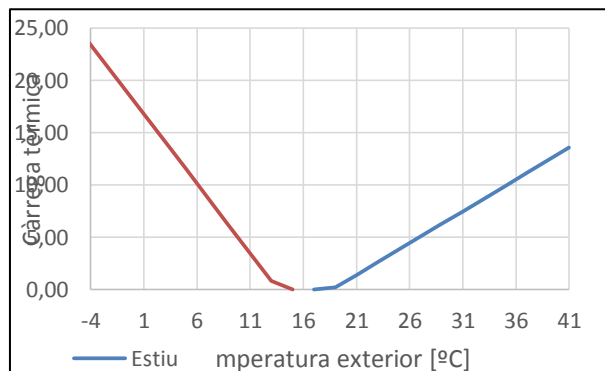


Figura 41: Gràfica de la corba de la càrrega tèrmica en funció de la temperatura exterior.

Per últim, per calcular la longitud de la sonda vertical haurem d'aplicar la següent fórmula:

$$L_{calefacció} = Q_{diseño calefacció} \left[ \frac{(HCOP-1) \cdot (R_t + R_s F_{calef})}{T_{min}(z) - T_{ent\ agua, min}} \right] \quad (10)$$

On:

$L_{calefacció}$ : és la longitud que haurà de tenir la sonda.

$Q_{diseño calefacció}$ : és la càrrega de disseny de l'edifici.

HCOP: és el coeficient de rendiment d'escalfament per les sigles en anglès.

$R_t$ : és la resistència tèrmica dels tubs.

$R_s$ : és la resistivitat del sòl.

$F_{calef}$ : és el factor de càrrega a l'hivern.

$T_{min}$ : és la temperatura que és manté constant tot l'any al sòl.

$T_{ent\ agua, min}$ : és la temperatura de l'entrada d'aigua mínima.

Si el que es vol calcular és la longitud per necessària per refrigerar, s'ha de canviar els paràmetres corresponents a l'hivern pels d'estiu. El que determinarà la llargada final serà el que sigui més restrictiu, és a dir, més llarg.

Per calcular tots els paràmetres de l'equació anterior necessitarem aplicar algunes fórmules més.

$$T_{ent\ agua, min} = \frac{T_{salida, c} + T_{entrada, c}}{2}$$

On:

$T_{ent\ agua, min}$ : és la temperatura de l'entrada d'aigua mínima.

$T_{sortida, c}$ : és la temperatura de sortida de l'aigua en calefacció.

$T_{entrada, c}$ : és la temperatura d'entrada de l'aigua en calefacció, que ens ve marcada per les característiques de la bomba de calor.



$$T_{salida,c} = T_{entrada,c} - \frac{\dot{Q}_{calef} * \frac{HCOP - 1}{HCOP}}{c_p * \rho_{agua} * \dot{m}}$$

On:

$T_{sortida,c}$ : és la temperatura de sortida de l'aigua en calefacció.

$T_{entrada,c}$ : és la temperatura d'entrada de l'aigua en calefacció, que ens ve marcada per les característiques de la bomba de calor.

$Q_{calef}$ : és la potència de la bomba de calor en calefacció.

HCOP: és el coeficient de rendiment d'escalfament per les sigles en anglès.

$c_p$ : és el calor específic de l'aigua.

$\rho_{agua}$ : és la densitat de l'aigua.

M: és el cabal d'aigua que circularà a través del sistema.

Sonda vertical		
Longitud de calefacció	335,70	m
Dissipació de calor	53,62	W/m
Longitud de refrigeració	206,73	m
Dissipació de calor	48,37	W/m

Taula 18: Resultats de les longituds necessàries per calefacció i refrigeració.

Com podem veure a la taula anterior, el que ens marcarà la longitud que tindrà la sonda serà la longitud necessària per a la calefacció, que és la més gran de les dues dades.

Com que el màxim de profunditat que pot tenir una sonda perquè sigui rendible és de 120 m i la longitud que es necessita és superior, el que farem serà fer dos sondejors amb doble U, cadascun amb una profunditat de 85 m

Els captadors o sonda en U doble consten de quatre tubs del captador units a la part inferior per parelles de ràcords en forma de U. El captador, de doble U per tant, consta de dos tubs d'entrada o subministrament i dos de retorn. D'aquesta manera el sistema permet reduir la profunditat del pou a la meitat.

S'escull un tub de polietilè de 32 mm d'interior que és força comú per a aquest tipus d'instal·lació.

El material de polietilè compleix els requisits següents per a la seva aplicació com a sondes geotèrmiques:

- Elevada tenacitat i capacitat d'allargament de ruptura
- Bones propietats mecàniques
- Bona resistència a les substàncies químiques
- Ofereix una llarga vida com a mínim de 10 anys
- Baixa resistència hidràulica
- Bona relació preu/prestacions

La sonda geotèrmica utilitzada serà de 40 mm de diàmetre nominal de tub i de 32 mm de diàmetre interior. Es determina aquesta canonada per motius econòmics i de rendibilitat, ja que és de les més usades en els sistemes geotèrmics. El motiu pel qual s'escull el tub reforçat és per les elevades pressions que ha de suportar al fons del sondeig amb una columna d'aigua de més de 80 metres.

Amb l'elecció d'aquest diàmetre de tub es procura escollir el millor equilibri entre la caiguda de pressió del sistema i el funcionament tèrmic de manera que:

- El diàmetre ha de ser suficientment gran per reduir la pèrdua de càrrega i així necessitar menor potència de bombeig.
- Ser suficientment petit per assegurar que la velocitat del fluid sigui elevada per tal de garantir la turbulència del fluid pel conducte, de manera que no hi hagi dificultats per al transport tèrmic entre el fluid caloportador i la paret interior del tub.

### 11.3. CARACTERISTIQUES I COMPONENTS DE LA SONDA

En aquest apartat es descriuran els principals components de les sondes en doble-U intercanviadora de calor que seran introduïdes als sondejos.

- **Tub:** per al present Projecte, les sondes que s'utilitzaran seran de 40 mm de diàmetre exterior de polietilè PE100 PN16 de la sèrie SDR 11.

Per a aquesta instal·lació s'evitarà qualsevol unió en la vertical del pou pel que fa als tubs de PE. D'aquesta manera s'encarregaran bobines de tub de PE100 PN16 de la sèrie SDR 11 i es tallaran a la longitud corresponent perquè les unions es situïn a l'interior de l'edificació i en un lloc visible i còmode per realitzar tasques de manteniment. D'aquesta manera es redueix de forma considerable el risc que la instal·lació pateixi el col·lapse com a conseqüència de fugues de fluid caloportador en unions enterrades i que haurien pogut ser evitables.

- PE 100: aquestes sigles del primer codi equivalen al material del qual estan compostes les canonades. En el nostre cas estan fabricades amb polietilè, l'abreviació del qual és PE. Existeixen molts més materials polimèrics dels quals

es fan canonades, com és el polipropilè (PP), clorur de vinil (PVC), polietilè reticulat (PE-X), polibutilè (PB), etc.

El número que acompanya el primer codi correspon a la mínima tensió en MPa que el material ha de resistir per a un cicle de vida de 50 anys i a una temperatura de 20 °C. Els valors comercials més comuns són els de 100 MPa, 80 MPa i 40 MPa.

- PN 16: aquest codi correspon a la pressió màxima admissible pel tub i en el cas d'aquesta sonda està limitada a 16 bars de pressió.
- SDR 11: aquestes sigles corresponen a la relació de dimensions estàndard i és la relació entre el diàmetre nominal i el gruix nominal del tub. Com més gran és el valor de SDR més petit és el gruix de la canonada.
- **Peu de sonda:** és aquell dispositiu que permet tancar el circuit hidràulic al fons del sondeig. Com ja s'ha esmentat anteriorment, s'ha escollit una sonda de doble U com la que es mostra a la figura, fabricada amb PE 100 o PE-R.



Figura 42: Peu de sonda de doble-U.

- Pes i kit de connexió de pes: Objecte pesant que actua com a llast per aconseguir introduir de manera satisfactòria la sonda geotèrmica. És l'opció més econòmica i més tradicional que substitueix la col·locació de beines protectores, i si aquest mètode es du a terme de forma correcta i no existeixen grans irregularitats a les parets del sondeig, esdevé un èxit.
- Aquest pes de 12,5 kg o 25 kg s'uneix al peu de sonda mitjançant els kits de connexió.

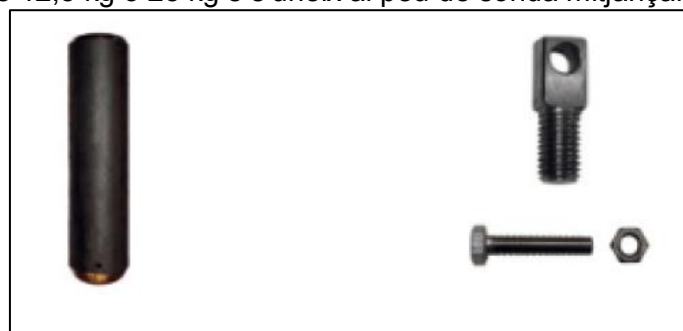


Figura 43: Pes i kit de connexió de pes.

- Distanciadors: Es tracta d'una peça de PE que té la funció de mantenir els tubs de la sonda a una separació contínua al llarg de la sonda. Aquest distanciador ha de ser d'un

diàmetre inferior al sondeig i disposa d'un orifici central per col·locar-hi el tub d'injecció en cas d'introduir una mescla a l'hora de reomplir el pou.

La distància correcta entre distanciadors és d'entre 5 i 10 metres, i solen ser incompatibles en el cas de sondejos entubats, ja que en retirar l'entubat el distanciador pot quedar adherit i provocar danys o desviacions a la sonda.

Per al present projecte, els separadors ens mantindran els tubs una distància  $D=134$  mm.

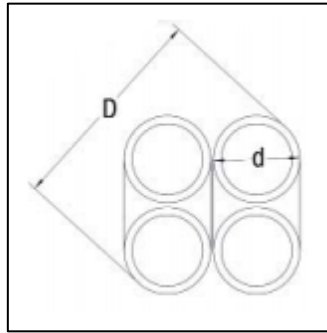


Figura 44: Esquema de la separació dels tubs per distanciadors.

- Col·lector: El col·lector és el dispositiu que ajunta en una sola tubera les 8 canonades del sondeig per, d'aquesta manera, proporcionar una única entrada a la bomba de calor. Cada col·lector portarà incorporat una vàlvula d'equilibrat hidràulic. Aquets dispositius s'utilitzen per garantir que a cada unitat terminal li arriba el cabal de treball. Quan una instal·lació no està equilibrada, el fluid caloportador tendeix a circular pels trams de menor pèrdua de càrrega, de manera que en algunes unitats terminals (sondes) es produirà una sobrealimentació mentre que d'altres patiran un dèficit de cabal.

## 11.4. REBLIMENT

Un cop instal·lats els tubs i després d'haver superat una prova de pressió, es procedeix a l'ompliment de les sondes. Aquest material de rebliment pot ser un material natural o una solució anomenada cementat, l'objectiu del qual és omplir l'espai anular entre les sondes de l'intercanviador de calor i les parets del sondeig.

D'aquesta manera es garanteix:

- Una bona superfície de contacte entre les parets del pou i l'àrea exterior de la sonda. El fet d'estar en contacte físic assegura un bon transport de calor del medi generador de calor (sòl) cap al fluid caloportador.
- Un sosteniment de les parets del pou prou sostingut en el temps per amortitzar la instal·lació.

El material de rebliment ha de tenir unes propietats concretes per al bon funcionament del sistema, que són les següents:

- Baixa impermeabilitat en cas de travessar aqüífers per tal d'evitar que es connectin hidràulicament. En cas d'estar segur de no travessar cap aqüífer, tal com es dona en aquest projecte, és un factor que es podrà menystenir.
- Bona adhesió a la sonda i al terreny per evitar formació de buits.
- Conductivitat tèrmica elevada.
- Inalterable en condicions d'humitat i aigua subterrànies.

Per a les sondes geotèrmiques d'aquest projecte s'utilitzarà sorra com a material de rebliment ja que el seu baix cost i la seva bona conductivitat en condicions humides la converteixen en l'element més efectiu.

MATERIAL	Conductividad térmica (W/mK)	Conductividad hidráulica	Facilidad de Bombeo
Arena saturada de agua	1,7 - 2,5	Buena	-
Arena seca	0,3 - 0,6	Buena	-
Arcilla	0,9 - 1,4	Baja	Mala
Bentonita (1,3 g/cm <sup>3</sup> )	0,7	Muy baja	Buena
Bentonita con arena	1,4 - 1,8	Muy baja	Mala
Bentonita - cemento	0,6 - 1,0	Muy baja	Buena
Lechada térmicamente mejorada	1,6 - 2,0	Muy baja	Buena

Figura 45: Propietats dels materials de rebliment de sondejos.



## 12. SOLDADURES DELS TUBS DE PE

L'únic lloc on hi haurà una unió serà entre el peu de la sonda i el tub de polietilè, la resta seran tirades de tub contínues des del peu del pou fins a l'entrada a la superfície.

### 12.1. SOLDADURA PER ELECTROFUSIÓ

Aquest tipus d'unió de la canonada es realitza per mitjà d'accessoris que porten a la superfície interna incorporades diverses resistències, les quals en passar un corrent elèctric a través seu produeixen la calor suficient perquè tant el PE de l'accessori (manguito) com el de la superfície externa del tub en contacte amb l'accessori assoleixi l'estat de fluïdesa que permeti la fusió i posterior unió del material.

El pas de corrent a través de les resistències s'aconsegueix per mitjà d'aparells electrònics que regulen la intensitat per a una diferència de potencial a baixa tensió prefixada, que és imposada pel tipus d'accessori que s'utilitzi, limitant el temps de manera que la calor dissipada per efecte Joule sigui adequada segons el diàmetre escollit.

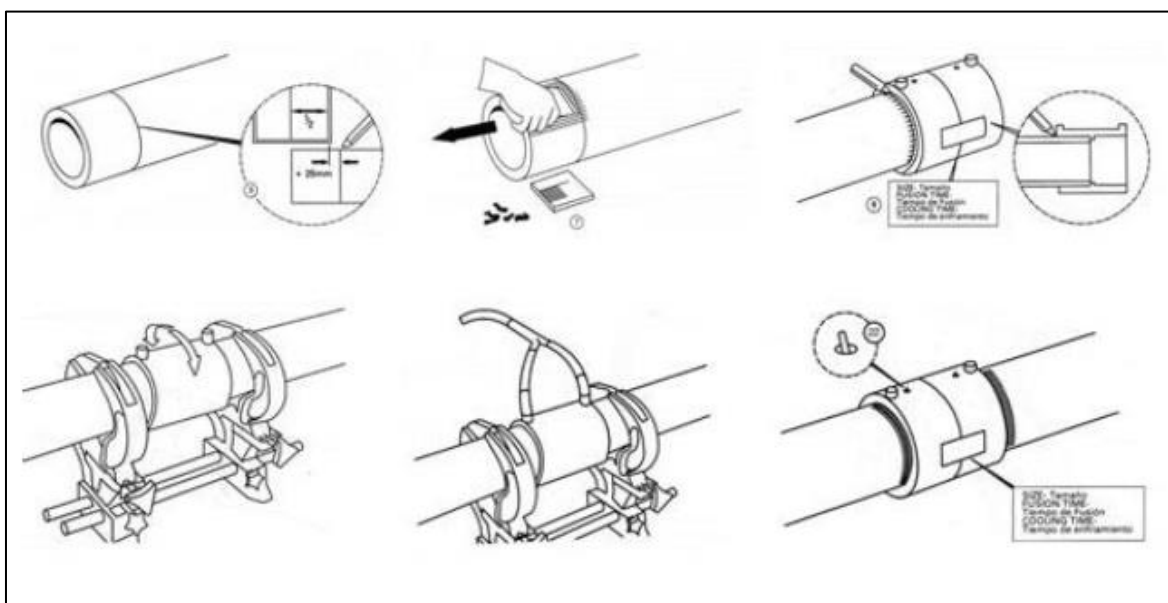


Figura 46: Passos a seguir per realitzar una soldadura per electrofusió.

## 12.2. AVANTATGES DE LA SOLDADURA PER EF

- Seguretat quant a les unions ja que són fiables i duradores
- Ideals per soldar tubs de diàmetres petits
- Es manté la mateixa secció interior, és a dir, es manté la capacitat de transport de cabal que el tub original
- Bona tècnica per realitzar per condicions difícils
- No requereix moviment dels tubs durant la soldadura
- Temps de preparació curt i fàcil de realitzar
- Les màquines automàtiques permeten minimitzar errors de soldadura
- Es poden soldar tubs de diferent diàmetre i de diferent gruix

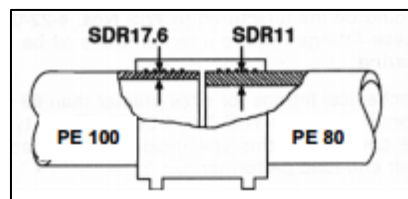


Figura 47: Soldadura amb tubs de diferent gruix.

## 12.3. CAUSES D'ERROR EN LA SOLDADURA PER EF

- Un raspat incorrecte
- Contaminació de la superfície dels tubs o dels accessoris
- Tub excessivament ovalat
- Moviments no desitjats durant la fusió
- No haver tallat els extrems dels tubs perpendiculars
- Introducció incorrecta del voltatge a la màquina
- No respectar el temps de refredament



## 13. PERFORACIÓ DELS SONDEJOS

Aquest apartat pretén descriure el procés de perforació de les sondes geotèrmiques així com determinar el tipus de maquinària més idònia per realitzar les tasques, determinar els equips de suport correctes i la demanda de matèries primeres, com serà el cas de l'aigua o els materials extrets dels sondejors.

Un cop determinada la geologia de la zona de forma concisa i la fondària requerida calculada a l'apartat anterior, es procedeix a la perforació de la sonda geotèrmica.

En utilitzar dues sonda de doble-U, el diàmetre de perforació ha de ser suficientment gran per poder allotjar de forma correcta el sistema de canonades, de tal manera que no hi hagi intercanvis energètics entre els tubs d'injecció i els tubs d'extracció. Per evitar aquest fenomen, i tal com s'ha explicat en apartats anteriors, s'utilitzaran separadors que garantiran una independència tèrmica de les canonades. Aquests separadors són els que determinaran el diàmetre mínim del pou, que és de 118 mm. Alhora és important escollir un diàmetre de perforació el més ajustat possible per evitar pèrdues econòmiques.

La litologia del subsòl, igual que la seva estabilitat geològica, ens permet perforar de forma directa sense tenir en compte cap sistema de contenció del pou.

Per tal que els dos sondejors siguin el més rendible possible i que no es solapin, es deixarà una distància de 6 metres entre un sondeig i l'altre, i 2 metres de la casa per motius de seguretat.

### 13.1. EINES DE PERFORACIÓ

Les barrines de perforació constitueixen només una fracció del cost total del pou que sol ser d'un 5-10%; en canvi, representen un component clau de l'economia de construcció del pou. El temps necessari per perforar un pou està relacionat directament amb la rapidesa amb la qual les barrines tallen la formació i amb el temps que conserven el seu fil de tall. En termes de cost, invertir en l'eina adequada redueix de forma important el cost total ja que ajuda a disminuir el temps de perforació i el nombre de viatges d'entrada i sortida d'un pou.

Per a aquest projecte s'ha optat per utilitzar tecnologia de broca fixa amb perforació a rotopercussió.

Aquest sistema de perforació utilitza moviments de rotació i compressió que són transmesos a la punta de la broca, que provoca un esforç de cisalla que en superar la resistència de la roca la fractura.

L'eina perfora el subsòl a través del moviment de compressió i rotació, aquest últim generat a l'exterior i transmès a l'eina a través del varillatge.

De totes les barrines de tall fix, s'ha optat per utilitzar Broques Policristal·lines de Diamants Compactes (PDC)

Estan dotades d'unitats de tall circulars, anomenades compactes, compostes de carbur de tungstè i diamants sintètics. Cada compost està inclinat i disposat per tal de formar canals a la roca.

El carbur de tungstè aporta al diamant la resistència a l'impacte i reforça les propietats de resistència a la broca, mentre que l'element de tall és el diamant.



Figura 48: Procés de tall dels compactes d'una barra de PDC

Les broques PDC són les més adequades per a formacions que van de toves a dures i amb alta o baixa abrasivitat. Aquesta propietat encaixa molt en la litologia de la zona i la seva geologia, ja que es troben diferents capes de materials de dureses variables.

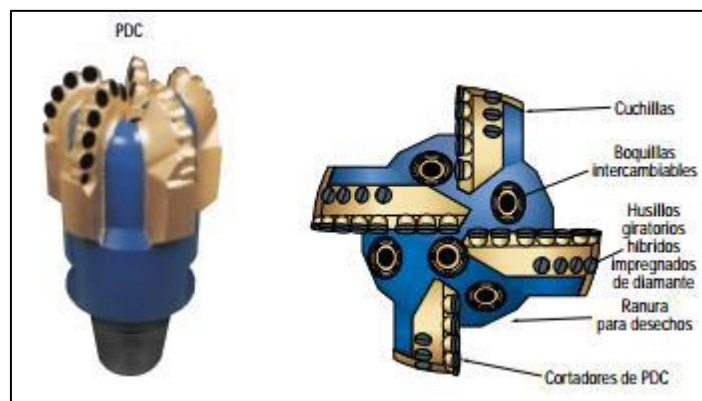


Figura 49: Parts d'una broca PDC.

L'estabilitat d'aquesta eina és un factor clau quant al rendiment general. Una barra estable incrementa la velocitat de penetració i qualitat del sondeig, alhora que dura molt més i redueix els danys a la resta d'equips.

Encara que són molt més cares que no pas les broques de rotació (triconos), són molt més duradores, permeten obtenir un rendiment més elevat i millors temps de treball.

Per a aquest projecte, l'eina de treball serà una Broca Fixa de la Sèrie D513 de la companyia Atlas Copco, de 6 1/4" (158 mm) o 6 1 / 2"(165 mm) de diàmetre. D'aquesta manera es podrà garantir una correcta introducció de la sonda geotèrmica, ja que hi ha una diferència de diàmetres d'entre 24 i 31 mm respectivament, que també ajudarà a garantir un correcte rebliment del pou.

## 13.2. MAQUINÀRIA DE PERFORACIÓ

### 13.2.1. Perforadora

Per executar les perforacions s'utilitzen equips hidràulics sobre rodes o erugues amb capçal rotatiu que permet inserir el varillatge. El punt on s'ha de dur a terme la perforació està situat en una zona enjardinada, concretament al costat de l'entrada per on accedeixen els vehicles de la llar, del garatge al carrer. Cal respectar les distàncies de seguretat, que són de 2 metres respecte als fonaments de la llar, i de 6 metres entre pous. Sempre que es pugui es farà el sondeig el més a prop possible de la zona de màquines per evitar pèrdues, tant hidràuliques com tèrmiques.

La perforadora triada serà una perforadora lleugera TH10LM.

Aquesta perforadora d'Atlas Copco, dotada d'una torre de perforació de 6,1 metres, i dissenyada per ser muntada en un camió de 4x4 o 6x4, permet varillatges de perforació més llargs amb un consegüent estalvi de temps.

El varillatge és la part que més pateix durant la perforació ja que ha de suportar els esforços de compressió i un esforç de torsió, que és l'element que transmet el parell de perforació. Una altra funció del varillatge és conduir el fluid de perforació fins al fons del sondeig.



Figura 50: Perforadora lleugera TH10LM.

### 13.2.2. Fluid de perforació

El fluid de perforació utilitzat durant la perforació és un component molt important del procés. Aquest fluid, compost de materials químics, circula per l'interior del varillatge fins a arribar a la boca de la broca perforadora fixa i ascendeix per l'espai anular (espai entre la paret de la perforació i el diàmetre exterior del varillatge).

Les principals funcions del llot de perforació són les següents:

- Refredament i lubricació de l'utillatge de tall.  
Durant la perforació s'alliberen importants quantitats de calor a causa de la fricció de l'element de tall i la mateixa calor del subsòl. A causa d'això el llot ha de tenir la suficient capacitat calorífica i conductivitat tèrmica per recollir el màxim de calor des del fons del pou i transportar-la fins a la superfície.
- Estabilitzar les parets de la perforació  
El llot té la propietat de formar una pel·lícula (cake) fina, flexible i de baixa permeabilitat al voltant de la superfície de perforació, d'aquesta manera es minimitzen els problemes d'esfondraments o desenduriment en cas de sòls no consistents. També s'evita l'efecte sífó entre diferents aquífers si és que es comuniquen per la perforació. De la mateixa manera, aquest procés evita les filtracions de l'aigua continguda al llot de perforació cap a les formacions permeables que suposaria una pèrdua de pressió del fluid.
- Augmentar la capacitat d'expulsió de detritus  
Els llots de perforació són els medis de transport i extracció dels materials sòlids disposats en forma de partícules o fragments després de ser arrencats per l'element de tall.

Quan la circulació és interrompuda, els fragments queden suspesos al llot a causa de la seva propietat gelatinosa, per la qual s'evita que els fragments caiguin al fons i causin un problema a l'hora de reprendre la perforació.

Hi ha molts tipus de llots de perforació, tant en base d'aigua com en base d'oli. Per al present projecte s'utilitzarà el llot bentonític.

Aquest fluid és el més comú en pous profunds no problemàtics i està format per una base d'aigua i bentonita. La bentonita és una argila que no perd la consistència ni l'estabilitat encara que se li afegixi gran quantitat d'aigua. Aquesta propietat, anomenada tixotropia, implica que quan el fluid és remenat perd la resistència sense deixar de comportar-se com un fluid, i si es deixa reposar recupera consistència.

Els llots de perforació tenen una sèrie de propietats que s'han de controlar per al seu correcte funcionament:

- Viscositat: d'aquesta propietat depèn que el material de perforació sigui extret cap a la superfície. El valor de la viscositat ha de ser suficient per encapsular els materials en suspensió però no pot ser molt elevat ja que suposaria un impediment per ser bombejat.
- Densitat: la finalitat del valor de la densitat del llot de perforació és mantenir els fluids continguts dins de la perforació, mantenint d'aquesta manera la pressió requerida que exerceixen les parets del sondeig.
- pH: ha d'estar constantment en equilibri per garantir que el llot sigui estable per tal d'evitar sedimentació.

Durant la perforació del pou, el llot pot patir contaminacions provinents de la formació geològica, que poden modificar els valors característics preestablerts a l'hora d'introduir-lo al sondeig. Per això caldrà estudiar mitjançant diferents tests (Marsh Funnel, precipitador, etc.) que es garanteixin uns valors constants per aconseguir un correcte funcionament del procés de perforació.

### **13.2.3. Mesclador i bomba d'impulsió de llot de perforació**

El mesclador és l'equip que genera el fluid de perforació a partir de l'aigua i la bentonita. Per aconseguir una correcta dissolució, s'utilitza un mesclador venturi, que garanteix una correcta homogeneïtzació. Finalment, es corregeixen els valors del llot perquè siguin els correctes mitjançant l'ús d'additius polimèrics, controladors de pH, etc., i posteriorment el fluid és bombejat a través d'una mànega fins a la boca d'entrada del sistema de varillatges.

Per a perforacions profundes, es pot instal·lar un equip de reciclatge de llots per tal de reutilitzar el llot de perforació i així generar menys residus, però en el present projecte, a causa de la poca profunditat que s'ha d'assolir, es prescindirà de qualsevol sistema de reutilització.

Això significa que caldrà habilitar una zona per abocar el fluid de perforació que s'acumularà a mesura que es vagi profunditzant el sondeig. S'aprofitarà la llera seca del torrent que passa adjacent a la casa i el seu desnivell per construir una petita presa de contenció de llots mitjançant taulons sostinguts amb puntals d'obra. Un cop finalitzada la perforació i mitjançant un camió bomba es retiraran els llots fins a una planta de tractament i es recuperarà la zona en el seu estat inicial.



Figura 51: Mescladora i bomba d'impulsió.

Aquestes instal·lacions, dotades d'un generador, una bomba i un mesclador, es situaran a la mateixa parcel·la de la casa, al costat de les perforacions, ja que hi ha espai suficient.

De la mateixa manera es farà amb l'aigua, ja que a causa de les importants quantitats d'aigua en relació amb el subministrament hídic d'una llar, es subministrarà l'equip de mesclat a partir d'un hidrant d'incendis situat a 30 metres de distància.

## 14. FLUID CALOPORTADOR DEL SISTEMA DE CAPTACIÓ

El fluid que s'utilitza com a fluid caloportador en el sistema d'intercanvi de calor geotèrmica serà una mescla d'aigua amb propilenglicol al 25% o 30% aproximadament. El circuit s'omplirà a un valor del voltant d'1,5 bar de pressió a la altura del vas d'expansió.

Com a alternativa, també es pot utilitzar MonoPropilenGlycol. Es tracta d'un anticongelant amb inhibidors de corrosió i que proporciona l'empresa Provalga Energies, i que equival a utilitzar etilenglicol. En ambdós casos s'han de subministrar a una concentració d'entre el 25% i el 30% aproximadament.

L'objectiu d'aquest component sintètic i anticongelant és que el fluid pugui suportar unes temperatures màximes i mínimes tals que no es vegi afectat.

Les principals característiques del propilenglicol s'indiquen a la següent taula:

Nombre químic	1,2-propanodiol
Fórmula	CH <sub>3</sub> -CH(OH)-CH <sub>2</sub> OH; C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
Peso molecular	76,10
Número CAS	57-55-6
Número EINECS	200-338-0
Anàlisis	> 99,5% en peso
Agua	< 0,2% en peso
Punto de ebullició, 101,3 kPa (1 atm)	187°C (369°F)
Àmbit de destilació, 101,3 kPa (1 atm)	186–189°C (367°F–372°F)
Presió de vapor, 20°C (68°F)	0,011 kPa (0,08 mm Hg)
25°C (77°F)	0,017 kPa (0,13 mm Hg)
Punto de congelació	No se solidifica por debajo de la temperatura de congelación del agua
Punto de fluidez	< -57°C (-71°F)
Gravedad específica 20/20°C (68/68°F)	1,038
25/4°C (77/39°F)	1,033
60/4°C (140/39°F)	1,007
Índice de refracción n <sub>20</sub> /D, 20°C (68°F)	1,4310-1,4330
Viscosidad, 25°C (77°F)	48,6 centipoise (mPa.s)
60°C (140°F)	8,4 centipoise (mPa.s)
Calor específico, 25°C (77°F)	2,51 J/g·K
Tensión superficial, 25°C (77°F)	36 mN/m
Punto de inflamación, copa cerrada de Pensky-Martens	104°C (220°F)
Temperatura de autoignición	371°C (700°F)
Conductividad térmica, 25°C (77°F)	0,2061 W/m·K
Conductividad eléctrica, 25°C (77°F)	10 micro S/m
Calor de formación	-422 kJ/mol (-101 Kcal/g·mol)
Calor de vaporización, 25°C (77°F)	67,0 kJ/mol

Figura 52: Propietats del propilenglicol.





## 15. BOMBES DE CIRCULACIÓ

Cal instal·lar els aparells de suficient potència que permetin bombejar el fluid caloportador del sondeig amb les condicions de cabal desitjades i contrarestant les pèrdues de càrrega produïdes per cada circuit.

Per determinar els metres equivalents de pèrdua de càrrega de la instal·lació s'accedeix a les taules ja definides que estableixen els metres equivalents derivats de la pèrdua de càrrega per cada 100 metres de longitud de canonada de polietilè, en funció del cabal de circulació de la canonada i el seu diàmetre interior.

Per al present projecte, s'ha determinat un cabal de 2,5 m<sup>3</sup>/h (2500 l/h) de circulació per les sondes de diàmetre interior 32 mm. Accedint a la taula amb aquests valors es determina una pèrdua de càrrega de 2,9 metres equivalents per cada 100 metres.

l/h	En Ø interiores de tubería [mm]											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
500	8,9	2,1	0,6									
800	20,2	4,7	1,3	0,4								
1.000	29,8	7	1,9	0,6								
1.500		14,2	3,9	1,2	0,5							
2.000		23,5	6,4	2	0,9							
2.500			9,4	2,9	1,3	0,4						
3.000			13	4	1,8	0,5	0,2					
3.500			17	5,3	2,3	0,6	0,2					
4.000			21,5	6,6	2,9	0,8	0,3	0,1				
4.500				8,2	3,6	1	0,3	0,1				
5.000				9,8	4,3	1,2	0,4	0,2				
5.500				11,6	5,1	1,4	0,5	0,2				
6.000				13,5	6	1,6	0,5	0,2				
6.500				15,5	6,9	1,9	0,6	0,3				
7.000				17,7	7,8	2,1	0,7	0,3				
8.000				22,4	9,9	2,7	0,9	0,4	0,2			
9.000					12,1	3,3	1,1	0,5	0,2			
10.000					14,6	4	1,3	0,6	0,3	0,1		
12.000					20,1	5,5	1,8	0,8	0,4	0,2		
15.000					29,7	8,1	2,7	1,2	0,5	0,3		
18.000						11,1	3,7	1,6	0,7	0,4	0,1	
20.000						13,3	4,5	1,9	0,9	0,5	0,2	
25.000						19,7	6,6	2,9	1,3	0,7	0,3	
30.000							9	4	1,8	1	0,3	0,1
35.000							11,8	5,2	2,3	1,3	0,5	0,2
40.000							15	6,5	2,9	1,7	0,6	0,2
45.000							18,4	8	3,6	2	0,7	0,3
50.000								9,7	4,3	2,5	0,9	0,4
60.000								13,3	5,9	3,4	1,2	0,5
70.000									7,7	4,4	1,5	0,6
80.000									10,4	5,6	1,9	0,8
90.000									12,9	7,3	2,4	1
100.000										8,9	2,9	1,2
125.000											4,5	1,8
150.000											6,3	2,6
175.000											8,4	3,5
200.000											10,7	4,4

Figura 53: Taula de metres equivalents deguts a pèrdua de càrrega segons dimensions del tub.

Apliquem aquestes pèrdues per una longitud total de 365 metres lineals, corresponent als trams de descens de les sondes i trams d'ascens (340 metres), i una longitud de 25 metres corresponents als que van des del pou fins a la sala de màquines. Aquests metres lineals corresponen a les pèrdues d'energia degudes al fregament del fluid amb les parets del tub i que equivalen al valor de  $H_c$ .

S'obté una pèrdua per fregament total de 10,6 metres equivalents, als quals s'aplica un augment del 15% en concepte de pèrdues en colzes i col·lectors, assolint així un total de 12,2 metres equivalents.

L'altura geomètrica és zero, ja que al tractar-se d'un circuit tancat, la pressió hidrostàtica es compensa pels dos costats. La sonda, actua com un enorme vas comunicant entre el fluid d'entrada i el de sortida de manera que no hi ha cap diferencial de cota.

Per a aquestes condicions es necessita una bomba de circulació d'una potència de 0.13 CV.

$$P(C.V.) = \frac{\gamma * Q * H_{manomètrica}}{75 * \mu} = \frac{1000 * 0,00071599 * 12,2}{75 * 0,8} = 0,145 C.V.$$

On:

$\gamma$ : densitat de l'aigua

Q: cabal en m<sup>3</sup>/s

$H_{manomètrica}$ :  $H_g + H_c$

$H_g$ : altura geotèrmica

$H_c$ : altura equivalent per pèrdues de conducció

$\mu$ : rendiment de l'aparell

Per al present treball, i després d'estudiar els diferents productes del mercat, es decideix col·locar una bomba EBARA CVM A/4 trifàsica, de la qual es mostren les característiques a continuació.

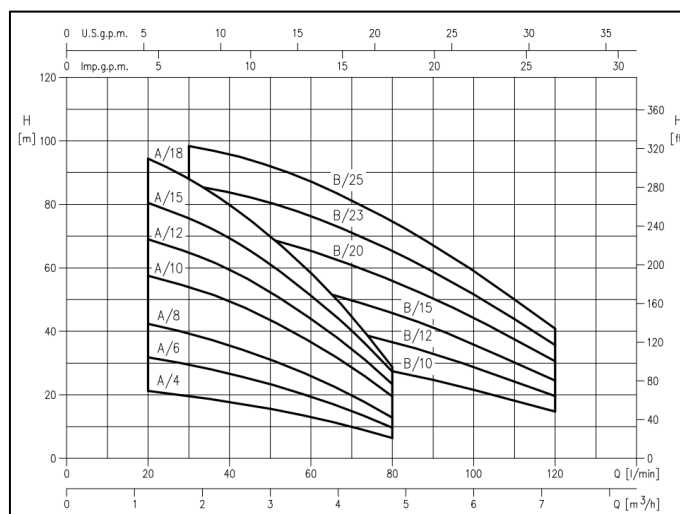


Figura 54: Gràfic de tipus de bombes d'impulsió segons cabal i alçada.

## 16. VERIFICACIÓ DEL SISTEMA

### 16.1. PROVA DE PRESSIÓ

Un cop introduïda la sonda geotèrmica, i abans del seu posterior rebliment, es procedirà a purgar-la. Per aconseguir-ho cal que la velocitat de l'aigua a la canonada sigui com a mínim de 0.6 m/s, el que implica un cabal de 1,8 m<sup>3</sup>/h.

Posteriorment al purgat, es realitza una prova d'estanqueïtat i resistència de la sonda tot complint les següents premisses:

- La pressió de prova ha de ser com a mínim 3 vegades la pressió de servei i com a màxim el 80% de la pressió nominal de la canonada.
- El temps de duració de la prova serà d'una hora
- La caiguda de pressió admissible és del 3%

En el cas que la caiguda de pressió sigui inferior al 3% es procedirà al rebliment del pou i es repetirà la prova una segona vegada.

En el cas de no complir, es retirarà la sonda del sondeig i es procedirà a solucionar el problema.

### 16.2. PROVA D'ESTANQUEÏTAT I PRESSIÓ DEL SISTEMA

Un cop connectat tot el conjunt de la instal·lació i omplert amb el fluid caloportador elegit i posteriorment purgat, es procedirà a la prova preliminar d'estanqueïtat a la pressió de prova per comprovar i garantir la continuïtat de les canonades i verificar l'estanqueïtat de les connexions. Per això, es sotmet la instal·lació a la pressió de prova d'1.5 vegades la pressió màxima efectiva de treball.



## 17. CLIMATITZACIÓ PER TERRA RADIANT

El sistema de climatització per terra radiant o també conegut com a superfície radiant és aquell que pot mantenir alguna superfície de l'interior de qualsevol edificació a una temperatura controlada, ja sigui freda o calenta, per contrarestar els fluxos de calor que penetren a la llar transmesos pels tancaments, per renovació d'aire o per infiltracions de l'aire exterior. Aquesta superfície radiant establirà intercanvis de calor per radiació amb el cos humà i la resta d'elements i superfícies que es trobin dins del seu radi d'afectació i també es produiran intercanvis convectius amb l'aire ambient.

La superfície més fàcil i útil de radiar és el terra, ja que les parets normalment estan cobertes per mobles i d'altres elements.

En un sistema de condicionament tèrmic per superfície radiant, es podrà controlar la temperatura radiant mitjana de l'entorn del subjecte i indirectament la temperatura de l'aire, que correspon a la temperatura operativa de confort.

La sensació de fred es comença a notar als peus, però alhora, si la temperatura a l'alçada del cap és excessiva, el cos humà nota sensació de malestar a causa de la respiració d'aire calent. Per això es recomana una diferència tèrmica entre peus i cap: 24 °C a la zona dels peus i 18 °C a una alçada d'1.80 metres. D'aquesta manera es pot afirmar que s'aconseguirà una sensació de confort i alhora és respirarà aire fresc.

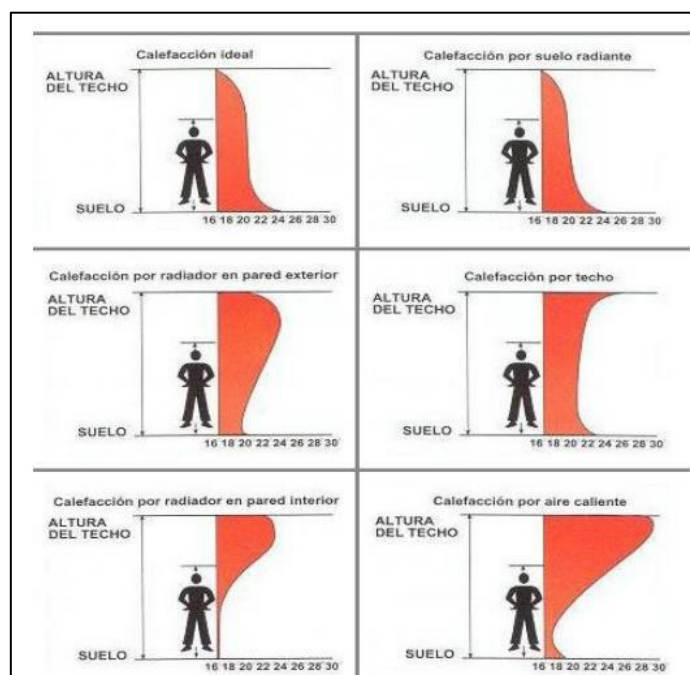


Figura 55: Distribució de la temperatura en funció de cada tipus de sistema de calefacció.

## 17.1. AVANTATGES DEL TERRA RADIANT

- La temperatura de treball en calefacció de l'aigua està entre els 30 i els 50 °C. El sistema de calefacció per radiadors funciona a una temperatura d'entre 70 i 90 °C. Aquestes baixes temperatures de treball comporten poder utilitzar generadors de calor de baixa temperatura com poden ser les bombes de calor o panells solars. La reducció de 25 °C que comporta la calefacció per terra radiant en comparació d'altres sistemes, representa una disminució considerable quant a les pèrdues tèrmiques alliberades en zones on no es necessita aportar calor o en zones d'especial pèrdua energètica com són cantonades o discontinuïtats en el pont tèrmic de la llar.
- A les zones climatitzades per aquest sistema s'hi aconseguixen temperatures molt uniformes. S'eliminen les zones fredes i les zones calentes com succeeix en sistemes per radiadors.  
La temperatura del sostre és considerablement inferior en terra radiant, i s'aconsegueix una disminució de fins a 10 °C en comparació d'altres sistemes com podria ser qualsevol tipus de climatització convectiva.
- La velocitat de circulació de l'aire és molt petita (0.05 m/s) i no comporta cap moviment de pols ni ennegriment de les parets com és el cas de sistemes de climatització per aire.  
Els radiadors de paret només radien entre un 10% i un 30% i la resta de calor és emesa per convecció. En una superfície radiant la climatització per radiació suposa el 60%.  
Lligat a això, amb terra radiant s'aconsegueixen temperatures de confort de 20 graus, mentre que en radiadors és de 22 °C a causa de l'important flux d'aire format per la convecció i que provoca renovacions incontrolades d'aire.
- La major inèrcia tèrmica de la climatització per terra radiant permet aprofitar les aportacions externes de calor com podrien ser les provinents de la radiació solar, la dels aparells que emeten calor o la de les persones que hi hagi.  
Alhora, el sistema s'autoregula redistribuint la calor, ja que el sistema de tubs absorbeix la temperatura de les zones més calentes i les reparteix a d'altres superfícies.

## 17.2. TEMPERATURA DE CALEFACCIÓ

La temperatura de calefacció ja és coneguda per a la llar ja que és climatitzada per terra radiant però la font energètica prové de la combustió de recursos fòssils amb caldera.

### 17.3. TEMPERATURA DE REFRIGERACIÓ

Anteriorment al canvi de font d'energia (de combustibles fòssils a geotèrmia), el sistema de refrigeració és inexistent, ja que la caldera de gasoil només escalfa aigua, mentre que la bomba de calor, com ja s'ha explicat anteriorment, pot actuar com a sistema de refrigeració.

En mode refrigeració existeix el problema de la condensació de vapor d'aigua de l'aire sobre el paviment. Per evitar aquest fenomen no desitjat, la temperatura de l'aigua del terra radiant no ha de superar el punt de rosada. El punt de rosada ( $t_d$ ) és la temperatura a la qual l'aire s'ha de refredar per tal que es produeixi la saturació o, altrament dit, arribi al 100% d'humitat relativa.

Seguint la guia MetAs Temperatura de punto de Rocío, per conèixer la temperatura de rosada, primer s'ha de determinar la pressió de saturació de l'aire a temperatura ambient:

$$e_s(t) = \exp^{\left(\ln(611,2) + \left(\frac{17,62 \cdot t}{243,12 + t}\right)\right)}$$

On:

$e_s$ : pressió de saturació del vapor d'aigua [Pa]

$t$ : temperatura ambient [°C]

Un cop determinada la pressió de saturació del vapor a temperatura ambient es procedeix a calcular la pressió parcial de vapor d'aigua a partir de la humitat relativa:

$$e = \frac{\%HR}{100} \cdot e_s(t)$$

On:

$e$ : pressió de vapor de l'aigua [Pa]

%HR: tant per cent d'humitat relativa. Es considera un valor ideal d'humitat del 50%.

Com que la temperatura de rosada és aquella a la qual s'arriba a la pressió de saturació del vapor de l'aire:

$$e = e_s(t_d)$$

De manera que:

$$e_s(t_d) = \exp^{\left(\ln(611,2) + \left(\frac{17,62 \cdot t}{243,12 + t}\right)\right)}$$

Aïllant  $t_d$ :

$$t_d = \frac{243,12 \cdot \ln(e) - 1559,72}{24,035 - \ln(e)}$$

On:

$t_d$ : temperatura de punt de rosada

La taula següent mostra els resultats obtinguts substituint els paràmetres corresponents de la llar d'aquest projecte.

Resultats		
t	24	°C
$e_s(t)$	2976,59	Pa
HR	50	%
$es(t)$	1488,29	Pa
$t_d$	12,92	°C

Taula 19: Taula resum dels valors obtinguts del punt de rosada.

Amb aquests resultats, es pot afirmar que per a les anteriors condicions de temperatura i humitat relativa no es pot refredar l'aigua del terra radiant a una temperatura inferior a 13 °C, ja que superar aquest límit implicarà condensació al paviment i el farà rrelliscós.

Cal tenir en consideració que en zones de la llar com la cuina o els lavabos hi sol haver una humitat relativa més elevada, de manera que s'haurà de controlar més contínuament aquests circuits independents.

El valor pres d'humitat relativa ideal de 50% pot ser superat en dies d'estiu en què les condicions climàtiques afavoreixin un augment de la humitat, i és per això que s'aplicarà un marge de seguretat del 15%, de manera que es fixarà una temperatura de refrigeració màxima de 15 °C.

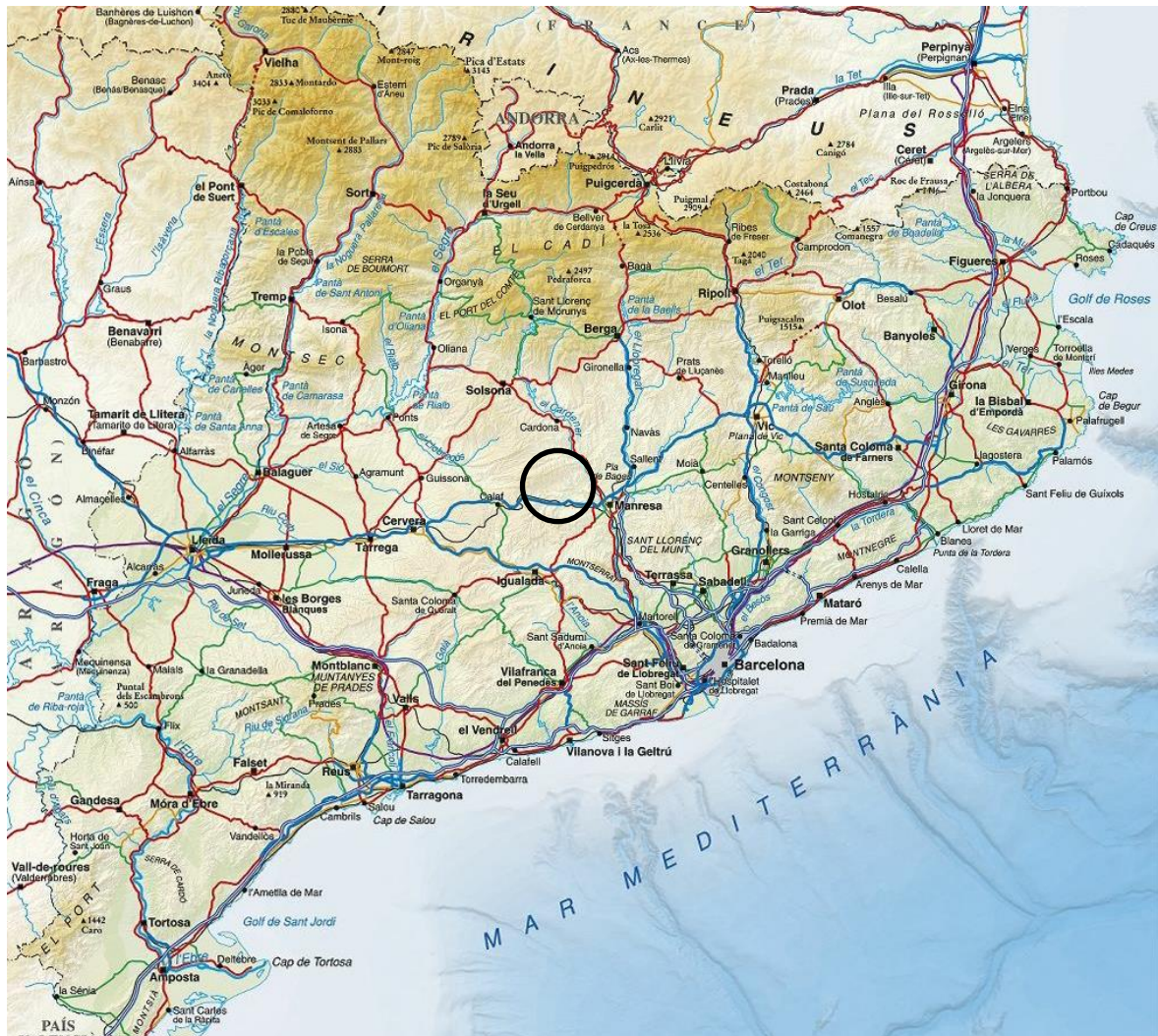


# Projecte d'una instal·lació geotèrmica de molt baixa entalpia per a un habitatge unifamiliar

Document 2: Plànols

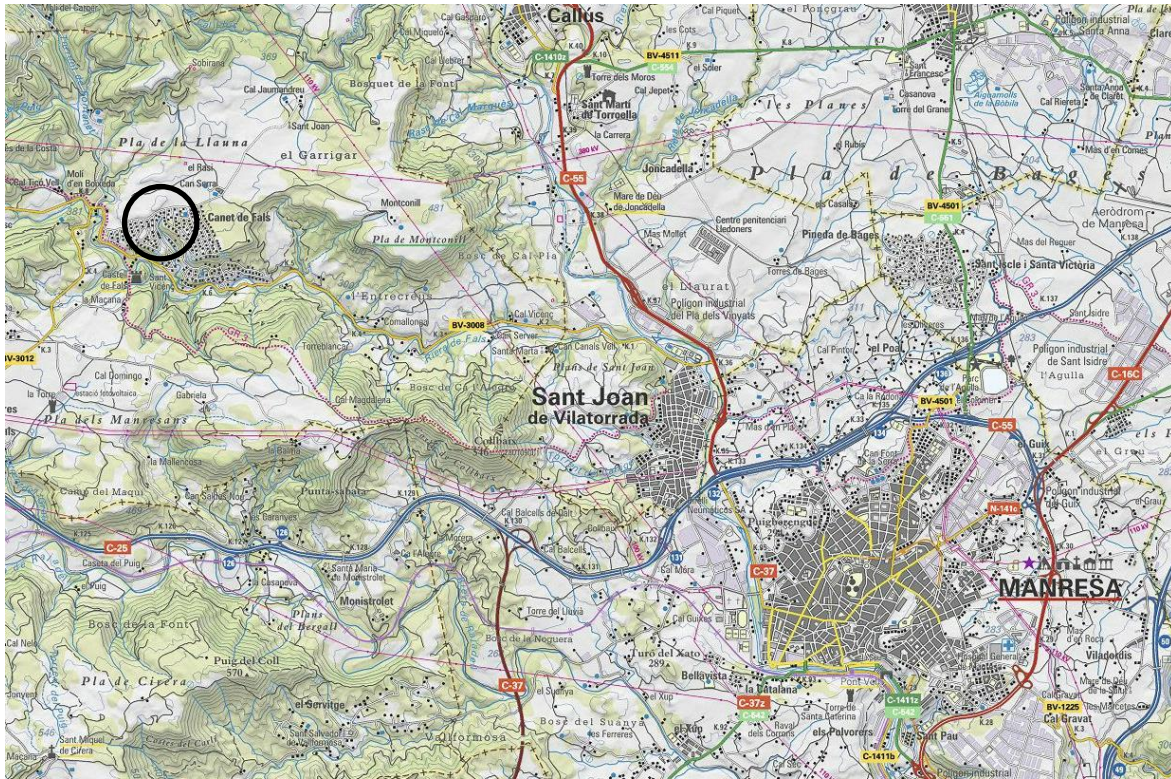


## Mapa d'ubicació general del projecte





## Mapa d'ubicació detallada del projecte



## Plànol de les tres plantes de la casa



## Situació dels sondejos i de la bomba de calor



# Projecte d'una instal·lació geotèrmica de molt baixa entalpia per a un habitatge unifamiliar

Document 3: Plec de condicions



## 18. PLEC DE CONDICIONS

### 18.1. PLEC DE CONDICIONS GENERALS

L'objecte del present document és la descripció de les condicions facultatives i tècniques que s'han de complir durant l'execució de les obres d'implantació del sistema geotèrmic.

Cada punt d'aquest document és d'obligat coneixement per a totes les persones que intervenen en aquesta obra: contractistes, agents externs, etc.

Com a consideracions generals per al projecte i la posterior execució de les instal·lacions, es tindrà en compte el següent:

- La instal·lació s'executarà mantenint les instal·lacions edificades existents però sense afectar-les, ja que les perforacions i els conductes salvaran les instal·lacions en profunditat o es col·locaran amb l'objectiu de no afectar-les.

Tota la instal·lació haurà de complir la normativa vigent i, d'acord amb aquesta, s'haurà de legalitzar.

### 18.2. PLEC DE CONDICIONS FACULTATIVES

#### Promotor

Serà considerat agent promotor qualsevol persona física o jurídica, pública o privada que, de manera individual/col·lectiva decideixi impulsar o finançar amb recursos, les obres de construcció i execució del present projecte.

Les obligacions del promotor són les següents:

- Nomenar els tècnics projectistes i directors d'obra.
- Facilitar la informació necessària per redactar el projecte i autoritzar les modificacions supervisades pel director d'obra.

#### Contractista

És la figura encarregada d'executar les obres a través de mitjans humans i materials suficients, ja siguin propis o aliens, dins del període de temps acordat.

Les obligacions del contractista són les següents:

- Executar l'obra amb la qualitat exigida en el projecte i els terminis establerts en el contracte.

- Tenir i disposar de la capacitat professional per al compliment de les seves tasques.
- Seleccionar el cap d'obra, que serà l'encarregat d'assumir la representació tècnica del constructor a dins de l'obra.
- Formalitzar les subcontractacions que es duguin a terme al llarg de l'obra.
- Facilitar al director d'obra les dades necessàries per elaborar el document de final d'obra.

### 18.3. PLEC DE CONDICIONS TÈCNiques

#### Condicions tècniques generals

Les següents són les consideracions tècniques generals per a la instal·lació que ens ocupa:

- Si durant la realització dels pous no es pot arribar a la profunditat desitjada, només es facturarà per metre lineal de pou efectiu realitzat, no la totalitat de la profunditat del pou previst.
- Si un cop instal·lada la sonda no se'n pot certificar el correcte funcionament, no es facturarà.
- Caldrà disposar de tots els permisos necessaris abans d'iniciar la perforació corresponent als pous geotèrmics.
- Es realitzaran dos pous de 85 metres de profunditat. Per assegurar els metres lineals reals del pou finalitzat, primer es comprovarà d'acord amb les marques que incorporen els tubs de les sondes. Les sondes tenen un metratge i porten incorporades unes marques de manera que es pot saber en tot moment la profunditat del pou.
- Les sondes indicades en el present projecte (Rehau) disposen de totes les homologacions i certificacions necessàries, així com la garantia corresponent. En tot cas, només s'admetrà sondes que incorporin els corresponents certificats, homologacions i garanties necessàries.
- Es proposen unes mesures preventives i correctores, que s'hauran de tenir en compte per a la conservació mediambiental de la zona durant la perforació:
  - Si hi ha petites pèrdues d'oli o de gasoil de la màquina perforadora, es parará immediatament l'equip de perforació, i es recollirà els líquid vessats mitjançant materials absorbents, que es portaran a un centre de reciclatge autoritzat.
  - Si es genera pols, l'equip de perforació disposarà d'un equip de captació de pols, que es podrà desconnectar en cas de presència d'aigua dins de la perforació.
  - Per evitar afectacions als aqüífers:

- Mai s'extraurà aigua sota cap finalitat. Només s'introduiran les sondes geotèrmiques per intercanviar calor amb el subsòl.
- Només s'utilitzarà el propi detritus procedent de la perforació o arena silícica per reomplir les perforacions.
- A continuació es llisten les accions que cal emprendre per a la protecció de la vegetació de la zona d'afectació de la instal·lació geotèrmica:
  - Evitar obrir rases a menys d'1 m de la copa dels arbres. De totes maneres, s'evitarà passar pel centre de qualsevol arbre, i es respectarà una distància mínima d'1 m de la rasa al tronc de l'arbre.
  - Durant el període de duració de l'obra no s'abocaran productes tòxics ni restes de l'obra al voltant dels arbres.
  - Previ a l'inici de les obres, s'adequarà l'arbrat susceptible de ser afectat mitjançant una poda correctora.

### Plec de condicions tècniques particulars

#### Perforació

- La perforació serà de tipus vertical i mantindrà una distància mínima de 2 metres respecte a l'edifici.
- El diàmetre de perforació haurà d'estar dins del rang de 158-165 mm, de manera que permeti la introducció dels tubs.

#### Sondes

- Un cop instal·lades les sondes, es protegiran per la part superior mitjançant taps o sistemes que garanteixin la no penetració de cossos a l'interior del circuit.
- Les sondes seran de la marca Rehau. Aquestes sondes seran de polietilè PE100 PN16 SDR 11 de 40 mm de diàmetre nominal.
- Els tubs de polietilè estaran estandarditzats segons les normatives DIN 8074 (dimensionar) i DIN 8075 (requisits generals de qualitat i prova). Aquestes normatives garanteixen una duració de vida de més de 100 anys en unes condicions concretes d'utilització.
- La instal·lació de cada una de les dues sondes presenta les següents parts: un peu de sonda en forma de U, dos tubs de polietilè de la sèrie SDR 11, i un element d'unió per empalmar els tubs verticals i el col·lector on s'uniran totes les sondes.

Totes les soldadures es duran a terme per electrofusió i tot el conjunt de la sonda serà certificat pel fabricant.
- A més de les condicions tècniques definides anteriorment, s'hauran de complir tots els processos executius d'obra que es troben redactats a la memòria, com la prova d'estanqueïtat i pressió del sistema, etc.

## 18.4. PLEC DE CONDICIONS ECONÒMIQUES

El contractista haurà de percebre la totalitat de l'import dels treballs realitzats d'acord amb el projecte, el contracte firmat amb el promotor, les especificacions anunciades per la direcció i les condicions generals i particulars del plec de condicions.

### Preus contradictoris

Els preus contradictoris s'originen com a conseqüència de la introducció de diferents elements a l'obra o de canvis de qualitat no previstos inicialment en el projecte, i sorgeixen per iniciativa del promotor o de la direcció facultativa.

En el cas del contractista, estarà obligat a presentar una proposta econòmica per realitzar les seves modificacions, que hauran de ser aprovades per la direcció facultativa i el promotor a través d'una acta firmada per ambdues parts.

### Benefici del contractista

S'estableix un benefici industrial del contractista del 3 % en cas de liquidació de pressupost per treballs realitzats i acabats i del 6% en cas que el contractista aguantí tota la càrrega econòmica fins a la finalització de les obres.

## 18.5. PLEC DE CONDICIONS LEGALS

El contractista és el responsable de sol·licitar els pertinents permisos i llicències i ha d'assegurar el solar mitjançant mitjans físics necessaris per complir en tot moment les ordenances municipals.

Les causes per rescindir el contracte són les següents:

- Mort o incapacitat del contractista
- Fallida del contractista
- Modificació substancial del projecte que impliqui una variació del 50% del pressupost contractat.
- La no iniciació de l'obra en el termini acordat.
- Suspendre o abandonar l'execució de l'obra de manera injustificada en un termini superior a 2 mesos.
- No finalitzar l'obra en el termini acordat.
- Per incompliment de les condicions del contracte o del projecte.
- Incompliment de la normativa vigent de Seguretat i Salut en el treball.

### Energia i edifici

- Modificació de determinats documents bàsics del Codi Tècnic d'Edificació aprovats pel Reial Decret 314/2006, de 17 de març, i el Reial Decret 1371/2007, de 19 de d'octubre.
- Reial Decret 1027/2007, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE).
- Correcció d'errors del Reial Decret 1027/2007, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis.
- Instrucció 6/2009 SIE que aprova el model de certificat anual de manteniment i l'etiqueta de manteniment i inspecció de les instal·lacions tèrmiques en els edificis a Catalunya.
- Codi Tècnic d'Edificació. Part II. Document Bàsic. Reial decret 314/2006, de 17 de març, del Ministeri de Habitatge.

### Instal·lacions

- Reial Decret 1942/1993 de 5 de novembre. Reglaments d'instal·lacions de protecció contra incendis.
- Reial Decret 842/2002 del 2 d'agost. REBT. Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i instruccions complementàries.
- Normes UNE especifica d'aplicació en cada cas.
- Normes UNE-EN corresponents als diferents materials utilitzats en fontaneria: tubs de polietilè (PE), segons Normes UNE-EN 12201:2003

### Seguretat i Salut

- RD 486/1997 que fa referència a les Disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball.
- Ordre 1952 del 20 de maig. Reglament de Seguretat i Higiene en el treball de la indústria de la construcció
- Llei 31/1995 del 8 de novembre. Prevenció de Riscos Laborals.
- Reial Decret 485/1997 del 14 d'abril. Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.
- Reial Decret 487/1997 del 14 d'abril. Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la manipulació manual de càrregues que impliqui riscos per als treballadors, especialment dolors dorsolumbars.



# Projecte d'una instal·lació geotèrmica de molt baixa entalpia per a un habitatge unifamiliar

Document 4: Pressupost





## 19. PARTIDES DEL PRESSUPOST

En aquest apartat es mostrarà el pressupost orientatiu que cal destinar per instal·lar el sistema de climatització per geotèrmia per al present Projecte.

UD	CONCEPTE	PREU		IMPORT
1	Bomba de calor geotèrmica GEO-Flow DHW THHEY 116 de la marca Rhoss potència 18 kW i COP 4,6.	2449	€	2449 €
1	Instal·lació de bomba geotèrmica GEO-Flow DHW THHE 114 de la marca Rhoss amb canonades multicapa i amb els acumuladors, basos d'expansió i bombes d'impulsió corresponents.	7646	€	7646 €
1	Quadre elèctric trifàsic i instal·lació elèctrica per al control de la instal·lació.	5910	€	5910 €
350	Perforació per rotopercussió amb broca fixa de diàmetre 175 mm.	20	€/m	7000 €
350	Sonda d'intercanvi tèrmic vertical RAUGEO PE100 P16 SDR 11.	6,36	€/m	2226 €
80	m de canonada PE40 P10 SDR 7,4 Canonades i accessoris termosoldables amb fixació al sostre per safata inclòs l'aïllament per connectar la sonda amb la bomba de calor.	9,3	€/m	744 €
10	m de rasa de 0,6 m x 0,4 m.	26	€/m	260 €
2	t d'arena fina per garantir l'estabilitat de la sonda i el correcte funcionament.	13	€/t	26 €
3	m3 retirada de llots de perforació	150	€/m <sup>3</sup>	450 €
225	l de fluid caloportador de la sonda propilenglicol.	4,6	€/l	1035 €
1	Bomba d'impulsió de la sonda	650	€	650 €
Preu brut				28396 €
21% de IVA				5963,16 €
<b>TOTAL</b>				<b>34359,16 €</b>

Taula 20: Pressupost de les partides destinades a instal·lar el sistema de captació per calefacció geotèrmica.

## 19.1. CONSUM ENERGÈTIC

Tot i que la inversió inicial és molt elevada, el que fa d'aquest sistema de climatització eficient és la seva rendibilitat econòmica en relació amb el sistema de calefacció previ basat en combustió de gasoil.

La nova instal·lació tindrà una despesa elèctrica que caldrà considerar per determinar la seva viabilitat. La demanda elèctrica, tal com és d'esperar, variarà al llarg de l'any depenent de la utilització que se'n faci i de les condicions atmosfèriques.

A continuació es mostren les potències dels elements de principal consum i que ens permetran estimar un càlcul aproximat de l'energia elèctrica consumida.

Potència de calefacció	18 kW
Potència de refrigeració	31 kW
Potència bomba d'impulsió	0,4 kW

Taula 21: Resum de potències de consum dels diferents elements.

Cal tenir en consideració que aquests són valors de treball a plena càrrega. El funcionament del sistema no és sempre a ple rendiment i per això estimarem un minorament del 15% en calefacció i del 50 % en refrigeració.

$$\text{Pot. de calefacció (kW)} = (18+0,3) \times 0,85 = 15,55 \text{ kW}$$

$$\text{Pot. de refrigeració (kW)} = (31+0,3) \times 0,5 = 15,65 \text{ kW}$$

Per conèixer la demanda energètica anual aplicarem la fórmula següent:

$$W = \frac{Q \cdot h}{COP}$$

On:

W: és la electricitat consumida pel sistema.

Q: és la capacitat de refredament o escalfament de la bomba.

h: són les hores de funcionament a l'estiu i a l'hivern.

Trobem que l'energia consumida anualment serà de 28,5 kW.

Un cop determinada la demanda energètica anual que consumirà el sistema de climatització geotèrmic es procedeix a conèixer la despesa elèctrica a través del comparador d'ofertes de la Comissió Nacional de l'Energia.

L'edifici del projecte té una potència contractada, de 6.6 kW, dividida en dues fases horàries:

- Període punta, en què el preu de l'electricitat és més alt que en el període vall. Comprèn des de les 12 h fins a les 22 hores de tots els dies, laborables i festius.
- Període vall, en què el preu del kWh és més baix en relació amb el període de punta. Comprèn l'interval que va des de les 22 h a les 12 hores.

Com que es tracta d'una llar unifamiliar amb sistema de calefacció per terra radiant, cal mantenir climatitzada la llar durant les 24 hores del dia.

Per això, el consum es dividirà segons el seu ús en cada franja horària i es distribueix de la següent manera: durant el període d'hores punta es consumirà el 33% de la demanda, i en hores vall el 67% restant.

A continuació es mostren les principals ofertes de les companyies que ofereixen el servei d'electricitat a la zona del projecte.

Comercialitzadora	Oferta	Importe Anual 1 <sup>er</sup> año	Importe Anual 2 <sup>o</sup> año	Validez	Servicios adicionales incluidos	Verde	Consultar detalle
	<u>Conect@ Luz (2.0DHA)</u>	3.534,59€	3.534,59€	Válida para cualquier consumidor	Ninguno	No	
	<u>Plan Noche (2.0 DHA)</u>	3.534,59€	3.534,59€	Válida para cualquier consumidor	Ninguno	No	
	<u>2.0 DHA</u>	3.548,63€	3.548,63€	Válida para cualquier consumidor	Ninguno	No	
	<u>Tarifa de luz 100% Online   2.0DH</u>	3.549,35€	3.567,00€	Válida para cualquier consumidor	Ninguno	No	

Figura 56: Principals ofertes d'electricitat de diferents companyies.

Els imports que figuren a la taula inclouen l'IVA i l'impost d'electricitat, però no inclouen l'import del lloguer de l'equip de mesura. Tots els preus s'han calculat suposant els preus actuals (desembre de 2016) com a constants.

L'oferta més econòmica que es presenta és la que proporciona l'empresa IBERDROLA amb un cost anual del primer any que puja fins a un total de 3534,59 €/any.



## 20. PRESSUPOST TOTAL

Dels anteriors apartats on es detallen les despeses derivades de la instal·lació i manteniment d'un sistema de climatització per geotèrmia, el pressupost total ascendeix a:

Pressupost de partides	34359,16€
Pressupost de demanda energètica anual	3534,59 €



## 21. ESTUDI ECONOMIC

Per poder realitzar l'estudi econòmic a llarg termini cal considerar diverses variables que podran fluctuar en el futur i que per tant poden influir en el temps d'amortització.

A l'estudi econòmic compararem el sistema de climatització que fins al moment és l'utilitzat com a calefacció per la llar, basat en combustió de productes fòssils, amb el sistema de geotèrmia.

Es prendrà per als següents càlculs un augment del 2% del cost anual del kW/h, encara que és una estimació que depèn de moltes variables com ara la potència contractada, el consum d'energia, etc.

La comparació entre els dos sistemes es durà a terme determinant les hores de funcionament de cada sistema així com el consum de les diferents instal·lacions.

### 21.1. INSTAL·LACIÓ DE GASOIL

El primer que s'ha de determinar és el cost anual del gasoil, que dependrà de la demanda energètica i el cost del combustible.

La demanda de gasoil per a la llar és plenament coneguda ja que el sistema de climatització actual basat en la combustió de combustibles fòssils ens permet obtenir les dades de consum de gasoil.

Es coneix que es destina una mica més d'un dipòsit de 2.000 litres anualment a la calefacció de la llar, de manera que es prendrà el valor mitjà de 2.250 litres de gasoil anual.

El preu del gasoil tipus C (de calefacció) ha variat al llarg dels últims anys, però podríem considerar una mitja del preu de 0,79 €/l

$$\text{Cost anual de combustible} = 2250 \text{ l/any} \cdot 0,79 \text{ €/l} = 1777,5 \text{ €/any}$$

### 21.2. INSTAL·LACIÓ DE GEOTÈRMIA

L'energia que consumirà cada any la instal·lació de geotèrmia és la següent:

$$W = \frac{\text{Energia consumida}}{COP} = \frac{28500 \text{ kWh/any}}{4,60} = 6195,65 \text{ kWh/any}$$

Estimant el preu de l'electricitat en funció del tipus de contracte elèctric obtingut per la Comissió Nacional de l'Energia es determina el cost del kWh de 0,0868 €/kWh.

$$\text{Cost anual d'electricitat} = 6195,65 \text{ kWh/any} \cdot 0,0868 \text{ €/kWh} = 537,78 \text{ €/any}$$

Per tant, l'estalvi que es farà cada any per fer servir energia geotèrmica en comptes de gasoil serà:

$$\text{Estalvi final} = 1777,50 \text{ €/any} - 537,78 \text{ €/any} = 1239,72 \text{ €/any}$$

### 21.3. TEMPS DE RETORN DE LA INVERSIÓ INICIAL

Es consideren les següents equacions i paràmetres per operar:

- Cost del combustible

$$C_n = \sum C_0 \cdot \left(1 + \frac{g}{100}\right)^n$$

On:

$C_n$ : cost del combustible a l'any n.

$C_0$ : estalvi de combustible l'any 0.

g: taxa d'augment anual del preu del combustible. S'estima d'un 2,5%.

n: any.

- Valor actual net (VAN)

El valor actual net és un mètode que s'utilitza per a la valorització de diferents opcions d'inversió. Aquest mètode consisteix a actualitzar despeses i beneficis d'un projecte.

$$VAN = \sum \frac{C_n}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n}$$

On:

VAN: valor actual net.

$C_n$ : cost del combustible a l'any n.



r: cost de capital, es pren un 2,5%.

n: any.

L'estimació que es realitza a continuació pronostica un període d'amortització d'entre 11 i 12 anys. Encara que aquest període de recuperació aparentment sigui llarg, s'ha d'observar com cada any hi ha un benefici econòmic net, però en tractar-se d'una inversió força important el temps d'amortització és més elevat.

S'ha de tenir present que el càlcul de l'amortització d'aquest sistema de captació s'ha fet contraposant el funcionament de calefacció, que només treballa al període d'hivern.

La geotèrmia ofereix climatització a l'estiu ja que està dotada de sistema de refrigeració. Si es considerés l'estalvi derivat del sistema de refrigeració en relació amb l'amortització ja calculada, el temps de retorn de la inversió seria més baix.

Per al cas del present projecte hi ha un canvi en el sistema de climatització (de gasoil a geotèrmic), però en el cas d'aquelles llars unifamiliars on no s'ha d'instal·lar el sistema de climatització, a l'hora de calcular l'amortització, s'obtindria un període de recuperació de la inversió encara més curt a favor de la geotèrmia ja que no s'haurien de considerar les inversions inicials de la instal·lació de gasoil i aire condicionat, que si ha estat el cas dels números calculats en el present treball.

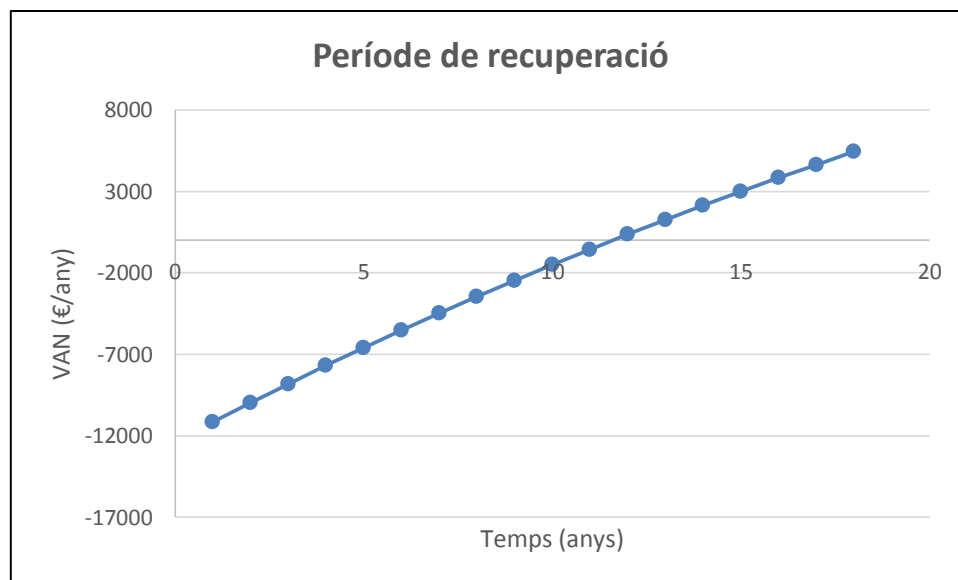


Figura 57: gràfic d'evolució de la inversió de tota la instal·lació geotèrmica.



## 22. RESULTATS FINALS I CONCLUSIONS

Amb aquest treball s'ha volgut estudiar com s'ha de fer el canvi de climatització d'una casa unifamiliar des d'un sistema basat en els combustibles fòssils a un sistema respectuós amb el medi ambient i més eficient.

La substitució serà d'una caldera de gasoil, que és el que actualment hi ha a la llar i que és un sistema molt estès a molts habitatges per un sistema de climatització geotèrmic vertical que no és gaire conegut al nostre territori.

La potència per climatitzar l'habitatge, que s'ha trobat mitjançant la utilització del programa LIDER-CALENER, és de 18 kW. Per poder aportar aquesta potència s'ha calculat que són necessaris dos pous de 85 m, cadascun amb una sonda de doble U, i una bomba de calor aigua-aigua per poder climatitzar la llar mitjançant el terra radiat.

Un inconvenient d'aquest sistema és que requereix una inversió inicial força elevada, degut als equips de treball i el cost de la perforació.

El pressupost que s'ha determinat que es necessita com a inversió inicial és de 34359,19 € i es preveu que s'amortitzaria aproximadament entre 11 i 12 anys.

El període de recuperació que hem calculat pot variar depenent de amb quin altre sistema de climatització es compari, a més de les possibles variacions que podrien tenir els preus de les fonts d'energia primàries dels sistemes comparats, que són el gasoil i de l'electricitat.

Un avantatge que presenta aquest sistema de climatització és que a més de poder escalfar la llar a l'hivern, també podrà refrigerar la casa durant els períodes més calorosos, cosa que no es podia fer amb el sistema anterior.

Les possibles variacions del preu del gasoil, que fins l'any 2015 era a la baixa i el 2016 va pujar lleugerament, afecten a la rendibilitat del sistema de captació per geotèrmia. Com més baix és el preu, menys rendible és i com més alt sigui, més rendible. Tenint en compte que L'Estat Espanyol ha d'importar el petroli que consumeix, i que aquest és un recurs cada cop més escàs, el més probable és que el preu augmenti i per tant el sistema geotèrmic sigui més rendible.

Com que el nou sistema de climatització es basa en una energia neta, produeix molt poques emissions de gasos d'efecte hivernacle comparat amb altres sistemes com el que es tenia fins ara a la llar, reduint els kg anuals de gasos emesos. Aproximadament es

reduirien uns 30 kg d'òxids de nitrogen, uns 80 kg d'òxids de sofre i una mica més de 1000 kg de CO<sub>2</sub>.

Tenint en compte tots els factors esmentats fins ara, com la pujada del preu del gasoil, l'augment del preu de la llum, el capital inicial invertit força alt, etc., el sistema presentat en aquest projecte, tenint en compte uns 20 anys de funcionament, comporta un estalvi significatiu respecte al sistema anterior de climatització.

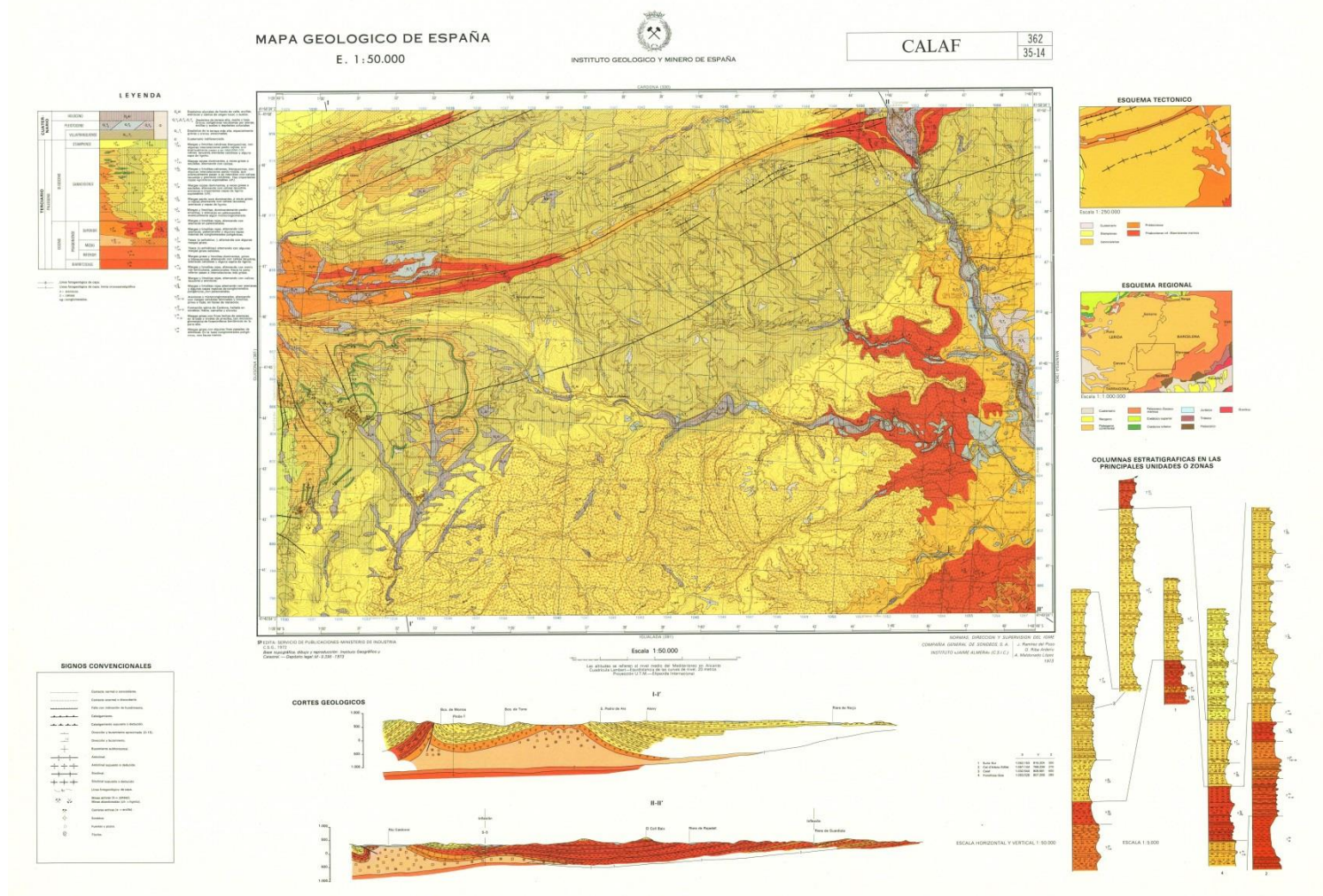
Amb tot això es demostra la rendibilitat actual d'aquest sistema i que gracies a avenços tecnològics cada cop ho serà més, i permet contribuir a reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle que tant perjudiquen al planeta.

# Projecte d'una instal·lació geotèrmica de molt baixa entalpia per a un habitatge unifamiliar

Document 5: Annexos



# ANEX A: MAPA GEOLÒGIC DE L'IGME







# ANNEX B: MATERIALS I MAQUINÀRIA

## ELEMENTS CONSTRUCTIUS

**CTE WEB**



código técnico de la edificación

17 Fábricas / Fábrica de ladrillo / Ladrillo perforado LP / ½ pie (80-100 G)

Materiales	$\rho$	$C_p$	$\mu$	R
115 ó 130mm espesor	900	1000	10	0.23

$\rho$ : Densidad, en Kg/m<sup>3</sup>  
 $C_p$ : Calor específico, en J/Kg K  
 $\mu$ : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, adimensional  
 R: Resistencia térmica, en m<sup>2</sup>K/W

**CTE WEB**



código técnico de la edificación

08 Aislantes / Aislantes térmicos / Poliestireno Expandido (EPS) / Poliestireno Expandido (EPS)

Materiales	$\rho$	$\lambda$	$\mu$
Genérico	10-50	0.046-0.029	20-100
Knauf therm batiment SE	30-50	0.38	130
Knauf therm Th 39 SE	35-50	0.037	150
Knauf therm Th 37 SE	40-50	0.038	150
Knauf therm Th 35 SE	40-50	0.042	150
Knauf therm Th 34 SE	38-50	0.041	150

**CTE WEB**



código técnico de la edificación

15 Vidrios / Acristalamientos incoloros / Unidades de vidrio aislante / Vidrios normales (E=0.89)

Materiales	$U_{H,v}$	$U_{H,h}$
espesor 4-6-(4...6)	3.3	3.6
espesor 4-9-(4...6)	3	3.4
espesor 4-12-(4...6)	2.8	3.4
espesor 4-15-(4...6)	2.7	3.4
espesor 4-20-(4...6)	2.7	3.3

$U_{H,v}$ : Transmitancia térmica vertical del acristalamiento del hueco o lucernario, en W/m<sup>2</sup>K  
 $U_{H,h}$ : Transmitancia térmica horizontal del acristalamiento del hueco o lucernario, en W/m<sup>2</sup>K

16 Marcos / Marcos / Madera / Madera de densidad media baja

Materiales	$\rho$	$U_{H,m,v}$	$U_{H,m,h}$
Genérico	500	2	2.1

$\rho$  : Densidad, en Kg/m<sup>3</sup>

$U_{H,m,v}$ : Transmitancia térmica vertical del marco del hueco o lucernario, en W/m<sup>2</sup>K

$U_{H,m,h}$ : Transmitancia térmica horizontal del marco del hueco o lucernario, en W/m<sup>2</sup>K

## MÀQUINES DE PERFORACIÓ

TH10LM		
Pullback	12,000 kg	26,455 lb
Pulldown	7,000 kg	15,432 lb
Rotary Head Torque	518 kgfm	3,750 ft lb
Rotary Head Speed	0 to 85 rpm	0 to 85 rpm
Module Option	Yes	
Mud Pump Option	Yes	
Water Injection Option	Yes	
Breakout Wrench	Yes	
DHD Lubricator	Yes	
Winch	Yes	
Deck Engine	Yes	
On-board Compressor	Yes	

Visit [www.atlascopco.com/wwdrills](http://www.atlascopco.com/wwdrills) for more information



## Dirt Digger PDC Bits

### Design Features:

- Cost effective PDC drill bit ideally suited for mining, construction, fiber optic, water well, geothermal and shallow oil & gas drilling
- PDC bit advantages over a traditional roller cone bit include longer bit life, smoother drilling operations and increased penetration rates
- 3D designed one-piece 4140 alloy steel body is CNC machined to exact design specifications for maximum blade and body strength
- Optimized cutter distribution profile for blade count, cutter quantity, drilling conditions and bit stability
- Force-balanced PDC cutter locations minimize bit whirl and drill a precise round hole
- Asymmetrical blade layout reduces drilling harmonics

### Technical specifications

D013				
Available sizes				Series Specific Design Features
3"	3 3/4"	3 1/2"	4 1/4"	Flat parabolic profile design offers maximum protection when drilling non-homogeneous and unconsolidated formations
4 1/4"	4 3/4"	4 3/8"	4 7/8"	
5 1/4"	5 1/2"	5 3/4"	5 1/2"	
5 3/4"				
D313				
Available sizes				Series Specific Design Features
3 1/4"	4 1/4"	4 1/2"	4 3/4"	Tapered parabolic profile design offers maximum ROP when drilling homogeneous and consolidated formations
4 3/4"	4 7/8"	5 1/4"	5 1/4"	
5 1/4"	5 1/2"	5 3/4"	5 3/4"	
D513				
Available sizes				Series Specific Design Features
5 3/4"	5 7/8"	6"	6 1/4"	Tapered parabolic profile design offers an optimal combination of cutter protection and ROP capabilities for a variety of formations and drilling conditions
6 1/4"	6 1/2"	6 3/4"	7 3/8"	
8 1/4"	8 3/4"	9 3/4"	10 1/4"	
11"	12 1/4"			



## SONDA

### Sonda RAUGEO PE-RC DUO - 4 tubos

en polietileno de alta densidad (RAU-PE-RC) según PAS 1075, según DIN 8074/75 (Resistant to Crack)

UV-estabilizado, color negro

- Testeada en fábrica, incluye informe de inspección
- Certificado SKZ según control de calidad HR 3.26
- Pie de sonda extremadamente compacto y robusto

Temperaturas de servicio: -20°C a +30°C

Presentación: 1 sonda doble U/palet (4 bobinas)

**También disponible en material PE-100**

**Consultar al Centro de Pedidos Geotermia telf 936 353 540**



**Sonda RAUGEO PE-RC 40 x 3,7 DUO - 4 tubos**

Medida pie de sonda D=118mm

Artículo	Var	Longitud [m]	d x s [mm]	Peso [kg/m]	Volumen [l]
131446	060*	60	40 x 3,7	104	200
131456	070*	70	40 x 3,7	121	234
131466	080*	80	40 x 3,7	138	267
131476	090*	90	40 x 3,7	155	300
131486	102	102	40 x 3,7	176	341
131496	127*	127	40 x 3,7	219	424
131506	140*	140	40 x 3,7	242	467
131516	152	152	40 x 3,7	262	507
131526	165*	165	40 x 3,7	285	551
131536	175*	175	40 x 3,7	302	584
131546	185*	185	40 x 3,7	319	618
131556	200*	200	40 x 3,7	345	668
131566	225*	225	40 x 3,7	388	751
131576	250*	250	40 x 3,7	431	835
131586	275*	275	40 x 3,7	474	918
131596	300*	300	40 x 3,7	517	1002

\*a consultar

Artículo	Var	Dimensiones [mm]	Longitud [mm]	Suministro [ud]
350499	001	32-32-40	190	2
350509	001	40-40-50	210	2

**Distanciador RAUGEO**

Para asegurar una separación uniforme entre los tubos de la sonda dentro del sondeo, dejando un intersticio para el tubo de relleno. De esta forma se evita el contacto directo entre los tubos de la sonda y, con ello, una pérdida térmica.



**RAUGEO Colector modular premontado Ida y Retorno**

Conjunto completo colector impulsión+retorno montado y probado, material reforzado en fibra de vidrio apto para calor y frío (-20° a +70°C) con cámara de aire para mejorar aislamiento térmico. Separación entre circuitos 100mm.

Módulo impulsión con válvulas de corte integradas.

Módulo retorno con caudalímetros ajustables y capuchón de protección.

Conexión principal en Rp 1-1/4" (DN40) y Rp 2" (DN60), y purgador manual 3/8". Placa final en latón, tornillería premontada.

Aprobado para presiones de trabajo 6 bar; presión de prueba 10 bar.



**RAUGEO Colector modular DN 40 (1-1/4")**

## REFRIGERANT



Hoja de datos técnicos

**Dow Propylene Glycol, Industrial Grade  
(Propilenglicol de grado industrial de Dow)**
**Descripción  
general**

Propylene Glycol, Industrial Grade (PGI) es un material de alta pureza producido por la hidrólisis de óxido de propileno con gran cantidad de agua a alta temperatura y alta presión. PGI es un producto destilado con una especificación de pureza mínima de 99,5% y es vendido por The Dow Chemical Company en bidones, recipientes intermedios para granes (IBC) y en cantidades a granel.

Es un líquido incoloro, higroscópico y soluble en agua con un olor característico a glicol, viscosidad intermedia, baja presión de vapor y escasa toxicidad. Propylene Glycol, Industrial Grade de Dow se utiliza ampliamente en numerosas industrias y tiene una amplia gama de aplicaciones prácticas.

**Propiedades  
típicas de sus  
componentes <sup>(1)</sup>**

Nombre químico	1,2-propanodiol
Fórmula	CH <sub>3</sub> -CH(OH)-CH <sub>2</sub> OH; C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
Peso molecular	76,10
Número CAS	57-55-6
Número EINECS	200-338-0
Análisis	> 99,5% en peso
Agua	< 0,2% en peso
Punto de ebullición, 101,3 kPa (1 atm)	187°C (369°F)
Ámbito de destilación, 101,3 kPa (1 atm)	186-189°C (367°F-372°F)
Presión de vapor, 20°C (68°F)	0,011 kPa (0,08 mm Hg)
25°C (77°F)	0,017 kPa (0,13 mm Hg)
Punto de congelación	No se solidifica por debajo de la temperatura de congelación del agua
Punto de fluidez	< -57°C (-71°F)
Gravedad específica 20/20°C (68/68°F)	1,038
25/4°C (77/39°F)	1,033
60/4°C (140/39°F)	1,007
Índice de refracción n <sub>D</sub> 20, 20°C (68°F)	1,4310-1,4330
Viscosidad, 25°C (77°F)	48,6 centipoise (mPa.s)
60°C (140°F)	8,4 centipoise (mPa.s)
Calor específico, 25°C (77°F)	2,51 J/g·K
Tensión superficial, 25°C (77°F)	36 mN/m
Punto de inflamación, copa cerrada de Pensky-Martens	104°C (220°F)
Temperatura de autoignición	371°C (700°F)
Conductividad térmica, 25°C (77°F)	0,2061 W/m·K
Conductividad eléctrica, 25°C (77°F)	10 micro S/m
Calor de formación	-422 kJ/mol (-101 kcal/g-mol)
Calor de vaporización, 25°C (77°F)	67,0 kJ/mol

1. Éstos son los valores típicos; no deben interpretarse como especificaciones.

Página 1 de 3

© Marca de The Dow Chemical Company ("Dow") o de filiales de Dow  
Propylene Glycol, Industrial Grade (Propilenglicol de grado industrial)

Formulario n° 111-17105-09/14

<b>Aplicaciones</b>	<p>Propylene Glycol, Industrial Grade se utiliza en la fabricación de una amplia variedad de productos, entre ellos productos básicos como resinas de poliéster, refrigerantes para motores, pinturas de latex, fluidos de transferencia térmica y compuestos descongelantes. Además, cumple los requisitos para su aplicación en limpiadores líquidos, plastificantes y aditivos de molienda de cemento. Se utiliza como disolvente, medio de transferencia térmica o como producto químico intermedio aprovechando sus grupos hidroxilos reactivos. Es el glicol preferido para la fabricación de resinas de poliéster insaturado de gran rendimiento, que a su vez se emplean en diversas aplicaciones como la fabricación de laminados reforzados con plástico en la construcción naval, revestimientos en gel, compuestos para molde de láminas y moldes de mármol sintético.</p> <p>Las soluciones acuosas de Propilenglicol de grado industrial muestran excelentes propiedades anticongelantes y, por tanto, son valiosas como fluidos de transferencia térmica a baja temperatura y fluidos descongelantes en aviación.</p> <p>Propylene Glycol, Industrial Grade es un codisolvente importante para pinturas al agua de uso arquitectónico y también se emplea como producto intermedio en la fabricación de resinas alquídicas para pinturas y barnices. Por sus propiedades disolventes es ideal para líquidos limpiadores, incluyendo la estabilización de detergentes líquidos enzimáticos para el lavado de ropa. Propilenglicol de grado industrial está destinado exclusivamente a aplicaciones industriales.</p>
<b>Almacenamiento y manipulación</b>	<p>El producto Propylene Glycol, Industrial Grade es estable durante al menos un año, si se almacena a temperatura ambiente en envases cerrados y lejos de la luz solar, y otras fuentes de luz ultravioleta.</p> <p>En los casos en los que se utilice calefacción en el lugar de almacenamiento de este producto (por ejemplo, en el almacenamiento a granel y/o en contenedores de transporte), se debería controlar la temperatura del producto para prevenir el recalentamiento accidental durante extensos periodos de tiempo, ya que se podría provocar una degradación oxidativa acelerada. Como regla general, Dow recomienda la calefacción con un límite máximo de 40°C.</p> <p>Si se desea información detallada acerca de la manipulación y la seguridad del producto, consulte la hoja de datos de seguridad de Dow (MSDS).</p>
<b>Regulaciones oficiales de producto</b>	<p>The Dow Chemical Company y sus filiales («Dow») se preocupan concienzudamente por todos los que fabrican, distribuyen y utilizan sus productos, así como por nuestro medio ambiente. Esta preocupación es la base de nuestra filosofía de Regulaciones oficiales de producto mediante la cual evaluamos la información relacionada con la seguridad, la salud y el medio ambiente de nuestros productos, y adoptamos las medidas necesarias para proteger la salud de los empleados y del público en general, así como nuestro medio ambiente. El éxito de nuestro programa de Regulaciones oficiales de producto reside en todos y cada una de las personas relacionadas con los productos de Dow, desde las etapas iniciales de diseño conceptual e investigación, hasta la fabricación, utilización, venta, eliminación y reciclado de cada producto.</p>
<b>Consideraciones sobre la Seguridad</b>	<p>Las hojas de datos de seguridad (MSD) pueden obtenerse a través de The Dow Chemical Company. Las MSD permiten ayudar a los clientes a satisfacer aún mejor sus necesidades de seguridad, manipulación y desecho, así como las que puedan estipular las reglamentaciones locales en materia de seguridad e higiene. Las hojas de datos de seguridad (hojas de producto) se actualizan periódicamente. Por consiguiente, antes de trabajar con un producto solicite y revise la hoja de datos más actualizada del mismo. Se pueden obtener a través de su oficina de ventas de Dow más cercana.</p>

## BOMBA DE CALOR

### GEO-Flow DHW THEY 106÷230

Cooling capacity: 6.5+31.5 kW - Heating capacity: 7.2+34.8 kW



- ✓ • Indoor units fitted with heat recovery exchanger.
- Advanced control logic.
- High energy efficiency. •
- Upwards hydraulic connections. •
- Applications with well water, water mains or geothermal probes.



\* Refer to the replacement certification on the Rhoss website to know the heat pump models that may take advantage of the tax reduction.



THEY MODEL		106	108	111	114	116	220	230
<b>Radiant systems</b>								
● Heating capacity	kW	7.5	9.9	13.3	16.7	22.2	26.1	33.5
● Absorbed power (*)	kW	1.27	1.6	2.2	3.6	4	4.4	5.6
● C.O.P		5.85	6.1	6.14	4.67	5.52	5.99	6.02
● Available head pressure of the system	KPa	60	56	49	37	54	46	88
● Heating capacity (geothermal)	kW	5.8	7.5	10.2	13.2	17.1	21	25.4
● Absorbed power (geothermal) (*)	kW	1.3	1.7	2.2	2.9	3.7	4.4	5.5
● C.O.P (geothermal)		4.43	4.57	4.68	4.6	4.6	4.82	4.6
● Available head pressure of the system	KPa	65	62	58	50	67	60	111
● Available head pressure of probes	KPa	59	55	49	41	51	41	87
● DHW heating capacity	kW	5.3	7	9.4	11.9	15.7	18.6	23.7
● DHW available head pressure	KPa	66	62	57	55	41	52	53
● Cooling capacity	kW	9.5	12.5	16.6	23.6	31	32.4	41.6
● Absorbed power (*)	kW	1.3	1.5	2.1	2.8	7.1	4.3	5.7
● E.E.R.		7.39	8.19	7.84	8.4	4.38	7.61	7.35
● Available head pressure of the system	KPa	58	50	37	30	33	33	66
● Available head pressure of the probes	KPa	51	45	54	31	34	42	41
<b>Fan coil systems</b>								
● Heating capacity	kW	7.05	9.23	12.38	15.62	20.77	24.39	31.25
● Absorbed power (*)	kW	1.7	2.1	2.8	4.6	5.1	5.6	7.1
● C.O.P		4.15	4.4	4.42	3.4	4.07	4.36	4.4
● Cooling capacity	kW	6.7	8.8	11.8	14.9	19.7	23.1	29.7
● Absorbed power (*)	kW	1.3	1.7	2.1	3.6	4	4.3	5.5
● E.E.R.		5.15	5.18	5.62	4.14	4.93	5.37	5.4
● E.S.E.E.R.		5.04	4.79	4.6	4.57	5.14	5.37	6.18
● Sound pressure	dB(A)	48	49	50	52	54	56	60
● Scroll compressor	no.	1	1	1	1	1	2	2
Power supply	V-ph-Hz	230-1-50/400-3N-50	230-1-50/400-3N-50	230-1-50/400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50
<b>DIMENSIONS AND WEIGHTS</b>								
L - Width	mm	620	620	620	620	620	800	800
H - Height	mm	971	971	1051	1051	1051	1000	1000
P - Depth	mm	575	650	650	650	650	875	875
● Weight	kg	151	158	175	200	220	270	310

- Specifications under the following conditions:
- Hot water: 30/35°C, evaporator water 10/5°C.
  - Hot water: 30/35°C, evaporator water 0/-3°C, 20% glycol.
  - Domestic hot water: 45/50°C, evaporator water 0/-3°C, 30% glycol.
  - Chilled water: 23/18°C, condenser water 30/35°C, 20% glycol.
  - Hot water: 40/45°C, evaporator water 10/5°C.
  - Chilled water: 12/7°C, condenser water 30/35°C.
  - 1 m from the unit in free field (Q=2).
  - Weight refers to most complete set up.
  - ESEER (European Seasonal EER) - Average European seasonal efficiency.
  - (\*) Unit without circulating pumps.
- Performance according to EN 14511:2013



## BOMBA D'IMPULSIÓ



Bomba centrífuga multicelular vertical. Extremadamente silenciosa y especialmente diseñada para la vehiculación de agua limpia, grupos de presurización de agua y contra incendios (bomba jockey), riegos por aspersión y lavado industrial.

Para características superiores, ver en índice Series MVP - HVM - EVM

### PRESTACIONES

- Presión máx. de trabajo: 14 bar.
- Temperatura: 40°C máx.

### MATERIALES

- Carcasa externa: Ac. Inoxidable AISI 304.
- Eje: Ac. Inoxidable AISI 416.
- Cuerpos de aspiración, impulsión y contralimas: H. Fundido.
- Impulsores: Policarbonato con fibra de vidrio.
- Cierre mecánico: Cerámica / Carbon / NBR.

### DATOS TÉCNICOS

- Motor trifásico eficiencia IE2 a partir de 0,75 kW.
- Asínrono, 2 polos.
- Aislamiento: Clase F.
- Protección: IP44.
- Monofásica: 230V ± 10%, 50-hz.
- Trifásica: 230/400V ± 10%, 50-hz.
- Condensador incorporado (monofásica).

### CONEXIONES

- DNI: 1"½"
- DNI: 1"½"



### UDS. POR PALLET



CVM A(M)4 hasta CVM A(M)15 (7 pzas. x 6 niveles) = 42 unidades

CVM B(M)10 hasta CVM B(M)15 (7 pzas. x 6 niveles) = 42 unidades


CVM A(M)16, CVM B(M)20, CVM B(M)23 y CVM B/25 (6 pzas. x 6 niveles) = 36 unidades

### TABLA DE CARACTERÍSTICAS

Modelo	Modelo	Potencia		Condensador		Int. atornillada (h)			Inch	Caudal														
		Monofásica 230V 50Hz	Trifásica 230/400V 50Hz	kW	CV	µF	V <sub>1</sub>	Mon. 230V		Trifásica 230V	400V	0	20	30	40	50	60	80	100	120				
										H=Altura manométrica total (m)														
CVM AN4	CVM A4	0,3	0,4	10	450	2,6	1,9	1,1	23,8	21,2	19,7	17,8	15,6	13,0	6,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CVM AN6	CVM A6	0,44	0,6	12,5	450	3,2	2,3	1,3	35,7	31,8	29,5	26,7	23,3	19,4	9,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CVM AN8	CVM A8	0,6	0,8	14	450	4,0	2,8	1,6	47,6	42,5	39,4	36,6	31,1	25,9	12,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CVM AN10	CVM A10	0,75	1	20	450	6,0	4,0	2,3	62,5	57,5	54,0	49,5	43,5	36,6	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CVM AN12	CVM A12	0,9	1,2	31,5	450	6,5	4,8	2,8	75,0	69,0	65,0	59,5	52,5	44,0	23,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CVM AN15	CVM A15	1,1	1,5	31,5	450	7,2	5,7	3,3	87,5	80,5	75,5	69,5	61,0	51,0	27,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CVM AN18	CVM A18	1,3	1,8	31,5	450	7,8	5,4	3,1	103,0	94,5	88,0	80,0	70,0	58,5	28,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CVM BN10	CVM B10	0,75	1	20	450	5,5	4,1	2,4	39,1	-	36,2	35,1	33,7	32,0	27,5	21,5	14,7	-	-	-	-	-	-	-
CVM BN12	CVM B12	0,9	1,2	31,5	450	6,2	4,7	2,7	51,0	-	48,0	46,8	45,0	42,5	36,6	29,8	19,6	-	-	-	-	-	-	-
CVM BN15	CVM B15	1,1	1,5	31,5	450	7,4	5,5	3,2	63,5	-	60,5	58,5	56,2	53,3	45,8	36,0	24,5	-	-	-	-	-	-	-
CVM BN20	CVM B20	1,5	2	35	450	8,3	5,7	3,3	78,5	-	74,0	72,0	69,0	65,5	56,0	44,5	30,6	-	-	-	-	-	-	-
CVM BN23	CVM B23	1,7	2,3	40	450	9,6	7,4	4,3	91,5	-	86,0	84,0	80,5	76,5	65,5	51,5	35,7	-	-	-	-	-	-	-
-	CVM B25	1,85	2,5	-	-	-	-	-	105,0	-	98,5	96,0	92,0	87,0	74,5	59,0	41,0	-	-	-	-	-	-	-



## ANNEX C: OFERTA ENERGÈTICA

	<b>Conect@ Luz (2.0DHA)</b>
	Comercializador Iberdrola Clientes, S.A.U.
	Oferta de Electricidad: Fecha de la consulta: 13/01/2017   Código postal: 08259 Potencia: 6,60 kW   Consumo anual de electricidad: 28500 kWh   Con discriminación horaria Sin servicios extra

### Datos del suministro

Electricidad	
Potencia contratada	6,60 kW
Consumo electricidad	9405 +19095 kWh/año

### Estimación factura anual (primer año)

Importe anual de la electricidad	
Término de potencia	277,49 €/año
Consumo electricidad	2.501,58 €/año
Impuesto sobre electricidad	142,09 €/año

Total estimado primer año	
Total estimado electricidad	2.921,15 €/año
IVA 21%	613,44 €/año
<b>Total primer año</b>	<b>3.534,59 €/año</b>

### Estimación factura anual (segundo año)

Importe anual de la electricidad	
Término de potencia	277,49 €/año
Consumo electricidad	2.501,58 €/año
Impuesto sobre electricidad	142,09 €/año

Total estimado segundo año	
Total estimado electricidad	2.921,15 €/año
IVA 21%	613,44€/año
<b>Total segundo año</b>	<b>3.534,59 €/año</b>