



# Treball Final de Grau

## ESTUDI D'IMPLANTACIÓ D'ENERGIES RENOVABLES EN UNA VIVENDA UNIFAMILIAR

GRAU EN ENGINYERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA

Curs 2020/2021

**Memòria**

**Autor:** Eric Martos Garcia

**Director:** Jose Juan de Felipe Blanch

**Manresa, a 8 de Juny de 2021**

## RESUM

El present document tracta sobre la integració de vàries energies renovables en un habitatge unifamiliar real per autoconsum, situat al municipi de Sant Pere de Torelló.

En el document es realitza un estudi profund de la zona, l'habitatge i les diferents energies renovables que es coneixen avui en dia per determinar quina és la millor opció tenint en compte tant l'estalvi energètic com l'econòmic.

En primer lloc s'estudia les necessitats elèctriques i tèrmiques de la instal·lació de l'habitatge.

En segon lloc s'estudia la viabilitat d'incorporar sistemes de generació d'energia a partir de fonts renovables per abastir les necessitats de l'habitatge.

En tercer lloc s'estudia el dimensionament d'aquests sistemes i dels seus components.

Per finalitzar es valora tot el conjunt de la instal·lació i es treuen les conclusions.

## ABSTRACT

This document deals with the integration of various renewable energies for self-consumption in a real single-family home located in the municipality of Sant Pere de Torelló.

The document provides an in-depth study of the area, the housing and the various renewable energies known today with the aim of determining which is the best option. In order to do so, both energy and economic savings have been taken into account.

Firstly, the electrical and thermal needs of the home installation have been studied.

Secondly, the feasibility of incorporating energy generation systems from renewable sources to supply housing needs has been studied.

Third, the sizing of these systems and their components has been studied.

Finally, the whole installation has been evaluated and conclusions have been drawn.

## AGRAIMENTS

En primer lloc, agrair al meu tutor en el projecte Jose Juan de Felipe per la bona orientació durant el desenvolupament d'aquest i per haver-me donat suport i respostes a tots els meus dubtes.

Tot seguit agrair a les persones que durant tota la meva vida m'han donat suport en totes les meves iniciatives, els meus pares Guillermo i Roser i el meu germà David, sense ells no tindria el caràcter lluitador el qual sempre m'ha fet tirar endavant en moments difícils.

Per últim però no menys important, agrair també a la meva parella Lidia per el suport donat en tots els moments difícils de la carrera que estudiant i treballant no ha sigut gens senzilla d'aconseguir.

A tots, gràcies per tant.

*“Un poco más de persistencia, un poco más de esfuerzo, y lo que parecía irremediabilmente un fracaso puede convertirse en un éxito glorioso (Elbert Hubbard)”*

*“El éxito es la suma de pequeños esfuerzos, repetidos día tras día (Robert Collier)”*

## GLOSSARI

P → Potència

A → Intensitat o amperatge

Ah → Amper hora

V → Voltatge o tensió

kWh → Quilovats hora

kW → Quilovats

BDC → Bombes De Calor

AC → Corrent altern

ACS → Aigua calenta sanitària

AEMET → Agència Estatal de Meteorologia

CTE → Codi Tècnic de l'Edificació

DB HE → Documento Básico de Ahorro de Energía

DI → Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio

DC → Corrent continu

ESF → Energia solar fotovoltaica

EST → Energia solar tèrmica

PCI → Poder calorífic inferior

RD → Real Decreto

REBT → Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió

RITE → Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis

T → Temperatura

HSP → Hores solar pic

Voc → Tensió circuit obert



Isc → Corrent de curtcircuit

Vmpp → Tensió punt màxima potència

Impp → Corrent punt màxima potència

m/s → Metres partit segons

MPP → Punt de Màxima Potència

FF → Factor de Forma

## ÍNDEX

<b>RESUM</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>AGRAIMENTS</b> .....	4
<b>GLOSSARI</b> .....	5
<b>ÍNDEX IL·LUSTRACIONS</b> .....	10
<b>ÍNDEX TAULES</b> .....	12
<b>ÍNDEX GRÀFICS</b> .....	14
<b>1. PREFACI</b> .....	15
1.1 Origen del treball.....	15
1.2 Motivació.....	15
1.3 Requeriments previs .....	15
<b>2. INTRODUCCIÓ</b> .....	16
2.1 Objectius del treball .....	16
2.2 Abast i metodologia del treball .....	16
<b>3. NORMATIVA APLICABLE</b> .....	16
<b>4. MARC TEÒRIC ( ENERGIES RENOVABLES )</b> .....	17
4.1 Energia solar .....	19
4.1.1 Energia solar fotovoltaica.....	21
4.1.2 Energia solar tèrmica.....	26
4.2 Energia eòlica .....	29
4.2.1 Microgeneració d'energia eòlica.....	29
4.2.2 Tecnologies de rotor eòlic.....	30
4.2.2.1 Tecnologia eix horitzontal .....	31
4.2.2.2 Tecnologia de eix vertical.....	32
4.2.2.3 Tipus de turbines per la microeòlica .....	33
4.3 Energia de la biomassa.....	34
4.3.1 Caldera biomassa .....	34
4.3.2 Tipus calderes biomassa i aplicacions .....	35
4.3.3 Sistema d'emmagatzematge per la biomassa.....	36
4.4 Dipòsit d'inèrcia .....	37
4.5 Aerotèrmia .....	38
4.5.1 Bombes de calor reversibles .....	39
4.6 Geotèrmia .....	40
4.6.1 Tipus d'energia geotèrmica i aplicacions .....	41
4.6.2 Avantatges de l'energia geotèrmica .....	42

4.6.3 Potencial dels recursos geotèrmics, recursos de molt baixa entalpia .....	43
<b>5. DESCRIPCIÓ GENERAL DE L'HABITATGE.....</b>	<b>44</b>
5.1 Superfícies habitatge.....	45
5.2 Abastiment elèctric actual .....	45
5.3 Abastiment tèrmic actual.....	45
<b>6. NECESSITATS ENERGÈTIQUES.....</b>	<b>46</b>
6.1 Demanda d'energia elèctrica .....	46
6.1.1 Perfil demanda elèctrica total.....	46
6.1.2 Demanda elèctrica total.....	47
6.2 Demanda d'energia tèrmica.....	47
6.2.1 Aigua calenta sanitària .....	48
6.2.2 Estimació consum ACS .....	49
6.2.3 Calefacció .....	51
6.2.4 Demanda tèrmica total .....	53
6.2.5 Perfil demanda tèrmica total .....	54
<b>7. ESTUDI ENERGETIC DE LA INCORPORACIÓ D'ENERGIES RENOVABLES.....</b>	<b>55</b>
7.1 Energia microeòlica.....	55
7.1.1 Potència eòlica de la zona .....	55
7.1.2 Distribució de Weibull.....	58
7.1.3 Estudi gràfiques i conclusió, distribució de Weibull.....	63
7.2 Generació solar fotovoltaica .....	64
7.2.1 Determinació de la tensió nominal de funcionament.....	64
7.2.2 Estimació de la demanda d'energia elèctrica [ Ah / dia ].....	65
7.2.3 Avaluació pèrdues de la instal·lació .....	67
7.2.4 Elecció de la inclinació dels panells fotovoltaics i com afecta a la irradiació diària... 68	
7.2.5 Selecció del model de panell i potència proporcionada .....	69
7.2.6 Càlcul del nombre de panells .....	71
7.2.7 Dimensionament del regulador i càlcul panells sèrie i paral·lel.....	72
7.2.8 Dimensionament del inversor .....	76
7.2.9 Pèrdues per inclinació i orientació.....	79
7.2.10 Energia total camp solar.....	84
7.2.11 Càlcul secció del cablejat.....	86
7.3 Energia biomassa.....	87
7.3.1 Elecció dimensionament caldera biomassa .....	87
7.3.2 Càlcul necessitat de combustible i costos .....	88
7.3.3 Selecció caldera biomassa.....	93



7.3.4 Dipòsit d'inèrcia.....	94
7.3.5 Sistema d'emmagatzematge i alimentació .....	95
7.3.6 Manteniment instal·lacions de biomassa .....	96
7.4 Aerotèrmia .....	97
7.4.1 Elecció de la bomba, dipòsit inèrcia i grup impulsó .....	98
7.4.2 Dimensionament radiadors baixa temperatura.....	102
7.4.2.1 Càlcul numero de radiadors baixa temperatura .....	103
<b>8. RESUM DE L'ESTUDI ENERGÈTIC I SELECCIÓ TECNOLOGIES .....</b>	<b>107</b>
8.1 Estimació de la demanda d'energia elèctrica [ Ah / dia ] ( solar i aerotèrmia ).....	108
8.2 Càlcul del nombre de panells ( solar i aerotèrmia ) .....	108
8.3 Elecció de la inclinació dels panells fotovoltaics i com afecta a la irradiació diària ( solar i aerotèrmia ) .....	109
8.4 Dimensionament del regulador i càlcul panells sèrie i paral·lel ( solar i aerotèrmia )....	111
8.5 Dimensionament del inversor ( solar i aerotèrmia ) .....	114
8.6 Pèrdues per inclinació i orientació ( fotovoltaic i aerotèrmia ).....	116
8.7 Energia total camp solar ( fotovoltaica i aerotèrmia ) .....	118
8.8 Càlcul secció del cablejat ( solar i aerotèrmia ) .....	120
8.9 Selecció final de tecnologies .....	121
<b>9. ESTUDI ECONÒMIC .....</b>	<b>123</b>
9.1 Consum i cost instal·lació original .....	125
9.2 Consum i cost instal·lació amb panells fotovoltaics i aerotèrmia .....	126
9.3 Estalvi i amortització .....	127
9.4 Estalvi i amortització ( mètode VAN ) .....	128
<b>10. CONCLUSIONS .....</b>	<b>129</b>
<b>11.PRESSUPOST .....</b>	<b>130</b>
<b>12. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>131</b>

## ÍNDEX IL·LUSTRACIONS

il·lustració 1. Tipus de radiació.....	20
il·lustració 2: Esquema efecte fotovoltaic i estructura cel·la solar .....	21
il·lustració 3: Camp elèctric creat en cel·la fotovoltaica per la unió pn .....	21
il·lustració 4: Components d'un mòdul fotovoltaic.....	23
il·lustració 5: Components d'un mòdul fotovoltaic ( tall ) .....	23
il·lustració 6: Sistema directe amb circulació forçada.....	27
il·lustració 7: Sistema directe amb circulació natural .....	27
il·lustració 8: Sistema indirecte amb circulació natural .....	27
il·lustració 9: Sistema indirecte amb circulació forçada.....	28
il·lustració 10: Savonius Helicoidal .....	33
il·lustració 11: Savonius Clàssic .....	33
il·lustració 12. Darrieus H .....	33
il·lustració 13. Darrieus .....	33
il·lustració 14. Darrieus Helicoidal.....	33
il·lustració 15: Exemple genèric dipòsit inèrcia.....	37
il·lustració 16: Representació circuit aerotèrmic .....	38
il·lustració 17: Bomba de calor treballant per fer calor ( imatge superior ) i treballant per fer fred ( imatge inferior ).....	39
il·lustració 18: Relació entre les capes i temperatures de la Terra .....	40
il·lustració 19: Mostra gràfica que representa com la radiació solar i condicions climàtiques només influencien sobre la temperatura del terreny fins una certa profunditat .....	43
il·lustració 20: Situació de l'habitatge sobre el qual es realitza el projecte .....	44
il·lustració 21: Caldera de gasoil actual.....	45
il·lustració 22: Característiques caldera de gasoil actual .....	45
il·lustració 23: Zones climàtiques a Espanya .....	49
il·lustració 24: Dades del programa CHEQ4 per Sant Pere de Torelló, temperatures mitjanes de xarxa i ambient.....	50
il·lustració 25: Mapa climàtic temperatures mínimes .....	51
il·lustració 26: Situació dels panells solars fotovoltaics a la teulada.....	68
il·lustració 27: Característiques físiques del panell seleccionat.....	70
il·lustració 28: Regulador Must PC18-8015F .....	73
il·lustració 29. Esquema distribució panells fotovoltaics .....	75
il·lustració 30: Inversor Sofar 7.5KTLM .....	77
il·lustració 31: Orientació i inclinació dels panells fotovoltaics .....	79

il·lustració 32: Diagrama solar de pèrdues segons angle d'azimut i insolació .....	80
il·lustració 33: Pèrdues per ombres degut a la pròpia instal·lació .....	82
il·lustració 34: Vista lateral distribució panells fotovoltaics.....	83
il·lustració 35. Vista superior distribució panells .....	83
il·lustració 36: Normativa ITC-BT-19 secció conductors.....	86
il·lustració 37: Característiques físiques caldera Hargassner Nano PK20 .....	93
il·lustració 38: Característiques físiques dipòsit inèrcia marca IdroGas .....	94
il·lustració 39: Característiques físiques sitja Hargassner .....	95
il·lustració 40. Unitat exterior aerotèrmia .....	101
il·lustració 41. Unitat interior + acumulador aerotèrmia.....	101
il·lustració 42. Radiadors baixa temperatura Olimpia.....	102
il·lustració 43. Mesures radiadors baixa temperatura Olimpia .....	103
il·lustració 44. Teulades col·locació panells solars .....	109
il·lustració 45. Regulador Must PC18-8015F .....	111
il·lustració 46. Esquema elèctric instal·lació fotovoltaica .....	113
il·lustració 47. Inversor Voltronic Axpert MAX.....	115
il·lustració 48. Diagrama solar de pèrdues segons angle d'azimut i insolació ( -50º ).....	116
il·lustració 49. Distribució panells fotovoltaics a la teulada.....	117
il·lustració 50: Normativa ITC-BT-19 secció conductors.....	120
il·lustració 51. Exemple càlcul mesos amb excedents .....	124

## ÍNDEX TAULES

Taula 1. Classificació instal·lacions solars tèrmiques per dimensions, guia solar tèrmica IDAE ..	26
Taula 2. Comparació de criteris entre els dos tipus de circulació .....	28
Taula 3. Característiques dels pellets.....	35
Taula 4. Característiques de l'habitatge.....	45
Taula 5. Demanda de referència a 60°C .....	48
Taula 6. Demanda mensual ACS en kWh .....	51
Taula 7. Taules coeficients segons zona climàtica i aïllaments.....	52
Taula 8. Resultats de potència necessària per escalfar l'habitatge .....	52
Taula 9. Hores de funcionament i demanda calefacció .....	53
Taula 10. Resultats demanda tèrmica de la instal·lació.....	53
Taula 11. Dades estació meteorològica d'Oris .....	55
Taula 12. Rangos de velocitats amb els que es realitza l'estudi.....	58
Taula 13. Freqüència absoluta, nombre de dies on el vent es troba dins aquets rangs.....	59
Taula 14. Freqüència relativa, percentatge de la freq. absoluta dividit pel nombre total de mostres.....	59
Taula 15. Freqüència acumulada, suma de totes les freqüències relatives.....	59
Taula 16. Demanda diària d'energia elèctrica.....	65
Taula 17. Característiques panell fotovoltaic seleccionat.....	70
Taula 18. Taula hores pic solar a la zona de l'estudi .....	71
Taula 19. Característiques tècniques regulador Must PC18-8015F .....	74
Taula 20. Potència total habitatge .....	76
Taula 21. Característiques tècniques inversor Sofar 7.5KTLM.....	78
Taula 22. Pèrdues límit.....	79
Taula 23. Energia solar fotovoltaica generada mensualment.....	84
Taula 24. Dimensionament caldera de pellet segons consums calculats de calefacció i ACS ....	87
Taula 25. Selecció caldera biomassa .....	88
Taula 26. Poder calorífic inferior de cada combustible ( PCI ) .....	89
Taula 27. Consum màssic en Kg de cada combustible .....	89
Taula 28. Consum volumètric de cada combustible .....	90
Taula 29. Cost anual de cada combustible.....	91
Taula 30. Característiques tècniques caldera biomassa Hargassner .....	93
Taula 31. Característiques tècniques Dipòsit d'inèrcia marca IdroGas, per la instal·lació de biomassa .....	94
Taula 32. Característiques tècniques sitja Hargassner per l'emmagatzematge del pellet .....	95

Taula 33. Operacions de manteniment preventiu sistema biomassa.....	96
Taula 34. Coeficients demanda de fred .....	99
Taula 35. Demanda AC segons superfícies i taules .....	99
Taula 36. Dimensionament bomba ( total kW ) .....	100
Taula 37. Taula especificacions elèctriques radiadors SLR Air 200 i 400 .....	104
Taula 38. Taula especificacions elèctriques radiadors SLR Air 600 i 800 i 1000 .....	105
Taula 39. Càlcul número de radiadors per estància.....	106
Taula 40. Consum elèctric total anual ( fotovoltaica i aerotèrmia ).....	108
Taula 41. Càlcul dimensionament instal·lació ( Ah/dia ) ( fotovoltaica i aerotèrmia ).....	108
Taula 42. Potència total habitatge per dimensionar inversor.....	114
Taula 43. Característiques inversor Voltronic Axpert MAX.....	115
Taula 44. Energia total camp solar ( fotovoltaica i aerotèrmia ).....	118
Taula 45. Tarifa plan solar Estabanell.....	122
Taula 46. Càlcul excedent vs dèficit ( kWh/mes ) i ( €/mes ) .....	123
Taula 47. Consum i cost instal·lació original .....	125
Taula 48. Consum i cost instal·lació fotovoltaica i aerotèrmia .....	126
Taula 49. Estalvi i amortització ( 30 anys ) .....	127
Taula 50. Càlcul metodologia VAN .....	128
Taula 51. Pressupost general instal·lació fotovoltaica i aerotèrmia .....	130

## ÍNDEX GRÀFICS

Gràfic 1. Evolució energies renovables 2009-2018, Espanya amb Europa .....	18
Gràfic 2. Percentatge dels recursos energètics a finals del 2018, Espanya .....	18
Gràfic 3. Corbes I-V per determinar la potència .....	24
Gràfic 4. Corbes I-V segons irradiància .....	24
Gràfic 5. Corbes I-V segons temperatura .....	25
Gràfic 6. Tipus de turbines eòliques, elaboració pròpia .....	30
Gràfic 7. Perfil consum mig per hores .....	46
Gràfic 8. Consum d'energia elèctrica mensual.....	47
Gràfic 9. Distribució demanda tèrmica total.....	54
Gràfic 10. Perfil demanda tèrmica diària .....	54
Gràfic 11. Perfil velocitat mitjana del vent al llarg d'un any .....	56
Gràfic 12. Perfil velocitat mitjana del vent al llarg de 10 anys.....	56
Gràfic 13. Velocitat mitjana (m/s) en 10 anys.....	57
Gràfic 14. Possibles corbes segons dades distribució de Weibull.....	58
Gràfic 15. Freqüència absoluta del vent .....	60
Gràfic 16. Freqüència relativa del vent .....	60
Gràfic 17. Freqüència acumulativa del vent.....	61
Gràfic 18. Corba i recta de regressió per obtenir els paràmetres de Weibull .....	61
Gràfic 19. Distribució de Weibull .....	63
Gràfic 20. Comparativa de la irradiació a diferents angles .....	69
Gràfic 21. Energia solar fotovoltaica generada mensualment.....	84
Gràfic 22. Comparativa demanda i energia generada .....	85
Gràfic 23. Percentatge potencia ACS vs Calefacció.....	88
Gràfic 24. Consum màssic anual en Kg de cada combustible .....	90
Gràfic 25. Consum volumètric de cada combustible .....	91
Gràfic 26. Preu anual consum de cada combustible .....	92
Gràfic 27. Comparativa energia generada 10 panells amb la demanda final de fotovoltaica i aerotèrmica.....	107
Gràfic 28. Comparativa panells Sud i panells Sud-Est.....	110
Gràfic 29. Energia generada amb 40 panells fotovoltaics.....	118
Gràfic 30. Comparativa demanda i energia generada instal·lació .....	119

## 1. PREFACI

### 1.1 Origen del treball

L'origen del treball, és principalment la prova final de tots els coneixements adquirits durant l'enginyeria, juntament amb els meus estudis anteriors professionals i la meva experiència en el món laboral.

A part de ser un projecte necessari per concloure els estudis universitaris, aquest projecte per mi és una satisfacció personal el fet de poder-lo realitzar, busco en ell que sigui un projecte real i es pugui aplicar en un habitatge, de fet, es busca que sigui econòmicament viable perquè el més segur és que acabi realitzant les instal·lacions del projecte personalment a casa meva.

### 1.2 Motivació

La motivació d'aquest projecte, a part de portar a terme els meus coneixements a la realitat, bé donada per la sensació i total creença de que les tecnologies renovables són el futur, no serà un camí ràpid i tampoc senzill degut als diferents interessos econòmics dels països amb petroli i altres energies no renovables. S'ha de tindre en compte però que al ser aquests recursos limitats i finits es veuran inevitablement obligats a evolucionar cap a les energies renovables.

Un dels motius principals per els quals vaig decidir fer l'enginyeria és per tindre un millor coneixement tècnic i ampliar les meves destreses com a professional, penso que la tecnologia ens ha de servir per millorar la nostra forma de vida, ser més eficients i al mateix temps més respectuosos amb el medi que ens envolta, la humanitat està creixent i cada cop som més persones al planeta, el que està clar, és que ens hem de saber anticipar al futur que ens espera i organitzar-nos de tal manera que sigui sostenible.

### 1.3 Requeriments previs

Els requeriments previs a la realització del present treball de fi de grau consisteix en les assignatures cursades durant el grau més properes a l'electricitat que a l'electrònica, també en l'assignatura optativa de Recursos Energètics que vaig cursar i experiències professionals en el món laboral.

Per tal de dur a terme les seccions més tècniques en alguns casos s'ha examinat, estudiat i analitzat la documentació específica sobre cada tipus d'energia renovable cercant per internet tota la informació necessària la qual podem trobar els documents a la bibliografia incorporada al mateix treball.

Per últim també a estat necessari fer consultes tècniques a instal·ladors, constructors i altres professionals del món de la construcció.

## 2. INTRODUCCIÓ

### 2.1 Objectius del treball

L'objectiu principal del projecte de fi de grau és estudiar les diferents opcions d'energies renovables que es poden aplicar en un habitatge, veure quines són les més eficients tenint en compte els criteris de màxim abastiment per les necessitats energètiques de l'habitatge al preu més econòmic possible.

Les necessitats que es volen cobrir en l'habitatge són elèctriques i tèrmiques, es realitza l'estudi a través de l'anàlisi del perfil de demanda real i actual al llarg de les 24 hores del dia.

### 2.2 Abast i metodologia del treball

El treball es dividirà en 4 apartats:

- Estudi de les necessitats reals de l'habitatge.
- Estudi de les diferents energies renovables que es poden aplicar.
- Elecció de les considerades millors aplicacions renovables segons eficiència i preu.
- Dimensionament, càlculs i aplicació d'aquestes energies renovables seleccionades.

## 3. NORMATIVA APLICABLE

- Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).
  - Document Bàsic d'Estalvi d'Energia (DB HE)
  - Document Bàsic de Seguretat en cas d'Incendi (DI)
- Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE) i les seves Instruccions Tècniques.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT) i les seves Instruccions Tècniques.
- Real Decret 244/2019, del 5 d'abril, que regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica
- Plec de Condicions Tècniques per instal·lacions de baixa temperatura.
- Normes tecnològiques de l'edificació NTE-IEF.



## 4. MARC TEÒRIC ( ENERGIES RENOVABLES )

És pràcticament impossible establir una línia de temps exacta per quan es va començar a veure que es podien aprofitar els recursos naturals i inesgotables per transformar l'energia trobada en el medi ambient en un bé útil.

### **Precursors**

Les aplicacions més llunyanes, com un antecedent històric, se situen principalment en l'ús de fonts energètiques inesgotables en el transport, una aplicació molt clara seria la navegació a vela, que emprava l'energia eòlica d'una manera pràctica i senzilla per impulsar les naus.

La posterior aparició dels molins de vent reforçava aquest concepte, i amb els molins d'aigua s'assentaven les primeres bases de l'Energia Hídrica, sumant a més a un redisseny dels edificis per aprofitar de la major manera possible l'energia solar durant el dia.

El progrés de totes aquestes energies es va veure principalment deixat de banda pel fenomen de la Revolució Industrial, la major utilització de combustibles fòssils i les millores aplicades als motors tèrmics, que en els seus primers anys comptaven amb una font inesgotable de recursos.

### **Energies Alternatives**

Les energies Alternatives ( anomenades així en aquell moment per trobar-se en baixa producció i en un precari desenvolupament ) van anar disminuint cada vegada més a causa de la revolució industrial, no va ser fins a mitjans dels anys 70 amb l'estudi que indicava un futur esgotament dels recursos petrolífers que es va començar a emfatitzar el concepte d'Energia Renovable, com una alternativa a les fonts energètiques utilitzades.

Va ser en aquests anys que es va marcar un punt d'inflexió en aquelles energies que significaven un impacte ambiental, d'aquelles que eren denominades com energies netes, per la seva baixa o nul·la condició contaminant.

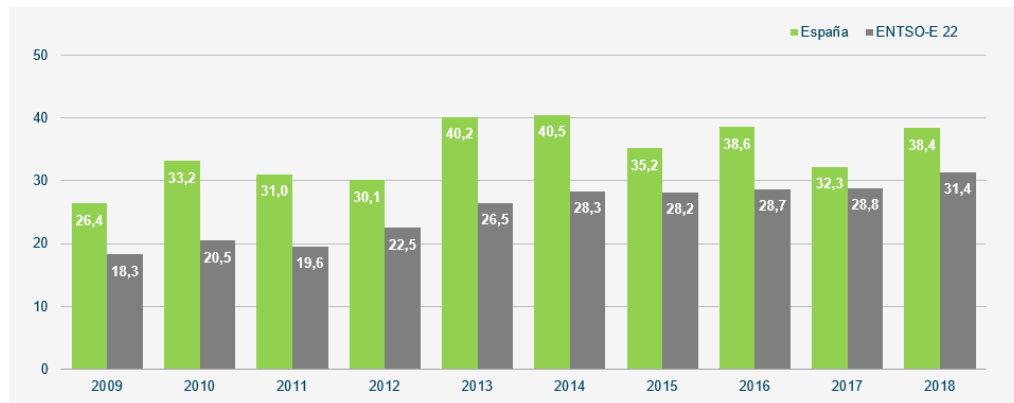
Gràcies a l'avanç tecnològic podem dir que avui en dia no es tracta d'una alternativa, sinó que les energies renovables són un projecte viable, que apunta a un millor futur, amb una font inesgotable de recursos.

Evolució energies renovables des del 2009 fins a finals del 2018 en el nostre país en comparativa amb altres països esmentats de la Unió Europea. Gràcies a l'elevada presència de pluges i vent fa que la xifra de generació al nostre país sigui de 7 punts percentuals superiors a la mitja Europea.

### La energia renovable en 2018

Generación renovable sobre la generación total en España y en una selección de países miembros de ENTSO-E22

(%)

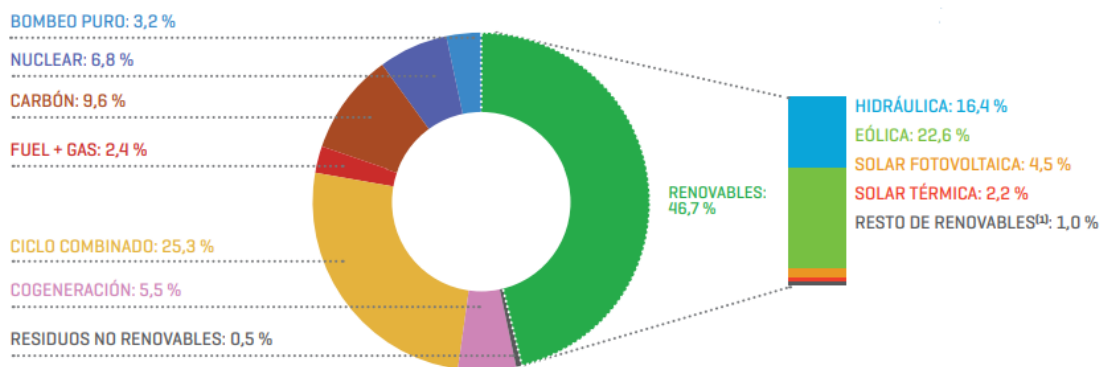


(1) Por indisponibilidad de datos para toda la serie de algunos países, el gráfico de evolución contiene información de: Alemania, Austria, Bélgica, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Francia, Macedonia del Norte, Grecia, Holanda, Hungría, Italia, Luxemburgo, Polonia, Portugal, República Checa, Rumania y Suiza.

Gràfic 1. Evolució energies renovables 2009-2018, Espanya amb Europa

Font: (Red Eléctrica de España 2021)

Comparativa en percentatge dels recursos energètics a finals del 2018 a Espanya.



Gràfic 2. Percentatge dels recursos energètics a finals del 2018, Espanya

Font: (Red Eléctrica de España 2021)

## 4.1 Energia solar

L'energia solar és una font d'energia renovable provinent del sol, el sol en el seu nucli és un forn de fusió nuclear que està a 14 milions de graus Kelvin, aquesta temperatura es redueix a l'exterior on tenim uns 6000 graus Kelvin.

El diàmetre exterior del sol és de 1.4 milions de kilòmetres ( 109 vegades la terra )

L'energia produïda cada segon pel sol és de :

$$E = m * c^2 \rightarrow (3.45 * 10^9) * \left(299792458 \frac{m}{s^{-1}}\right)^2 = 3.84 * 10^{26} J/s^{-1} \quad (1)$$

Això és una potencia generada de **3.84 \* 10<sup>23</sup> KW**

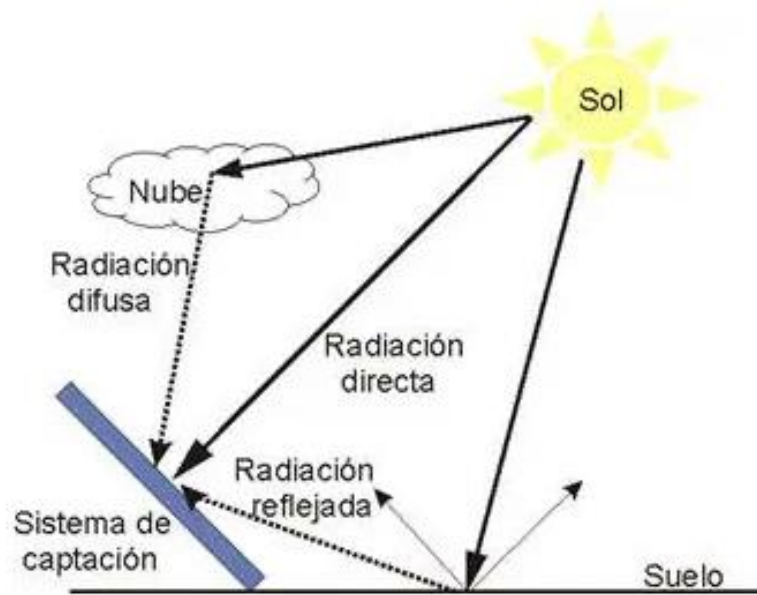
Com la distancia de la terra al sol és de **149.6 \* 10<sup>9</sup>m** la potencia rebuda a la Terra per m<sup>2</sup> o el que nosaltres anomenem Constant Solar serà:

$$\frac{\text{Potencia del sol}}{\text{Superficie esferica}} = \frac{\text{Potencia del sol}}{4 * \pi * r^2} = \frac{3.84 * 10^{26} w}{4 * \pi * (1.496 * 10^{11} m^2)^2} = 1367W/m^2 \quad (2)$$

Un cop tenim clar que és la Constant Solar i quin és el valor que ens arriba hem de saber que els objectes a la superfície de la terra reben la radiació solar de forma diferent, en funció de com arriben aquest raig, existeixen diferents tipus de radiació:

- Radiació directa ( B ): Rebuda directament del sol amb una única direcció
- Radiació Difusa ( D ): Procedeix de tota la cúpula celeste, provinents de l'atmosfera per dispersió de la radiació solar en ella.
- Radiació Reflectida o Albedo ( R ): Provenent de la mateixa superfície terrestre, ja que hi reboten.

Radiació global ( G )= B+D+R



Il·lustració 1. Tipus de radiació

Font: (Hernández 2014)

### 4.1.1 Energia solar fotovoltaica

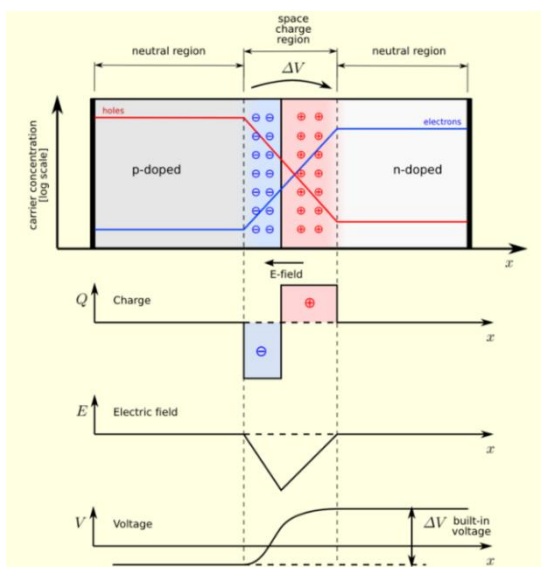
L'energia solar es transforma directament en electricitat mitjançant mòduls fotovoltaics, formats per diverses cèl·lules fotovoltaïques connectades entre si.

Quan un semiconductor dopat s'exposa a radiació electromagnètica, es desprèn d'ell mateix un fotó, que colpeja a un electró i l'arrenca, creant un forat en l'àtom. Normalment, l'electró troba ràpidament un altre forat per tornar a omplir, i l'energia proporcionada pel fotó es dissipa en forma de calor.

El principi d'una cèl·lula fotovoltaica és obligar els electrons i als forats a avançar cap al costat oposat del material en comptes de recombinar-se entre si, així es produirà una diferència de potencial, i per tant, tensió entre les dues parts del material, com passa en una pila.

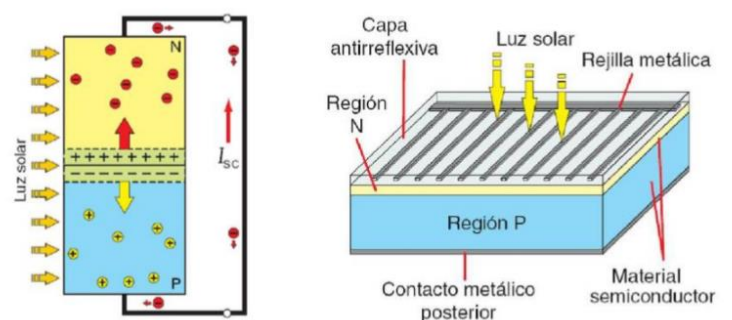
Per a això, es crea un camp elèctric permanent, a través d'una unió PN, entre dues capes dopades respectivament. En les cèl·lules de silici, que són majoritàriament utilitzades, es troben per tant:

- La capa superior de la cel·la, que es compon de silici dopat de tipus (N). En aquesta capa, hi ha un nombre d'electrons lliures més gran que en una capa de silici pur, d'aquí el nom de dopatge (N), negatiu. El material roman elèctricament neutre, ja que tant els àtoms de silici com els del material dopant són neutres, la xarxa cristal·lina té globalment una major presència d'electrons que en una xarxa de silici pur.
- La capa inferior de la cel·la, que es compon de silici dopat de tipus (P). Aquesta capa té per tant una quantitat mitjana d'electrons lliures menor que una capa de silici pur. Els electrons estan lligats a la xarxa cristal·lina que en conseqüència és elèctricament neutra però presenta forats, positius (P). La conducció elèctrica està assegurada per aquests portadors de càrrega, que es desplacen per tot el material.



il·lustració 3: Camp elèctric creat en cel·la fotovoltaica per la unió pn

Font: (Wikipedia 2021)



il·lustració 2: Esquema efecte fotovoltaic i estructura cel·la solar

Font: (Slidetodoc 2020)

## Existeixen diferents tipus de cel·les, les més utilitzades son:

### **1.Cèl·lules de silici amorf**

El silici durant la seva transformació, produeix un gas que es projecta sobre una làmina de vidre. La cèl·lula és gris molt fosc. És la cèl·lula de les calculadores i rellotges anomenats «solars». Estructura no cristal·lina i gran nombre de forats.

Aquestes cèl·lules van ser les primeres a ser manufacturades, ja que es podien emprar els mateixos mètodes de fabricació de díodes.

#### Avantatges:

- Funciona amb una llum difusa baixa (fins i tot en dies ennuvolats).
- Una mica menys costosa que altres tecnologies.
- Integració sobre suport flexible o rígid.

#### Inconvenients:

- Rendiment a ple sol baix, del 5% al 7%.
- Rendiment decreixent amb el temps (7%).

### **2.Cèl·lules de silici policristal·lí**

Durant el refredament del silici en un motlle, es formen diversos vidres. La fotocèl·lula és d'aspecte blavós, però no és uniforme, es distingeixen diferents colors creats pels diferents vidres. Estructura cristal·lina però menys perfecte que les de tipus monocristal·lí.

#### Avantatges:

- Cèl·lules quadrades (amb vores arrodonides en el cas de Silici monocristal·lí) que permet un millor funcionament en un mòdul.
- Eficiència de conversió òptima, al voltant de  $100 \text{ Wp} / \text{m}^2$ , però una mica menor que en el monocristal·lí.
- Lingot més barat de produir que el monocristal·lí.
- Rendiment, entre un 12% i un 14%

#### Inconvenient

- Baix rendiment en condicions d'il·luminació baixa.

### **3.Cèl·lula de silici monocristal·lí**

Al refredar-se, el silici fos es solidifica formant un únic vidre de grans dimensions. Després es talla el vidre en primes capes que donen lloc a les cèl·lules. Aquestes cèl·lules generalment són d'un blau uniforme. Estructura cristal·lina quasi perfecta.

#### Avantatges:

- Bon rendiment del 14% al 18%
- Bona relació potència-superfície (  $150 \text{ Wp} / \text{m}^2$ , el que estalvia espai en cas necessari)
- Nombre de fabricants elevat.

#### Inconvenients:

- Cost més elevat

**Els mòduls fotovoltaics estan formats pels següents components, esmentarem els més importants:**

**1.Coberta de vidre:** Recobriment exterior i exposat al sol, serveix per protegir les cèl·lules de possibles impactes, també facilita l'absorció de la radiació.

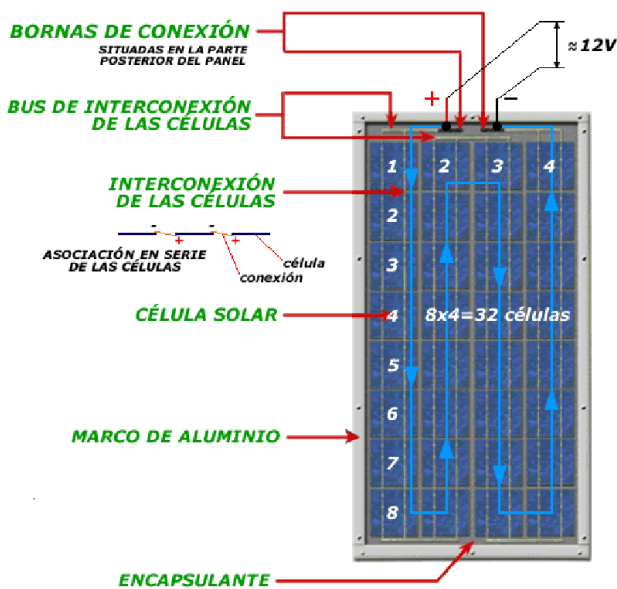
**2.Encapsulat:** Material situat entre les dues cobertes rodejant les cèl·lules solars i està compost de EVA ( Etilè Vinil Acetat ).

**3.Marc d'alumini:** Marc que rodeja el perímetre del panell, proporciona resistència i rigidesa al mateix temps que protegeix d'impactes.

**4.Cèl·lula fotovoltaica:** Element àmpliament explicat anteriorment, transformació d'energia solar en elèctrica.

**5.Coberta posterior:** Capa estanca fabricada amb làmines de Tedlar, vidre o metall, que serveix per protegir el panell d'agents externs.

**6.Caixeti estanc amb els díodes de protecció:** Caixa estanc on s'ubiquen els borns de les cèl·lules i els díodes de protecció.



il·lustració 4: Components d'un mòdul fotovoltaic

Font: (Solà 2019)



il·lustració 5: Components d'un mòdul fotovoltaic ( tall )

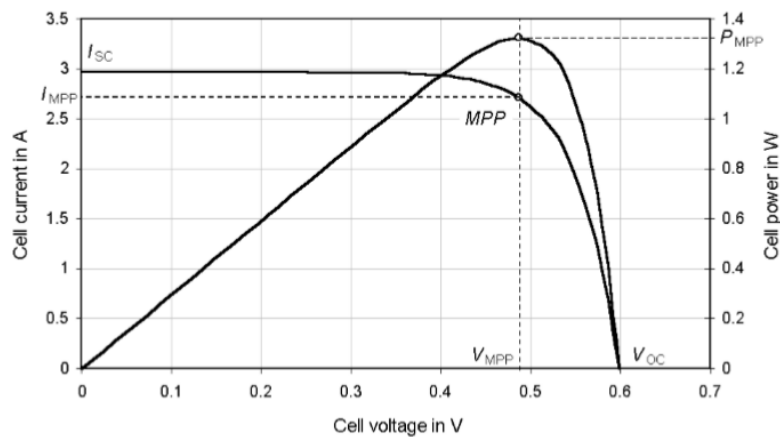
Font: (Solà 2019)

Els mòduls fotovoltaics es caracteritzen a partir de diferents corbes  $I=f(V)$ , en aquest cas, en funció de la radiació solar i de la temperatura:

1. Serveixen per determinar la potència (W) que el panell aporta a la càrrega per qualsevol valor de corrent o tensió:

Valors en condicions estandarditzades ( 1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5 )

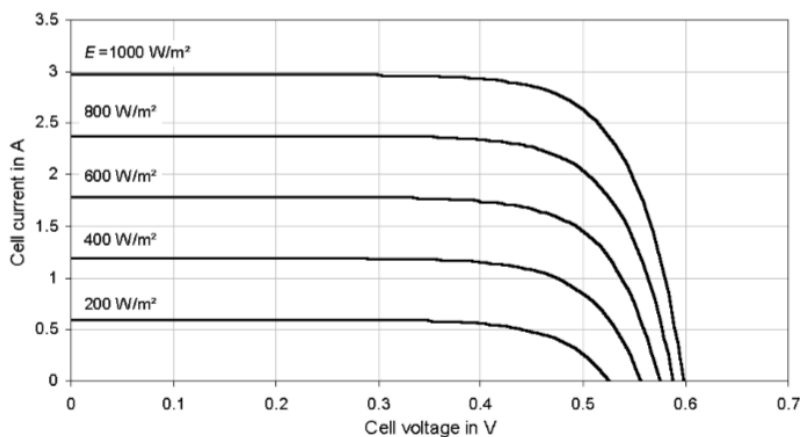
- Tensió a circuit obert (  $V_{oc}$  )
- Corrent de curtcircuit (  $I_{sc}$  )
- Punt de màxima potència MPP (  $V_{mpp}$ ,  $I_{mpp}$  )
- Factor de forma ( FF )
- Rendiment (  $\eta$  )



Gràfic 2. Corbes I-V per determinar la potència

Font: (Solà 2019)

**2. Segons irradiància:** Podem observar que el corrent varia pràcticament de forma proporcional a la radiació però el voltatge tot i que augmenta ho fa en molta menys mesura. La temperatura en aquesta corba és constant.

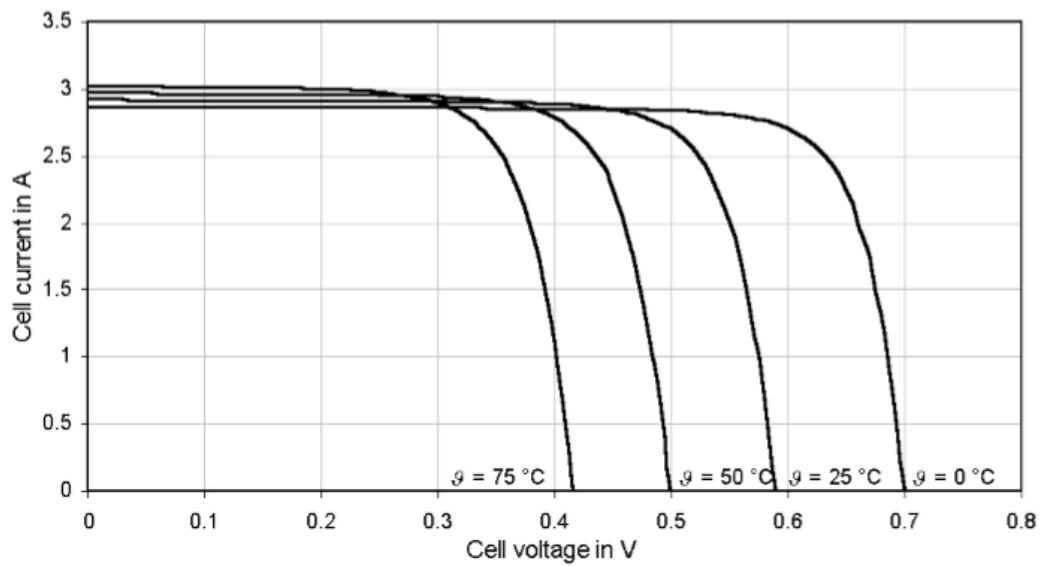


Gràfic 3. Corbes I-V segons irradiància

Font: (Solà 2019)



**3. Segons temperatura:** Podem observar que la tensió varia pràcticament de forma inversament proporcional a la temperatura i el corrent en aquest cas és el que augmenta amb la temperatura però en molt poca mesura. La radiació es manté constant.



Gràfic 4. Corbes I-V segons temperatura

Font: (Solà 2019)

#### 4.1.2 Energia solar tèrmica

L'energia solar tèrmica o energia termosolar consisteix en l'aprofitament de l'energia del Sol per produir calor, aquesta calor pot aprofitar-se per cuinar aliments o per a la producció d'aigua calenta destinada al consum d'aigua domèstic, ja sigui aigua calenta sanitària, calefacció, o per a producció d'energia mecànica i a partir d'ella, d'energia elèctrica.

Els col·lectors d'energia solar tèrmica estan classificats com a col·lectors de baixa, mitja i alta temperatura.

##### **Col·lectors de baixa temperatura:**

Generalment són plaques planes usades per escalfar aigua.

##### **Els col·lectors de temperatura mitjana:**

Usualment són plaques planes usades per escalfar aigua o aire per a usos residencials o comercials.

##### **Els col·lectors d'alta temperatura:**

Concentren la llum solar usant miralls o lents i generalment són usats per a la producció d'energia elèctrica.

L'energia solar tèrmica és diferent i molt més eficient que l'energia solar fotovoltaica, la qual converteix l'energia solar directament en electricitat.

Classificació instal·lacions solars tèrmiques per dimensions, guia solar tèrmica IDAE:

Tamaños de instalación	Pequeñas	Medianas	Grandes
Superficie captación (A en m <sup>2</sup> )	$A \leq 10$	$10 \leq A < 100$	$A \geq 100$
Potencia solar (Ps) en kW (Ps = A * 0,7 kW/m <sup>2</sup> )	$Ps < 7$	$7 \leq Ps < 70$	$Ps \geq 70$
Volumen acumulación aproximado V en litros	$V < 1.000$	$1.000 \leq V < 10.000$	$V \geq 10.000$
Denominación	Sistemas SST	Instalaciones IST	
Según normas	Prefabricados	A medida	
Circulación	Natural	Forzada	
Intercambio	Interno	Interno o externo	Externo
Bombas	-	Simple	Simple o Doble

Taula 1. Classificació instal·lacions solars tèrmiques per dimensions, guia solar tèrmica IDAE

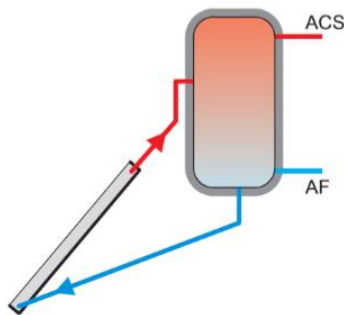
Font: (IDAE 2020)

**En el nostre cas ens centrarem en instal·lacions d'aigua calenta sanitària:**

Pel que fa a la generació d'aigua calenta per a usos sanitaris, hi ha dos tipus d'instal·lacions dels comunament anomenats escalfadors les de circuit obert i les de circuit tancat.

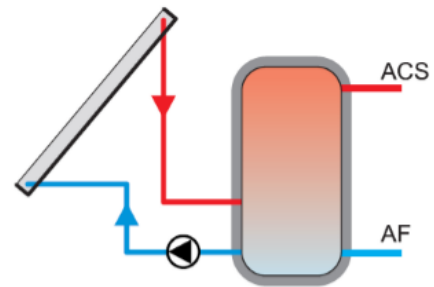
**Circuit obert:**

L'aigua de consum passa directament pels col·lectors solars. Aquest sistema redueix costos i és més eficient (energèticament parlant), però presenta problemes en zones amb temperatures per sota del punt de congelació de l'aigua, així com en zones amb alta concentració de sals que acaben obstruint els conductes dels panells.



*il·lustració 7: Sistema directe amb circulació natural*

Font: (IDAE 2020)



*il·lustració 6: Sistema directe amb circulació forçada*

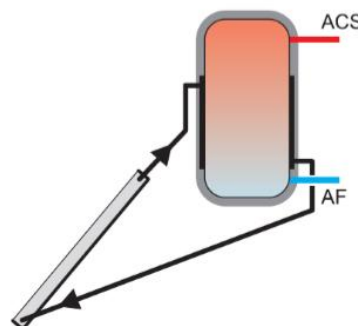
Font:(IDAE 2020)

**Circuit tancat:**

A les instal·lacions de circuit tancat es distingeixen dos sistemes:

- flux per termosifó o natural:

L'efecte termosifó, efecte termosifònic o tir tèrmic és un fenomen que es produeix en els fluids quan s'escalfen. Les substàncies, a l'escalfar-se dilaten i llavors disminueix la seva densitat. Si es considera la massa d'un fluid, la porció més calenta té menys densitat, de manera que ascendeix sobre la porció de fluid més freda.



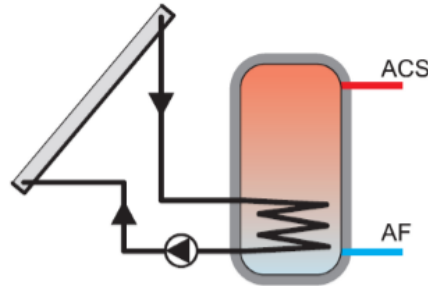
*il·lustració 8: Sistema indirecte amb circulació natural*

Font: (IDAE 2020)

- flux forçat:

El circuit disposa d'una bomba que produeix el moviment del fluid de treball

La majoria de sistemes solars tèrmics són instal·lacions de circuit tancat. Consten d'un subsistema de captació solar, un intercanviador de calor, un subsistema d'emmagatzematge o d'acumulació i un subsistema de distribució, format també per diferents elements.



*il·lustració 9: Sistema indirecte amb circulació forçada*

Font: (IDAE 2020)

Comparació de criteris entre els dos tipus de circulació, guia solar tèrmica IDAE:

CRITERIO	CIRCULACIÓN FORZADA	CIRCULACIÓN NATURAL
<b>Bomba de circulación y control</b>	Si necesita	No necesita
<b>Caudales de calentamiento</b>	Normalmente caudal fijo	Función de la radiación solar
<b>Regulación de caudal</b>	Para ajustar saltos temperatura	No es necesaria. Es natural
<b>Posición relativa del captador y acumulador</b>	No afecta al funcionamiento	Acumulador debe situarse más elevado que el captador
<b>Tipo de absorbedor solar</b>	Cualquiera	Debe ser de parrilla
<b>Pérdida de carga componentes</b>	No es importante	Baja facilita el efecto termosifón
<b>Trazado de tuberías</b>	Sin muchos condicionantes	Delicado y con pendientes
<b>Alimentación eléctrica</b>	Si	No
<b>Integración arquitectónica</b>	Más sencilla	Con mayor dificultad
<b>Pérdidas térmicas acumulador</b>	Menores si se instala en interior que es lo más habitual	Mayores si se instala en exterior que es lo habitual
<b>Pérdidas térmicas en circuito</b>	Más en circuito primario	Más en recorridos a consumo
<b>Salto temperatura en captador</b>	Pequeño (normal entre 5 y 10°C)	Mayor (normal de 10 a 20 °C)
<b>Temp. máxima acumulador</b>	Necesario sistema de control	Sólo controlable por diseño
<b>Protección anti heladas</b>	Cualquier sistema de protección	Sólo mezcla anticongelante
<b>Coste de la inversión</b>	Normalmente es mayor	Suele ser menor
<b>Coste de mantenimiento</b>	Mayor por control y bomba	No tiene control ni bomba
<b>Coste de explotación</b>	Coste de la energía eléctrica	No tiene costos adicionales

*Taula 2. Comparació de criteris entre els dos tipus de circulació*

Font: (IDAE 2020)

## 4.2 Energia eòlica

L'energia eòlica és aquella energia que s'obté del vent, o dit d'una altra manera, és l'aprofitament de l'energia cinètica de les masses d'aires.

En l'actualitat, l'energia eòlica és útil sobretot per a produir electricitat, la qual cosa s'aconsegueix mitjançant aerogeneradors connectats a les grans xarxes de distribució d'energia elèctrica, entre d'altres. Els parcs eòlics construïts en terra suposen una font d'energia cada vegada més barata i competitiva, aquesta, fins i tot més barata a moltes regions que altres fonts d'energia convencionals.

L'energia eòlica pot proporcionar electricitat en regions aïllades que no tenen accés a la xarxa elèctrica mitjançant instal·lacions eòliques de mida reduïda. Les companyies elèctriques distribuïdores adquireixen cada vegada en major mesura l'excedent d'electricitat produït per petites instal·lacions eòliques domèstiques.

L'auge de l'energia eòlica ha provocat també la planificació i construcció de parcs eòlics marins, sovint coneguts com parcs eòlics offshore pel seu nom en anglès, situats prop de les costes. L'energia del vent és més estable i fort al mar que en terra, i els parcs eòlics marins tenen un impacte visual menor, tot i que els costos de construcció i manteniment són considerablement grans.

### 4.2.1 Microgeneració d'energia eòlica

Centrant-nos més en la part que ens interessa pel nostre habitatge trobem la microgeneració d'energia eòlica, consisteix en petits sistemes de generació de fins a 50 kW de potència.

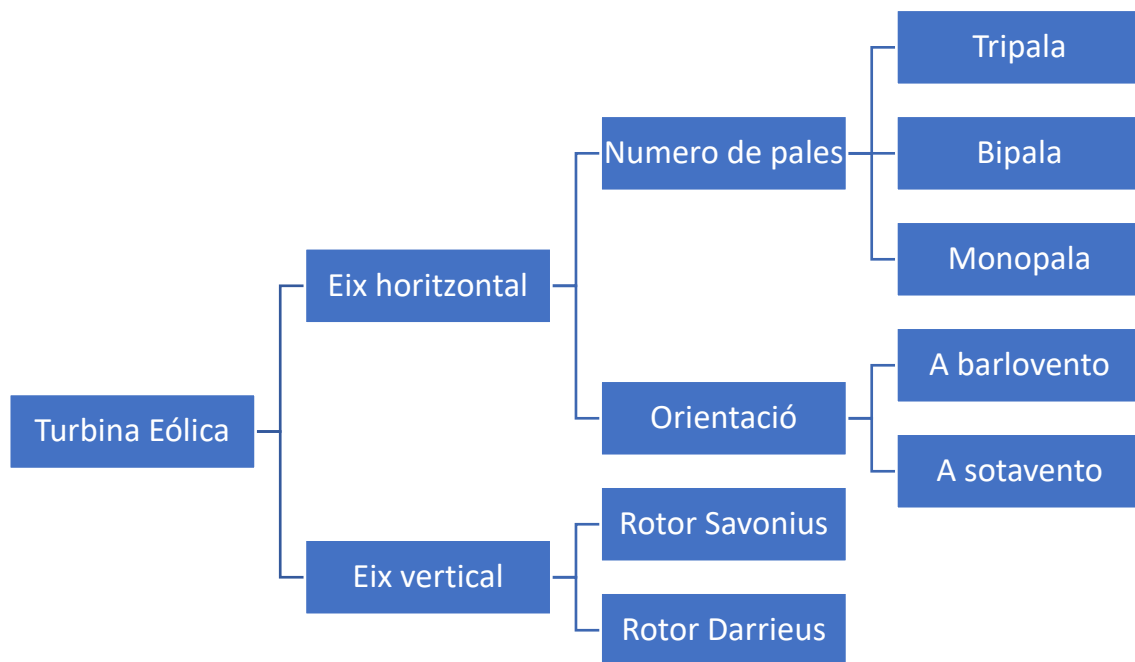
En comunitats remotes i aïllades, que tradicionalment han utilitzat generadors dièsel, el seu ús suposa una bona alternativa. També és emprada cada vegada amb més freqüència per llars que instal·len aquests sistemes per reduir o eliminar la seva dependència de la xarxa elèctrica per raons econòmiques, així com per reduir el seu impacte mediambiental i la seva petjada de carboni. Aquest tipus de petites turbines s'han anat usant des de fa diverses dècades en àrees remotes junt amb sistemes d'emmagatzematge mitjançant bateries.

Les petites turbines aerogeneradors connectades a la xarxa elèctrica poden utilitzar també el que es coneix com emmagatzematge en la mateixa xarxa, reemplaçant l'energia comprada de la xarxa per energia produïda localment, quan això és possible. L'energia sobrant produïda pels microgeneradors domèstics pot, en alguns països, ser injectada a la xarxa per a la seva venda a la companyia elèctrica, generant ingressos al propietari de la instal·lació que amortitzi la instal·lació.

#### 4.2.2 Tecnologies de rotor eòlic

Dins les turbines eòliques tenim bàsicament dos tipus principals de turbines.

- Eix horitzontal ( HAWT ):
  - No emparats en microgeneració.
- Eix vertical ( VAWT ):
  - Més emparats en microgeneració.



Gràfic 5. Tipus de turbines eòliques, elaboració pròpia

#### 4.2.2.1 Tecnologia eix horitzontal

Farem una pinzellada per veure els avantatges i inconvenients d'aquests aerogeneradors, ja que no són els emparats per microeòlica.

##### Avantatges:

- **Major eficiència energètica:** Produeixen una major electricitat per una mateixa velocitat de vent pel fet que les tres pales treballen al mateix temps.
- **Capacitat per assolir majors velocitats de rotació:** Els models d'eix horitzontal utilitzats en microgeneració solen presentar majors velocitats de rotació respecte al d'eix vertical.
- **Major capacitat per iniciar la rotació:** Encara que aquest avantatge és mínim respecte alguns models d'eix vertical, en general presenten menors velocitats en inici de rotació.

##### Inconvenients:

- **Pitjor comportament en regim turbulent:** El règim turbulent pot aparèixer en moltes localitzacions.
- **Fatiga:** Duran un gir, les pales reben l'efecte combinat dels efectes de força d'inèrcia i de la gravetat, la direcció de les forces d'inèrcia canvia al llarg del cicle mentre que la gravetat és estable per ho que les pales pateixen cicles de carrega alterns que contribueixen al procés de fatiga.
- **Generador situats a diversos metres del terra:** Com el generador està alineat amb l'eix de la turbina es trobarà a la mateixa alçada que ell, això implica majors dificultats a l'hora de reparar o realitzar el manteniment.
- **Problemes mediambientals:** El TSR ( tip speed ratio ) o relació de velocitats en la punta de la pala, calculat com:

$$TSR = \frac{w \left( \text{velocitat rotació turbina, } \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right) * R \left( \text{radi circum. descrita pales, metres} \right)}{v \left( \text{velocitat del vent, } \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)} \quad (3)$$

Arribem a velocitats d'entre 5 i 7 m/s, a tal velocitat la punta de les pales tallen el flux d'aire produint als nivells de soroll.

Aquestes velocitats també causen major mortalitat entre les aus de la zona.

#### 4.2.2.2 Tecnologia de eix vertical

La tecnologia d'aquests aerogeneradors és la que utilitzem en la microeolica, veurem els seus avantatges i inconvenients a la par del diferents tipus.

##### Avantatges:

- **Poden produir en qualsevol direcció del vent:** L'àrea i la distribució de pales és constant independentment de la direcció d'aquest. Aquesta configuració permet prescindir d'un sistema d'orientació de pales.
- **Fatiga:** Les condicions de balanç de forces són més favorables en aquest tipus de turbines donat que les condicions de les forces d'inèrcia i de la gravetat romanen constants, per tant les pales reben una càrrega fixa i el procés de fatiga és considerablement menor.
- **Millor situació del generador:** Donat que el generador ha d'estar situat de nou alineat amb l'eix de rotació de les pales en aquesta configuració podrà situar-se més pròxim a terra.
- **Problemes mediambientals:** Encara que no acaba amb els problemes ja esmentats en la posició horitzontal si que els redueix considerablement.

El TRS en aquest cas es troba entre 1.5 i 2 m/s amb aquestes velocitats de rotació tenim molt poc soroll a les puntes de les ales. Passem de tindre entre 5 i 10dB a tindre entre 0 i 8dB. Per aquest motiu són molt més aconsellables per nuclis urbans.

També al tindre una menor velocitat reduïm el perill per les aus de la zona.

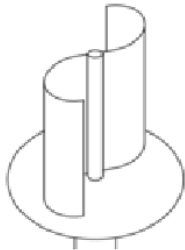
##### Inconvenients:

- **Només una pala treballa en un determinat instant:** Per aquest motiu l'eficiència és lleugerament menor que en els d'eix horitzontal.
- **Presència de vibracions:** Normalment es situen en alçades relativament baixes pel que estan sotmesos a règims turbulents amb major freqüència que les d'eix horitzontal.
- **Menor velocitats de rotació:** És necessari tindre generadors més complexos per intentar aconseguir una major velocitat de rotació.



#### 4.2.2.3 Tipus de turbines per la microeolica

**Model Savonius:** És el model més simple i menys utilitzat. Consisteix en cilindres buits desplaçats respecte al seu eix, el seu principi de funcionament consisteix en oferir la part còncava a la força del vent donat que la seva part convexa ofereix menor resistència al gir, el rotor gira entorn al seu eix.



*il·lustració 11: Savonius Clàssic*

Font: (Opex-energy 2004)



*il·lustració 10: Savonius Helicoidal*

Font: (Opex-energy 2004)

**Model Darrieus:** És el model més utilitzat en els generadors d'eix vertical, tradicionalment consistia en un eix vertical assentat sobre del rotor amb dues o més fines pales en corba unides a l'eix pels dos extrems.

Aquest model ha evolucionat fins a dissenys que permeten el millor aprofitament del vent com el rotor H i en els últims anys el rotor helicoidal.



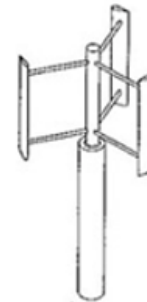
*il·lustració 13. Darrieus*

Font:(Opex-energy 2004)



*il·lustració 14. Darrieus Helicoidal*

Font: (Opex-energy 2004)



*il·lustració 12. Darrieus H*

Font: (Opex-energy 2004)

El major desavantatge que presenta el model Darrieus tradicional és el seu nul parell d'engegada, en canvi el model evolucionat helicoidal permet a la turbina començar a rotar sense la necessitat d'un motor i sistema d'engegada.

## 4.3 Energia de la biomassa

Podem definir la biomassa com la fracció biodegradable dels productes, deixalles i residus d'origen biològic procedents d'activitats agràries (incloses les substàncies d'origen vegetal i d'origen animal ) de la silvicultura i de les indústries connexes, incloses la pesca, així com la fracció biodegradable dels residus industrials i municipals.

És a dir, la biomassa és un concepte molt ampli que inclou des dels residus procedents de les activitats forestals, agrícoles i ramaderes fins a la fracció orgànica dels residus domèstics i industrials, passant pels subproductes de les indústries agroalimentàries i de transformació de la fusta.

Els principals combustibles obtinguts a partir de la biomassa són llenyes, estelles, pèl·lets, pinyols d'oliva i closques de fruits.

### 4.3.1 Caldera biomassa

Les calderes de biomassa s'alimenten a través d'un cargol sense fi procedent d'un dipòsit on hem de guardar el que serà el nostre material combustible. Aquestes calderes tenen un alt rendiment, de l'ordre del 85 al 90%. Tenim tres zones de combustió:

**La primera:** Zona on el combustible es barreja amb l'aire primari i per mitjà d'una combustió parcial, es gasifica la biomassa, és a dir, es transforma en gas combustible.

**La segona:** Zona on es pot observar clarament una flama i on sol entrar l'aire secundari.

**La tercera:** Està composta per la resta de cambra on no hi ha flama visible. En aquesta part es segueix produint combustió, però la concentració d'oxidacions és baixa i invisible a simple vista, encara que és una zona clau per a la reducció de CO i in-cremats. En algunes càmeres aquest espai es troba separat i llavors es denomina cambra de postcombustió.

Finalment la cendra que es produeix es recull per un cendrer automàtic en les calderes o es neteja manualment en les estufes.

#### 4.3.2 Tipus calderes biomassa i aplicacions

Segons l'aplicació podem distingir en 4 tipus de calderes o estufes:

- **Estufes de pèl·lets:** Potència d'entre 5 i 20 kW. La seva aplicació principal és calefacció de petits espais mitjançant la convecció forçada d'aire calent.
- **Calderes petites:** Potències d'entre 10 i 70 kW. Les seves aplicacions principals són calefacció amb sistemes de radiadors i/o generació d'ACS ( Aigua calent sanitària ) per habitatges unifamiliars o petits edificis de serveis.
- **Calderes mitjanes:** Potències d'entre 70 i 500 kW. Funcionen com a sistema centralitzat. Les seves aplicacions principals són la calefacció per radiadors i/o la generació d'ACS ( Aigua calent sanitària ) per edificis comunitaris, edificis de serveis o en petites activitats empresarials (granges, hotels ).
- **Calderes grans:** Potències superiors a 500 kW. Les seves principals aplicacions són les xarxes de distribució de calor per calefacció i generació d'ACS ( Aigua calent sanitària ) i/o la generació de vapor per activitats industrials.

Hem de tindre en compte que el poder calorífic de cada estufa o caldera també es veurà afectat per la qualitat del nostre pellet, podem distingir 3 tipus de qualitats.

	Pellet baja calidad	Pellet estándar	Pellet alta calidad
Poder Calorífico Inferior			
(kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
(kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b.h. (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	> 1.000	1.000-1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4-10	< 8

Taula 3. Característiques dels pellets

Font: (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía 2009a)

### 4.3.3 Sistema d'emmagatzematge per la biomassa

La biomassa pot emmagatzemar-se de diferents maneres, depenent de les instal·lacions existents o la disponibilitat d'espai. El sistema d'emmagatzematge té una influència directa en el tipus de transport i en els sistemes de subministrament.

Les sitges sobre el terreny necessiten vehicles de subministrament que puguin descarregar llançant el combustible sobre la pila.

Les sitges subterrànies es poden omplir amb qualsevol mena de vehicle bolquet, o caixa basculant. És molt important la impermeabilització del magatzem per evitar l'entrada d'aigua del subsol o de les parets en els soterranis.

#### Tipus contenidors i dipòsits:

**a) Contenedor d'emmagatzematge:** aquest sistema és l'opció més raonable per a usuaris que disposin de poc espai. Gràcies a la dimensió del contenidor (de fins a 300 kg) es pot aconseguir llargs períodes d'autonomia de la caldera.

**b) Sitja tèxtil:** aquest sistema és òptim en llocs on hi hagi espai suficient per a la seva instal·lació. La sitja de lona està suportada per una estructura metàl·lica, és permeable a l'aire però no a la pols, i és antiestàtic. Es pot instal·lar tant a l'interior com a l'exterior de l'edifici, s'omple de biomassa per la part superior i l'alimentació a caldera és per la part inferior mitjançant un cargol sense fi. La capacitat d'aquestes sitges està entre 2 i 5 tones de combustible.

**c) Dipòsit subterrani:** quan no hi ha espai suficient per a l'emmagatzematge de combustible, es podrà utilitzar aquest tipus de dipòsit a l'exterior de l'habitatge, que mitjançant un sistema pneumàtic transporta els pèl·lets a la caldera.

**d) Sitja d'emmagatzematge d'obra:** en aquest sistema es donen dos casos diferents:

- Sitja amb sòl inclinat amb un cargol sense fi que transporta el combustible a la caldera,
- Sitja amb un sistema d'alimentació pneumàtica que permet que la sitja estigui situat fins a 30 m de la caldera.

El disseny de les sitges d'emmagatzematge ha de complir una sèrie de premisses de seguretat per prevenir el dany del combustible o una autocombustió. Es poden esmentar les següents:

- Ha d'estar completament sec.
- Disposar d'una capa de goma que protegeixi la paret en els punts de contacte per cops dels combustibles durant la seva manipulació.
- Cal muntar unes portes per al magatzem compactes i ignífugues, col·locant uns taulons de fusta que les protegeixin de la pressió de la biomassa emmagatzemada.
- Evitar instal·lacions elèctriques en el lloc d'emmagatzematge.
- Dotar el sistema de transferència de biomassa d'una presa de terra, per evitar l'aparició d'espurnes per càrregues electroestàtiques durant el seu transport.
- Assegurar-se que les parets de la sitja suporten la pressió del combustible emmagatzemat i resisteixen a el foc durant 90 minuts.

#### 4.4 Dipòsit d'inèrcia

El dipòsit d'inèrcia s'utilitza com a acumulador de calor per a sistemes de calefacció o d'instal·lacions grans d'ACS. La calor produïda per mitjà d'energia solar o d'una caldera es transmet al dipòsit a través d'un intercanviador (plaques), aquesta calor es pot extreure per mitjà d'altres intercanviadors i així escalfar l'ACS o ser utilitzat per a la calefacció del propi habitatge o edificis.

En cas de ser necessari es poden connectar els dipòsits en sèrie o en paral·lel, segons les necessitats de volum o les condicions d'espai.

Hi ha diverses capacitats (litres) d'acumulació i diversos dissenys en funció de les necessitats dels clients. Els acabats solen ser d'acer i acer inoxidable, amb aïllaments en poliuretà d'alta densitat.



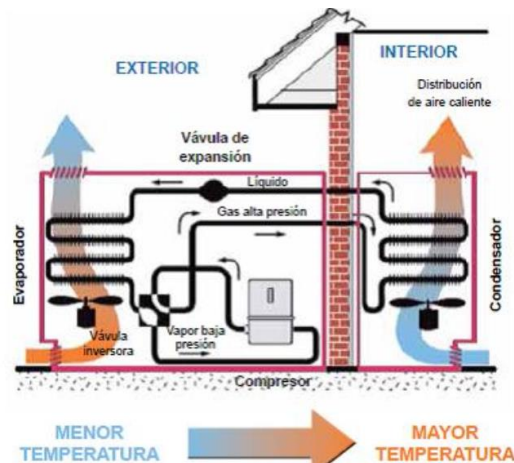
*il·lustració 15: Exemple genèric dipòsit inèrcia*

Font: (Efusion 2021)

## 4.5 Aerotèrmia

Com explica (Fuerte 2019) les Bombes De Calor (BDC) són equips que, utilitzant un gas refrigerant en un cicle termodinàmic tancat, transfereixen calor entre dos focus a diferent nivell tèrmic, fent que el calor flueixi d'una temperatura més baixa a una més alta.

És a dir, les Bombes de Calor aerotèrmiques poden captar energia de l'aire disponible a la natura, inesgotable (renovable), permetent utilitzar-la per a la climatització dels espais ocupats per les persones.



il·lustració 16: Representació circuit aerotèrmic

Font: (Fuerte 2019)

### Principals components:

En el cicle termodinàmic de les bombes de calor, l'estat físic del fluid contingut en el circuit frigorífic (refrigerant) es modifica per permetre l'esmentada transferència de calor del ( focus fred ) al ( focus calent ) mitjançant l'aportació d'un treball mecànic.

Això es realitza per mitjà dels seus components principals: Compressor, Condensador, Dispositiu d'Expansió i Evaporador, cada un té una funció destinada i un procés específic.

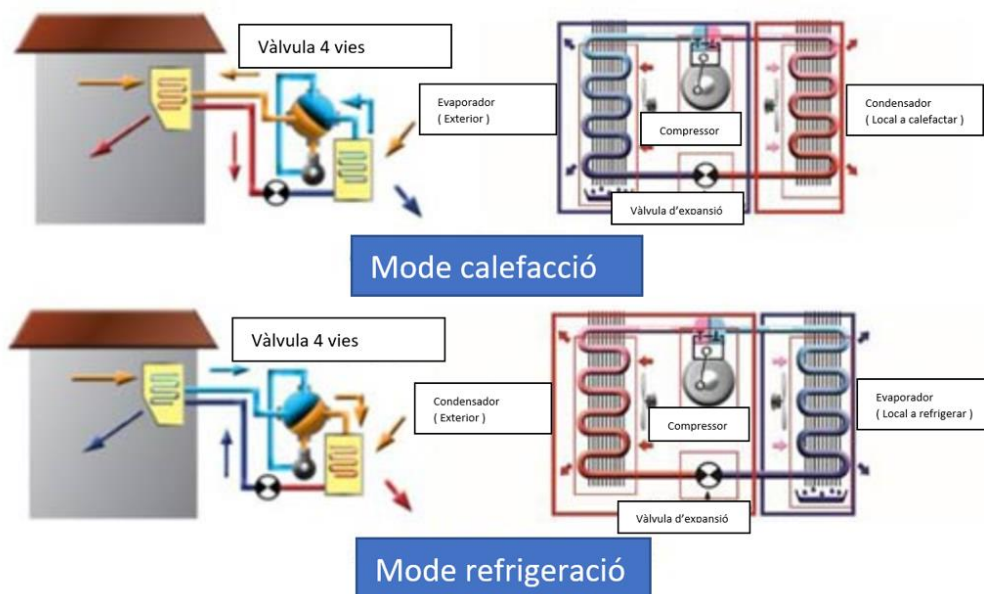
- **Compressió:** S'eleva la pressió i temperatura del refrigerant i es transfereix a la mateixa l'energia necessària per al seu moviment al llarg del circuit frigorífic.
- **Condensació:** Es produeix la condensació del refrigerant, cedint calor al medi extern al condensador.
- **Expansió:** La vàlvula d'expansió genera una pèrdua de càrrega que redueix l'alta pressió del refrigerant procedent del condensador.
- **Evaporació:** El refrigerant s'evapora absorbint calor del medi extern a l'evaporador.

Resumint, el que es fa és absorbir en l'evaporador calor del medi fred (refredament) i cedir aquesta calor en el condensador, juntament amb l'energia aportada al compressor per al seu funcionament, al medi calent (escalfament), originant la transferència de calor abans esmentada.

#### 4.5.1 Bombes de calor reversibles

Últimament està molt estès l'ús de les bombes de calor reversibles, incorporen en el seu circuit un cinquè element, la vàlvula d'inversió o de 4 vies, que permeten invertir el sentit del flux del refrigerant i consegüentment, el de la calor.

D'aquesta manera, el mateix equip pot treballar en mode calefacció i en mode refrigeració, ja que tots dos intercanviadors poden funcionar com evaporador o com condensador alternativament. També és habitual utilitzar l'aerotèrmia per generar ACS (aigua calenta sanitària)



*il·lustració 17: Bomba de calor treballant per fer calor (imatge superior) i treballant per fer fred (imatge inferior)*

Font: (Fuerte 2019)

Per aquesta raó en les Bombes de Calor es parla "d'Unitat Exterior", que conté els elements del circuit frigorífic que se situen a l'exterior, i la "Unitat Interior", que conté els elements que s'ubiquen a l'interior del local o donen servei a la mateixa, incorporant tots dos els intercanviadors de calor exterior i interior que funcionen com a evaporador o com condensador segons la manera de funcionament.

Com s'ha esmentat anteriorment, en el cas de les Bombes de Calor aerotèrmiques, la font exterior és l'aire ambient, de manera que l'intercanviador exterior sol ser una "bateria" (intercanviador de calor aire-fluid refrigerant), mentre que l'intercanviador interior pot ser:

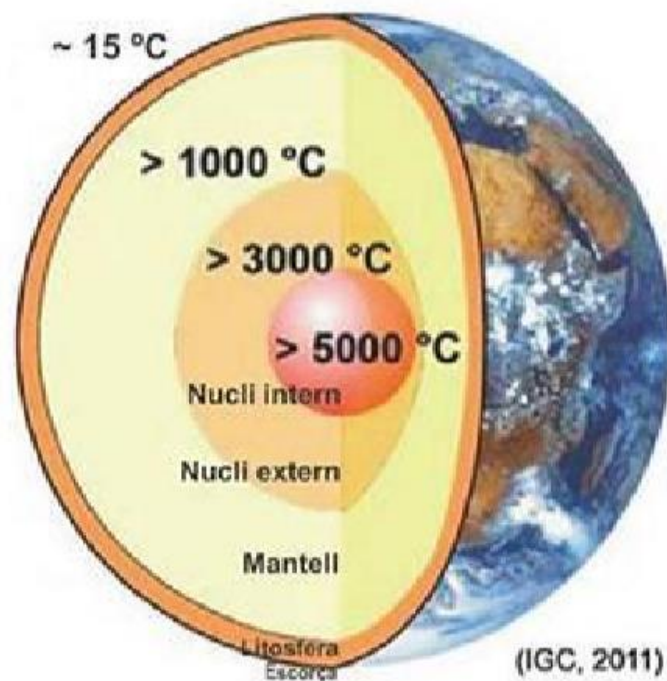
- També una bateria, en el cas d'unitats BDC Aire-Aire, que tracten directament l'aire dels espais interiors.
- Un intercanviador de plaques, multi tubular o coaxial, en el cas d'unitats BDC Aire-Aigua que subministren aigua calenta o freda per a la seva distribució interior als emissors (fancoil, terra radiant / refrescant)

## 4.6 Geotèrmia

La geotèrmia es pot definir com l'energia emmagatzemada en forma de calor per sota de la superfície sòlida de la Terra.

Engloba la calor procedent de roques, aigües subterrànies i sòls, sigui quina sigui la temperatura, procedència i profunditat. S'exclou la calor de les aigües superficials, continentals o oceàniques.

Aquest calor emmagatzemat s'extreu generalment a través d'un fluid i s'utilitza segons el nivell tèrmic intercanviat per produir electricitat a través d'una màquina tèrmica o utilitzar directament la calor a través d'intercanviadors de calor.



*il·lustració 18: Relació entre les capes i temperatures de la Terra*

Font: (Blanch 2017)



#### 4.6.1 Tipus d'energia geotèrmica i aplicacions

Els diferents tipus d'energia geotèrmica es classifiquen en funció de la seva entalpia.

L'entalpia és la quantitat d'energia tèrmica que pot intercanviar un fluid o un sistema amb el seu entorn ( J/kg o kJ/kg ). L'entalpia és proporcional a la temperatura i per tant els diferents tipus d'energia geotèrmica corresponen a un rang de temperatures on és disponible l'energia geotèrmica.

**Podem definir 4 categories d'energia geotèrmica:**

- **D'alta entalpia:** Quan l'energia geotèrmica flueix a temperatures superiors als 150 °C, i es destina a la producció d'energia elèctrica.
- **De mitjana entalpia:** Quan l'energia geotèrmica flueix a temperatures entre els 90 a 150 °C, i es destina a la producció d'electricitat a través de cicles binaris.
- **De baixa entalpia:** Quan l'energia geotèrmica flueix a temperatures entre els 30 a 90 °C, i es destina generalment a la seva utilització directa en forma de calor.
- **De molt baixa entalpia:** Quan l'energia geotèrmica flueix a temperatures inferiors als 30 °C, es destina exclusivament a calefacció i climatització a través de bombes de calor geotèrmiques.

#### 4.6.2 Avantatges de l'energia geotèrmica

- Tot i que la Terra es refreda (descendeix 130 °C cada 1000 milions d'anys). Ho fa tan lentament que des de l'escala temporal humana podem considerar una font d'energia renovable (que no es consumeix).

Des del punt de vista d'una instal·lació geotèrmica, la vida mitjana varia entre els 20 i 40 anys, podem tenir dues situacions:

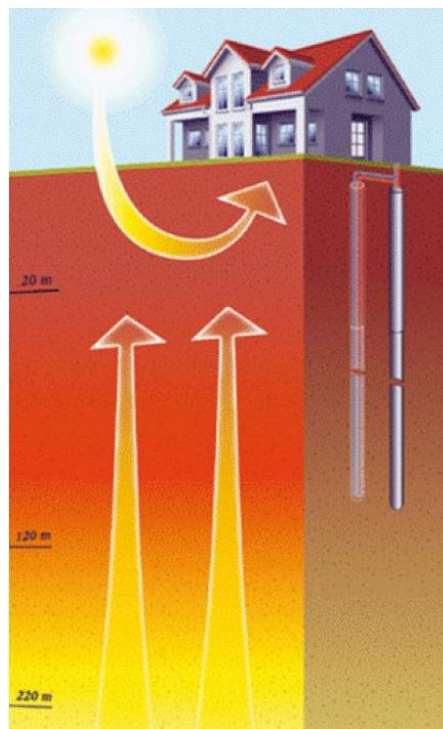
- Si el mitjà d'extracció de l'energia són aigües subterrànies, aquesta es renova de forma natural per recàrrega de les aigües superficials o per injecció d'aigua artificial.
  - Si el mitjà d'extracció és una sonda geotèrmica amb circulació d'un fluid en circuit tancat, el subsol es refreda uns graus respecte a la temperatura de terra sense pertorbar, però si aquesta esta ben dimensionada, es compensa quan és injectat calor en el cicle estival.
- Cap instal·lació d'energia geotèrmica necessita cremar combustibles fòssils i per tant no produeixen emissions de gasos efecte hivernacle per aquest motiu.
  - Les instal·lacions de bomba de calor geotèrmica disminueixen el consum d'electricitat respecte a una bomba de calor convencional, per tant disminueixen les emissions de gasos efecte hivernacle equivalent a les bombes convencionals.
  - Les bombes de calor geotèrmica (molt baixa entalpia), tenen un elevat cost d'inversió (normalment el doble que una instal·lació convencional), però el consum d'energia i el manteniment de la instal·lació és summament econòmic respecte a una instal·lació convencional. S'ha de valorar en funció de el cost de l'energia elèctrica i les hores de funcionament anual de la instal·lació.

#### 4.6.3 Potencial dels recursos geotèrmics, recursos de molt baixa entalpia

Tota l'escorça terrestre emergida posseeix potencialment aquest tipus de recurs geotèrmic (calor a temperatures inferiors als 30°C).

S'utilitza per a la climatització d'edificis a través de bombes de calor geotèrmiques.

- Els primers 0,5 m de profunditat de superfície de terra intercanvia calor amb l'atmosfera i pateix variacions diàries de temperatura. Les variacions estacionals de temperatura són percebudes per terra fins a una profunditat de 10 m.
- A partir dels 10 m la temperatura es manté constant durant tot l'any.
- Als 15 m, la temperatura és igual o lleugerament superior a la temperatura mitjana anual de l'aire sobre la superfície.
- Dels 15 a 20 m roman constant depenent de les condicions geològiques i geotèrmiques, ja que les roques comencen a rebre la calor de les profunditats.
- A partir dels 20 m, s'incrementa la temperatura segons el gradient geotèrmic local 2/3 °C cada 100 m de profunditat.



*il·lustració 19: Mostra gràfica que representa com la radiació solar i condicions climàtiques només influencien sobre la temperatura del terreny fins a una certa profunditat*

Font: (Llopis Trillo i Rodrigo Angulo 2008)

## 5. DESCRIPCIÓ GENERAL DE L'HABITATGE

A continuació es detalla la situació i descripció de l'habitatge on es dura a terme l'aplicació de energies renovables per tal de millorar l'eficiència energètica i el consum.

L'habitatge és una casa unifamiliar a tres vents situada al carrer Font de riu d'aura N°8, es troba en el municipi de Sant Pere de Torelló ( Barcelona ).



*il·lustració 20: Situació de l'habitatge sobre el qual es realitza el projecte*

Font: (Google 2021)

Les coordenades geogràfiques d'aquesta ubicació son:

- Latitud: 42.072501 °N
- Longitud: 2.303763 °E

## 5.1 Superfícies habitatge

La parcel·la té una superfície edificada total de 116.39m<sup>2</sup> sense comptar el garatge, esta dividida en dues plantes, s'especifica els metres quadrats de cada espai en la següent taula.

Planta	Descripció	Superfície ( m <sup>2</sup> )
Planta baixa	Menjador	32,45
	Cuina	31,06
	Bany 1	3
Planta primera	Habitació 1	12,92
	Habitació 2	12,48
	Habitació 3	18,51
	Bany 2	5,97
<b>Total</b>		<b>116,39</b>

Taula 4. Característiques de l'habitatge

## 5.2 Abastiment elèctric actual

Actualment, la demanda elèctrica s'abasteix a partir de la xarxa, concretament de la subministradora Estebanell y Pahisa Energia S.A, la potencia contractada és de 5.5kW sense discriminació horària i tarifa 2A.

## 5.3 Abastiment tèrmic actual

Actualment, la demanda tèrmica s'abasteix a partir de la caldera de gasoil ( aigua calenta sanitària i calefacció ).



il·lustració 21: Caldera de gasoil actual



il·lustració 22: Característiques caldera de gasoil actual

## 6. NECESSITATS ENERGÈTIQUES

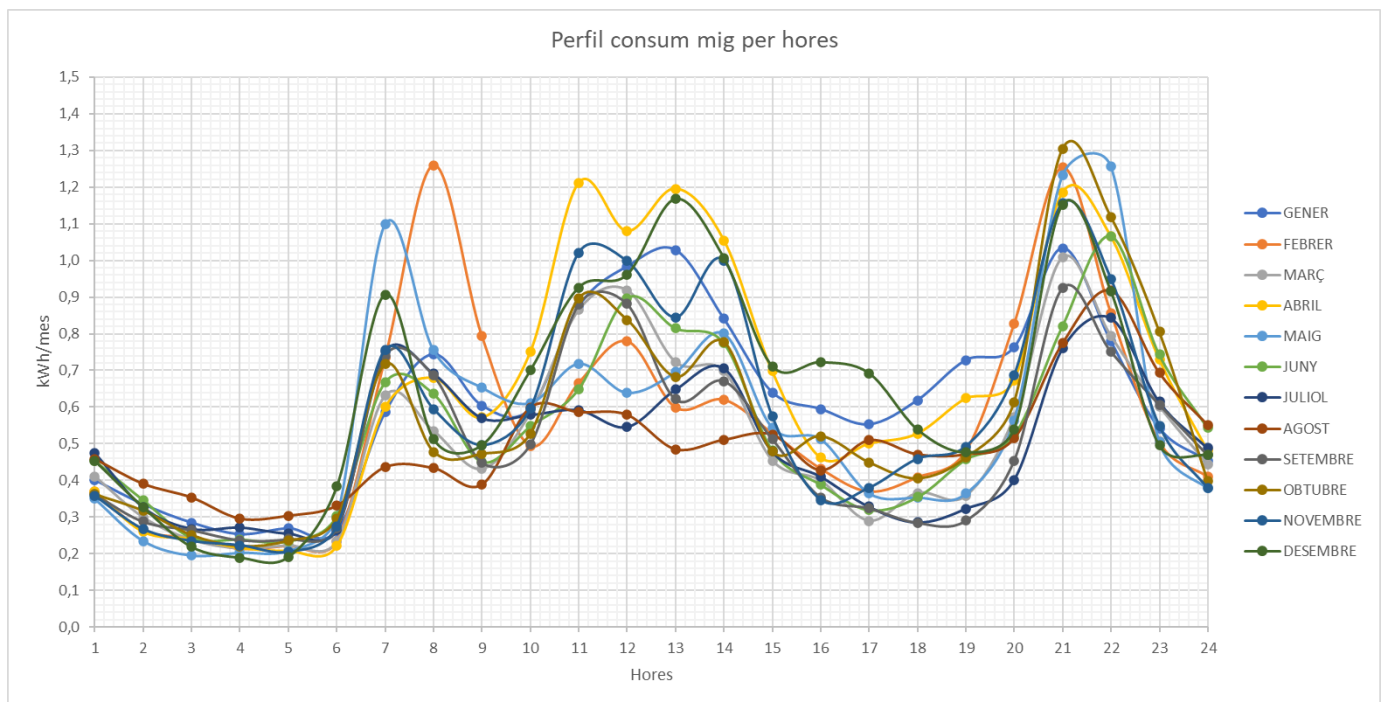
L'habitatge té dos tipus principals de demanda, energia elèctrica i energia tèrmica, per poder fer una estimació de les necessitats energètiques s'analiza cadascuna de les demandes per separat.

### 6.1 Demanda d'energia elèctrica

Per estimar la demanda d'energia elèctrica es calcula el consum elèctric de tot l'any, per tindre el consum de cada mes de l'any, es fa aquest càlcul demanant a la companyia accés a les corbes de càrrega horàries.

Per obtenir el perfil de consum elèctric de l'habitatge es calcula per cada hora la mitjana dels consums per cadascun dels dies del mes.

#### 6.1.1 Perfil demanda elèctrica total



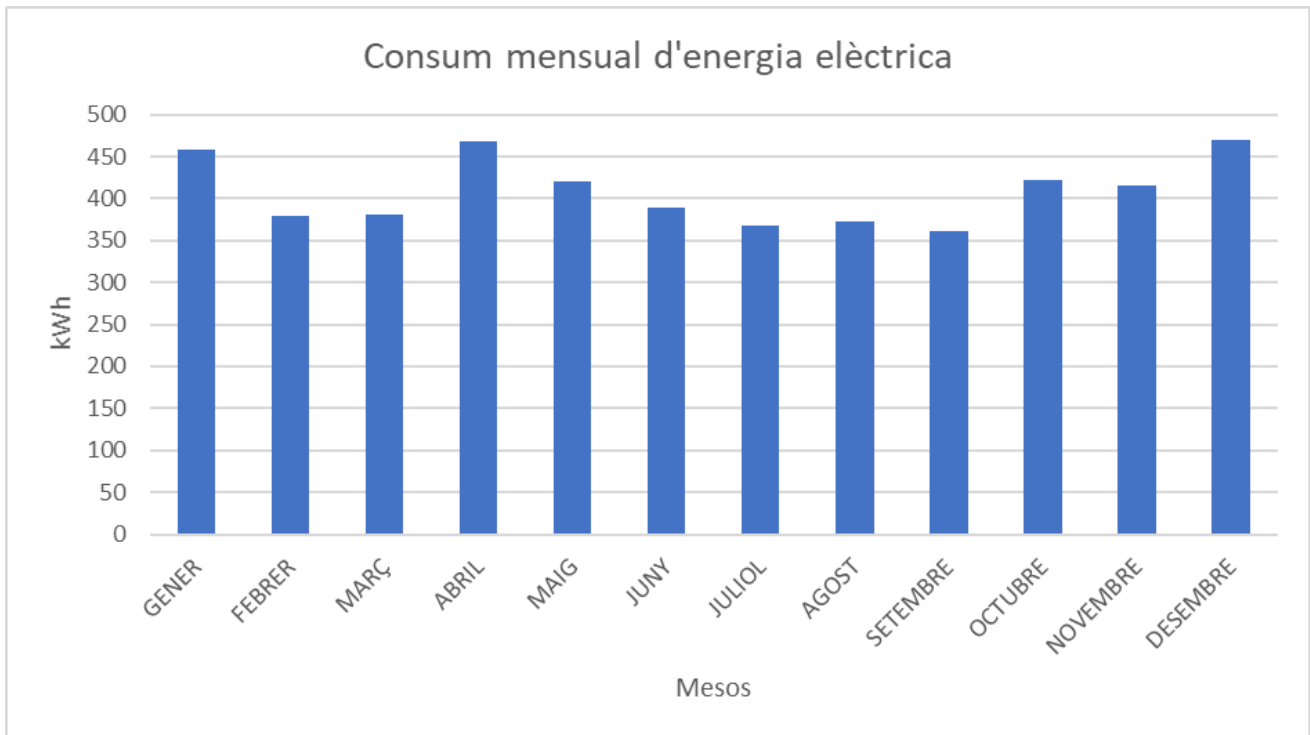
Gràfic 6. Perfil consum mig per hores



### 6.1.2 Demanda elèctrica total

A partir del sumatori del consum diari extret de les corbes de càrrega, es determina el consum total mensual de l'any.

Al realitzar la suma de tots els mesos obtenim un consum anual total de 4905.262 kWh / any.



Gràfic 7. Consum d'energia elèctrica mensual

### 6.2 Demanda d'energia tèrmica

Per calcular la demanda d'energia tèrmica es té en compte tant l'aigua calenta sanitària com la calefacció de l'habitatge.

Actualment l'aigua calenta sanitària s'abasteix a partir de la caldera de gasoil, aquesta mateixa caldera ens proporciona escalfor a través de radiadors a tota la casa.

### 6.2.1 Aigua calenta sanitària

Es calcula la demanda d'aigua calenta sanitària a partir de les dades de consum actuals de l'habitatge i regint-nos per la normativa del Codigó Técnico de la Edificació ( CTE ) secció HE4.

La temperatura actual a la que s'escalfa l'aigua amb la caldera de gasoil es de 60°C, podem comprovar que a la taula 3.1 del document CTE HE4, o la taula 5 del projecte, coincideix amb aquesta temperatura com a temperatura de referència.

En el nostre cas, habitatge unifamiliar es contempla un consum de 30L per persona i dia.

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

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

*Taula 5. Demanda de referencia a 60°C*

Font: (Ministerio de Fomento 2009)

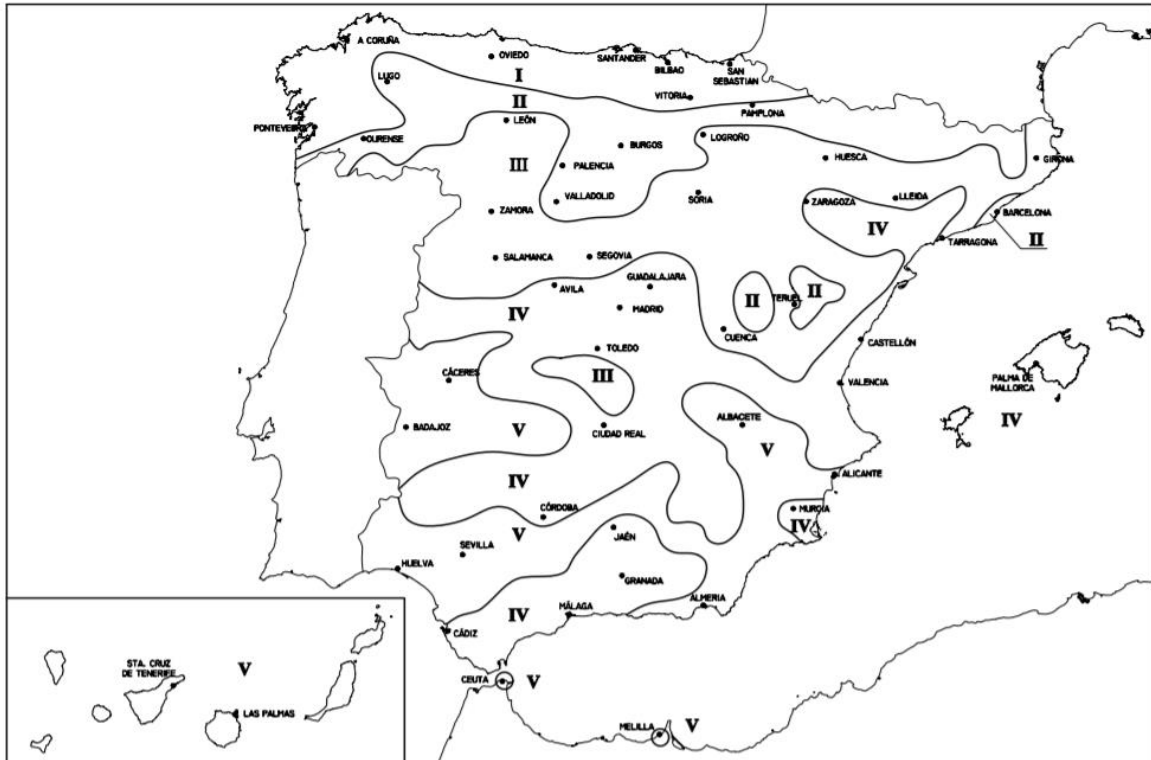
Càlcul demanda total diària:

$$D_{60^{\circ}\text{C}} = 30 \frac{\text{litres}}{\text{persona}} * 4 \text{ persones} = 120\text{L/dia} \quad (4)$$



### 6.2.2 Estimació consum ACS

Per determinar la temperatura mitjana de l'aigua freda es fan servir les dades del programa gratuït i certificat que proporciona IDAE, el CHEQ4. També es corrobora la zona amb la taula 3.1 zones climàtiques del document CTE secció HE4 o la il·lustració 23 del projecte.

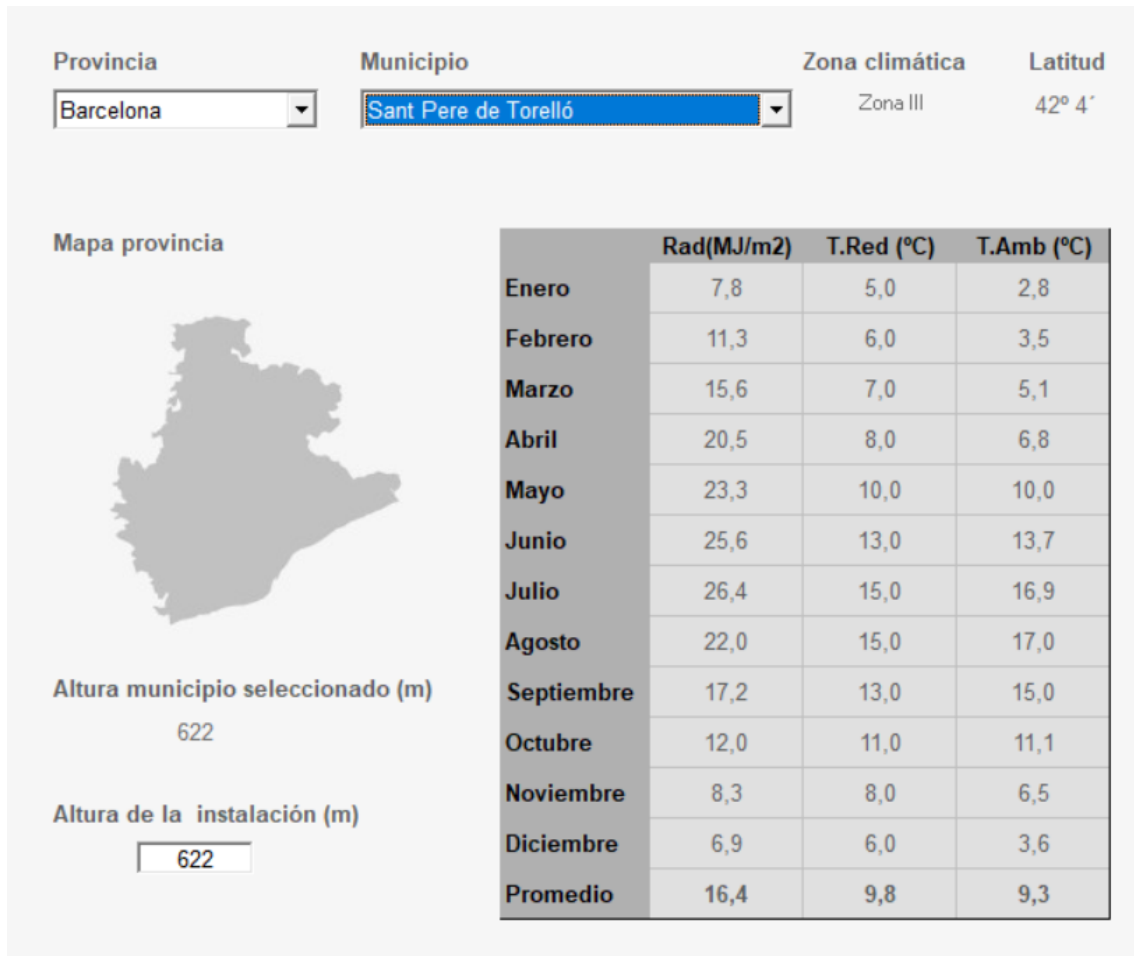


**Fig. 3.1. Zonas climáticas**

BARCELONA	Badalona	II	Sant Boi de Llobregat	II
	Barbera del valles	II	Sant Cugat del Valles	II
	Barcelona	II	Sant Feliu de Llobregat	II
	Castelldefels	II	Sant Joan Despi	II
	Cerdanyola del Valles	II	Sant Pere de Ribes	II
	Cornella de Llobregat	II	Sant Vicenç dels Horts	II
	Gava	II	Santa Coloma de Gramenet	II
	Granollers	III	Terrassa	III
	L'Hospitalet de Llobregat	II	<b>Vic</b>	<b>III</b>
	Igualada	III	Viladecans	II
	Manresa	III	Vilafranca del Penedes	II
	El Masnou	II	Vilanova i la Geltru	II
	Mataro	II		
	Mollet del Valles	II		
	Montcada i	II		
	El Prat de Llobregat	II		
	Premia de mar	II		
	Ripollet	II		
	Rubi	II		
	Sabadell	III		
	Sant Adria de Besos	II		

*il·lustració 23: Zones climàtiques a Espanya*

Font: (Ministerio de Fomento 2009)



il·lustració 24: Dades del programa CHEQ4 per Sant Pere de Torelló, temperatures mitjanes de xarxa i ambient.

Font: (Torroja 2013)

Finalment per poder conèixer el valor de la demanda energètica tèrmica associada a ACS cal tenir en compte el salt tèrmic entre la temperatura desitjada de l'aigua calenta ( 60°C ) i la temperatura de l'aigua freda de la nostra zona ( Sant Pere de Torelló ).

També es important tindre en compte la quantitat d'aigua a escalfar i la calor específica de l'aigua, tota aquesta informació la obtindrem a partir de la següent fórmula.

$$E_{ACS} = D_{60^{\circ}C} * m * c_e * ( T_{ACS} - T_{AF} )$$

$$E_{ACS} = D_{60^{\circ}C} * m * c_e * \Delta T \quad ( 5 )$$

On:

- $E_{ACS}$  = Energia demandada per la instal·lació ( kWh )
- $D_{60^{\circ}C}$  = Demanda a 60°C ( 120L/dia )
- $m$  = Massa aigua calenta ( 1Kg/litre )
- $c_e$  = Calor específic aigua ( 1Kcal/Kg\*°C → 0.00116 kWh/Kg\*°C )
- $T_{ACS}$  =Temperatura mitjana del servei de l'aigua calent sanitària.
- $T_{AF}$  = Temperatura mitjana de l'aigua de subministrament de xarxa.

Aplicant l'equació obtenim els resultats de demanda energètica mitjana d'un dia de cadascun dels mesos per el ACS.

Si multipliquem aquesta demanda diària pels dies de cada mes obtenim la demanda mensual d'ACS en kWh.

DEMANDA ACS					
Mesos	Dies	Temp. Aigua freda (T.Red )	Salt tèrmic	Energia demandada ACS ( kWh/dia )	Energia demandada ACS ( kWh/mes )
Gener	31	5	55	7,656	237,336
Febrer	28	6	54	7,5168	210,4704
Març	31	7	53	7,3776	228,7056
Abril	30	8	52	7,2384	217,152
Maig	31	10	50	6,96	215,76
Juny	30	13	47	6,5424	196,272
Juliol	31	15	45	6,264	194,184
Agost	31	15	45	6,264	194,184
Setembre	30	13	47	6,5424	196,272
Octubre	31	11	49	6,8208	211,4448
Novembre	30	8	52	7,2384	217,152
Desembre	31	6	54	7,5168	233,0208
<b>Demanda Anual</b>					<b>2551,9536</b>

Taula 6. Demanda mensual ACS en kWh

### 6.2.3 Calefacció

Per calcular la demanda energètica per calefacció descartem el mètode de càrregues tèrmiques, ja que com es tracta d'una casa antiga no es disposa de la informació necessària de l'habitatge per poder fer aquest càlcul. Així doncs, utilitzem la potència de climatització mínima requerida per escalfar la superfície de la casa i el temps d'utilització de la calefacció.

Basant-nos en el mapa climàtic de temperatures mínimes anuals podem veure que Sant Pere de Torelló està situat en una zona de color verd ( de -7 a -12 °C ).



il·lustració 25: Mapa climàtic temperatures mínimes

Font: (EcoPellets 2021)

Un cop tenim clara la zona, triem el tipus d'aïllament tèrmic que tenim a la casa, tenim una taula per bon aïllament i una taula per mal aïllament.

Com la casa té un bon aïllament, degut a les cambres d'aire que tenen les parets, vidres de les finestres dobles i fals sostre, considerem la taula de bon aïllament.

Orientación	SUR				NORTE			
	Piso en zona urbana	Entre pisos	Primer piso	Último piso	-	Entre pisos	Primer piso	Último piso
Vivienda unifamiliar en zona rural	-	Entre pisos	Primer piso	Último piso	-	Entre pisos	Primer piso	Último piso
Clima suave	66	68	70	72	72	74	76	78
Clima frío	69	71	73	75	75	77	79	81
Clima muy frío	75	77	79	81	81	83	85	87
Clima extra frío	82	85	87	90	90	93	95	97

Orientación	SUR				NORTE			
	Piso en zona urbana	Entre pisos	Primer piso	Último piso	-	Entre pisos	Primer piso	Último piso
Vivienda unifamiliar en zona rural	-	Entre pisos	Primer piso	Último piso	-	Entre pisos	Primer piso	Último piso
Clima suave	78	80	82	84	84	86	88	90
Clima frío	81	83	85	87	87	90	93	96
Clima muy frío	87	89	91	93	93	95	97	99
Clima extra frío	97	100	102	105	105	107	109	111

Taula 7. Taules coeficients segons zona climàtica i aïllaments

Font: (EcoPellets 2021)

Per últim, triem la fila verda ( clima muy frio ), la opció de ( vivienda unifamiliar en zona rural ) i agafarem com si totes les estances fossin vessant nord per sobredimensionar una mica la instal·lació.

La formula a aplicar es la següent:

$$P_{calefacció} = \frac{C \cdot S}{1000} (KW) \quad (6)$$

On:

- C= Coeficient taula
- S= Superfície en m<sup>2</sup>

Amb aquest càlcul obtenim la següent taula, es consideren totes les estances de la casa menys el garatge que no estarà climatitzat.

DEMANDA CALEFACCIÓ				
Planta	Descripció	Superfície ( m <sup>2</sup> )	Potencia ( KW )	Potencia ( W )
Planta baixa	Menjador	32,45	2,758	2758,25
	Cuina	31,06	2,640	2640,10
	Bany 1	3	0,255	255,00
	Garatge	45,24		
Planta primera	Habitació 1	12,92	1,124	1124,04
	Habitació 2	12,48	1,086	1085,76
	Habitació 3	18,51	1,610	1610,37
	Bany 2	5,97	0,519	519,39
	Distribuidor	3,4	0,296	295,80
Total			10,28871	10288,71

Taula 8. Resultats de potencia necessària per escalfar l'habitatge

Per obtenir les dades de consum anual de calefacció analitzarem les hores i mesos on la calefacció treballa.

En els mesos d'estiu ( Maig, Juny, Juliol, Agost ) no es fa servir, per tant quedaran amb consum zero.

ENERGIA PER CALEFACCIÓ			
Mesos	Hores ON ( h/dia )	Hores ON ( h/mes )	E.Calefacció ( Kwh / mes )
Gener	13	403	4146,35
Febrer	13	364	3745,09
Març	11	341	3508,45
Abril	9	270	2777,95
Maig	0	0	0,00
Juny	0	0	0,00
Juliol	0	0	0,00
Agost	0	0	0,00
Setembre	9	270	2777,95
Octubre	11	341	3508,45
Novembre	13	390	4012,60
Desembre	13	403	4146,35
<b>Total calef. Anual</b>			<b>28623,19</b>

Taula 9. Hores de funcionament i demanda calefacció

#### 6.2.4 Demanda tèrmica total

Per calcular la demanda tèrmica total en cadascun dels mesos i de forma anual es suma la demanda d'ACS i la de calefacció.

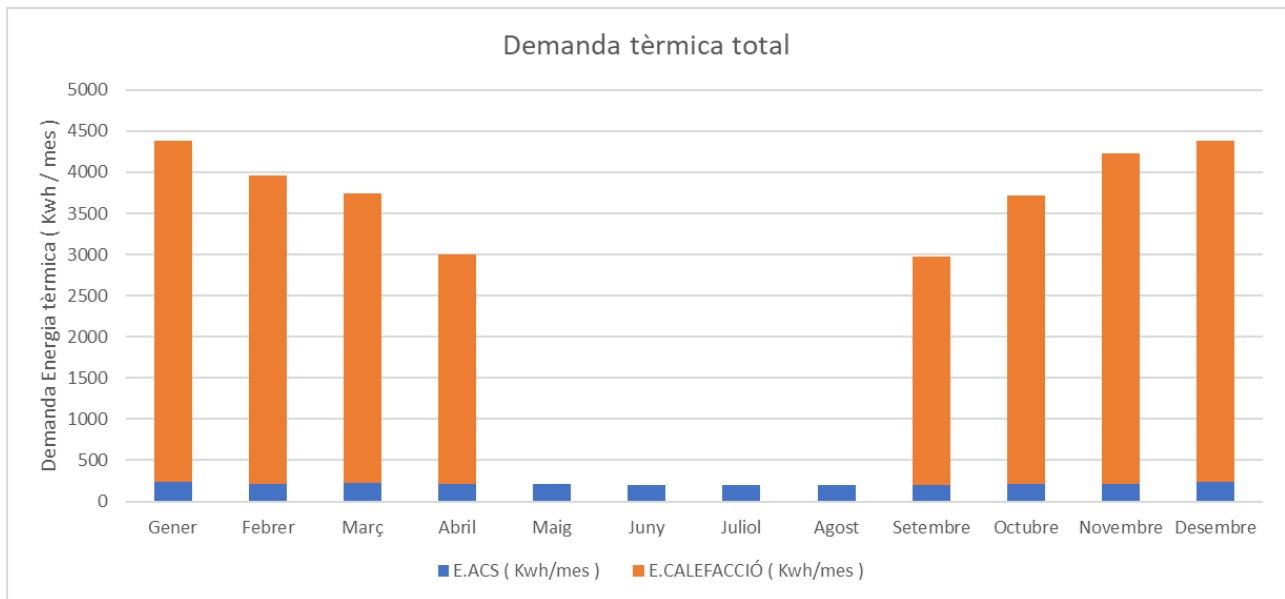
$$E_{Tèrmica} = E_{ACS} + E_{Calefacció} \quad (7)$$

Aplicant aquesta fórmula obtenim una demanda tèrmica total de 31175.14 kWh.

DEMANDA TÈRMICA TOTAL ( ACS + CALEFACCIÓ )			
Mesos	E.ACS ( kWh/mes )	E.CALEFACCIÓ ( kWh/mes )	E.TÈRMICA ( kWh/mes )
Gener	237,336	4027,14	4264,48
Febrer	210,4704	3637,42	3847,89
Març	228,7056	3407,58	3636,29
Abril	217,152	2698,09	2915,24
Maig	215,76	0,00	215,76
Juny	196,272	0,00	196,27
Juliol	194,184	0,00	194,18
Agost	194,184	0,00	194,18
Setembre	196,272	2698,09	2894,36
Octubre	211,4448	3407,58	3619,03
Novembre	217,152	3897,23	4114,39
Desembre	233,0208	4027,14	4260,16
<b>Total Anuals</b>	<b>2551,9536</b>	<b>27800,28</b>	<b>30352,23</b>

Taula 10. Resultats demanda tèrmica de la instal·lació

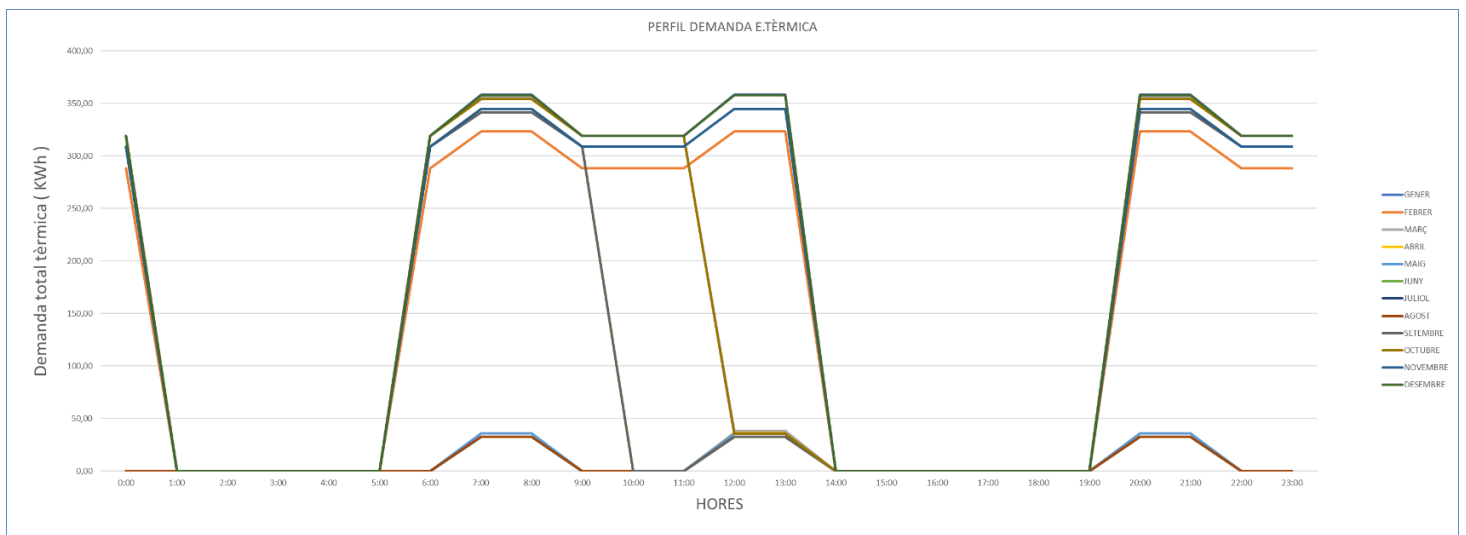
Expressem els resultats de la taula en forma de gràfic per poder observar com evoluciona la demanda anual.



Gràfic 8. Distribució demanda tèrmica total

### 6.2.5 Perfil demanda tèrmica total

Dibuixem el perfil de demanda d'energia tèrmica al llarg de les 24h del dia i per tots els mesos de l'any.



Gràfic 9. Perfil demanda tèrmica diària

## 7. ESTUDI ENERGETIC DE LA INCORPORACIÓ D'ENERGIES RENOVABLES

### 7.1 Energia microeòlica

Per poder avaluar si és viable instal·lar un sistema d'energia microeòlica és necessari estimar la potència eòlica disponible a la zona. Necessitem determinar la màxima potència que es podria obtenir del vent si es pogués extreure tota la seva energia cinètica.

Veurem amb aquestes dades si ens mereix seguir l'estudi o el vent és tan escàs en aquesta zona que poder no serà viable.

El segon pas, si obtenim unes dades amb possibilitats, serà seleccionar el model d'aerogenerador més adient per la nostra zona.

Per últim, farem una estimació de l'energia que podem generar amb la turbina que seleccionem de forma mensual i anual, d'aquesta manera podrem decidir si és viable la incorporació d'aquesta energia.

#### 7.1.1 Potència eòlica de la zona

Per determinar el potencial eòlic de la zona hem de tindre en compte diversos factors, a continuació enumerem alguns d'ells:

- Velocitat
- Direcció del vent
- Turbulència
- Diferència entre temperatura global i local
- Orografia del terreny
- Rugositat de la superfície del terreny
- Possibles obstacles

A continuació es detalla el procés desenvolupat per poder estimar el potencial eòlic de la localitat de Sant Pere de Torelló.

El primer pas és extreure les dades, en el nostre cas s'han extret dades diàries en un període de 10 anys, concretament el període és del 2010 al 2020. D'aquesta forma la representació que tenim de dades és important i proporciona molta fiabilitat a l'estudi.

Les dades s'han extret de la base de dades climàtiques del Meteocat. S'ha contactat amb Meteocat per poder adquirir aquestes dades.

L'estació meteorològica de la qual s'extreuen les dades és l'estació d'Orís i pertany a la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques ( XEMA ).

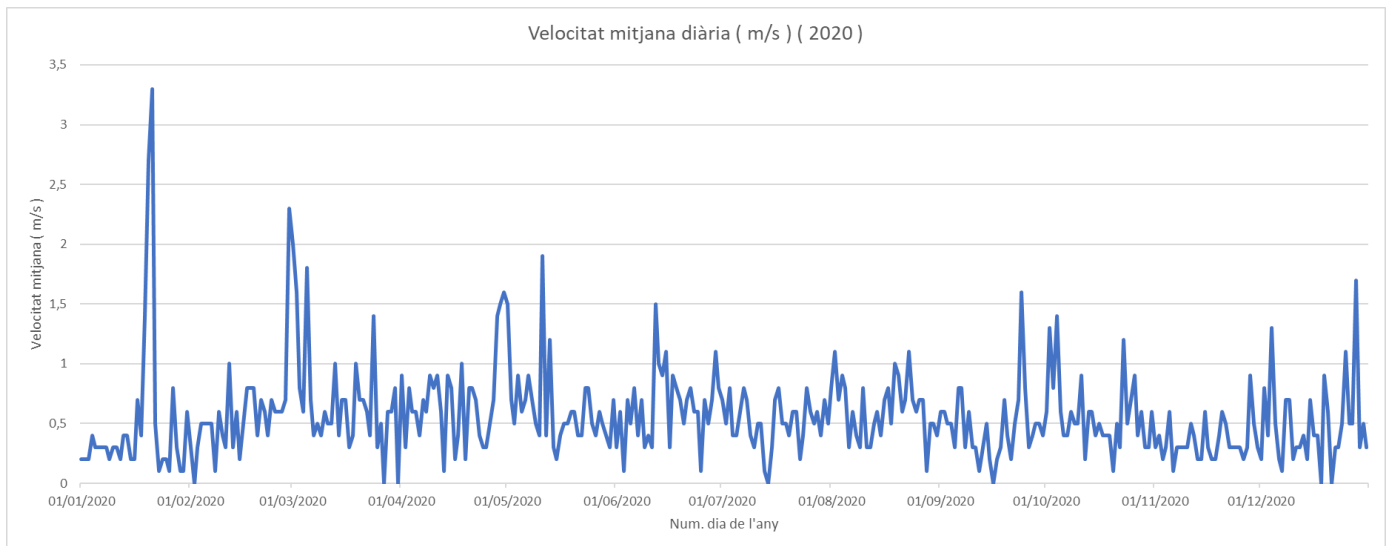
Dades Generals de l'estació a la població d'Orís							
Altura anemòmetre (m)	Codi EMA	Nom EMA	Comarca	Data inici	X UTM (m)	Y UTM (m)	Z (m)
10	CC	Orís	Osona	15/11/1995	434535	4658293	626

Taula 11. Dades estació meteorològica d'Orís

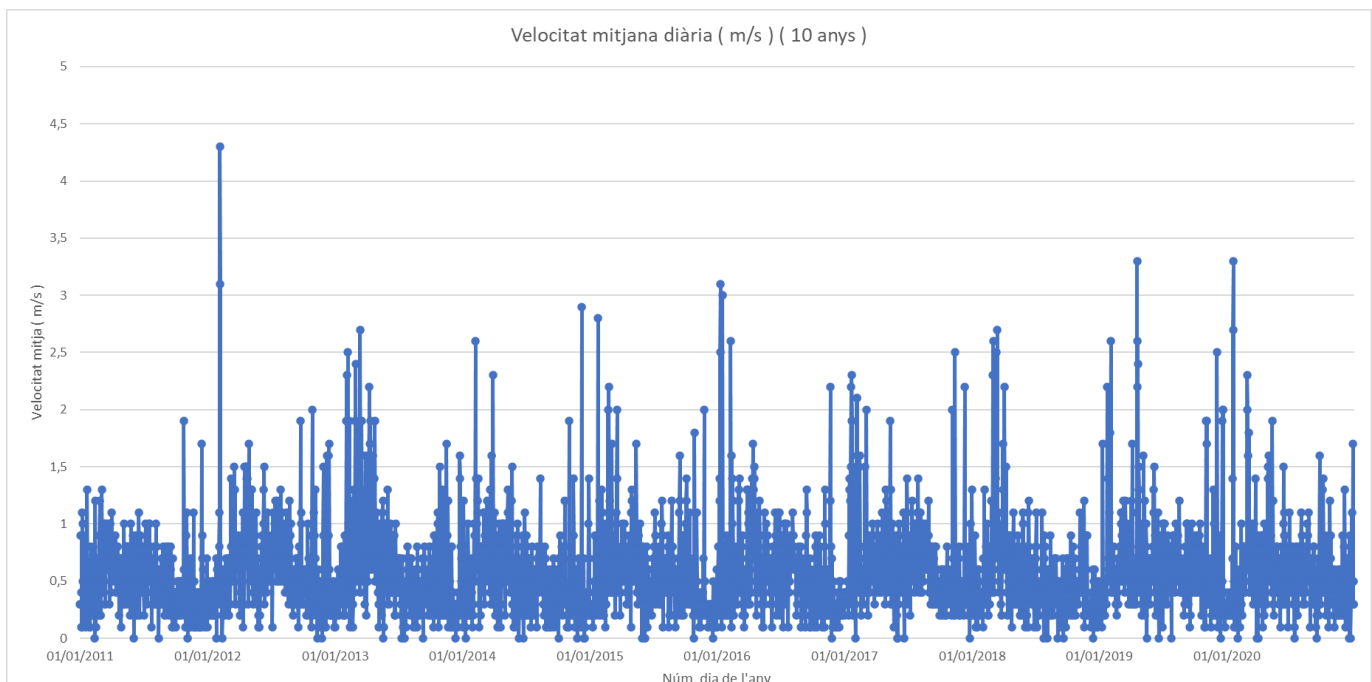
En segon lloc, es tracten les dades per tal de veure quin el comportament del vent. Es pot veure en el gràfic ( 11 ) que el vent acostuma a tenir un comportament estacional al llarg de l'any amb alguna variació puntual, es veu però que a curt i mig termini acostuma a ser aleatori.

Malgrat que la direcció del vent i la intensitat del vent tenen un comportament no determinista, es poden tractar mitjançant variables estadístiques.

En el gràfic ( 12 ) també es pot veure que el comportament estacional es compleix de la mateixa forma al llarg dels anys.



Gràfic 10. Perfil velocitat mitjana del vent al llarg d'un any



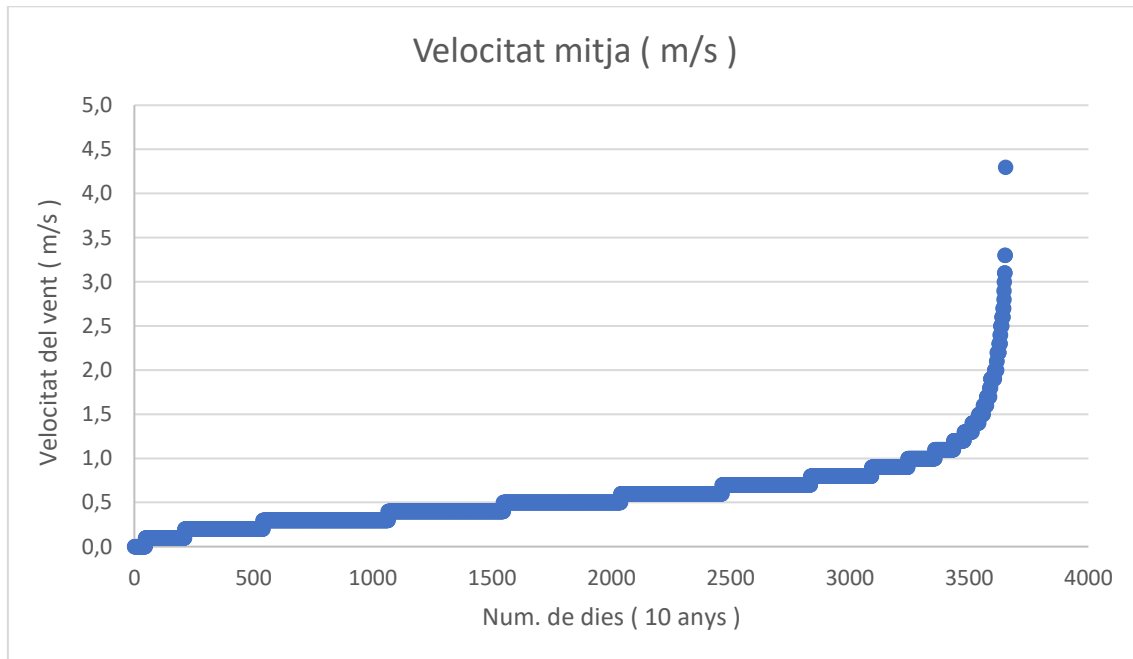
Gràfic 11. Perfil velocitat mitjana del vent al llarg de 10 anys



El següent pas a estat ordenar a l'Excel les velocitats, de més petites a més grans, en aquest punt ens centrarem en buscar la mitjana per valorar realment quin potencial eòlic tenim durant tot l'any i si ens és rentable aplicar el recurs eòlic.

Com podem veure a la gràfica, la major part de les dades les tenim entre 0 i 1 m/s. Si fem la mitjana dels 10 anys obtenim un resultat de 0'6 m/s, com podem veure és un valor molt baix, la zona té poc potencial eòlic.

Si be aquestes dades ja ens donen una informació, procedirem a fer un estudi més acurat mitjançant la distribució de probabilitat amb la distribució de Weibull.



Gràfic 12. Velocitat mitjana (m/s) en 10 anys

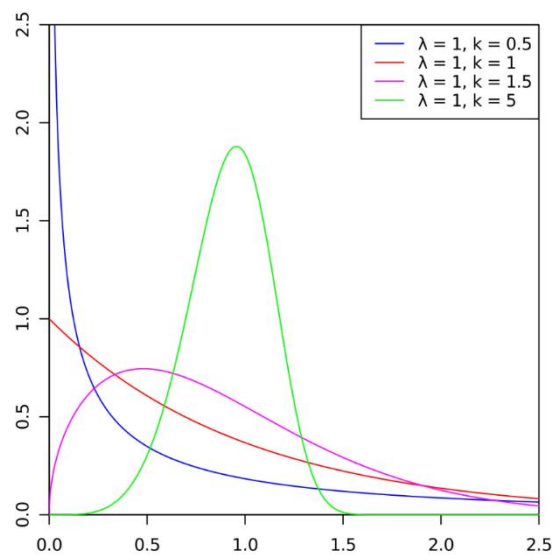
### 7.1.2 Distribució de Weibull

Una forma molt comuna de caracteritzar la velocitat del vent en un emplaçament, és mitjançant la distribució de probabilitat utilitzant la distribució de Weibull.

Es tracta d'una distribució de probabilitat contínua on finalment obtindrem un gràfic que ens donarà la funció de densitat de probabilitat.

#### **Funció de densitat de probabilitat:**

Segons el nostre coeficient de forma ( paràmetre K ), obtindrem una funció de les que es mostren al següent gràfic, relacionarem la probabilitat en l'eix Y amb la velocitat del vent en l'eix X.



Gràfic 13. Possibles corbes segons dades distribució de Weibull

Font: (Wikimedia Commons contributors 2020)

Inicialment es classifiquen les dades en funció de l'interval de velocitats de vent al qual pertanyen. No es té en compte la velocitat de 0m/s, no té sentit en aquest estudi.

Rang mínim ( m/s )	Rang màxim ( m/s )
0	0
0,1	0,4
0,5	1,4
1,5	2,4
2,5	3,4
3,5	4,5

Taula 12. Rangs de velocitats amb els que es realitza l'estudi

Un cop realitzada aquesta classificació obtenim:

**Freqüència absoluta:** És el nombre de dies on el vent es troba dins aquets rangs.

Rang mínim ( m/s )	Rang màxim ( m/s )	Freq. Absoluta
0	0	
0,1	0,4	1.501
0,5	1,4	1.993
1,5	2,4	92
2,5	3,4	20
3,5	4,5	1

Taula 13. Freqüència absoluta, nombre de dies on el vent es troba dins aquets rangs

**Freqüència relativa:** És la freqüència absoluta dividit del nombre total de mostres que volem analitzar, d'aquesta forma obtenim un percentatge.

Rang mínim ( m/s )	Rang màxim ( m/s )	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
0	0		0,000
0,1	0,4	1.501	0,4161
0,5	1,4	1.993	0,5525
1,5	2,4	92	0,0255
2,5	3,4	20	0,0055
3,5	4,5	1	0,0003

Taula 14. Freqüència relativa, percentatge de la freq. absoluta dividit pel nombre total de mostres

Finalment obtenim:

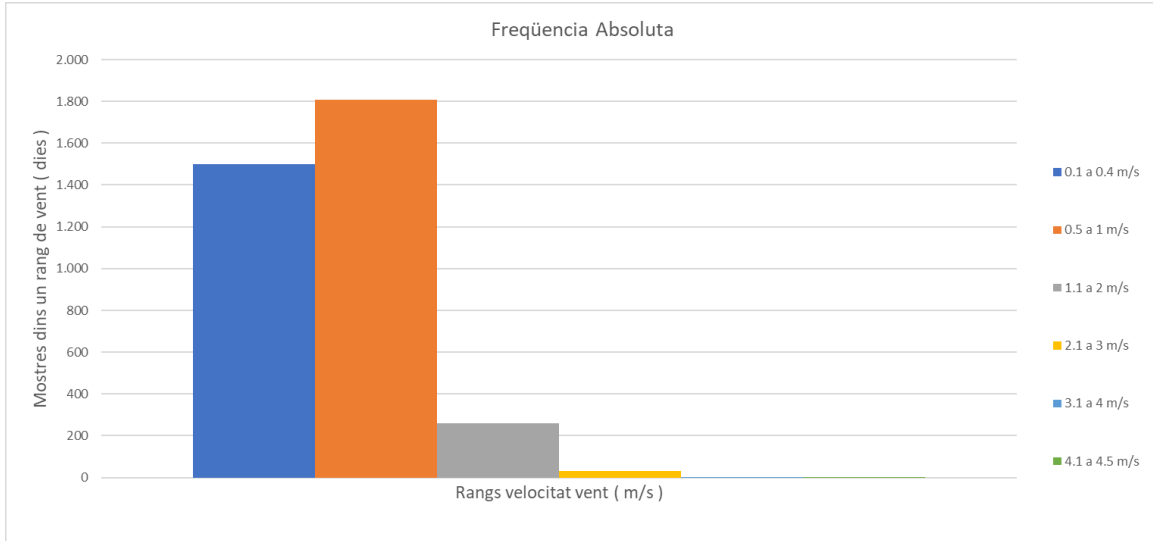
**Freqüència acumulada:** És la suma de totes les freqüències relatives, s'ha de tindre en compte que l'últim número de la freqüència acumulada ha de ser sempre 1, es deu a que és la suma de tots els valors que tenim, per tant aquest 1 equival al 100% dels valors analitzats, si al fer la freqüència acumulada dona un valor per sota de 1 vol dir que falten valors per analitzar.

Rang mínim ( m/s )	Rang màxim ( m/s )	Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Freq. Acumulada
0	0		0,000	0,000
0,1	0,4	1.501	0,4161	0,4161
0,5	1,4	1.993	0,5525	0,9687
1,5	2,4	92	0,0255	0,9942
2,5	3,4	20	0,0055	0,9997
3,5	4,5	1	0,0003	1,0000

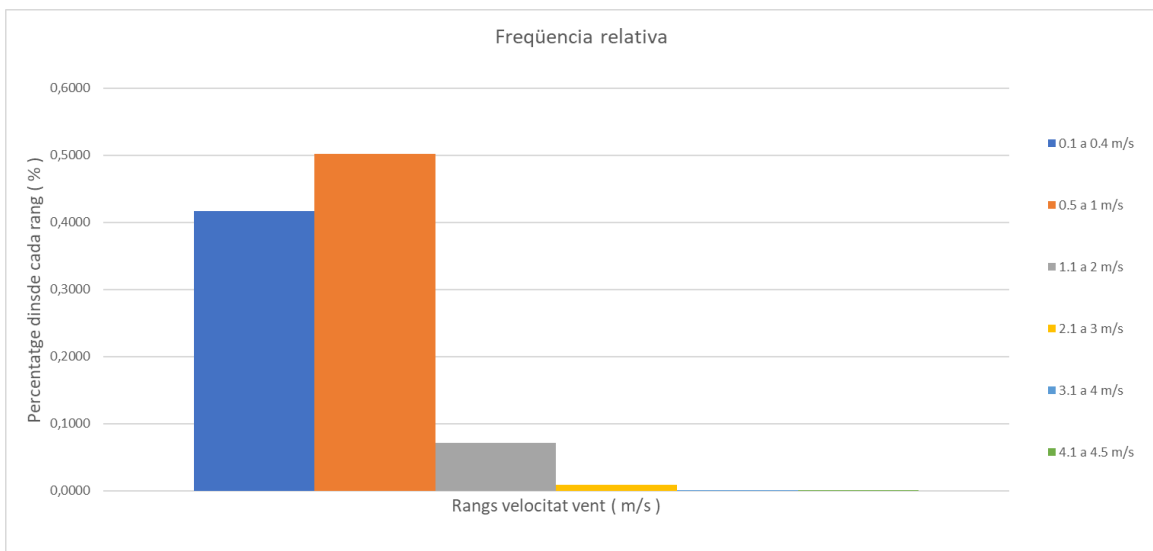
Taula 15. Freqüència acumulada, suma de totes les freqüències relatives

A continuació es mostren els resultats en forma de gràfic per poder extreure millors conclusions:

Com podem observar tant en el gràfic de la freqüència absoluta com el de freqüència relativa, els dos rangs de vent significatius de la zona estudiada son de (0.1 a 0.4 m/s) i de (0.5 a 1 m/s).



Gràfic 14. Freqüència absoluta del vent



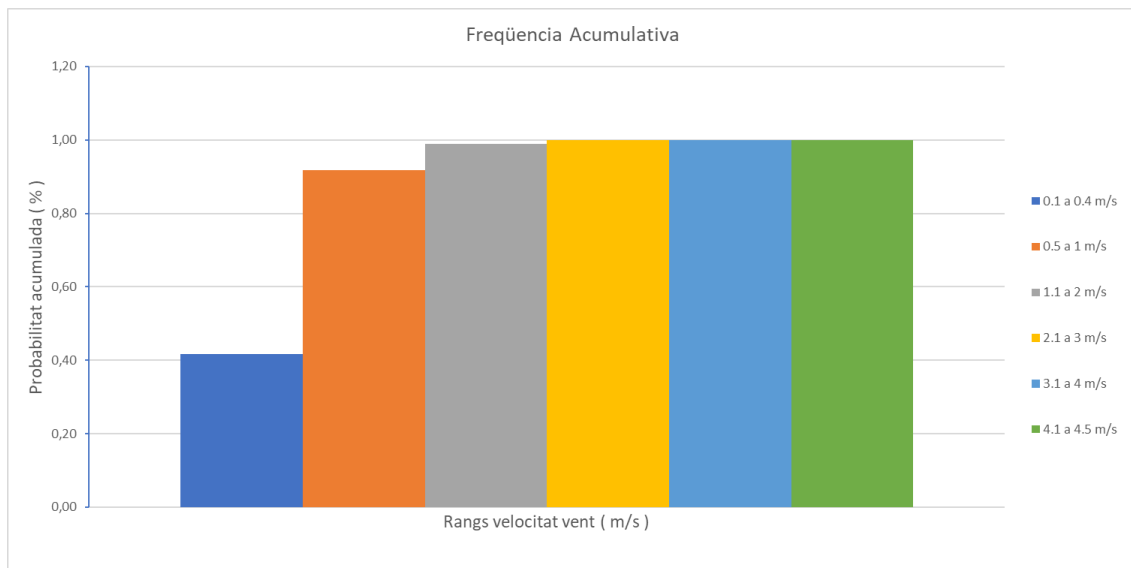
Gràfic 15. Freqüència relativa del vent

A l'estudiar el gràfic de freqüència acumulativa, ens podem adonar que des del valor de 1.1m/s fins el valor de 4.5m/s es pràcticament 1, això vol dir que és 100% probable o 99% probable que la velocitat del vent es trobi per sota d'aquests rangs.

Quan observem el rang de 0.1 a 0.4 m/s ens està dient que la probabilitat de que el vent estigui per sota és molt petita, del 41% aproximadament

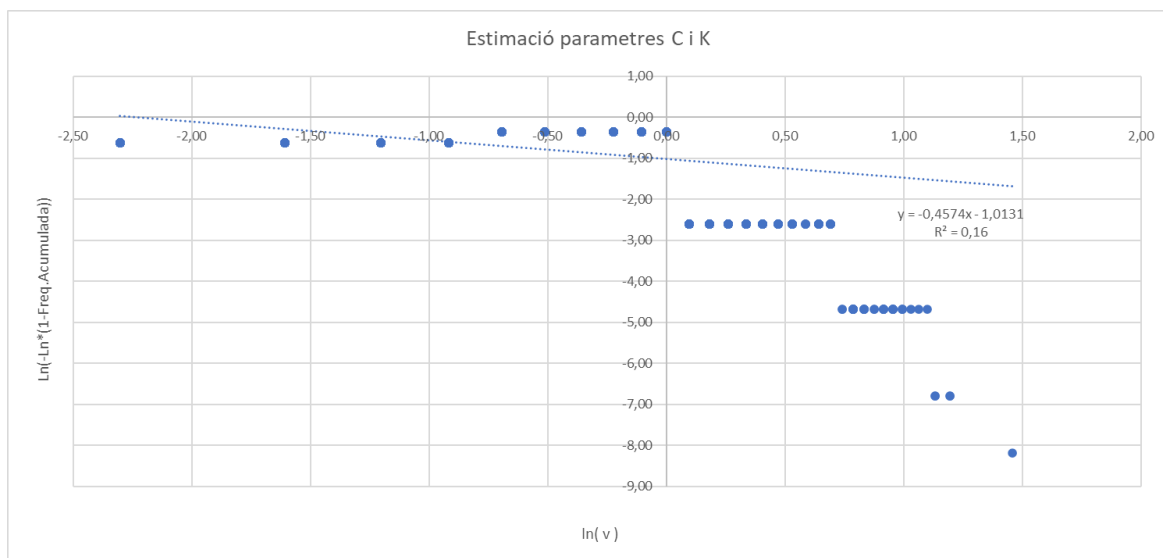
Quan observem el rang de 0.5 a 1 m/s ens diu que la probabilitat de que la velocitat del vent estigui per sota es del 96% per tant molt probable.

Es valora doncs que els rangs a tindre en compte pel disseny de la turbina serà de 0.1 m/s fins a 1m/s.



Gràfic 16. Freqüència acumulativa del vent

A continuació es gràfica el logaritme del logaritme invers en funció del logaritme natural i es traça una recta de regressió d'aquesta corba.



Gràfic 17. Corba i recta de regressió per obtenir els paràmetres de Weibull

A partir de l'anàlisi d'aquesta recta de regressió, es poden obtenir els paràmetres de Weibull.  
L'equació d'aquesta recta es:

$$Y = -0.4574x - 1.0131 \quad (8)$$

Essent el factor de forma el pendent d'aquesta recta directament, mentre que per determinar el factor d'escala és necessari aplicar la següent equació:

$$C = e^{\left(\frac{-B}{K}\right)} \quad (9)$$

Essent:

- B: Punt on la recta de regressió fa intersecció amb l'eix d'ordenades.
- K: Coeficient de forma, es el pendent de la recta de regressió.

Conèixer els paràmetres de Weibull ens permet estimar la probabilitat que faci una determinada velocitat de vent, l'equació que s'aplica es la següent:

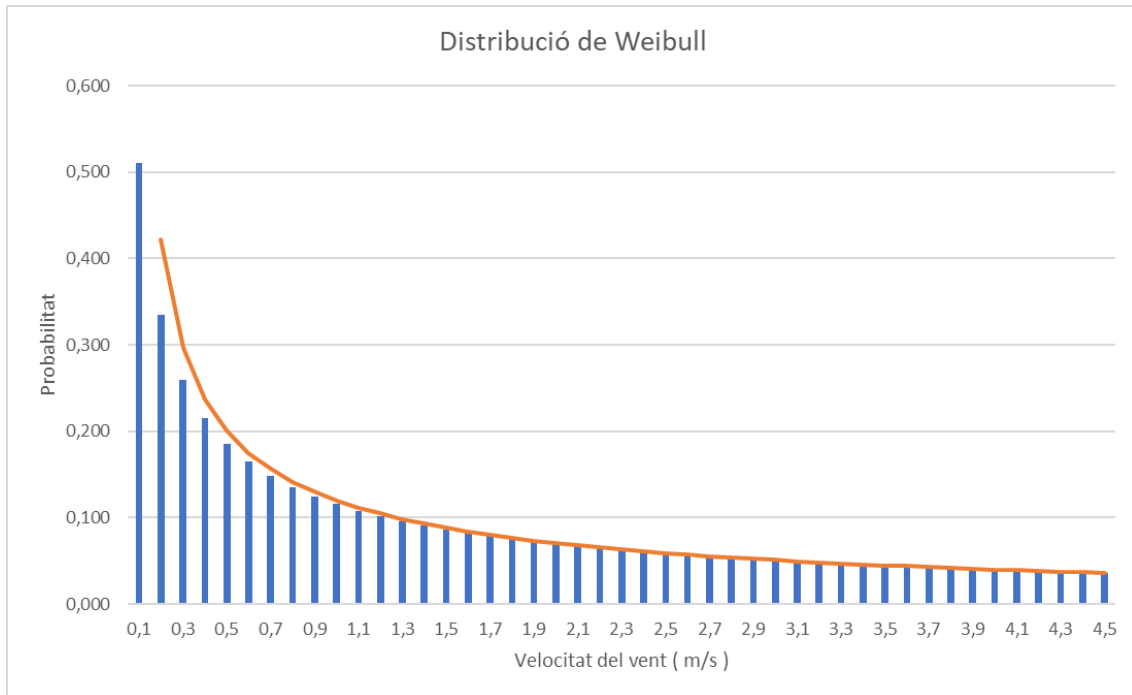
$$f = \frac{K}{c} * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (10)$$

Essent:

- K: Factor de forma de la funció.
- C: Factor d'escala o velocitat característica del vent. No es la velocitat mitjana de distribució però si esta estrictament relacionada amb ella.
- V: Velocitat del vent considerada.

### 7.1.3 Estudi gràfiques i conclusió, distribució de Weibull

Al tindre un coeficient de forma menor a 0'5 obtenim aquest tipus de distribució. Podem observar que el potencial eòlic de la zona es troba aproximadament entre 0.1 i 0.5 m/s.



Gràfic 18. Distribució de Weibull

Després de consultar diverses marques de generadors eòlics, es determina clarament que la zona on tenim el projecte no té potencial eòlic per valorar positivament una instal·lació.

Totes les marques, com poden ser, Enair, Bornay, Xunzel Air, Ista Breeze, Tumo, Tesup, Eolo, Ecoworthy, et demanen una velocitat de vent mínim per l'arrancada de 2m/s

Com s'ha demostrat amb la distribució de Weibull estem lluny d'aquesta velocitat mínima i per tant es descarta del projecte la implantació d'un generador eòlic.

## 7.2 Generació solar fotovoltaica

Per avaluar la viabilitat d'una instal·lació fotovoltaica hem de tindre en compte la potència solar disponible de la zona o irradiància.

Haurem d'estimar l'energia que es genera amb aquest recurs solar per poder assolir la demanda de l'habitatge.

És important contemplar i estudiar els punts claus de la instal·lació:

- Inclinió o angle muntatge panells
- Model i fabricant dels panells
- Tensió nominal
- Radiació solar captada
- Pèrdues instal·lació
- Dimensionar convertidors
- Nombre de plaques a instal·lar
- Muntatge en sèrie o paral·lel

### 7.2.1 Determinació de la tensió nominal de funcionament

En una instal·lació solar fotovoltaica sempre hem de diferenciar la part de contínua i la part d'alterna, podem escollir varies tensions nominals segons les nostres necessitats.

D'una forma generalitzada podríem dir que tenim 3 opcions a l'escollir la tensió nominal:

- 12V per potencies menors a 1'5kW
- 24V per potencies entre 1'5kW i 5kW
- 48V per potencies superiors a 5kW

En el nostre cas, com ja s'ha esmentat en apartats anteriors necessitem un consum de 5'5kW, seleccionarem doncs la tensió nominal de 48V.

Pel que fa la tensió de la part alterna, en un habitatge serà 230V d'acord amb el REBT.



### 7.2.2 Estimació de la demanda d'energia elèctrica [ Ah / dia ]

Per calcular la demanda elèctrica que ha d'abastir la instal·lació fotovoltaica , hem de tindre en compte la suma de totes les càrregues de la instal·lació que prèviament ja hem calculat en l'apartat ( 6.1.2 Demanda elèctrica total ).

Per dimensionar la demanda d'energia elèctrica ho expressarem en Ah/dia. Així doncs aplicarem la següent fórmula:

$$Demanda\ diària = \frac{Demanda\ mensual}{Núm\ de\ dies} = (KWh/dia) \quad (11)$$

Un cop apliquem la fórmula a cadascun els mesos, obtenim la següent taula on tenim el consum mig diari de cada mes i el total. Podem observar que el consum mitja diari anual es de 13,45 kWh/dia ( 13450 Wh/dia ).

DEMANDA DIÀRIA D'ENERGIA ELÈCTRICA	
MESOS	CONSUM TOTAL kWh
GENER	14,76
FEBRER	13,57
MARÇ	12,27
ABRIL	15,61
MAIG	13,55
JUNY	12,96
JULIOL	11,89
AGOST	12,01
SETEMBRE	12,06
OCTUBRE	13,64
NOVEMBRE	13,84
DESEMBRE	15,16
Mitjana diària any [kWh ]	13,44

Taula 16. Demanda diària d'energia elèctrica

A partir d'aquest valor es possible calcular el consum total expressat en Ah/dia amb la següent fórmula, cal tindre en compte que el voltatge nominal serà de 48V.

$$\text{Consum total} = \frac{\text{Energia total}}{\text{Voltatge nominal}} = \frac{13450\text{Wh/dia}}{48\text{V}} = \mathbf{280.2 (Ah/dia)} \quad (12)$$

Per determinar l'energia requerida per la instal·lació, cal tenir en compte que a més del consum net total, a la instal·lació també existeixen diferents pèrdues. L'energia requerida serà la suma de l'energia neta i les pèrdues per connexions.

Aquestes pèrdues normalment s'estimen vora el 10%.

$$\text{Pèrdues} = 10\% * \text{Consum total} = 0.1 * 280.2 = \mathbf{28.02 (Ah/dia)} \quad (13)$$

Un cop conegudes les pèrdues ja podem determinar la demanda total requerida per la instal·lació:

$$\begin{aligned} \text{Consum total amb pèrdues} &= \text{Consum total} + \text{Pèrdues} = (\text{Ah/dia}) \\ \text{Consum total amb pèrdues} &= 280.2 + 28.02 = \mathbf{308.22 (Ah/dia)} \quad (14) \end{aligned}$$

### 7.2.3 Avaluació pèrdues de la instal·lació

A part de les pèrdues per connexions, cal tindre en compte les pèrdues produïdes en els diferents components que formen la instal·lació, com per exemple ( regulador, inversor.. )

Per poder estimar el valor total de les pèrdues a la instal·lació (  $K_T$  ), utilitzem la següent equació:

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] * [1 - \frac{K_A * D_{aut}}{P_{Dmax}}] \quad (15)$$

Essent,

- KA: pèrdues degudes a l'auto descàrrega diària de les bateries, a 20 °C. Com la instal·lació d'energies renovables no compta amb la incorporació de sistemes d'emmagatzematge, aquest valor serà zero.
- KB: pèrdues dissipades per la bateria en forma de calor. Pel mateix motiu que el cas anterior, aquest factor serà zero.
- KC: pèrdues causades per la no idealitat del convertidor DC/AC (inversor). El seu valor depèn del model i fabricant del convertidor instal·lat. Els inversors una mica bons solen tindre un rendiment màxim d'entre 98,4% al 99.5%, les seves pèrdues són doncs d'entre 0.5% a 1,6%. Tanmateix, per seguretat s'estima que les pèrdues són del 5%.
- KR: pèrdues causades per la no idealitat del convertidor DC/DC (regulador). El seu valor depèn de la tecnologia utilitzada. Els reguladors solen tindre un rendiment màxim del 99%, les seves pèrdues són doncs de l'1%. Tanmateix, per seguretat s'estima que les pèrdues són del 5%.
- KX: altres pèrdues contemplades, com per exemple les caigudes de tensió. S'estima que aquest valor és del 10%.
- PD max: és el nivell de descàrrega que es permet a la bateria abans de la desconnexió del regulador, per protegir la duració d'aquesta. Pel mateix motiu que els factors KA i KB, aquest factor serà zero.
- D aut: són els dies d'autonomia de la instal·lació, és a dir, el nombre de dies consecutius que, en mancar el sol, el sistema d'acumulació és capaç d'abastir el consum requerit, sense sobrepassar la profunditat màxima de descàrrega de les bateries. Aquest valor no es considera, ja que aquesta està connectada a la xarxa elèctrica i si es donessin aquestes condicions desfavorables, la demanda seria abastida directament de la xarxa.

$$K_T = [1 - (0 + 0.05 + 0.05 + 0.1)] * [1 - \frac{0 * 0}{0}] = 0.8$$

Podem observar que al no contemplar bateries disminuïm les pèrdues, tornem a calcular doncs amb aquesta nova variable la potencia requerida.

$$Consum\ req. = \frac{Con.total\ amb\ perdues}{K_T} = \frac{308.22\ Ah/dia}{0.8} = 385.3\ (Ah/dia) \quad (16)$$

Per tant, determinem que el consum elèctric per dimensionar la instal·lació és de 385.3 Ah/dia.

#### 7.2.4 Elecció de la inclinació dels panells fotovoltaics i com afecta a la irradiació diària

De totes les zones on podem col·locar els panells solars, es busca la més òptima. Tenint en compte el màxim aprofitament d'hores de llum, es col·locaran les plaques en la teulada del porxo posterior i a la teulada amb la mateixa inclinació del garatge.

El porxo i la teulada del garatge estan encarats al Sud i tenen una superfície de 30m<sup>2</sup> el porxo, i de 15m<sup>2</sup> la teulada del garatge, en els dos casos és té un fàcil accés pel manteniment i neteja des d'una de les habitacions de la planta superior.



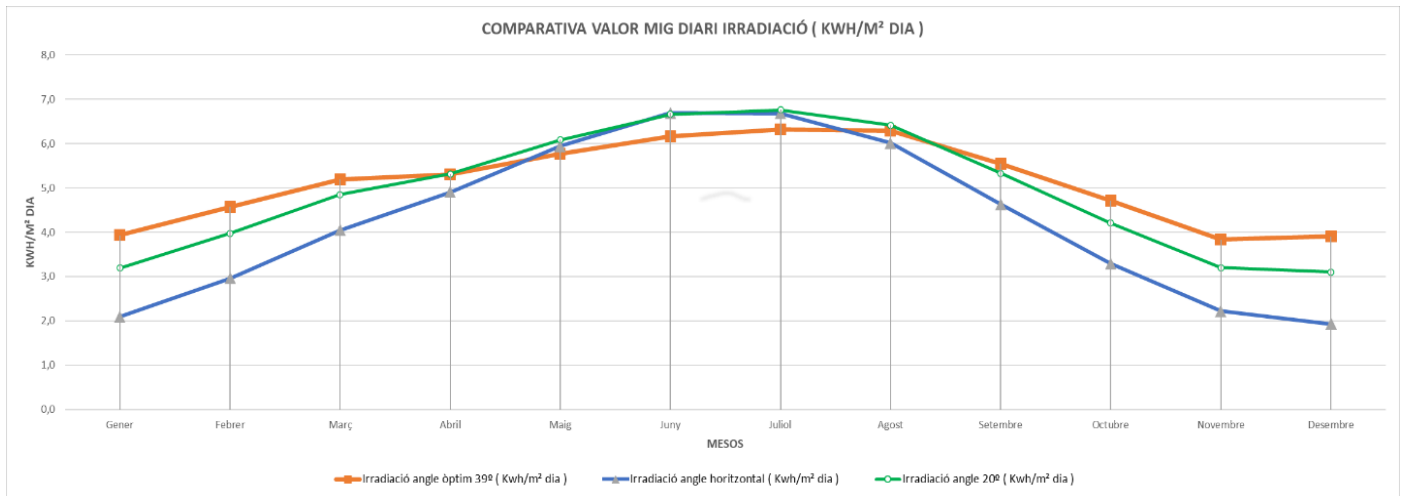
*il·lustració 26: Situació dels panells solars fotovoltaics a la teulada*

Font: (Google 2021)

La inclinació de la teulada és de 13.5° i l'angle òptim que requerim per la instal·lació és de 39° segons dades de *European Commission*, com les plaques han de tindre inclinació, al calcular la distància que s'ha de deixar entre plaques perquè no es facin ombra, ens dona un valor de 112.5cm entre el final d'una fila i l'inici de la següent, més endavant en l'apartat ( 7.2.9 Pèrdues per inclinació i orientació ) veurem els plànols.

Com ja hem comentat, les dades s'extreuen de la base de dades de *European Commission* on introduïm la nostra ubicació amb les coordenades i tot seguit ens proporciona informació sobre irradiació mensual o diària, irradiació sobre pla horitzontal, angle òptim per la zona o angle seleccionat, també proporciona informació sobre la instal·lació que es vol fer connectada a xarxa o de forma autònoma.

Un cop descarregada la taula i tractades les dades, podem veure la diferència entre instal·lar les plaques en el pla horitzontal, en un angle de 20º amb el que s'ha experimentat per veure resultats, o en l'angle òptim el qual ja hem comentat serà de 39º i és el que seleccionem per la nostra instal·lació.



Gràfic 19. Comparativa de la irradiació a diferents angles

### 7.2.5 Selecció del model de panell i potència proporcionada

Després d'una recerca exhaustiva per veure quins són els millors panells, observem que uns dels panells solars més eficients que existeixen són els de les marques SunPower, LG i Panasonic.

Aquest tipus de panells es fan amb silici tipus N, és el que ens dona una major qualitat degut a que aquest silici és el més pur que existeix a la indústria fotovoltaica, els que fan servir silici tipus P són menys eficient ja que té algunes impureses.

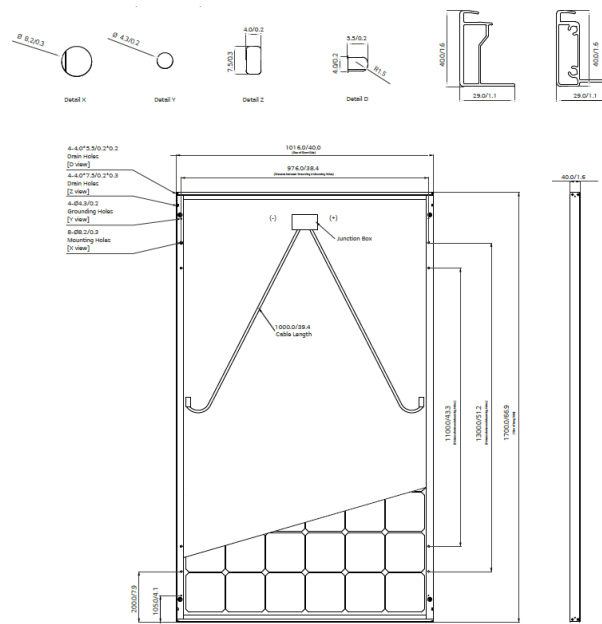
Finalment triem la placa LG360Q1C-A5 que te una eficiència de 20.8% i un Imp de 9.87.

Aquest model ha estat escollit principalment perquè s'adequa a les condicions necessàries de la instal·lació, té un alt rendiment i molt bon resultat en estadístiques comparatives de diverses marques de fabricants.

Les característiques principals d'aquest mòdul les proporciona el fabricant en la fitxa tècnica del model, es resumeixen en la següent taula.

Panell seleccionat	
Fabricant	LG Neon R
Model	LG360Q1C-A5
Eficiència panell ( % )	20,8
Potència panell ( W )	360
Tensió circuit obert ( Voc )	42,7
Corrent en curtcircuit ( Isc )	10,79
Tensió punt màxima potència ( Vmpp )	36,5
Corrent punt màxim potència ( Impp )	9,87
Mides panell ( mm )	1.700 x 1.016 x 40
Celes Panell	60

Taula 17. Característiques panell fotovoltaic seleccionat



il·lustració 27: Característiques físiques del panell seleccionat

Font: (Europe-SolarStore 2015)

El primer pas per poder determinar quin nombre de panells és necessari instal·lar per cobrir la nostra demanda, és determinar la potència que proporciona el mòdul seleccionat, per fer-ho utilitzem la següent fórmula.

$$E_{\text{mòdul}} = \eta_{\text{mòdul}} * I_{mp} * HSP \left( \frac{Ah}{dia} \right)$$

Essent:

- $\eta_{\text{mòdul}}$ : Rendiment del panell, no l'intern de la pròpia placa, sinó un factor global de pèrdues que contempla ( reducció d'energia per brutícia dels mòduls, opacitat del cristall, reflexions, connexions ) al ser una placa del tipus monocristal·lí serà un valor proper a 90%.
- $I_{mp}$ : Corrent en el punt de màxima potència del panell (A)
- $HSP$ : Hores solar pic, mitja anual

Les Hores Solar Pic és una unitat que mesura la irradiació solar, i es defineix com el temps en hores d'una hipotètica irradiació solar de 1000W/m<sup>2</sup>.

Per extreure les HSP ho fem des de la pàgina web ( Tu Tienda Solar ), en la qual escollim la ubicació de la instal·lació i la inclinació dels panells, en el nostra cas seleccionem amb l'angle de 39° i la següent fórmula:

$$1 \text{ HSP} = \frac{1000\text{W} \cdot 1\text{h}}{\text{m}^2} * \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} * \frac{1\text{J}}{1\text{W}} = \mathbf{3.6\text{MJ/m}^2} \quad (17)$$

Obtenim la següent taula, i ens mostra que el valor mig anual de HSP es de 4.44 h/dia.

Hores solar pic ( HSP )	
MESOS	HSP ( Wh/m <sup>2</sup> dia ) / (1000W/m <sup>2</sup> )
Gener	2,7
Febrer	3,6
Març	4,4
Abril	4,9
Maig	5,2
Juny	5,5
Juliol	6,1
Agost	5,6
Setembre	5,2
Octubre	4,4
Novembre	3,2
Desembre	2,5
Mitjana	4,44

Taula 18. Taula hores pic solar a la zona de l'estudi

Un cop tenim les HSP, procedim a aplicar l'equació per obtenir Emòdul:

$$Emòdul = \eta_{mòdul} * I_{mpp} * HSP = 0.9 * 9.87 * 4.44 = \mathbf{39.44 \left(\frac{Ah}{dia}\right)} \quad (18)$$

### 7.2.6 Càlcul del nombre de panells

Calculem el nombre de panells que requereix la nostra instal·lació tant en sèrie com en paral·lel pel compliment de tensió i consum requerit.

El nombre de panells bé donat pel coeficient entre el consum d'energia necessària, dividit per l'energia proporcionada per un panell.

$$Np = \frac{\text{Consum req.}}{E_{mòdul}} = \frac{385.3 \text{ Ah/dia}}{39.44 \text{ Ah/dia}} = \mathbf{9.8 \text{ panells}} \quad (19)$$

S'arrodoneix el valor, per tant seran **10 panells**.

### 7.2.7 Dimensionament del regulador i càlcul panells sèrie i paral·lel

El regulador és un convertidor DC/DC que es cuida de controlar el procés de generació fotovoltaica i el subministrament d'energia elèctrica generada cap a les càrregues DC de la instal·lació.

En aquest projecte no seria necessari ja que no tenim bateries però el posarem perquè ens ajudi a regular la tensió d'entrada a l'inversor.

En el mercat existeixen bàsicament 2 tipus de reguladors de càrrega, els PWM i els MPPT. S'aprofita l'explicació tenint en compte la opció de que es volguessin instal·lar bateries, no serà el cas d'aquest projecte però serveix la mateixa explicació per entendre el concepte.

Regulador PWM:

- Modulació per polsos
- Treballa tallant el pas a les bateries quan aquestes s'han carregat
- Mateix voltatge nominal en els panells i a les bateries ( punt de treball que no sol coincidir amb la màxima intensitat que pot aportar el panell )
- No s'aprofita tota la producció solar
- Podem connectar més panells però sempre en paral·lel per no sumar voltatge.
- Més econòmics, però menys eficients.
- S'ha de tindre en compte:
  - Voltatge ( 12,24,48 V ) ( A tindre en compte mateix voltatge plaques i bateries )
  - Intensitat ( 10,20,30 A ) ( A tindre en compte amb els panells en paral·lel )

Reguladors MPPT:

- Aprofiten la màxima producció solar per la càrrega de bateries
- Talla el pas dels panells a les bateries quan estan carregades igual que el PWM
- Ajusta el voltatge intern per tal de treballar sempre en el punt màxim de producció ( guanyem intensitat i conservem la potència total de producció )
- Més car, però compensa l'aprofitament de la producció solar
- S'ha de tindre en compte:
  - Voltatge de treball bateries
  - Voltatge de treball panells
  - Intensitat de càrrega bateries



Per determinar el número de panells que s'instal·laran en sèrie i paral·lel hem de tindre en compte els següents elements i aspectes:

- Regulador de càrrega que farem servir
- Potència total admesa
- Voltatge màxim i mínim admès

Al tractar-se de 10 panells de 360W i 60 cel·les i després de valorar que ens aporta un regulador PWM i un regulador MPPT, es selecciona un regulador MPPT per la instal·lació.

**Potència pic màxima del camp solar:**

$$P_p = P_{max} + (P_{max} * 0.03) \rightarrow P_p = 360 + (360 * 0.03) = \mathbf{370.8W} \quad (20)$$

$$P = 1.1 * N^o \text{ panells} * P_p \rightarrow P = 1.1 * 10 * 370.8 = \mathbf{4078.8W} \rightarrow \mathbf{4079W} \quad (21)$$

Essent:

- Pp = Potència pic
- Pmax = Potència màxima del panell
- 0.03 = El 3% de tolerància marcat pel fabricant per obtenir la potència màxima
- 1.1 = Factor de seguretat

Un cop tenim el resultat podem veure que el regulador a seleccionar ha de suportar la potència de 4079W. Seleccionem el regulador de la marca MUST, model PC18-8015F.

Les seves característiques son les que s'especifiquen a la *Taula 19. Característiques tècniques regulador Must PC18-8015F*



*il·lustració 28: Regulador Must PC18-8015F*

Font: (Solutions 2021b)

MODELO		PC18-8015F		PC18-8015F	
Voltaje nominal sistema baterías		12V/24V/48VDC (Auto detección); 36V(setting)			
CONTROLADOR ENTRADA	Voltaje de baterías	12V	24V	36V	48V
	Voltaje máximo entrada solar	100V	145V		
	Rango del MPPT	15~95V	30~130V	45~130V	60~130V
	Potencia máxima entrada paneles (12V)	938W		1250W	
	Potencia máxima entrada paneles (24V)	1875W		2500W	
	Potencia máxima entrada paneles (36V)	2813W		3750W	
	Potencia máxima entrada paneles (48V)	3750W		5000W	
BATERÍA	Configuraciones de carga	Estado de absorción		Estado de flotación	
	Flooded Battery	14.2V/28.4V/42.6V/56.8V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	AGM/Gel/LEAD battery (predeterm.)	14.4V/28.8V/43.2V/57.6V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	Voltaje de sobre-carga	15.5V/30.0V/45.0V/60.0V			
	Voltaje recuperacion de sobre-carga	14.5V/29.5V/44.5V/59.0V			
	Voltaje bajo batería defectuosa	10.0V/17.0V/25.5V/34.0V			
	Coefficiente compensación temperatura	-3mw/°C /celda (25°C vef)			
MPPT	Pico de eficiencia de conversión	98% (MPPT Eficiencia 99%)			
	Máxima corriente de carga	60 amps constantes @ 40°C ambiente		80 amps constantes @ 40°C ambiente	
ESPECIFICACIONES GENERALES	Modo de ventilación	ventilacion forzada			
DISPLAY & PROTECCIÓN	Protecciones	Desconexión voltaje FV excesivo Reconexión voltaje FV excesivo Desconexión voltaje batería excesivo Reconexión voltaje batería excesivo Desconexión temperatura excesiva Reconexión temperatura excesiva			
ESPECIFICACIONES FÍSICAS	Montaje	En pared			
	Dimensiones (W*H* D)	152*100*294mm			
	Peso (Kg)	3Kg/pcs			
	Dimensiones paquete (W*H* D)	612*308.2*235.6mm			
	Peso total (Kg) (por embalaje)	17.4Kg	19Kg (per Carton)		
OTROS	Lugar de instalación	Interior			
	Rango temperatura de funcionamiento	-25~55°C			
	Humedad ambiente	0~90% humedad relativa(sin condensación)			
	Altitud	≤3000m			
	Contenedor(20GP/40GP/40HQ)	3000pcs / 6000pcs / 7200pcs			

Taula 19. Característiques tècniques regulador Must PC18-8015F

Font: (Solutions 2021b)

Es comprova que les potències, intensitats i voltatges d'entrada segons la connexió dels panells estiguin dins els límits permesos pel regulador. Mirant la taula es dedueix:

- La potència màxima de panells a 48V és de 5000W, superior al que requereix el nostre sistema, per tant correcte.
- La tensió màxima d'entrada és de 145V i la tensió de curtcircuit dels panells solars és de 42.7V, per tant podem veure que el número màxim de panells en sèrie serà de 3.

$$N_{ps} = \frac{\text{Voltatge màxim entrada}}{V_{oc}} = \frac{145V}{42.7V} = 3.39 \rightarrow 3 \text{ panells en serie} \quad (22)$$

- Amb un total de 10 panells es decideix fer 5 files en paral·lel de 2 panells en sèrie cada fila.

Cada fila en sèrie de 2 panells:

$$V_{mppt} = V_{mpp} * N_{ps} \rightarrow V_{mppt} = 36.5V * 2 = \mathbf{73V} \quad (23)$$

$$I_{mpp} = \mathbf{9.87A} \quad (24)$$

Paral·lel de les 5 files:

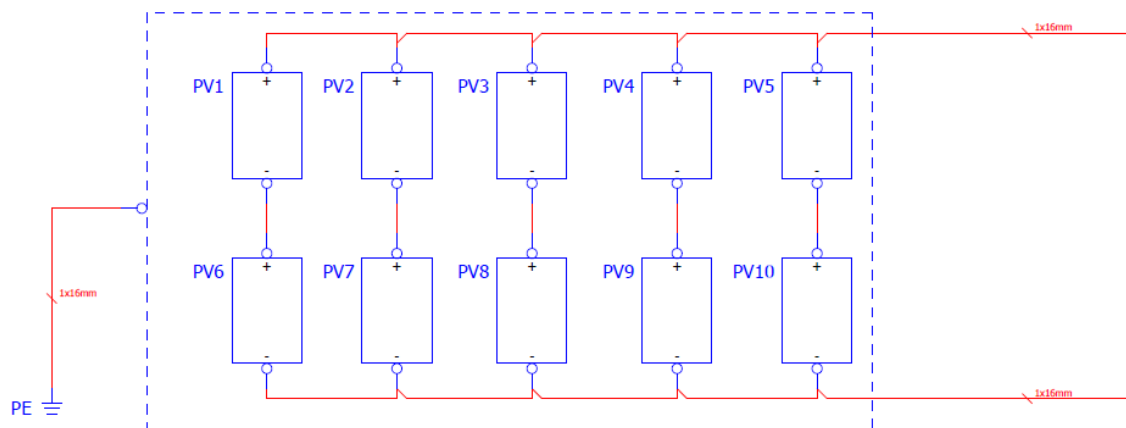
$$V_{mpp} = \mathbf{73V} \quad (25)$$

$$I_{mppt} = I_{mpp} * N_{pp} \rightarrow I_{mppt} = 9.87A * 5 = \mathbf{49.35A} \quad (26)$$

Potència total del conjunt:

$$P_t = V_{mppt} * I_{mppt} = 73V * 49.35A = \mathbf{3602.55W} \quad (27)$$

Esquema distribució panells:



il·lustració 29. Esquema distribució panells fotovoltaics

## 7.2.8 Dimensionament del inversor

L'inversor és un convertidor DC/AC que s'encarrega de transformar l'energia generada que la tenim en forma de corrent continu i la transforma a alterna per poder subministrar a les càrregues de l'habitatge.

Al fer l'elecció d'un inversor s'ha de tindre en compte principalment:

- Forma d'ona de la sortida
- Potència nominal ( kW )
- Tensió nominal d'entrada ( DC )
- Tensió nominal de sortida ( AC )
- Freqüència d'operació
- Rendiment a potència nominal

Per dimensionar l'inversor tindrem en compte:

- Potència màxima del camp solar de la instal·lació
- Potència nominal de la sortida ( AC )

Per determinar la potència d'entrada a l'inversor agafem el resultat de la fórmula ( 27 ) de la potència en l'apartat anterior on hem calculat la sèrie i paral·lel dels panells, el resultat és de **3602.55W**.

Per determinar la potència de sortida de l'inversor es fa a partir de la potència nominal de la instal·lació:

Potència total habitatge							
Planta	Estancia	Punt de llum / aparells	Unitats	Potència ( W )	Potència total instantanea ( W )	Hores funcionament ( dia )	Potència total ( Wh/dia )
Planta Baixa	Menjador	Punts de llum	4	10	40	0,5	20
		Estufa pellet	1	100	100	10	1000
	Cuina	Punts de llum	7	25	175	2	350
		Vitrocera mica	1	3700	3700	0,5	1850
		Forn	1	2515	2515	0,5	1257,5
		Nevera	1	110	110	12	1320
		Televisió	1	90	90	6	540
	Garaig	Punts de llum	6	58	348	0,25	87
		Secadora	1	2200	2200	1	2200
		Rentadora	1	2000	2000	1	2000
		Congelador	1	200	200	12	2400
Porxo i Jardí	Punts de llum	9	6,7	60,3	0,2	12,06	
Bany 1	Punts de llum	1	10	10	0,5	5	
Planta Primera	Habitació 1	Punts de llum	2	10	20	2	40
	Habitació 2	Punts de llum	2	20	40	2	80
	Habitació 3	Punts de llum	3	10	30	1	30
	Bany 2	Punts de llum	5	5	25	2	50
	Distribuidor i escala	Punts de llum	3	5	15	0,25	3,75
				<b>Total:</b>	<b>11928,3</b>		<b>13495,3</b>

Taula 20. Potència total habitatge

$$P_{inversor AC} = \frac{P_{AC}}{\eta_{inversor}} = \frac{13495.3W}{0.95} = 14205.6W \rightarrow 14206W \quad (28)$$

Per últim, és necessari tindre en compte el coeficient de simultaneïtat que tindrà la nostra instal·lació, en habitatges la mitja està entre 0.5 a 0.6.

$$P_{inversor AC} = 14206W * 0.5 = 7103W \quad (29)$$

És necessari triar per la instal·lació un inversor que contempli aquestes dues condicions. La potència nominal de l'inversor ha de ser lleugerament superior a la màxima demandada per la càrrega.

Es selecciona l'inversor monofàsic de la marca Sofar, model 7.5KTLM, el qual ens proporciona 7500W de sortida. Les seves característiques són les següents.



*il·lustració 30: Inversor Sofar 7.5KTLM*

Font: (REBACAS 2021)

Datasheet	SOFAR 3KTLM-G2	SOFAR 3.6KTLM-G2	SOFAR 4KTLM-G2	SOFAR 4.6KTLM-G2	SOFAR 5KTLM-G2	SOFAR 6KTLM-G2	SOFAR 7.5KTLM
<b>Input (DC)</b>							
Recommended Max. PV input power	3990Wp	4790Wp	5320Wp	6120Wp	6650Wp	7980Wp	9980Wp
Max DC power for single MPPT	3500W	3500W	3500W	3500W	3500W	3500W	2*2750W/ 2750W
Number of MPP trackers				2			
Number of DC inputs				1/1		2/1	
Max. Input voltage				600V			
Start-up voltage				120V			
Rated input voltage				360V			
MPPT operating voltage range				90-580V			
Full power MPPT voltage range	160V-520V	180V-520V	200V-520V	230V-520V	250V-520V	300V-520V	250V-520V
Max. Input current per MPPT				11A/11A		22A/11A	
Maximum DC input short circuit current per MPPT				13.2A		26.4/13.2A	
<b>Output (AC)</b>							
Rated power	3000W	3680W	4000W	4600W	5000W	6000W	7500W
Max. AC power	3000VA	3680VA	4000VA	4600VA	5000VA	6000VA	7500VA
Max. Output current	13.7A	16.8A <sup>1</sup>	18.2A	21A	22.8A	27.3A	32.6A
Nominal grid voltage	L/N/PE, 220Vac, 230Vac, 240Vac						
Grid voltage range	180Vac-276Vac (According to local standard)						
Nominal frequency	50Hz/60Hz						
Grid frequency range	45Hz-55Hz/54Hz-66Hz (According to local standard)						
Active power adjustable range	0-100%						
THDi	<3%						
Power factor	1 default (adjustable +/- 0.8)						
Power limit export	Zero export or adjustable power limit export						
<b>Performance</b>							
Max efficiency				98.0%		98.2%	
European weighted efficiency				97.5%		97.6%	
Self-consumption at night	< 1W						
MPPT efficiency	> 99.9%						

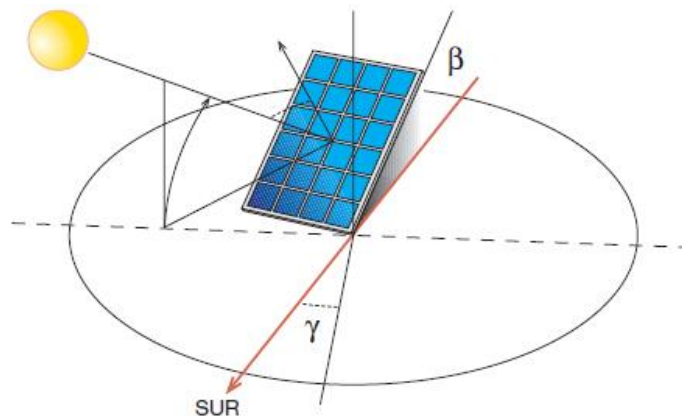
Taula 21. Característiques tècniques inversor Sofar 7.5KTLM

Font: (REBACAS 2021)

### 7.2.9 Pèrdues per inclinació i orientació

Les pèrdues produïdes a causa de l'orientació de les plaques es calculen en funció de dos paràmetres:

- L'angle d'inclinació  $\beta$ , definit com l'angle que forma la superfície dels mòduls amb el pla horitzontal
- L'angle d'azimut  $\alpha$ , és la distància angular entre el sud i la projecció horitzontal dels raigs de sol. Un angle d'azimut solar positiu indica una posició a l'est del sud i un angle de l'azimut negatiu indica a l'oest del sud.



*il·lustració 31: Orientació i inclinació dels panells fotovoltaics*

Font: (Asea-Brown-Boveri 2011)

L'eficiència màxima d'un panell solar s'obté si l'angle d'incidència dels raigs del sol fos sempre 90°, en la pràctica la incidència de la radiació solar varia tant en funció de l'alçada com de la declinació solar durant l'any.

En el nostre cas, com les plaques es situaran sobre de teulada no tenim pèrdues per ombres. Si que hem de calcular les possibles pèrdues per la inclinació de les plaques.

D'acord amb la secció HE.5 del DB sobre la contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica, la disposició dels mòduls s'ha de fer de tal manera que les pèrdues d'inclinació i orientació del sistema siguin inferiors als límits de la taula següent.

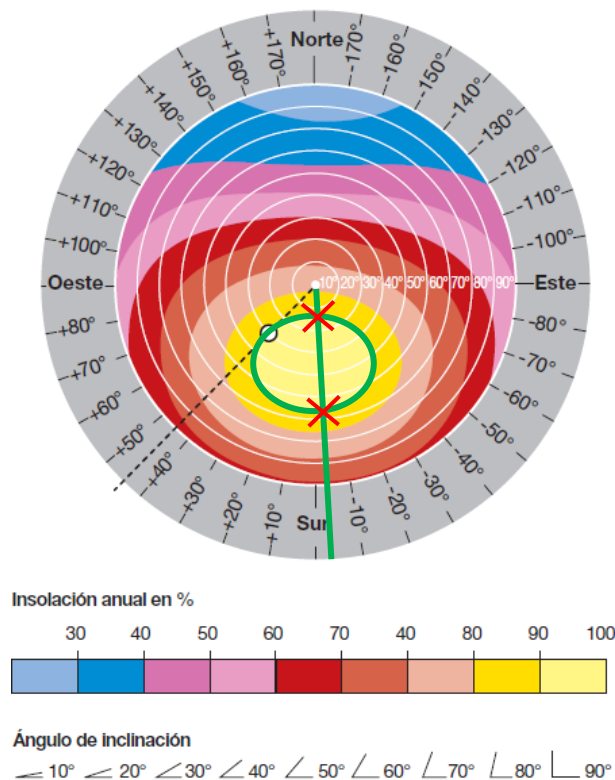
<b>Caso</b>	<b>Orientación e inclinación</b>	<b>Sombras</b>	<b>Total</b>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

*Taula 22. Pèrdues límit*

Font: (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía 2009b)

Per aquest diagrama de pèrdues s'utilitza el diagrama solar, els passos són els següents:

- Marcar la zona de màximes pèrdues admissibles, com les pèrdues per inclinació i orientació màximes són del 10% i pèrdues per ombres no en tenim, marcarem amb un cercle verd en el diagrama solar la insolació anual de 90% a 100%.
- A continuació es marca l'angle que formen els panells respecte al sud, és a dir, l'angle d'azimut. En aquest cas, l'angle d'azimut es de  $-3^\circ$  cap a l'Est, que en el diagrama solar es representa en negatiu. Es marca una recta de color verd des de l'angle d'azimut fins el centre de la circumferència central.



il·lustració 32: Diagrama solar de pèrdues segons angle d'azimut i insolació

Font: (Asea-Brown-Boveri 2011)

Podem determinar doncs que segons el diagrama, per tenir unes pèrdues dins el rang de percentatges admissibles la inclinació dels panells ha d'estar entre aquets valors:

- Inclinació màxima:  $55^\circ$
- Inclinació mínima:  $15^\circ$



En els casos propers al límit, s'utilitzen les següents equacions per comprovar que les pèrdues no superen els valors de la taula de límits. En el nostre cas al seleccionar l'angle òptim les pèrdues per inclinació són pràcticament zero.

$$Pèrdues(\%) = 100 * (1.2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 * 10^{-5} * \alpha^2)$$

$$Pèrdues(\%) = 100 * (1.2 * 10^{-4} * (39 - 39)^2 + 3.5 * 10^{-5} * (-3)^2) = \mathbf{0.0315\%} \quad (30)$$

Essent:

- $\beta$ : Angle inclinació plaques
- $\beta_{opt}$ : Angle inclinació òptim
- $\alpha$ : Angle d'orientació Azimut

Per tant, podem veure com la instal·lació compleix sobradament els requisits d'angles d'inclinació màxims i mínims i les pèrdues són menors al 10%.

### Distància mínima entre files consecutives

La distància (  $d_1$  ) es la que haurem de respectar entre files de panells ja que si no es té en compte, ens pot produir ombres a les plaques de les files posteriors.

Els panells fan d'ample 101.6cm i l'angle de la teulada és de 13.5°, per tant, necessitem inclinar els panells amb suports fins a 25.5°. Per raons trigonomètriques podem observar:

Angle total de 39°:

$$C. \text{ oposat} = \sin(\alpha) * \text{hipotenusa} = \sin(39) * 101.6 = \mathbf{64 \text{ cm}} \quad (31)$$

$$C. \text{ contigu} = \cos(\alpha) * \text{hipotenusa} = \cos(39) * 101.6 = \mathbf{79 \text{ cm}} \quad (32)$$

Ara que ja tenim la mida de l'horitzontal calculem amb l'angle de 13.5° per trobar la distància diagonal de la teulada:

$$\text{Hipotenusa} = \frac{C. \text{ contigu}}{\cos(\alpha)} = \frac{79 \text{ cm}}{\cos(13.5)} = \mathbf{81.24 \text{ cm}} \quad (33)$$

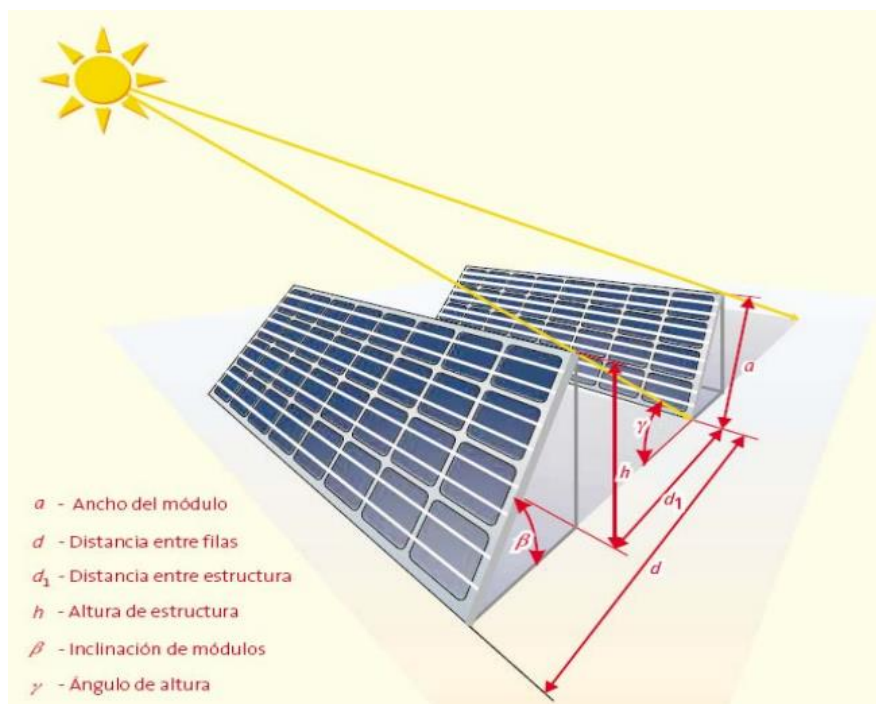
$$C. \text{ oposat} = \sin(\alpha) * \text{hipotenusa} = \sin(13.5) * 81.24 = \mathbf{18.96 \text{ cm}} \rightarrow \mathbf{19 \text{ cm}} \quad (34)$$

Per tant:

Alçada (  $h$  ) del sostre a la part més alta de la placa = 64cm – 19cm = **45cm**

$$d_1 = 2.5 * h = 2.5 * 45 \text{ cm} = \mathbf{112.5 \text{ cm}}$$

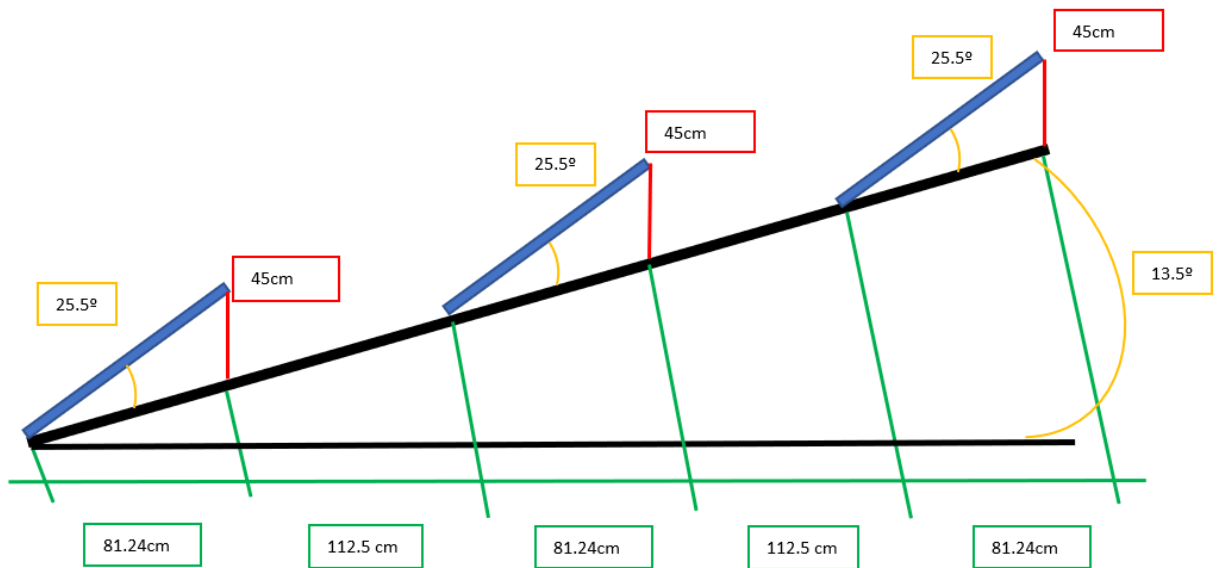
Essent,



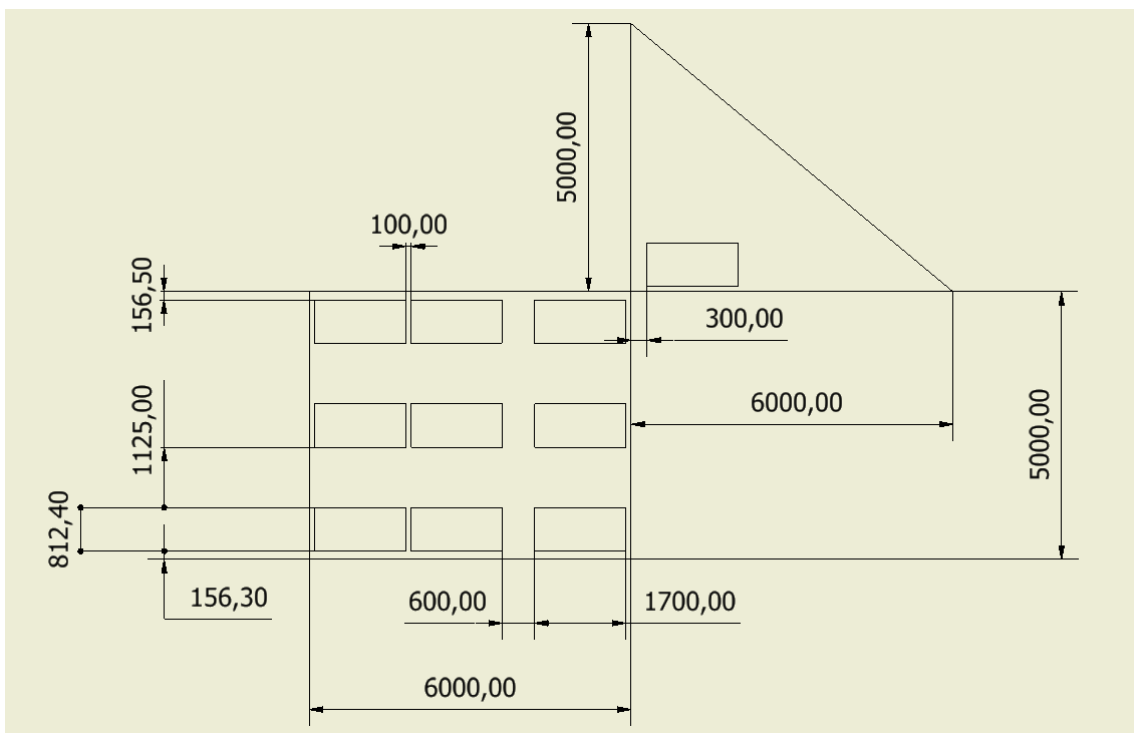
il·lustració 33: Pèrdues per ombres degut a la pròpia instal·lació

Font: (Lillo 2006)

Mirant el resultat de l'equació podem veure que la separació entre files de plaques ha de ser de com a mínim 112.5cm.



*il·lustració 34: Vista lateral distribució panells fotovoltaics*



*il·lustració 35. Vista superior distribució panells*

### 7.2.10 Energia total camp solar

Un cop determinada la superfície del camp solar es calcula l'energia que proporciona aquest, per determinar l'energia total que es genera.

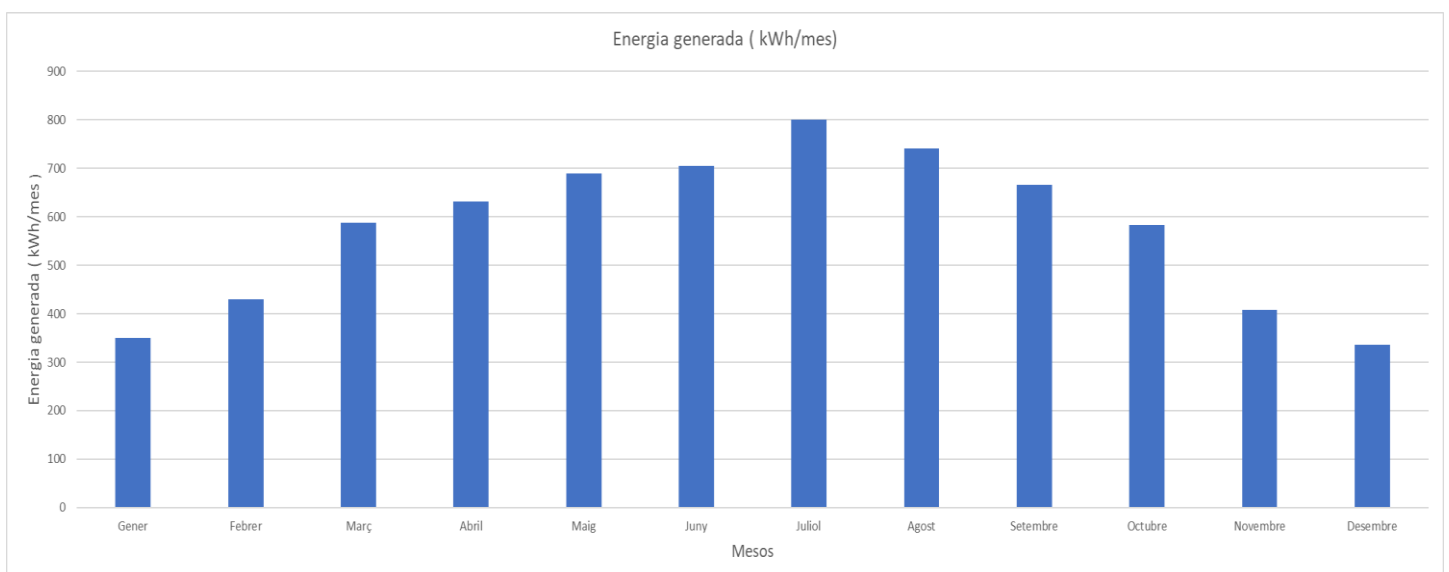
Es calcula l'energia generada mes a mes a partir d'un únic mòdul, per obtenir l'energia de tot el camp ( Ah/dia ), es multiplica pel nombre total de panells, en el nostre cas 10.

Per últim és necessari multiplicar l'energia del camp solar per la tensió de la instal·lació i dividir-ho entre 1000, d'aquesta forma obtenim el valor en kWh.

$$E_{camp} = E_{camp} \left( \frac{Ah}{dia} \right) * 48V * \frac{1}{1000} \left( \frac{Kw}{W} \right) \quad ( 35 )$$

Energia generada per els panells	
Mesos	Energia generada ( kWh/mes ) ( 10 panells )
GENER	350,27
FEBRER	429,80
MARÇ	586,87
ABRIL	630,62
MAIG	688,65
JUNY	704,81
JULIOL	799,68
AGOST	740,20
SETEMBRE	665,16
OCTUBRE	582,91
NOVEMBRE	408,05
DESEMBRE	335,73

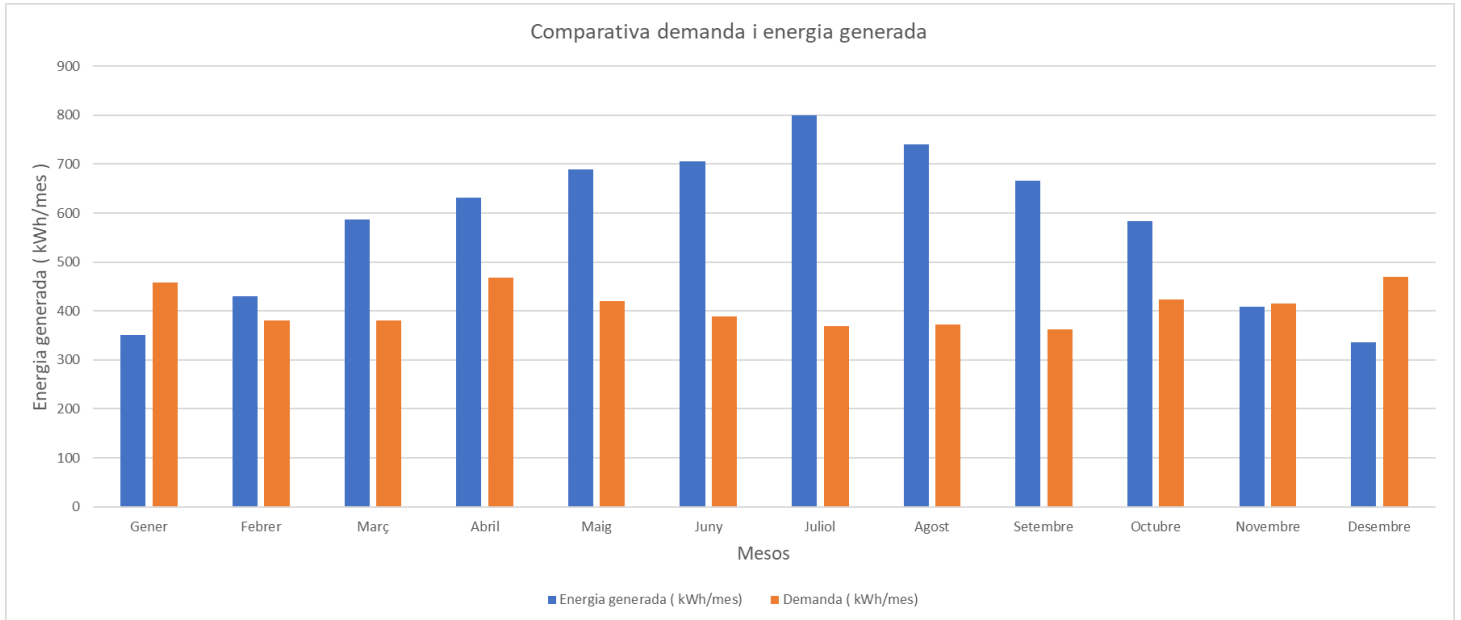
Taula 23. Energia solar fotovoltaica generada mensualment



Gràfic 20. Energia solar fotovoltaica generada mensualment

Comparem l'energia generada amb l'energia demandada, d'aquesta forma podem veure el que cobrim de la demanda anual.

Podem observar que els únics mesos que no generem suficient energia per cobrir totalment la demanda són el Gener, el Desembre i per poc el Novembre.



Gràfic 21. Comparativa demanda i energia generada

### 7.2.11 Càlcul secció del cablejat

Per càlcul de la secció del cablejat es fa servir la següent equació:

$$S = 2 * \frac{L * I}{Y * U} \quad (36)$$

Essent:

- 2: Constant ja que la instal·lació fotovoltaica esta composta de cablejat positiu i negatiu, per tant tot es multiplica per 2.
- L: Longitud del conductor ( el que mesura en metres, 1 sol conductor )
- I: Ampers que passaran per el conductor
- Y: Valor de la conductivitat, en aquest cas és el coure, per tant 56 m/Ωmm<sup>2</sup>
- U: Percentatge de caiguda de tensió admissible del voltatge del sistema ( Vn \* % )

La secció dependrà del tipus de conductor ( coure, alumini ), la longitud, el corrent que ha de suportar, i les caigudes de tensió pertinents.

Segons el plec de condicions tècniques del IDAE, les caigudes de tensió s'han de considerar en CA i en CC, en habitatges seran les següents:

- Caiguda de tensió en corrent altern: 3%
- Caiguda de tensió en corrent continu: 1.5%

Amb el resultat que s'obté de cada tram segons l'equació anterior, buscarem la secció immediatament superior i comprovarem que les intensitats màximes admeses siguin correctes segons les taules del REBT, ITC-BT-19.

	mm <sup>2</sup>	Tipus de cablejat										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	43	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35	77	86	96	104	110	119	123	131	144	154	205
	50	94	103	117	125	133	145	159	175	188	202	250
	70	-	-	149	160	171	188	202	224	244	264	321
	95	-	-	180	194	207	230	245	271	296	321	391
	120	-	-	208	225	240	267	284	314	346	385	455
	150	-	-	236	260	278	310	338	363	404	452	523
185	-	-	268	297	317	354	386	413	464	501	601	
240	-	-	315	350	374	419	455	490	552	711	-	
300	-	-	360	404	423	484	524	565	640	821	-	

il·lustració 36: Normativa ITC-BT-19 secció conductors

Font: (Gonzalez 2020)

### Càlcul secció tram Panells solars fins regulador:

- L: 8m
- I: 5 files en paral·lel amb una intensitat de 9.87A cada una =49.35A
- Corrent continua: 3% → 48V del sistema \* 0.03 = 1.44V

$$S = 2 * \frac{L * I}{Y * U} \rightarrow S = 2 * \frac{8m * 49.35A}{56 * 1.44V} = \mathbf{9.79mm^2}$$

Aquesta seria la secció mínima del cablejat, per complir amb la caiguda de tensió màxima. Es busca la secció immediatament superior a la taula i es determina que la secció ha de ser de **10mm<sup>2</sup>**.

## 7.3 Energia biomassa

En aquest apartat s'estudia la viabilitat d'incorporar un sistema de biomassa centralitzat.

### 7.3.1 Elecció dimensionament caldera biomassa

Per determinar la potència de la caldera de biomassa, s'analitza mes a mes la potència necessària per cobrir la demanda d'ACS i calefacció.

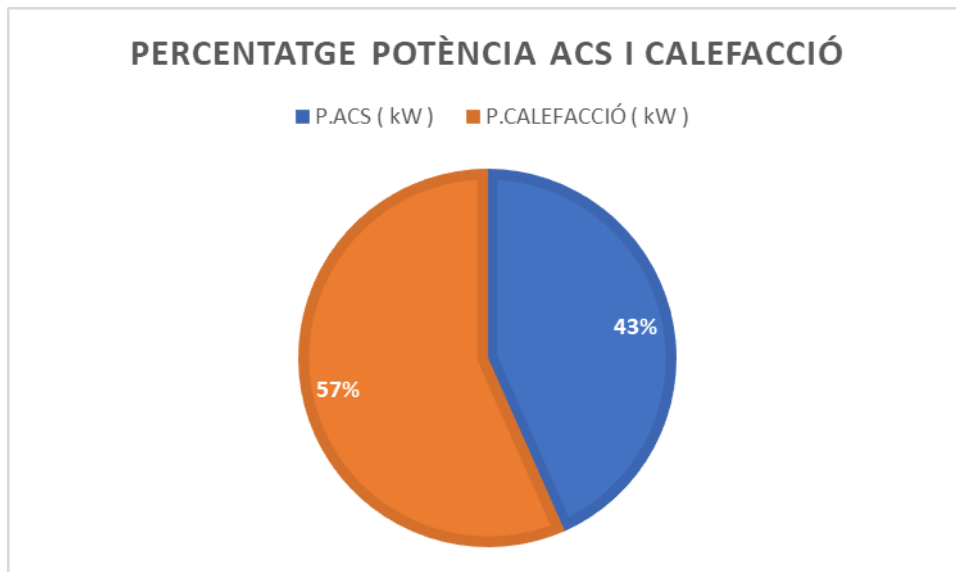
Es dimensiona a partir del valor més elevat, per tal d'assegurar que es cobreixen les necessitats tèrmiques tot l'any.

Dimensionament caldera			
Mesos	P.ACS ( kW )	P.CALEFACCIÓ ( kW )	P.TOTAL ( kW )
Gener	7,66	9,99	17,65
Febrer	7,52	9,99	17,51
Març	7,38	9,99	17,37
Abril	7,24	9,99	17,23
Maig	6,96	0,00	6,96
Juny	6,54	0,00	6,54
Juliol	6,26	0,00	6,26
Agost	6,26	0,00	6,26
Setembre	6,54	9,99	16,54
Octubre	6,82	9,99	16,81
Novembre	7,24	9,99	17,23
Desembre	7,52	9,99	17,51
<b>Màxima potència</b>			<b>17,65</b>

Taula 24. Dimensionament caldera de pellet segons consums calculats de calefacció i ACS

Podem observar a la taula que la potència mínima per el dimensionament de la caldera ha de ser de 18 kW.

Analitzant l'aportació que la caldera farà a cada necessitat de l'habitatge, podem veure el següent.



Gràfic 22. Percentatge potència ACS vs Calefacció

### 7.3.2 Càlcul necessitat de combustible i costos

Per determinar el tipus de combustible que s'utilitzarà, es calcula, que suposa l'ús d'un o altre combustible per abastir amb la demanda tèrmica.

Existeixen al mercat diferents tipus de combustibles de biomassa:

- Pellets
- Estelles
- Llenya
- Pinyons i closques

Es compararan les propietats i costos de cada un.

#### Consum combustible en kWh/any:

Per calcular el consum de combustible, en primer lloc és necessari estimar el consum energètic, es parteix de la demanda tèrmica total de l'habitatge ( 31175 kWh ) i es considera el rendiment de la caldera.

Es fa un estudi previ de les diferents marques i calderes de Biomassa al mercat, d'aquest estudi es pot concloure que la majoria de marques i models estan encarats al pellet, tenint en compte aquest fet, s'han seleccionat 6 calderes que compleixen amb els requisits que necessitem per la instal·lació.

Selecció Caldera							
Marca	Model	Rendiment ( % )	Potència útil ( KW )	Volum d'aigua ( L )	Diàmetre xemeneia ( mm )	Pes ( Kg )	Preu ( € )
Hargassner	Nano PK 20 ( pellet )	95	20	42	130	360	10100
Hargassner	Smart HV20 ( llenya )	95	20	72	130	400	6070
Hargassner	Smart PK 20 ( pellet )	96,4	20	42	130	290	6520
Lasian	Bionix ( pellet )	90	23,5	51,5	100	240	3785

Taula 25. Selecció caldera biomassa



Un cop valorats els rendiments, preus i tecnologies podem veure que una bona opció seria la caldera de la marca Hargassner Smart PK20. S'agafa com a referència el seu rendiment, que per altra banda ja seria un rendiment mig general per veure si realment el pellet pot ser una bona opció.

$$Consum = \frac{E_{Tèrmica\ total}}{\eta} = \frac{31175\ kWh}{0.96} = 32474 \left( \frac{KWh}{any} \right) \quad (37)$$

Essent,

- E tèrmica total: Demanda tèrmica de ACS i calefacció ( kWh )
- $\eta$ : Rendiment caldera biomassa (%)

#### Consum màssic combustible:

Aquest valor està lligat amb el Poder Calorífic Inferior de cada combustible ( PCI ), per tant primer cal conèixer el PCI de cada combustible. Les dades s'extreuen de la norma (UNE-EN ISO 17225-1:2014 EX)

Tipus combustible	PCI ( kWh/Kg )		Mitjana PCI ( kWh/Kg )
Pellet	4,7	5,3	5
Estelles	2,8	4,4	3,6
Llenya	4	4,5	4,25
Pinyols	5	5,3	5,15
Closques	4,4	5,3	4,85

Taula 26. Poder calorífic inferior de cada combustible ( PCI )

El consum màssic es determina a partir de la següent equació:

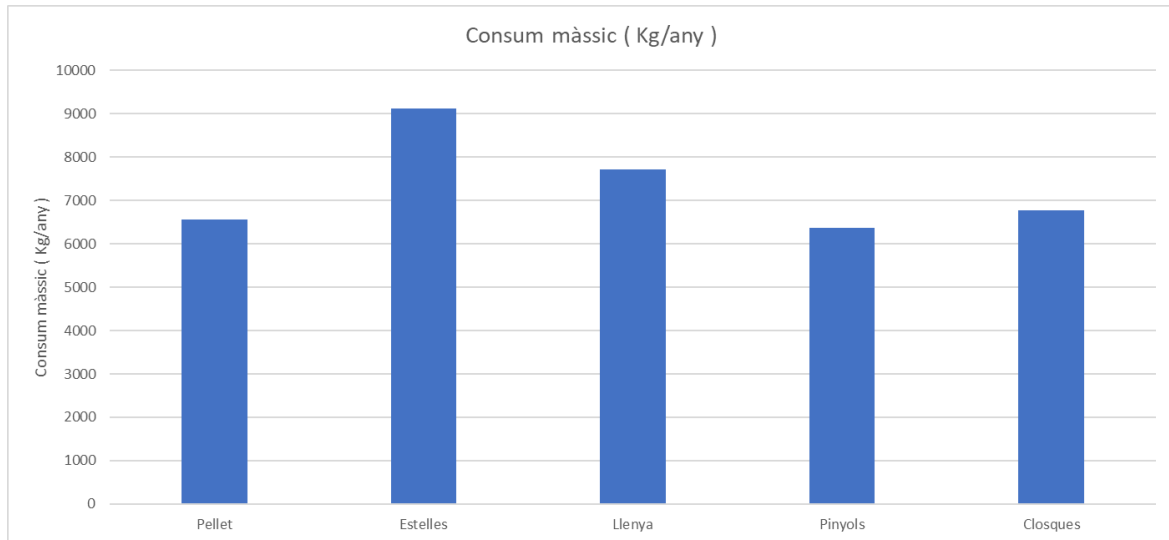
$$Consum_{màssic} = Consum * \frac{1}{PCI\ promig} ( Kg ) \quad (38)$$

Un cop calculats tots i cada un dels consums, obtenim:

Tipus combustible	PCI ( kWh/Kg )		Mitjana PCI ( kWh/Kg )	Consum màssic ( Kg/any )
Pellet	4,7	5,3	5	6389,94
Estelles	2,8	4,4	3,6	8874,92
Llenya	4	4,5	4,25	7517,58
Pinyols	5	5,3	5,15	6203,83
Closques	4,4	5,3	4,85	6587,57

Taula 27. Consum màssic en Kg de cada combustible

Si fem un gràfic amb els valors podem observar que els pinyols seria l'opció on menys Kg/any consumiríem, seguit del pellet. En el cas de les estelles, seria la biomassa que més Kg/any consumiríem.



Gràfic 23. Consum màssic anual en Kg de cada combustible

#### Consum volumètric de combustible:

Per calcular el consum volumètric de combustible és necessari conèixer la densitat de cada tipus de combustible.

Tipus combustible	PCI ( KWh/Kg )		Mitjana PCI ( KWh/Kg )	Consum màssic ( Kg/any )	Densitat ( Kg/m <sup>3</sup> )	Consum volumètric ( m <sup>3</sup> /any )
Pellet	4,7	5,3	5	6563,19	650	50,49
Estelles	2,8	4,4	3,6	9115,54	250	131,26
Llenya	4	4,5	4,25	7721,40	380	86,36
Pinyols	5	5,3	5,15	6372,03	680	48,26
Closques	4,4	5,3	4,85	6766,17	400	82,04

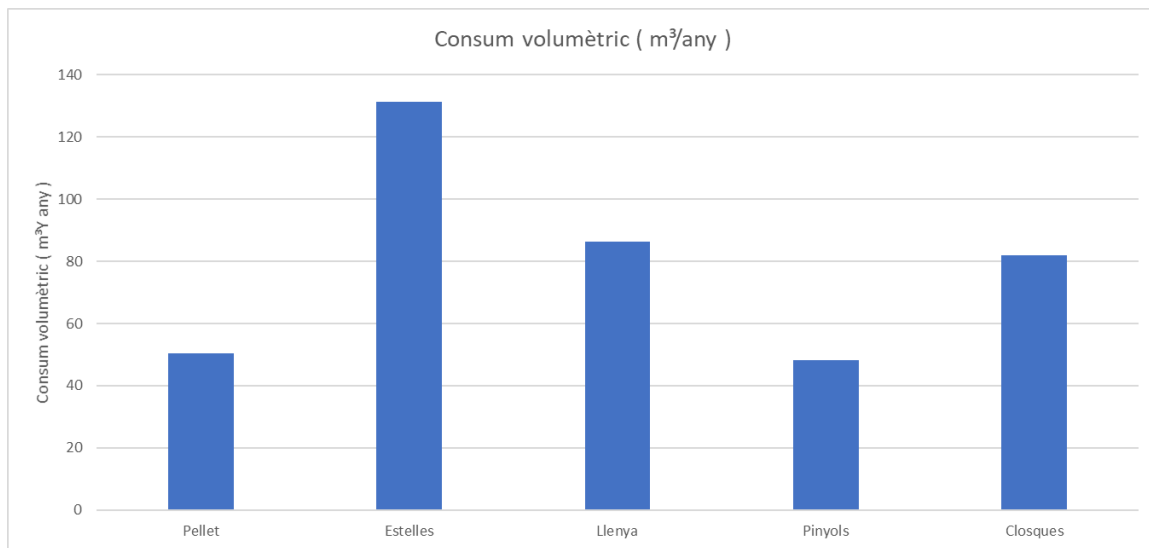
Taula 28. Consum volumètric de cada combustible

Un cop es te la densitat s'aplica la següent formula:

$$Consum_{volumètric} = Consum * \frac{1}{\rho} \left( \frac{m^3}{any} \right) \quad (39)$$

Essent,

- Consum combustible: Es el consum necessari per abastir la demanda ( Kg )
- $\rho$ : Densitat de cada combustible ( Kg/m<sup>3</sup> )



Gràfic 24. Consum volumètric de cada combustible

Es pot observar que de nou els pinyols i el pellet, són els dos combustibles que ens interessem més, en aquest cas parlem en termes de reducció de l'espai d'emmagatzematge.

#### Cost anual de combustible:

Per finalitzar l'anàlisi, s'estudia la diferència que tenim en el cost dels diferents combustibles anualment, es fa a partir del cost per tona de cadascun.

Les dades s'extreuen de l'informe de preus de la Biomassa per usos tèrmics que realitza trimestralment IDAE. Els preus són sempre en el punt d'entrega i a consumidor final.

Els preus que mostren són sense IVA a excepció de la llenya, en el càlcul del projecte ja s'ha inclòs l'IVA a tots els preus per tindre un preu final.

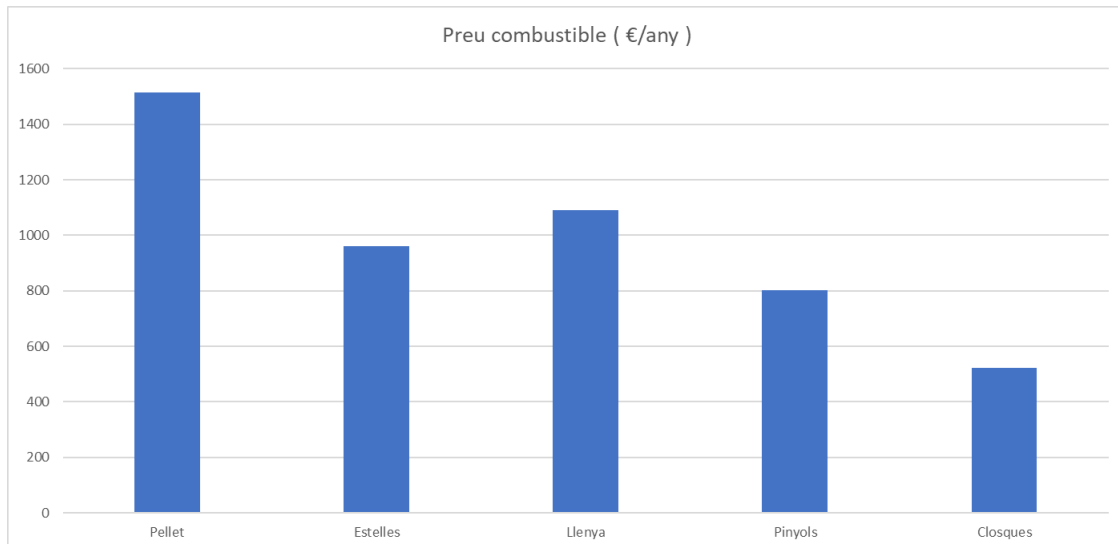
Tipus combustible	PCI ( KWh/Kg )		Mitjana PCI ( KWh/Kg )	Consum màssic ( Kg/any )	Densitat ( Kg/m³ )	Consum volumètric ( m³/any )	Consum màssic ( Tn/any )	Preu ( €/Tn ) amb IVA	Cost ( €/any )
Pellet	4,7	5,3	5	6563,19	650	50,49	6,56	230,65	1513,80
Estelles	2,8	4,4	3,6	9115,54	250	131,26	9,12	105,39	960,70
Llenya	4	4,5	4,25	7721,40	380	86,36	7,72	141,19	1090,18
Pinyols	5	5,3	5,15	6372,03	680	48,26	6,37	125,96	802,63
Closques	4,4	5,3	4,85	6766,17	400	82,04	6,77	77,14	521,93

Taula 29. Cost anual de cada combustible

Conegut el cost per tona i el consum màssic, es determina el cost anual que suposaria la utilització de cadascun d'aquests combustibles, mitjançant la següent equació.

$$Cost_{anual} = Preu_{combustible} * Consum_{màssic} \left( \frac{€}{any} \right) \quad (40)$$

Finalment es mostra la comparativa de costos anuals que suposa la utilització d'un o altre recurs.



Gràfic 25. Preu anual consum de cada combustible

En el cas del preu, es pot veure com el pellet és el més alt de tots, si en el mercat tinguéssim opcions amb calderes de pinyols, seria una alternativa a valorar.

El preu del pellet ha augmentat amb els anys degut a la implantació general, per ara és el combustible de Biomassa estrella degut a totes les aplicacions i accessoris que han creat perquè la seva utilització sigui fàcil i còmode, al mateix temps és clar que un subministrament constant mundial de closques i pinyols no sembla viable.

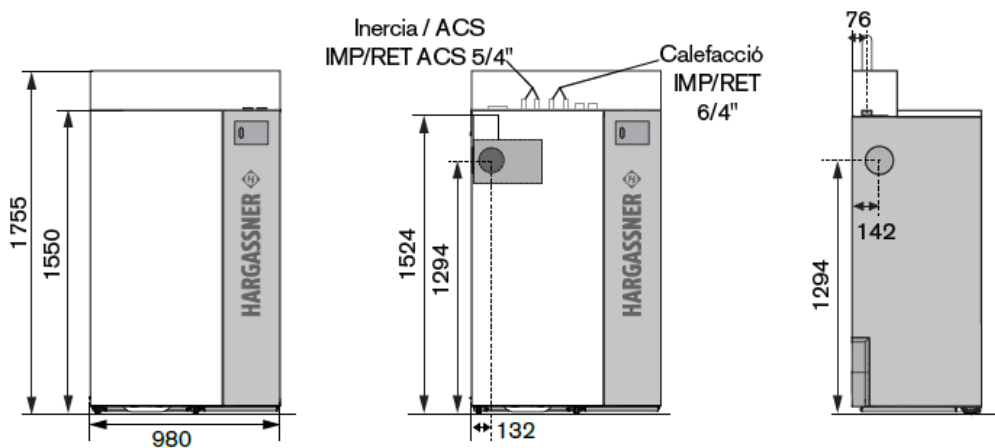
### 7.3.3 Selecció caldera biomassa

Segons l'estudi previ on s'ha calculat el consum, volum i preu seleccionarem una caldera de pellet, degut a que actualment és una de les opcions més realistes i eficients, l'inconvenient és el preu del pellet.

Es selecciona la caldera Nano PK-20 de la marca Hargassner, les seves característiques principals són les següents.

Caldera seleccionada	
Marca	Hargassner
Model	Nano PK 20 ( pellet )
Rendiment ( % )	95
Potència útil (KW )	20
Volum d'aigua ( L )	42
Diàmetre xemeneia ( mm )	130
Pes ( Kg )	360
Preu ( € )	10100

Taula 30. Característiques tècniques caldera biomassa Hargassner



il·lustració 37: Característiques físiques caldera Hargassner Nano PK20

Font: (Ibèrica 2021)

Si es volgués millorar l'estalvi, seria convenient seleccionar la caldera Smart PK-20 amb un preu de 6520€. L'únic inconvenient és que aquesta caldera es carrega a mà, i té un dipòsit de 174Kg.

En aquest projecte, el client desitja una càrrega automàtica per poder fer carrega anual de pellet i no haver de pensar a carregar cada dia pellet a mà.

### 7.3.4 Dipòsit d'inèrcia

Per estimar la capacitat del dipòsit d'inèrcia es segueix les directius de la ( Guia tècnica de la Biomassa ) aplicació del RITE.

El volum que es recomana es d'entre 20 i 30 L/kW de potència tèrmica nominal de la caldera de Biomassa, per tal de garantir que el cicle de funcionament té una duració mínima.

$$Capacitat_{dipòsit} = P_n * F = 20KW * 30 = \mathbf{600L} \quad (41)$$

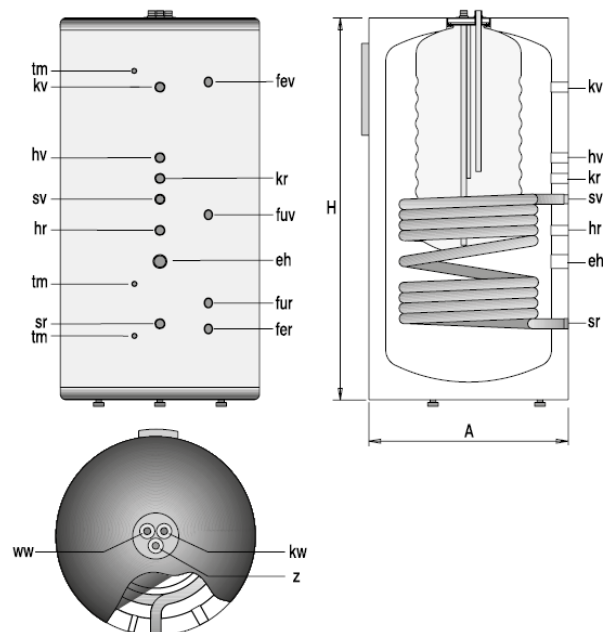
Essent:

- $P_n$ : Potència tèrmica nominal de la caldera.
- $F$ : Factor que relaciona el volum amb la potència instal·lada.

El dipòsit escollit és el de la marca IdroGas, model GX6 P600. Aquest model és un dipòsit multi funció ja pensat en combinar el sistema de calefacció amb el d'ACS i incorpora una resistència per tal de poder escalfar l'aigua amb l'energia generada per possibles plaques solars, d'aquesta manera reduïm considerablement el consum de pellet durant el dia.

Elecció dipòsit inèrcia				
Marca	Model	Litres	Calefacció + ACS	Posibilitat resistència elèctrica
IdroGas	GX6 P600	600	Si	Si

Taula 31. Característiques tècniques Dipòsit d'inèrcia marca IdroGas, per la instal·lació de biomassa



il·lustració 38: Característiques físiques dipòsit inèrcia marca IdroGas

Font: (Escoda 2021)

### 7.3.5 Sistema d'emmagatzematge i alimentació

Les exigències d'espai dels sistemes de biomassa són superiors als sistemes convencionals, cal tenir en compte no només la caldera sinó també el sistema d'emmagatzematge i subministrament, a part un possible dipòsit d'inèrcia.

Tenint en compte els càlculs de consum màssic, se sap que consumirem 6500Kg/any aproximadament, per tant, si el client desitja una càrrega anual, la sitja ha de ser com a mínim dimensionada per 6500Kg.

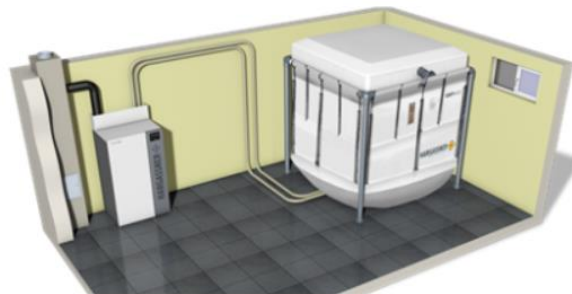
La caldera escollida ja està preparada per treballar amb sistema d'aspiració amb sitja tèxtil o amb sistema de sens fi la sitja soterrada de polièster i fibra de vidre, de la mateixa marca Hargassner.

Com ha l'habitatge del projecte hi ha espai, es selecciona la sitja tèxtil, la seva elecció es degut a la ràpida instal·lació i menor cost.

Es selecciona la sitja tèxtil GWT-MAX 250x250 que té una capacitat màxima de 7.6 Tones, les seves dades són les següents:

Elecció Sitja						
Marca	Model	Capacitat ( Tn )	Ample ( cm )	Fondaria ( cm )	Alçada ( cm )	Preu (€)
Hargassner	GWT-MAX 250x250	7,6	258	258	240	3480

Taula 32. Característiques tècniques sitja Hargassner per l'emmagatzematge del pellet



il·lustració 39: Característiques físiques sitja Hargassner

Font: (Acae 2021)

### 7.3.6 Manteniment instal·lacions de biomassa

Sempre agafant com a referència la ( Guia tècnica instal·lacions de biomassa ) es descriuen unes tasques de manteniment per la instal·lació.

La següent llista mostra les tasques de manteniment preventives per les calderes de biomassa, inclou operacions recollides en el RITE.

Operació manteniment preventiu	Periodicitat calderes <70KW
Revisión de los datos de timbrado de la caldera	Anual
Medición del pH del agua de la caldera	Anual
Verificación de la válvula de seguridad	Anual
Revisión del vaso de expansión	Anual
Revisión de los sistemas de tratamiento de agua (si procede)	Anual
Comprobación de presión de agua en circuitos y en la caldera	Anual
Comprobación de estanqueidad de circuitos de tuberías y en el hogar	Anual
Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	Anual
Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	Anual
Verificación de estado, disponibilidad y timbrado de elementos de prevención de incendios	Anual
Revisión del estado del aislamiento térmico	Anual
Revisión del sistema de control automático de encendido y apagado	Anual
Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido (por el usuario)	Setmanal
Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido (por el usuario)	Anual
Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido (por el usuario)	Mensual
Control visual de la caldera de biomasa (por el usuario)	Setmanal
Comprobación y limpieza, si procede, de la cámara de combustión, conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa	Anual
Comprobación de reglaje y actuación del termostato de trabajo	Anual
Comprobación de reglaje y actuación de la seguridad por temperatura	Anual
Verificación del sistema de ignición del biocombustible	Anual
Verificación del extractor de gases de la combustión	Anual
Verificación de actuación de los circuitos de seguridad y enclavamiento	Anual
Limpieza de la cúpula de postcombustión	Anual
Control de piezas de desgaste (cuando proceda) o por indicaciones del fabricante	Anual
Control de las placas de empuje (cuando proceda)	Anual
Controlar las instalaciones de seguridad contra el retroceso de la combustión (cuando proceda)	Anual
Controlar la limpieza de los remanentes de la combustión	Anual
Limpieza y control de la tapa de seguridad contra el retroceso de la combustión	Anual
Lubricar todos los rodamientos y cadenas	Anual
Medición de los gases de combustión y creación de un acta de medición (a partir del 01.10.2006)	Anual
Limpieza y comprobación de la junta de estanqueidad de la puerta	Anual
Limpieza y comprobación del sinfín de alimentación del biocombustible y de extracción de ceniza	Anual
Limpieza y comprobación del estado del cableado y de los sensores	Anual
Verificación y apriete de las conexiones eléctricas	Anual
Verificación y ajuste de la protección térmica del motor del ventilador	Anual
Verificación de las conexiones de la puesta a tierra de la caldera y de los sistemas eléctricos para el transporte del biocombustible	Anual
Verificación de los pilotos de señalización y sustitución si procede	Anual
Verificación de interruptores, contactores, relés y protecciones eléctricas	Anual
Verificación del estado y funcionamiento de la ventilación de la sala de calderas	Anual

Taula 33. Operacions de manteniment preventiu sistema biomassa

Font: (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía 2009a)



## 7.4 Aerotèrmia

En l'apartat d'aerotèrmia es vol dimensionar la instal·lació per tal de cobrir la demanda de ACS, calefacció i AC els mesos d'estiu.

L'energia aerotèrmica i geotèrmica és capturada per les bombes de calor, el que es té en compte són els efectes del consum d'energia procedent de fonts renovables, aquests equips necessiten l'electricitat o una altra energia auxiliar per a funcionar, per tant, s'ha de tenir en compte que en les bombes de calor la producció superior de forma significativa l'energia primària necessària per impulsar-les.

Per aquesta raó, a efectes de calcular l'energia renovable, s'ha de deduir del total utilitzable l'energia emprada en el funcionament de les bombes de calor.

Hem de tindre en compte el "Balanz energètic de les bombes de calor" que es calcula amb la fórmula:

$$E.res = Q.utilitzable * \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad (42)$$

Essent:

- **Q.utilitzable:** Calor útil total estimat proporcionat per la bomba de calor, obtingut mitjançant la fórmula **Q.utilitzable= HHP x Prated**
- **HHP:** Nombre anual d'hores durant les quals se suposa que una bomba de calor ha de subministrar calor a la potència nominal, expressat en hores.
- **Prated:** Potència nominal o capacitat de refrigeració o de calefacció del cicle de compressió o del cicle de sorció de vapor de la unitat en condicions estàndard.
- **SPF:** Factor de rendiment mitjà estacional estimatiu, que es refereix al coeficient de rendiment estacional net en mode actiu (SCOPnet), en el cas de les bombes de calor accionades elèctricament.

La directiva estableix un límit mínim de rendiment energètic estacional, relacionat amb l'eficiència mitjana del sistema elèctric europeu ( $\eta$ ):

$$SPF > 1.15 * \frac{1}{\eta}$$

Estableix el valor de l'eficiència de sistema d'energia ( $\eta$ ) en un 45,5%, del que es dedueix que el SPF mínim, de tall, és 2,5. Per sota d'aquest valor es considera que la bomba de calor no aporta energia renovable.

A mode de reflexió, si a la fórmula anterior relativa al càlcul de ( E.res ) s'assigna el valor 2,5 a l'SPF, resultarà:

$$E.res = Q.utilitzable * 0,60$$

És a dir, la bomba de calor aerotèrmica amb el menor SPF necessari per a ser considerada com aportadora d'energia renovable, del calor que proporciona, el 60% procedeix directament de l'energia capturada de l'aire ambient.

En el cas de la nostre instal·lació veurem que el SCOP és de 3.63, per tant aportarem un 72% de contribució renovable.

#### 7.4.1 Elecció de la bomba, dipòsit inèrcia i grup impulsió

Per dimensionar la bomba hem de tenir en compte 3 potències, la de ACS, calefacció i aire condicionat. Les potències de ACS i calefacció ja les tenim calculades en l'apartat ( 7.3.1 Elecció dimensionament caldera biomassa ) d'aquest projecte.

Es fa servir aquesta mateixa taula de l'apartat ( 7.3.1 Elecció dimensionament caldera biomassa ) i s'afegeix una columna més pel càlcul de la potència AC, la potència d'aire condicionat es calcula amb els següents equacions.

El primer pas és calcular la potència segons superfície:

$$P. \text{ paret} = K * S * \Delta T \quad (43)$$

$$P. \text{ finestra} = K * S * \Delta T \quad (44)$$

$$P. \text{ sostre i terre} = K * S * \Delta T \quad (45)$$

Essent:

- K: Coeficients conductivitat superfícies, paret i vidres ( es selecciona paret aïllada i vidre doble )
- S: superfícies en m<sup>2</sup> de totes les parets, sostres i vidres.
- ΔT: Variació tempera exterior / interior, al nord del país s'agafa ( 35-25=10 )

En segona instància es calcula la potència de ventilació, aquesta potència és la renovació d'aire que es fa a l'habitatge aproximadament per hora.

$$P. \text{ ventilació} = \frac{1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * \frac{250 \text{m}^3}{\text{h}} * 10}{0.86} \quad (46)$$

Essent:

- 1.2kg/m<sup>3</sup>: Pes específic de l'aire
- 0.24kcal/kg°C: Calor específic de l'aire
- 0.86: constant
- 250m<sup>3</sup>/h: renovacions per hora
- 10: Entre aire exterior i interior

Taula coeficients demanda de fred						
Conductivitat superfícies ( K )				$\Delta T$ Zona Nord	P. ventilació	Coeficient intermitència
Paret aïllada	Paret sense aïllar	Vidre simple	Vidre doble	$\Delta T=35-25$		
0,692	1,09	5,8	1,62	10	837,21	1,1

Taula 34. Coeficients demanda de fred

Per últim es sumen totes les potències i es multipliquen pel coeficient d'intermitència, és un valor que s'utilitza per aportar cert marge de seguretat al resultat del càlcul, en un habitatge d'ús diari sol ser de 1,1.

$$P_{AC} = ( P. parets + P. finestres + P. sostres i terres + P. Ventilació ) * 1.1 \quad (47)$$

S'obtenen els resultats finals en la següent taula:

Demanda AC segons superfícies i taules						
Planta	Zona	Descripció	Superfície parets ( m <sup>2</sup> )	Potència ( W )	Potència AC necessària ( W )	Potència AC necessària ( KW )
Planta baixa	Menjador	Paret	51,4	355,688	1870,36	1,87
		Finestre	3,6	58,32		
		Sostre + terre	64,9	449,108		
	Cuina	Paret	44	304,48	1942,56	1,94
		Finestre	12	194,4		
		Sostre + terre	62,12	429,8704		
Bany 1	Paret	16	110,72	1088,39	1,09	
	Sostre + terre	6	41,52			
Planta primera	Habitació 1	Paret	37,5	259,5	1420,89	1,42
		Finestre	1	16,2		
		Sostre + terre	25,84	178,8128		
	Habitació 2	Paret	31	214,52	1418,18	1,42
		Finestre	4	64,8		
		Sostre + terre	24,96	172,7232		
	Habitació 3	Paret	57,5	397,9	1658,24	1,66
		Finestre	1	16,2		
		Sostre + terre	37,02	256,1784		
	Bany 2	Paret	23	159,16	1186,89	1,19
Sostre + terre		11,94	82,6248			
Total					10585,51	10,59

Taula 35. Demanda AC segons superfícies i taules

Com es pot veure a la taula, serà necessària una potència de 10.59 kW per cobrir la demanda de AC.

A l'adjuntar aquest resultat final a la taula 24 de l'apartat ( 7.3.1 Elecció dimensionament caldera biomassa ) s'obté la taula 36 i veiem que per cobrir la demanda d'ACS, calefacció i AC és necessària una potència de 17,65kW, per arrodonir es selecciona una potència de 18kW.

Dimensionament Bomba				
Mesos	P.ACS ( kW )	P.CALEFACCIÓ ( kW )	P.AC ( kW )	P.TOTAL ( kW )
Gener	7,66	9,99	0	17,65
Febrer	7,52	9,99	0	17,51
Març	7,38	9,99	0	17,37
Abril	7,24	9,99	0	17,23
Maig	6,96	0,00	10,59	17,55
Juny	6,54	0,00	10,59	17,13
Juliol	6,26	0,00	10,59	16,85
Agost	6,26	0,00	10,59	16,85
Setembre	6,54	9,99	0	16,54
Octubre	6,82	9,99	0	16,81
Novembre	7,24	9,99	0	17,23
Desembre	7,52	9,99	0	17,51
Màxima potencia				17,65

Taula 36. Dimensionament bomba ( total kW )

Es selecciona el model Altherma 3 Supra Disseny integrat, de la marca Daikin. Aquest model ja te la opció d'incorporar un dipòsit d'inèrcia de 230L amb una resistència elèctrica de suport per escalfar l'aigua en combinació amb panells solars.

Selecció unitat exterior:

- EPRA18DV3 ( Model 18kW )

UNIDADES EXTERIORES			EPRA14DV3	EPRA16DV3	EPRA18DV3	
Temperatura	ambiente	impulsión				
Calefacción	7	45	Capacidad nom. / máx. kW	7,92 / 10,27	7,92 / 11,00	7,92 / 12,22
			Consumo nom. / máx. kW	2,32 / 2,77	2,32 / 2,97	2,32 / 3,30
	-2	70	Capacidad nom. / máx. kW	5,69 / 10,18	9,00 / 10,91	9,00 / 12,12
			Consumo nom. / máx. kW	1,22 / 2,09	1,80 / 2,24	1,80 / 2,49
Refrigeración	35	7	Capacidad máxima kW	8,90	10,01	11,12
			Consumo máximo kW	4,75	5,35	5,94
	35	18	Capacidad nom. / máx. kW	6,90 / 6,90	7,88 / 7,88	8,86 / 8,86
			Consumo nom. / máx. kW	2,56 / 2,56	2,93 / 2,93	3,31 / 3,31
	35	18	Capacidad nom. / máx. kW	10,60 / 10,60	11,50 / 11,50	12,50 / 12,50
			Consumo nom. / máx. kW	2,55 / 2,55	2,80 / 2,80	3,05 / 3,05
COP/EER	7 / 35	35 / 18	4,67 / 4,13	5,00 / 4,11	5,00 / 4,09	
Caudal de aire			3918	3918	3960	
Refrigerante R-32			kg / TCO <sub>2</sub> eq / PCA	4,2 / 2,84 / 675	4,2 / 2,84 / 675	4,2 / 2,84 / 675
Dimensiones			Al.xAn.xF.	mm 1003 x 1270 x 533	1003 x 1270 x 533	1003 x 1270 x 533
Peso				Kg 151	151	151
Compresor				SCROLL	SCROLL	SCROLL
Potencia sonora				dB(A) 56	59	59
Presión sonora				dB(A) 43	48	48
Alimentación eléctrica				I / 230V (monofásico)	I / 230V (monofásico)	I / 230V (monofásico)
Clase de eficiencia energética 55°C LOT1 (SCOP)				A++ (3,63)	A++ (3,63)	A++ (3,63)
Clase de eficiencia energética 35°C LOT1 (SCOP)				A+++ (4,81)	A+++ (4,81)	A+++ (4,81)
Precio			€	4.922,00 €	5.906,00 €	7.088,00 €

il·lustració 40. Unitat exterior aerotèrmia

Font: (Daikin 2021)

Selecció unitat interior amb acumulador i KIT de muntatge complet:

- ETVX16S23D6V

UNIDAD INTERIOR (HIDROKIT + ACUMULADOR)	ETVX16S18D6V	ETVX16S18E6V* <img alt="info icon"/>	ETVX16S23D6V	ETVX16S23E6V* <img alt="info icon"/>	ETVX16S18D6VG	ETVX16S23D6VG
CON UNIDADES EXTERIORES MODELOS:			EPRA14DV3 / EPRA18DV3	6DV3 / EPRA18DV3		
Volumen acumulador	I 180	180	230	230	180	230
Dimensiones	Al.xAn.xF. mm 1.650 x 595 x 625	1.650 x 595 x 625	1.850 x 595 x 625	1.850 x 595 x 625	1.650 x 595 x 625	1.850 x 595 x 625
Peso	Kg 109	109	118	118	109	118
Resistencia de apoyo 6V			6 kW - 2 etapas - I	230 V ó III / 230 V		
Presión sonora	Refrig. / Calef. dB(A) 30 / 30	30 / 30	30 / 30	30 / 30	30 / 30	30 / 30
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Gris	Gris
Perfil de carga LOT2	L	L	XL	XL	L	XL
Clase eficiencia energética LOT2	A	A	A	A	A	A
Precio	€ 5.973,00 €	6.073,00 €	6.093,00 €	6.193,00 €	6.272,00 €	6.397,00 €

il·lustració 41. Unitat interior + acumulador aerotèrmia

Font: (Daikin 2021)

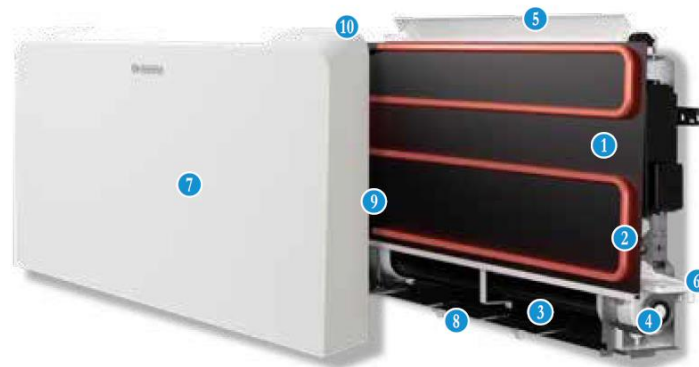
## 7.4.2 Dimensionament radiadors baixa temperatura

Actualment l'aerotèrmia que es pot considerar renovable tenint en compte el rendiment de les seves bombes, pot escalfar l'aigua aproximadament fins uns 60°C el que és incompatible o molt poc eficient amb els radiadors convencionals.

Per poder treure profit, és necessari instal·lar un terra radiant o radiadors de baixa temperatura, aquesta segona opció serà la que es seleccioni per aquest projecte per tal d'aprofitar la instal·lació de radiadors existents en l'actualitat.

El principi de funcionament dels radiadors de baixa temperatura no difereix gaire amb els convencionals, també hi circula aire calent per l'interior i aquest fa l'intercanvi amb el medi, la construcció interna és una mica diferent, concretament el model seleccionat ( Olimpia Bi2 SLR Air inverter ) consta dels següents elements rellevants entre d'altres:

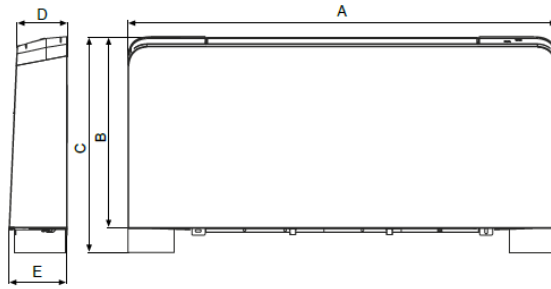
- Bateria d'intercanvi tèrmic d'aigua: Feta amb tubs de coure i paquet aletejat d'alumini d'alta eficiència, les bateries estan equipades amb un sensor per mesurar la temperatura.
- Panell radiant d'alta eficiència: Connectat hidràulicament a la bateria d'aigua calenta.
- Ventilador tangencial: Ventilador de material sintètic amb aletes desalineades ( molt silencios ) instal·lat sobre suports especials de EPDM per evitar les vibracions.



- |  |  |
|--|--|
| 1 Bateria de intercambio térmico                         | 6 Bandeja recoge condensado                    |
| 2 Panel radiante de alta eficiencia                      | 7 Bastidor frontal de chapa electrogalvanizada |
| 3 Ventilador tangencial                                  | 8 Rejilla aspiración anti-intrusión            |
| 4 Motor eléctrico de paquete resinado                    | 9 Costados en abs                              |
| 5 Flap aire impulsión y rejilla impulsión anti-intrusión | 10 Mando touch bordo máquina (versione TR)     |

*il·lustració 42. Radiadors baixa temperatura Olimpia*

Font: (Splendid 2019)



		200	400	600	800	1000
<b>A</b>	mm	695	895	1095	1295	1495
<b>B</b>	mm	599	599	599	599	599
<b>C</b>	mm	679	679	679	679	679
<b>D</b>	mm	129	129	129	129	129
<b>E</b>	mm	150	150	150	150	150
<b>Peso</b>	kg	13,5	15,5	19,5	22,5	25,5

il·lustració 43. Mesures radiadors baixa temperatura Olimpia

Font: (Splendid 2019)

#### 7.4.2.1 Càlcul numero de radiadors baixa temperatura

Per definir el número de radiadors necessaris a cada estança de l'habitatge, es divideix la potència calorífica necessària a l'estància per la potència calorífica del radiador de baixa temperatura. La formula és la següent:

$$N^{\circ} \text{ de radiadors} = \frac{\text{Potència calorífica de l'estància}}{\text{Potència calorífica del radiador}} \quad (48)$$

La gamma esta composta per 5 models amb diferents potències, cada model disposa de 3 velocitats de ventilador on cada una d'elles entrega més o menys kW de calefacció. Es farà el càlcul sempre tenint en compte la velocitat baixa del ventilador per tal de que el sistema vagi sobrat i no sigui necessari que el ventilador treballi pràcticament mai a màxima potència.

**Taula especificacions elèctriques radiadors SLR Air 200 i 400:**

MODELOS			SL air 200, SLR air 200 SL+ 200, SLR+ 200 SL smart inverter 200 SLR smart inverter 200 SLI inverter 200 SLIR inverter 200			SL air 400, SLR air 400 SL+ 400, SLR+ 400 SL smart inverter 400 SLR smart inverter 400 SLI inverter 400 SLIR inverter 400		
Ref.	Velocidad ventilador		Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
(1)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,38	0,71	0,82	0,91	1,34	1,74
(1)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,28	0,50	0,64	0,65	1,02	1,25
(1)	Pérdida de carga lado agua	kPa	3,8	10,8	13,1	2,4	5,5	8,2
(2)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,28	0,51	0,60	0,67	1,00	1,27
(2)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,18	0,40	0,44	0,44	0,7	0,84
(2)	Pérdida de carga lado agua	kPa	0,8	6,1	8,0	0,8	2,9	4,8
(3)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,34	0,57	0,66	0,66	1,06	1,41
(3)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,24	0,42	0,59	0,51	0,86	1,16
(3)	Pérdida de carga lado agua	kPa	2,2	7,5	9,5	0,8	3,4	5,8
(4)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,16	0,31	0,36	0,39	0,60	0,77
(4)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,15	0,29	0,34	0,37	0,57	0,73
(4)	Pérdida de carga lado agua	kPa	0,3	1,7	2,8	0,2	0,5	1,5
(5)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,24	0,44	0,52	0,58	0,86	1,09
(5)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,20	0,37	0,44	0,49	0,73	0,93
(5)	Pérdida de carga lado agua	kPa	0,4	1,8	2,4	0,4	0,9	1,3
(6)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,18	0,33	0,39	0,44	0,65	0,83
(6)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,18	0,33	0,39	0,43	0,65	0,82
(6)	Pérdida de carga lado agua	kPa	0,2	1,0	1,4	0,3	0,5	0,8
(7)	Potencia producida total en calefacción	kW	0,64	0,84	1,05	1,25	1,65	2,31
(7)	Pérdida de carga lado agua	kPa	3,2	8,8	10,9	2,0	4,6	6,8
(8)	Potencia producida total en calefacción	kW	0,54	0,70	0,88	1,06	1,39	1,94
(8)	Pérdida de carga lado agua	kPa	5,7	8,8	12,2	2,9	4,8	7,9
	Potencia absorbida	W	5	7	11	6	9	19
	Potencia acústica LW	dB(A)	38	45	52	39	46	53

Las prestaciones arriba indicadas se refieren a las siguientes condiciones operativas:  
 (1) Modo refrigeración en las condiciones estándar: temperatura del aire de 27 °C a 19 °C, temperatura del agua 7 °C y temperatura de salida del agua 12 °C  
 (2) Modo refrigeración en las condiciones de utilización 1: temperatura del aire de 27 °C a 19 °C, temperatura ambiente 10 °C y temperatura de salida del agua 15 °C  
 (3) Modo refrigeración en las condiciones de utilización 2: temperatura del aire 25 °C b.s., 17,9 °C con temperatura del agua 7 °C y temperatura de salida del agua 12 °C  
 (4) Modo refrigeración en las condiciones de utilización 3: temperatura del aire 26 °C, 18 °C con temperatura del agua 14 °C y temperatura de salida del agua 18 °C  
 (5) Modo refrigeración en las condiciones de utilización estándar telerefrigeración: temperatura del aire 24 °C a 18 °C, temperatura del agua 5,5 °C y temperatura de salida del agua 14,5 °C  
 (6) Modo refrigeración en las condiciones de utilización telerefrigeración 1: temperatura del aire 26 °C, 18,6 °C con temperatura del agua 9 °C y temperatura de salida del agua 18 °C  
 (7) Modo calefacción en condiciones estándar: temperatura del aire 20 °C con b.s., 15 °C con b.h., temperatura de entrada agua 50 °C, caudal de agua igual a la de refrigeración en condiciones estándar  
 (8) Modo calefacción en las condiciones de utilización 1: temperatura del aire 20 °C b.s., 15 °C b.h. Temperatura máx. de entrada agua 45 °C y temperatura de salida agua 40 °C

*Taula 37. Taula especificacions elèctriques radiadors SLR Air 200 i 400*

Font: (Splendid 2018)



Taula especificacions elèctriques radiadors SLR Air 600 i 800 i 1000:

MODELOS			SL air 600 SLR air 600 SL+ 600, SLR+ 600 SL smart inverter 600 SLR smart inverter 600 SLI inverter 600 SLIR inverter 600			SL air 800 SLR air 800 SL+ 800, SLR+ 800 SL smart inverter 800 SLR smart inverter 800 SLI inverter 800 SLIR inverter 800			SL air 1000 SLR air 1000 SL+ 1000, SLR+ 1000 SL smart inverter 1000 SLR smart inverter 1000 SLI inverter 1000 SLIR inverter 1000		
			Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
(1)	Potencia producida total en refrigeración	kW	1,50	2,10	2,54	1,98	2,69	3,29	2,17	3,25	3,78
(1)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	1,10	1,56	1,94	1,54	2,09	2,54	1,71	2,42	2,98
(1)	Pérdida de carga lado agua	kPa	7,5	14,2	19	7,3	13,8	18,7	5,7	13,1	18,2
(2)	Potencia producida total en refrigeración	kW	1,12	1,58	1,90	1,32	1,81	2,19	1,46	2,19	2,54
(2)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,76	1,08	1,34	1,02	1,53	1,74	1,15	1,65	2,50
(2)	Pérdida de carga lado agua	kPa	3,2	7,9	11,3	1,0	4,6	7,4	0,4	5,1	7,4
(3)	Potencia producida total en refrigeración	kW	1,24	1,72	2,10	1,46	1,96	2,46	1,55	2,45	2,83
(3)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,94	1,33	1,68	1,33	1,79	2,28	1,44	2,13	2,59
(3)	Pérdida de carga lado agua	kPa	4,5	9,5	13,5	2,0	5,7	9,4	1,0	6,9	9,4
(4)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,84	0,91	1,11	0,74	0,99	1,22	0,80	1,21	1,40
(4)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,61	0,86	1,05	0,70	0,94	1,16	0,76	1,15	1,33
(4)	Pérdida de carga lado agua	kPa	0,2	1,0	3,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	1,2
(5)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,96	1,36	1,63	1,16	1,58	1,92	1,28	1,92	2,22
(5)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,82	1,15	1,39	1,05	1,44	1,74	1,16	1,74	2,02
(5)	Pérdida de carga lado agua	kPa	1,6	2,7	3,4	1,3	1,8	2,3	1,1	2,1	2,6
(6)	Potencia producida total en refrigeración	kW	0,73	1,03	1,24	0,93	1,28	1,54	1,02	1,53	1,78
(6)	Potencia producida sensible en refrigeración	kW	0,72	1,02	1,23	0,92	1,26	1,53	1,01	1,52	1,76
(6)	Pérdida de carga lado agua	kPa	1,0	1,7	2,3	1,0	1,4	1,7	0,9	1,5	1,8
(7)	Potencia producida total en calefacción	kW	1,75	2,56	3,12	2,21	3,10	4,10	3,05	3,77	4,67
(7)	Pérdida de carga lado agua	kPa	6,2	11,8	15,8	6,1	11,5	15,5	4,7	10,9	15,1
(8)	Potencia producida total en calefacción	kW	1,46	2,14	2,60	1,85	2,60	3,44	2,56	3,16	3,91
(8)	Pérdida de carga lado agua	kPa	5,8	11,8	16,0	4,1	8,9	14,2	6,4	9,8	13,9
	Potencia absorbida	W	7	11	20	8	12	24	9	14	27
	Potencia acústica LW	dB(A)	41	47	53	42	48	54	42	48	54

Las prestaciones arriba indicadas se refieren a las siguientes condiciones operativas:  
 (1) Modo refrigeración en las condiciones estándar: temperatura del aire de 27 °C a 19 °C, temperatura del agua 7 °C y temperatura de salida del agua 12 °C  
 (2) Modo refrigeración en las condiciones de utilización 1: temperatura del aire de 27 °C a 19 °C, temperatura ambiente 10 °C y temperatura de salida del agua 15 °C  
 (3) Modo refrigeración en las condiciones de utilización 2: temperatura del aire 25 °C b.s., 17,9 °C con temperatura del agua 7 °C y temperatura de salida del agua 12 °C  
 (4) Modo refrigeración en las condiciones de utilización 3: temperatura del aire 26 °C, 18 °C con temperatura del agua 14 °C y temperatura de salida del agua 18 °C  
 (5) Modo refrigeración en las condiciones de utilización estándar telerefrigeración: temperatura del aire 24 °C a 18 °C, temperatura del agua 5,5 °C y temperatura de salida del agua 14,5 °C  
 (6) Modo refrigeración en las condiciones de utilización telerefrigeración 1: temperatura del aire 26 °C, 18,6 °C con temperatura del agua 9 °C y temperatura de salida del agua 18 °C  
 (7) Modo calefacción en condiciones estándar: temperatura del aire 20 °C con b.s., 15 °C con b.h., temperatura de entrada agua 50 °C, caudal de agua igual a la de refrigeración en condiciones estándar  
 (8) Modo calefacción en las condiciones de utilización 1: temperatura del aire 20 °C b.s., 15 °C b.h. Temperatura máx. de entrada agua 45 °C y temperatura de salida agua 40 °C

Taula 38. Taula especificacions elèctriques radiadors SLR Air 600 i 800 i 1000

Font: (Splendid 2018)

Aplicant l'equació ( 50 ) obtenim el número de radiadors que són necessari per cada estança, s'ha dimensionat per tal de que es pugui instal·lar un radiador per estança i d'aquesta manera poder mantenir exactament la mateixa instal·lació que existeix en l'actualitat.

Càlcul número de radiadors per estança							
Planta	Descripció	Superfície ( m <sup>2</sup> )	Potència ( KW )	Potència ( W )	Potència calorífica del radiador	Numero radiadors calculats	Numero radiadors finals i model
Planta baixa	Menjador	32,45	2,75825	2758,25	3050	0,904344262	1 SLR AIR 1000
	Cuina	31,06	2,6401	2640,1	3050	0,865606557	1 SLR AIR 1000
	Bany 1	3	0,255	255	640	0,3984375	1 SLR AIR 200
Planta primera	Habitació 1	12,92	1,12404	1124,04	1250	0,899232	1 SLR AIR 400
	Habitació 2	12,48	1,08576	1085,76	1250	0,868608	1 SLR AIR 400
	Habitació 3	18,51	1,61037	1610,37	1750	0,920211429	1 SLR AIR 600
	Bany 2	5,97	0,51939	519,39	640	0,811546875	1 SLR AIR 200

Taula 39. Càlcul número de radiadors per estança

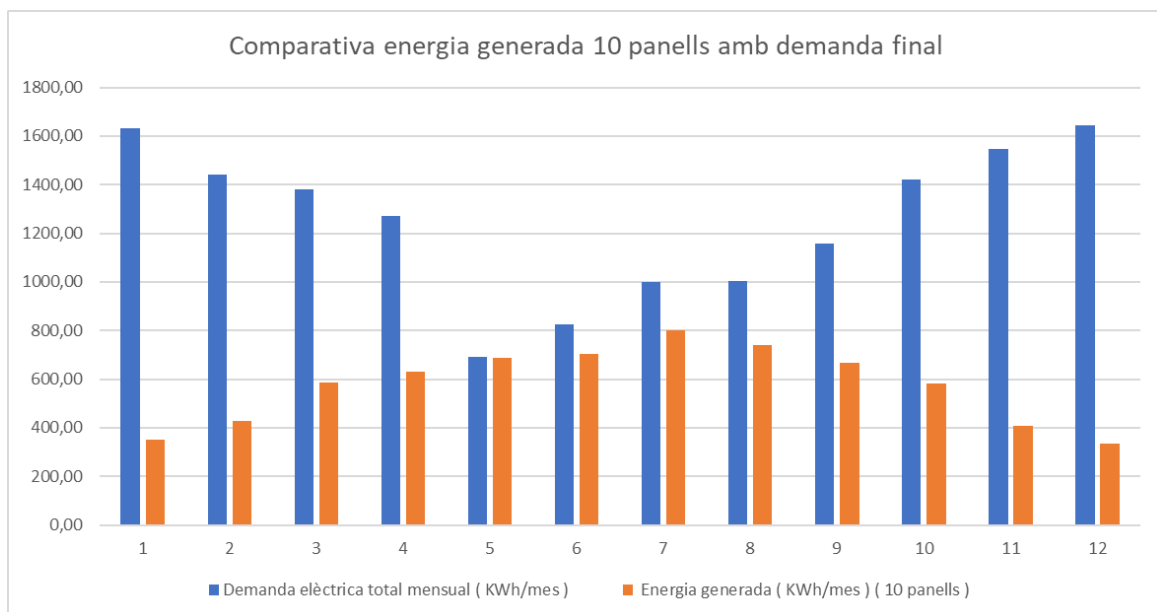
## 8. RESUM DE L'ESTUDI ENERGÈTIC I SELECCIÓ TECNOLOGIES

Un cop analitzades les possibles alternatives d'instal·lacions renovables per abastir les necessitats energètiques, es selecciona entre elles la combinació que sembla la més eficient i viable a mig i llarg termini.

Es selecciona doncs la combinació de panells solars fotovoltaics amb un equip d'aerotèrmia. La combinació d'aquestes dues energies permet obtenir energia elèctrica, calefacció, ACS i aire condicionat sense que sigui necessari cap mena de combustible i estalviant d'aquesta forma una quantitat de diners anual important.

Al fer la comparativa de la instal·lació inicial fotovoltaica, on teníem comptabilitzada únicament la demanda elèctrica, podem veure que actualment tenint en compte la demanda de calefacció, ACS i AC ha augmentat significativament la demanda. Actualment no es cobreix la demanda amb els 10 panells que estaven contemplats, és necessari tornar a calcular la instal·lació fotovoltaica.

En aquest cas es mostren alguns càlculs puntuals i s'adjunten taules per tal de seguir el procés, no es fa una explicació tant definida del procés de càlcul perquè ja consta en l'apartat 7.2 i tots els seus subapartats.



Gràfic 26. Comparativa energia generada 10 panells amb la demanda final de fotovoltaica i aerotèrmica

## 8.1 Estimació de la demanda d'energia elèctrica [ Ah / dia ] ( solar i aerotèrmia )

Estimem la demanda energètica tenint en compte el consum elèctric habitual i el calculat per l'aerotèrmia.

Consum elèctric total anual				
Mesos	Demanda elèctrica ( KWh / mes )	Demanda bomba Aerotèrmica ( ACS, calefacció i AC ) ( KWh/mes )	Demanda elèctrica total mensual ( KWh / mes )	Demanda diària d'energia elèctrica ( KWh )
Gener	457,569	1174,79	1632,36	52,66
Febrer	379,981	1060,02	1440,01	51,43
Març	380,416	1001,73	1382,15	44,59
Abril	468,269	803,10	1271,36	42,38
Maig	419,923	271,20	691,12	22,29
Juny	388,699	437,42	826,12	27,54
Juliol	368,482	632,80	1001,28	32,30
Agost	372,209	632,80	1005,01	32,42
Setembre	361,831	797,34	1159,17	38,64
Octubre	422,79	996,98	1419,77	45,80
Novembre	415,185	1133,44	1548,62	51,62
Desembre	469,908	1173,60	1643,51	53,02
Total ( Kwh )			15020,47	41,22

Taula 40. Consum elèctric total anual ( fotovoltaica i aerotèrmia )

A partir d'aquesta taula calculem el consum elèctric per el dimensionament de la instal·lació:

Càlcul dimensionament instal·lació ( Ah/dia )				
Consum total ( Ah/dia )	Perdues connexions ( Ah/dia )	Demanda total requerida instal·lació ( Ah/dia )	Perdues per components instal·lació ( Ah/dia )	Consum elèctric dimensionament instal·lació ( Ah/ dia )
859	85,88	945	0,80	1180,87

Taula 41. Càlcul dimensionament instal·lació ( Ah/dia ) ( fotovoltaica i aerotèrmia )

## 8.2 Càlcul del nombre de panells ( solar i aerotèrmia )

Calculem el nombre de panells que requereix la nostra instal·lació tant en sèrie com en paral·lel pel compliment de tensió i consum requerit, ara que s'inclou el consum de l'aerotèrmica el número de panells serà superior a quan només es va tindre en compte el consum elèctric.

El nombre de panells be donat per el coeficient entre el consum d'energia necessària, dividit per l'energia proporcionada per un panell.

$$Np = \frac{\text{Consum req.}}{E_{\text{mòdul}}} = \frac{1180.87 \text{ Ah/dia}}{39.48 \text{ Ah/dia}} = \mathbf{29.91 \text{ panells}} \quad (49)$$

S'arrodoneix el valor, per tant seran **30 panells**.

Un cop s'ha calculat l'amortització de la instal·lació es pot veure que amb 30 panells amortitzem a 23 anys, tot i que el VAN confirma que és una instal·lació rentable el client vol amortitzar abans, finalment es decideix doncs instal·lar 10 panells més, un total de **40 panells** amb els que aconseguim l'amortització en 19 anys.

### 8.3 Elecció de la inclinació dels panells fotovoltaics i com afecta a la irradiació diària ( solar i aerotèrmia )

Tenint en compte que és necessiten 30 panells per cobrir la demanda actual, és necessari ampliar les ubicacions inicials de la teulada, es col·locaran els panells de la següent forma:

- 14 panells a la besant sud amb azimut de -3 ( teulada porxo i mateixa besant del garatge )
- 16 panells a la besant sud-est amb azimut -50 ( teulada superior de l'habitatge )

En els dos casos es té un fàcil accés per el manteniment i neteja des d'una de les habitacions de la planta superior.



*il·lustració 44. Teulades col·locació panells solars*

Font: (Google 2021)

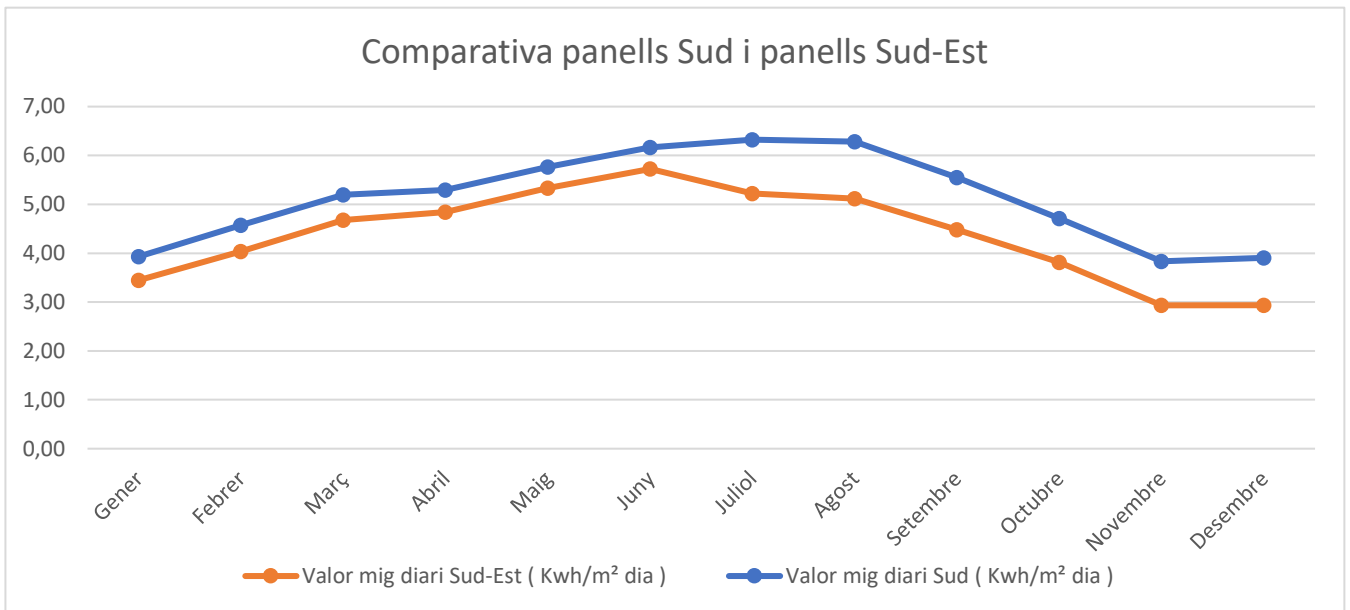
La inclinació de la teulada és de  $13.5^\circ$  i l'angle òptim que requerim per la instal·lació és, segons dades de *European Commission* de:

- $39^\circ$  per la besant sud amb azimut -3
- $34^\circ$  per la besant sud-est amb azimut -50

Com la diferència d'inclinació per els panells és tan poca, es decideix deixar la mateixa distància ja calculada per els panells a  $39^\circ$ , el valor és de 112.5cm entre el final d'una fila i l'inici de la següent, més endavant en l'apartat ( 8.6 Pèrdues per inclinació i orientació, fotovoltaic i aerotèrmia ) veurem el plànol de com queden els 40 panells.

Com ja s'ha comentat, les dades s'extreuen de la base de dades de *European Commission* on introduïm la ubicació desitjada amb les coordenades i tot seguit ens proporciona informació sobre irradiació mensual o diària, irradiació sobre pla horitzontal, angle òptim per la zona o angle seleccionat, també proporciona informació sobre la instal·lació que es vol fer connectada a xarxa o de forma autònoma.

Un cop descarregada la taula i tractades les dades, podem veure la diferència entre instal·lar els panells en les teulades besant Sud i a la teulada basant Sud-Est.



Gràfic 27. Comparativa panells Sud i panells Sud-Est

## 8.4 Dimensionament del regulador i càlcul panells sèrie i paral·lel ( solar i aerotèrmia )

Al tractar-se de 40 panells de 360W i 60 cel·les i després de valorar que ens aporta un regulador PWM i un regulador MPPT, es selecciona un regulador MPPT per la instal·lació.

**Potència pic màxima del camp solar:**

$$P_p = P_{max} + (P_{max} * 0.03) \rightarrow P_p = 360 + (360 * 0.03) = \mathbf{370.8W} \quad (50)$$

$$P = 1.1 * N^{\circ} \text{ panells} * P_p \rightarrow P = 1.1 * 40 * 370.8 = \mathbf{16315.2W} \quad (51)$$

Essent:

- Pp = Potència pic
- Pmax = Potència màxima del panell
- 0.03 = El 3% de tolerància marcat pel fabricant per obtenir la potència màxima
- 1.1 = Factor de seguretat

Un cop tenim el resultat podem veure que el regulador a seleccionar ha de suportar la potència de 16315.2 W. Seleccionem el regulador de la marca MUST, model PC18-8015F, és el mateix regulador que ja es va seleccionar amb els càlculs per cobrir demanda elèctrica únicament, la diferència és que aquest cop en muntarem 4 en paral·lel ja que no es troben al mercat reguladors de més potència monofàsics.

Les seves característiques són les que s'especifiquen a la taula ( *Taula 19. Característiques tècniques regulador Must PC18-8015F* )



*il·lustració 45. Regulador Must PC18-8015F*

Font: (Solutions 2021b)

Es comprova que les potències, intensitats i voltatges d'entrada segons la connexió dels panells estiguin dins els límits permesos per el regulador. Mirant la taula es dedueix:

- La potència màxima de panells a 48V és de 5000W per regulador, si tenim en compte que seran 4 reguladors obtenim 20000W, superior al que requereix el nostre sistema, per tant correcte.
- La tensió màxima d'entrada és de 145V per regulador i la tensió de curtcircuit dels panells solars és de 42.7V, per tant podem veure que el numero màxim de panells en sèrie serà de 3.

$$N_{ps} = \frac{\text{Voltatge màxim entrada}}{V_{oc}} = \frac{145V}{42.7V} = 3.39 \rightarrow 3 \text{ panells en serie} \quad (52)$$

- Amb un total de 40 panells es decideix fer 2 grups de 10 files en paral·lel, 2 panells en sèrie cada fila.

**Cada fila en sèrie de 2 panells:**

$$V_{mppt} = V_{mpp} * N_{ps} \rightarrow V_{mppt} = 36.5V * 2 = 73V \quad (53)$$

$$I_{mpp} = 9.87A \quad (54)$$

**Paral·lel de les 10 files:**

$$V_{mpp} = 73V \quad (55)$$

$$I_{mppt} = I_{mpp} * N_{pp} \rightarrow I_{mppt} = 9.87A * 10 = 98.7A \quad (56)$$

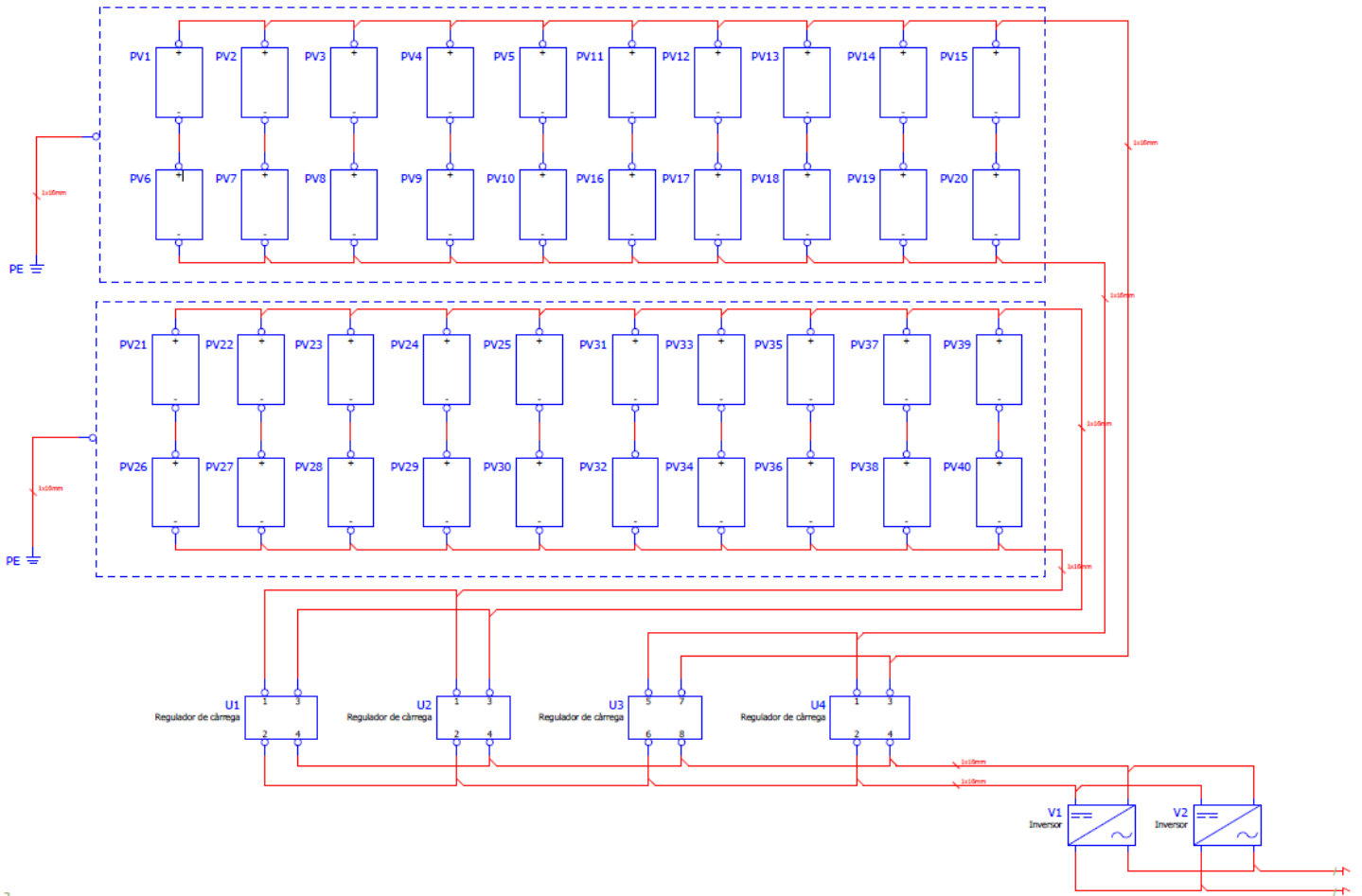
**Potència total d'un conjunt:**

$$P_t = V_{mppt} * I_{mppt} = 73V * 98.7A = 7205.1W \quad (57)$$

Finalment, aquesta potència serà necessària multiplicar-la per els 2 conjunts de panells, per tant al resultat final de potència és de **14410.2W**



**Esquema distribució panells:**



*il·lustració 46. Esquema elèctric instal·lació fotovoltaica*

## 8.5 Dimensionament del inversor ( solar i aerotèrmia )

Per determinar la potència d'entrada a l'inversor agafem el resultat de la fórmula ( 59 ) de la potència en l'apartat anterior on hem calculat la sèrie i paral·lel dels panells, el multipliquem per els dos conjunts de panells i el resultat és de **14410.2 W**

Per determinar la potència de sortida de l'inversor es fa a partir de la potència nominal de la instal·lació:

Potencia total habitatge							
Planta	Estancia	Punt de llum / aparells	Unitats	Potencia ( W )	Potencia total instantanea ( W )	Hores funcionament ( dia )	Potencia total ( Wh/dia )
Planta Baixa	Menjador	Punts de llum	4	10	40	0,5	20
		Estufa pellet	1	100	100	10	1000
	Cuina	Punts de llum	7	25	175	2	350
		Vitrocèramica	1	3700	3700	0,5	1850
		Forn	1	2515	2515	0,5	1257,5
		Nevera	1	110	110	12	1320
		Televisió	1	90	90	6	540
	Garaig	Punts de llum	6	58	348	0,25	87
		Secadora	1	2200	2200	1	2200
		Rentadora	1	2000	2000	1	2000
		Congelador	1	200	200	12	2400
	Porxo i Jardí	Caldera gasoil	1	250	250	1	250
		Punts de llum	9	6,7	60,3	0,2	12,06
Bany 1	Punts de llum	1	10	10	0,5	5	
Planta Primera	Habitació 1	Punts de llum	2	10	20	2	40
	Habitació 2	Punts de llum	2	20	40	2	80
	Habitació 3	Punts de llum	3	10	30	1	30
	Bany 2	Punts de llum	5	5	25	2	50
	Distribuidor i escala	Punts de llum	3	5	15	0,25	3,75
				<b>Total:</b>	<b>11928,3</b>		<b>13495,31</b>
Planta Primera	Exterior	Aerotèrmia	1				37,90
<b>Total:</b>							<b>13533,21</b>

Taula 42. Potencia total habitatge per dimensionar inversor

$$P_{inversor AC} = \frac{P_{AC}}{\eta_{inversor}} = \frac{13533.21W}{0.95} = \mathbf{14245.48W} \rightarrow \mathbf{14246W} \quad (58)$$

Per últim, és necessari tindre en compte el coeficient de simultaneïtat que tindrà la nostra instal·lació, en habitatges la mitja està entre 0.5 a 0.6.

$$P_{inversor AC} = 14246W * 0.5 = \mathbf{7123W} \quad (59)$$

És necessari triar per la instal·lació un inversor que contempli aquestes dues condicions. La potencia nominal de l'inversor ha de ser superior a la màxima demandada per la càrrega.

Es selecciona l'inversor monofàsic de la marca Voltronic, model Axpert MAX 7200-45-230, el qual ens proporciona 12000 W de sortida i 8000W d'entrada.

Com podem observar l'entrada és inferior al que demanda la instal·lació però aquest model esta pensat per poder-se connectar en paral·lel de forma senzilla fins a 6 inversors. En el nostre cas és necessari connectar nomes 2 inversors en paral·lel per poder dimensionar correctament la instal·lació.

Les característiques principals de l'inversor són les següents:



il·lustració 47. Inversor Voltronic Axpert MAX

Font: (Solutions 2021a)

### Axpert MAX Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Axpert MAX 3600-24-230	Axpert MAX 3600-24-120	Axpert MAX 7200-48-230	Axpert MAX 7200-48-120
Rated Power	3600VA/3600W		7200VA/7200W <sup>†</sup>	
PARALLEL CAPABILITY	NO		Yes, up to 6 units	
<b>INPUT</b>				
Voltage	230 VAC	120 VAC	230 VAC	120 VAC
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)	90-140 VAC (For Personal Computers) 80-140 VAC (For Home Appliances)	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)	90-140 VAC (For Personal Computers) 80-140 VAC (For Home Appliances)
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)			
<b>OUTPUT</b>				
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC + 5%	120VAC + 5%	230VAC + 5%	120VAC + 5%
Surge Power	7500VA	7500VA	15000VA	15000VA
Efficiency (Peak)	90% ~ 93%			
Transfer Time	15 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)			
Waveform	Pure sine wave			
No Load Power Consumption	< 45W		< 70W	
<b>BATTERY</b>				
Battery Voltage	24 VDC		48 VDC	
Floating Charge Voltage	27 VDC		54 VDC	
Overcharge Protection	33 VDC		66 VDC	
<b>SOLAR CHARGER &amp; AC CHARGER</b>				
Solar Charger Type	MPPT			
Maximum PV Array Power	4000 W		8000W (4000W x 2)	
MPPT Range @ Operating Voltage	120 ~ 450 VDC	90 ~ 230 VDC	90 ~ 450 VDC	90 ~ 230 VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC	250 VDC	500 VDC	250 VDC
Maximum Solar Charge Current	80 A			
Maximum AC Charge Current	80 A			
Maximum Charge Current	80 A			
<b>PHYSICAL</b>				
Dimension, D x W x H (mm)	147.4 x 432.5 x 553.6			
Net Weight (kgs)	14.1		18.4	
Communication Interface	USB/RS232/RS485/Wifi/Dry-contact			
<b>OPERATING ENVIRONMENT</b>				
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)			
Operating Temperature	-10°C to 50°C			
Storage Temperature	-15°C to 60°C			
<b>STANDARD</b>				
Compliance Safety	CE	UL	CE	UL

Taula 43. Característiques inversor Voltronic Axpert MAX

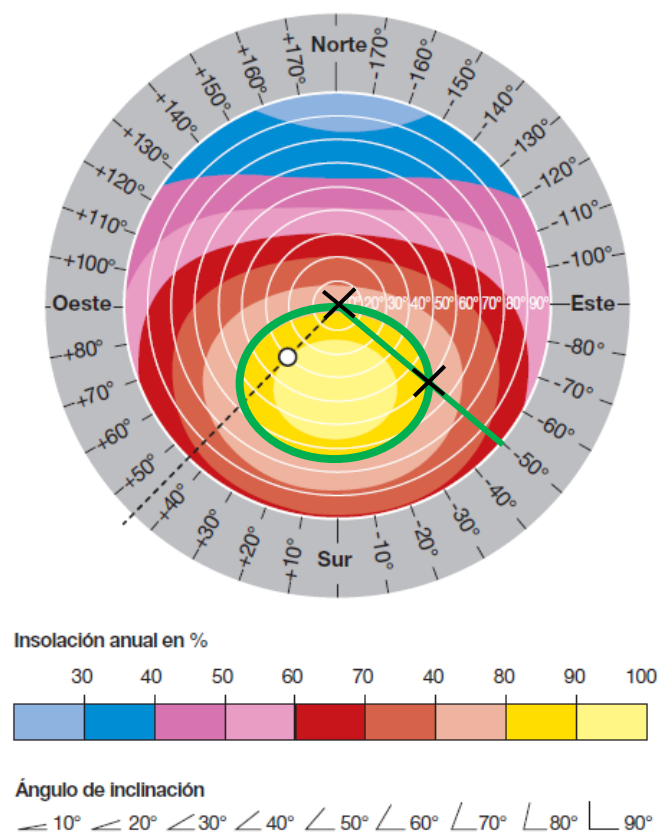
Font: (Solutions 2021a)

## 8.6 Pèrdues per inclinació i orientació ( fotovoltaic i aerotèrmia )

D'acord amb la secció HE.5 del DB sobre la contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica, la disposició dels mòduls s'ha de fer de tal manera que les pèrdues d'inclinació i orientació del sistema siguin inferiors als límits de la ( *taula22. Pèrdues límit* ). En aquest cas al tindre panells en la basant Sud-Est tenim unes pèrdues aproximades del 12%.

Per aquest diagrama de pèrdues s'utilitza el diagrama solar, ja tenim la inclinació i pèrdues dels panells que treballaran cara Sud amb azimut de -3, ara es calcula els panells que treballaran cara Sud-Est amb azimut -50 :

- Marcar la zona de màximes pèrdues admissibles, com les pèrdues per inclinació i orientació màximes són del 12% i pèrdues per ombres no en tenim, marcarem amb un cercle verd en el diagrama solar la insolació anual de 80% a 90%.
- A continuació es marca l'angle que formen els panells respecte al sud, és a dir, l'angle d'azimut. En aquest cas, l'angle d'azimut és de -50° cap a l'Est, que en el diagrama solar es representa en negatiu. Es marca una recta de color verd des de l'angle d'azimut fins el centre de la circumferència central.



il·lustració 48. Diagrama solar de pèrdues segons angle d'azimut i insolació ( -50° )

Font: (Asea-Brown-Boveri 2011)

Podem determinar doncs que segons el diagrama, per tenir unes pèrdues dins el rang de percentatges admissibles la inclinació dels panells ha d'estar entre aquests valors:

- Inclinació màxima: 50º
- Inclinació mínima: 0º

En els casos propers al límit, s'utilitzen les següents equacions per comprovar que les pèrdues no superen els valors de la taula de límits. En el nostre cas al seleccionar l'angle òptim per un azimuth de -50 les pèrdues per inclinació són pràcticament zero.

$$Pèrdues(\%) = 100 * (1.2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 * 10^{-5} * \alpha^2)$$

$$Pèrdues(\%) = 100 * (1.2 * 10^{-4} * (34 - 34)^2 + 3.5 * 10^{-5} * (-3)^2) = \mathbf{0.0315\%} \quad (60)$$

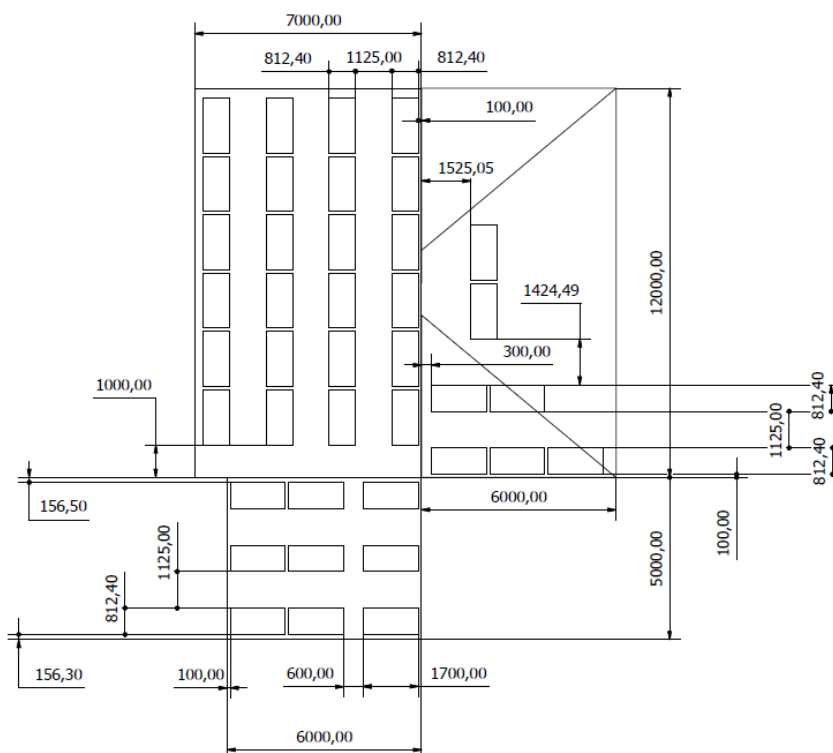
Essent:

- $\beta$ : Angle inclinació plaques
- $\beta_{opt}$ : Angle inclinació òptim
- $\alpha$ : Angle d'orientació Azimut

Per tant, podem veure com la instal·lació compleix sobradament els requisits d'angles d'inclinació màxims i mínims.

#### Distància mínima entre files consecutives

Al tenir una diferència tan petita d'angle entre els panells calculats per treballar cara Sud (39º), amb els panells calculats per treballar cara Sud-Est (34º), es decideix deixar la mateixa distància entre panells. Aquesta distància és de 112.5cm.



il·lustració 49. Distribució panells fotovoltaics a la teulada

## 8.7 Energia total camp solar ( fotovoltaica i aerotèrmia )

Un cop determinada la superfície del camp solar es calcula l'energia que proporciona aquest, per determinar l'energia total que es genera.

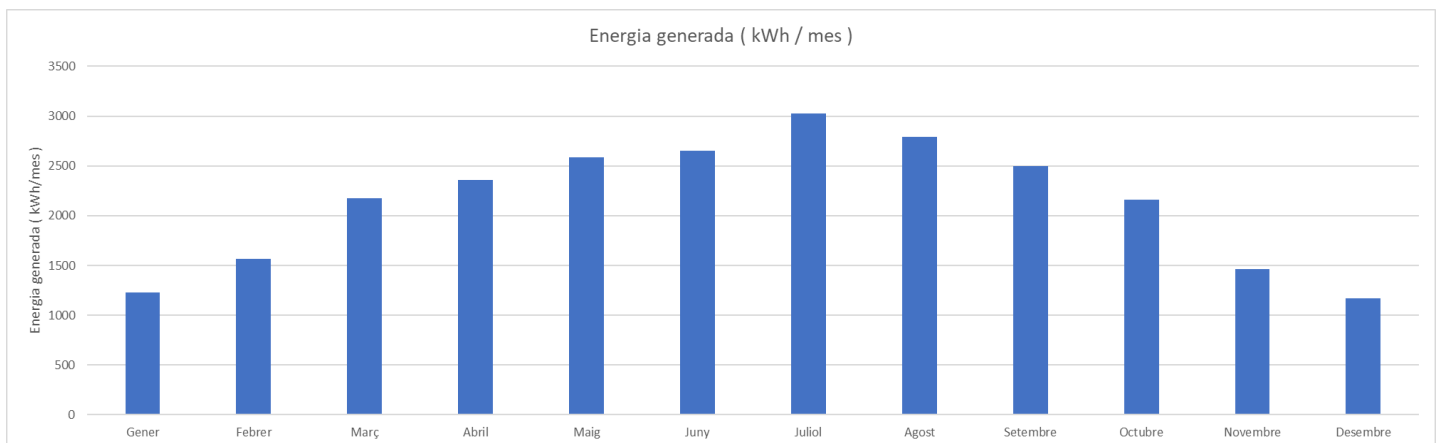
Es calcula l'energia generada mes a mes a partir d'un únic mòdul, per obtenir l'energia de tot el camp ( Ah/dia ), es multiplica pel nombre total de panells, en el nostre cas 40.

Per últim és necessari multiplicar l'energia del camp solar per la tensió de la instal·lació i dividir-ho entre 1000, d'aquesta forma obtenim el valor en kWh.

$$E_{camp} = E_{camp} \left( \frac{Ah}{dia} \right) * 48V * \frac{1}{1000} \left( \frac{Kw}{W} \right) \quad ( 61 )$$

Mesos	Energia generada ( kWh / mes )
Gener	1229,27
Febrer	1563,98
Març	2175,67
Abril	2356,20
Maig	2582,78
Juny	2652,96
Juliol	3026,90
Agost	2788,98
Setembre	2494,35
Octubre	2159,81
Novembre	1465,91
Desembre	1171,11

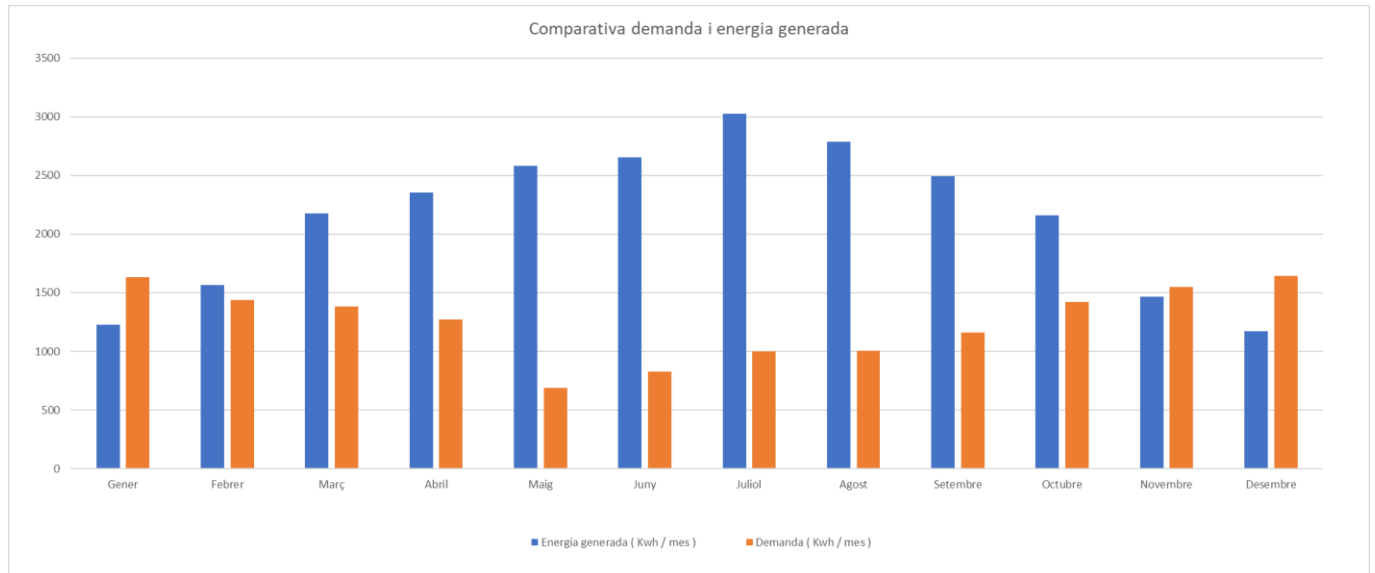
Taula 44. Energia total camp solar ( fotovoltaica i aerotèrmia )



Gràfic 28. Energia generada amb 40 panells fotovoltaics

Comparem l'energia generada amb l'energia demandada, d'aquesta forma podem veure el que cobrim de la demanda anual.

Podem observar que els únics mesos que no generem suficient energia per cobrir totalment la demanda són Gener, Desembre i Novembre per molt poc.



Gràfic 29. Comparativa demanda i energia generada instal·lació

## 8.8 Càlcul secció del cablejat ( solar i aerotèrmia )

Per càlcul de la secció del cablejat es fa servir la següent equació:

$$S = 2 * \frac{L * I}{Y * U}$$

Essent:

- 2: Constant ja que la instal·lació fotovoltaica esta composta de cablejat positiu i negatiu, per tant tot es multiplica per 2.
- L: Longitud del conductor ( el que mesura en metres, 1 sol conductor )
- I: Ampers que passaran per el conductor
- Y: Valor de la conductivitat, en aquest cas és el coure, per tant 56 m/Ωmm<sup>2</sup>
- U: Percentatge de caiguda de tensió admissible del voltatge del sistema ( Vn \* % )

La secció dependrà del tipus de conductor ( coure, alumini ), la longitud, el corrent que ha de suportar, i les caigudes de tensió pertinents.

Segons el plec de condicions tècniques del IDAE, les caigudes de tensió s'han de considerar en CA i en CC, en habitatges seran les següents:

- Caiguda de tensió en corrent alterna: 3%
- Caiguda de tensió en corrent continua: 1.5%

Amb el resultat que s'obté de cada tram segons l'equació anterior, buscarem la secció immediatament superior i comprovarem que les intensitats màximes admeses siguin correctes segons les taules del REBT, ITC-BT-19.

	mm <sup>2</sup>	Secció del conductor										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35	77	86	96	104	110	119	131	144	154	164	205
	50	94	103	117	125	133	145	159	175	188	200	250
	70	-	-	149	160	171	188	202	224	244	264	321
	95	-	-	180	194	207	230	245	271	296	391	-
120	-	-	208	225	240	267	284	314	348	455	-	
150	-	-	236	260	278	310	338	383	404	525	-	
185	-	-	268	297	317	354	386	415	464	601	-	
240	-	-	315	350	374	419	455	490	552	711	-	
300	-	-	360	404	423	484	524	565	640	821	-	

il·lustració 50: Normativa ITC-BT-19 secció conductors

Font: (Gonzalez 2020)



### Càlcul secció tram Panells solars fins regulador:

- L: 13m
- I: 5 files en paral·lel amb una intensitat de 9.87A cada una =49.35A
- Corrent continua: 3% → 48V del sistema \* 0.03 = 1.44V

$$S = 2 * \frac{L * I}{Y * U} \rightarrow S = 2 * \frac{13m * 49.35A}{56 * 1.44V} = \mathbf{15.91mm^2} \quad (62)$$

En aquest cas, com em augment número de panells i per tant distància, la secció mínima del cablejat per complir amb la caiguda de tensió màxima seria el resultat de la fórmula. Es busca la secció immediatament superior a la taula i es determina que la secció ha de ser de **16mm<sup>2</sup>**.

### 8.9 Selecció final de tecnologies

El muntatge final passa per combinar una instal·lació fotovoltaica que consta de:

- 40 panells solars de la marca LG, model LG360Q1C-A5, amb una potència de 360W cada panell.
- 4 reguladors de càrrega de la marca Must, model PC18-8015F, amb potència màxima d'entrada 5000W que treballaran en paral·lel.
- 2 inversors de la marca Voltronic, model Axpert MAX 7200-48-230, amb una potència d'entrada fins a 8000W i una potència de sortida fins a 12000W, també treballaran en paral·lel.

Aquesta instal·lació fotovoltaica abastirà tant la necessitat que ja tenia l'habitatge d'energia elèctrica anteriorment com la nova instal·lació aerotèrmica que s'instal·la per tal de cobrir la demanda de ACS, AC i calefacció.

Aquesta instal·lació aerotèrmica consta de:

- 1 unitat exterior de la marca Daikin, model EPRA18DV3 i una unitat interior de la mateixa marca model ETVX16S23D6V dimensionats per els 18kW de caldera necessaris.

Daikin ofereix en aquesta gamma la integració de tots els elements a dins de la unitat interior, només es suplementa la instal·lació amb una bomba de la marca Wilo per tal d'impulsar millor l'aigua amb una pressió de treball màxima de 10bar, un desenfangador de la marca Caleffi, sèrie 5453 per tal d'ajudar a l'eliminació total de sorra i llots, i per últim, un petit vas d'expansió de 18L per l'ACS.

- Com l'habitatge ja té una instal·lació de radiadors, s'han seleccionat com a elements intercanviadors els radiadors de baixa temperatura de la marca Olimpia Splendid, el model és el Bi2 SLR Air i dins aquest model s'han seleccionat diferents potències segons els m<sup>2</sup> de cada habitació. D'aquesta manera no és necessari invertir una gran quantitat de diners en fer un terra radiant nou i no es tindrà problema de condensació al terra quan es vulgui refrigerar a l'estiu.

La instal·lació estarà connectada a la xarxa elèctrica de distribució ja que no disposa de sistema d'emmagatzematge, actualment les bateries tenen un alt cost per el rendiment i durabilitat que ofereixen. Per tant, a la nit és necessari consumir de xarxa com a mínim per l'enllumenat i electrodomèstics, al tindre un dipòsit de 250L d'aigua que s'ha escalfat durant tot el dia, tenim un pulmó d'aigua calenta aprofitable. Amb aquesta quantitat hauria de ser suficient segons càlculs per subministrar aigua calenta de forma constant, com hem sobredimensionat la instal·lació de panells per tal d'amortitzar més ràpid, en un futur si interessa es pot mirar d'instal·lar un dipòsit d'inèrcia de 400 o 500L per tenir un pulmó d'aigua calenta més gran.

El fet d'estar connectat a la xarxa també permet abastir els pics de demanda que queden fora del disseny d'aquesta instal·lació al no instal·lar bateries, com es pot observar els mesos centrals de l'any la instal·lació va molt sobrada i al Gener i Desembre és quan realment serà necessari tibar de xarxa.

Aquesta metodologia ens permet també vendre l'energia sobrant en aquests mesos que tenim sobreproducció.

D'acord amb el RD 244/2019, del 5 d'Abril, que regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica, la instal·lació del projecte s'acull a la modalitat de l'apartat 2, concretament el subapartat ( a ). Aquesta fa referència a la modalitat de subministrament amb autoconsum amb excedents acompanyats a compensació.

Per poder acollir-se a aquest règim és necessari complir totes les condicions recollides en l'apartat 2, de l'Article 4 del RD 244/2019.

- I. La font d'energia primària ha de ser renovable. En el cas del projecte compleix perquè generada és solar combinada amb aerotèrmia.
- II. La potència total de les instal·lacions productores ha de ser inferior a 100kW
- III. El client disposa d'un únic contracte de subministrament per serveis auxiliars de producció amb una empresa comercialitzadora.
- IV. El productor i consumidor han subscrit un contracte de compensació d'excedents d'autoconsum definit en l'article 14 del RD 244/2019.
- V. La instal·lació no té atorgat un règim retributiu addicional específic.

Un cop comprovat que es compleixen les condicions s'ha fet un petit estudi de mercat per veure quins preus i tarifes tenen les companyies elèctriques que subministren a la zona.

Finalment es selecciona una tarifa especial que té la companyia Estabanell, la tarifa es diu ( Tarifa plan solar ) i esta feta expressament per els habitatges que instal·len panells solars.

Un cop aplicats impostos:

- Hores valle ( les que realment consumirem ): 0.119 €/kWh
- Hores punta: 0.239 €/kWh
- Preu al que compensa l'excedent: 0.05 €/kWh

Tarifa plan solar de Estabanell								
Companyia	Tarifa	Sense impostos		Impost electricitat ( 5,1126% )		IVA ( 21% ) Final		Preu que paga per excedent ( € / Kwh )
		Valle ( € /Kwh )	Punta ( € /Kwh )	Valle ( € /Kwh )	Punta ( € /Kwh )	Valle ( € /Kwh )	Punta ( € /Kwh )	
		De ( 17h a 9h hivern ) i ( 18h a 8h estiu )	De ( 9h a 17h hivern ) i ( 8h a 18h estiu )	De ( 17h a 9h hivern ) i ( 18h a 8h estiu )	De ( 9h a 17h hivern ) i ( 8h a 18h estiu )	De ( 17h a 9h hivern ) i ( 18h a 8h estiu )	De ( 9h a 17h hivern ) i ( 8h a 18h estiu )	
Estabanell	Plan solar	0,093	0,188	0,098	0,197	0,119	0,239	0,05

Taula 45. Tarifa plan solar Estabanell

## 9. ESTUDI ECONÒMIC

Agafant la tarifa de l'apartat anterior i fent un consum responsable obtenim un estalvi important a les hores on no produïm energia elèctrica, els consums importants com rentadores, assecadores, han de ser durant el dia per aprofitar al màxim la llum generada per els panells.

Inclús tenint en compte el que s'acaba d'esmentar, tenim Gener i Desembre que són deficitaris més una petita part del Novembre.

Fent una taula amb la comparativa de l'excedent i el consumit podem veure el següent:

Excedent VS Dèficit							
Mesos	Consum nocturn ( kWh / mes )	Consum dèficit/excedent total ( kWh / mes )	Diferencial dèficit/excedent diurn ( kWh / mes )	Consum factura companyia ( € / mes )	Compensat companyia ( € / mes )	Cost teòric companyia ( € / mes )	Cost real Companyia ( € / mes )
Gener	249,49	403,09	153,60	66,28	0,00	66,28	66,28
Febrer	231,97	-123,97	-355,94	27,52	17,80	9,72	9,72
Març	186,78	-793,52	-980,30	22,16	49,02	-26,86	0,00
Abril	206,32	-1084,83	-1291,15	24,48	64,56	-40,08	0,00
Maig	179,65	-1891,66	-2071,31	21,31	103,57	-82,25	0,00
Juny	179,19	-1826,84	-2006,03	21,26	100,30	-79,04	0,00
Juliol	164,17	-2025,62	-2189,79	19,48	109,49	-90,01	0,00
Agost	187,69	-1783,97	-1971,67	22,27	98,58	-76,32	0,00
Setembre	176,93	-1335,17	-1512,10	20,99	75,60	-54,62	0,00
Octubre	220,08	-740,04	-960,12	26,11	48,01	-21,90	0,00
Novembre	227,49	82,72	-144,78	26,99	0,00	26,99	26,99
Desembre	240,95	472,40	231,45	83,85	0,00	83,85	83,85
Totals:	2450,71	-10647,42	-13098,13			Cost real Anual:	186,840

Taula 46. Càlcul excedent vs dèficit ( kWh/mes ) i ( €/mes )

Gener, Novembre i Desembre:

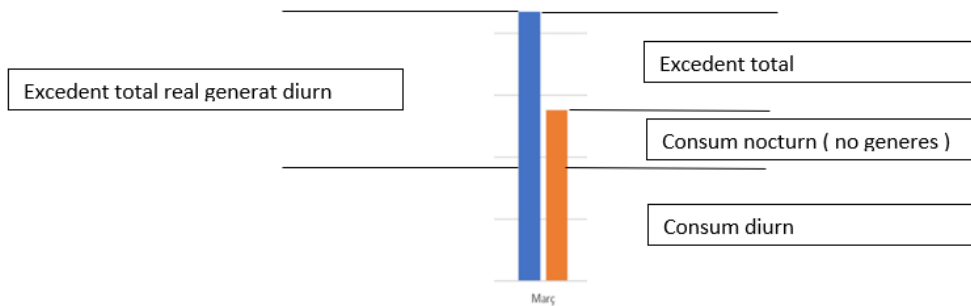
- Tenim un dèficit total ( nit i dia ) de 82.72 a 472 kWh depenent el mes, com tenim dades dels kWh que es consumeix habitualment a l'habitatge durant les hores nocturnes podem calcular aproximadament quin dèficit tindrem en hores diürnes on el preu del kWh es de 0.239 €/kWh.

Un cop tenim clar quants kWh tenim diürns i nocturns, multipliquem cada un amb el seu corresponents preu € / kWh i els sumem això ens dona el consum en € que nosaltres fem a la companyia.

Març, Abril, Maig, Juny, Juliol, Agost, Setembre, Octubre:

- Tenim un excedent d'energia en tots ells que engloba el consum total ( nit i dia ). Com en aquests mesos tenim tant excedent, durant el dia no tindrem mai un dèficit, podem considerar que tota l'energia que consumirem de companyia serà compensada a 0.05 € / kWh.

Per tant, es calcula els kWh d'energia que consumim nocturna a 0.119 €/kWh i es calcula tot l'excedent a 0.05 €/kWh que serà l'excedent que coneixem més el consum nocturn ( il·lustració. 51 ), es resta i això ens mostra el balanç final, en aquests mesos sempre surt negatiu, per tant la companyia ens hauria de retornar diners, com axó no ho fan es considera que quedem a 0€ aquell mes, almenys en el que a consum kWh es refereix ja que el terme de potència es fix.



*il·lustració 51. Exemple càlcul mesos amb excedents*

Febrer:

- En aquest cas, és un mes que tenim excedent però no tant com per compensar la totalitat. Al fer el balanç de l'energia generada i la compensada queda a pagar a la companyia, un preu mínim.

Un cop ho tenim tot calculat, es pot veure com surt un cost anual de 186.84 €/any, en aquest preu s'hi haurà de sumar l'increment anual del preu de la llum que és el 2% aproximadament i la quota fixa de potència contractada de la companyia.

## 9.1 Consum i cost instal·lació original

Com podem observar a la taula, tenint en compte:

- Consum kWh Anual
- Preu tarifa plana Estabanell: 0.202 €/kWh
- Increment electricitat anual del 2%
- Quota fixa per potència contractada 240.24 € / anuals
- Cost anual aproximat de 1800€ en calefacció

Es pot observar que en un període de 30 anys, el cost total ascendeix a 107994€.

Cost energètic sense autoconsum ( companyia i gasoil )				
Any	Consum kWh Anual	Cost €/any ( amb increment anual del 2% )	Suma despesa total ( € )	Cost anual en calefacció i ACS ( Gasoil ) ( € )
0	4905,262	1231,59	1231,59	1800
1	4905,262	1256,22	2487,81	1800
2	4905,262	1281,34	3769,15	1800
3	4905,262	1306,97	5076,12	1800
4	4905,262	1333,11	6409,23	1800
5	4905,262	1359,77	7769,01	1800
6	4905,262	1386,97	9155,98	1800
7	4905,262	1414,71	10570,68	1800
8	4905,262	1443,00	12013,69	1800
9	4905,262	1471,86	13485,55	1800
10	4905,262	1501,30	14986,85	1800
11	4905,262	1531,33	16518,17	1800
12	4905,262	1561,95	18080,12	1800
13	4905,262	1593,19	19673,31	1800
14	4905,262	1625,05	21298,37	1800
15	4905,262	1657,56	22955,93	1800
16	4905,262	1690,71	24646,63	1800
17	4905,262	1724,52	26371,15	1800
18	4905,262	1759,01	28130,16	1800
19	4905,262	1794,19	29924,36	1800
20	4905,262	1830,08	31754,43	1800
21	4905,262	1866,68	33621,11	1800
22	4905,262	1904,01	35525,12	1800
23	4905,262	1942,09	37467,21	1800
24	4905,262	1980,93	39448,14	1800
25	4905,262	2020,55	41468,69	1800
26	4905,262	2060,96	43529,65	1800
27	4905,262	2102,18	45631,84	1800
28	4905,262	2144,22	47776,06	1800
29	4905,262	2187,11	49963,17	1800
30	4905,262	2230,85	52194,02	1800
<b>Totals</b>		<b>52194,02</b>	<b>52194,02</b>	<b>55800</b>
<b>Total ( € ) ( llum, ACS, AC, calefacció ) a 30 anys :</b>			<b>107994,02</b>	

Taula 47. Consum i cost instal·lació original

## 9.2 Consum i cost instal·lació amb panells fotovoltaics i aerotèrmia

Com podem observar a la taula, tenint en compte:

- Consum kWh Anual ( Taula. 46 )
- Increment electricitat anual del 2%
- Quota fixa per potència contractada 240.24 € / anuals
- Eliminem el cost de calefacció ja que va integrat al consum elèctric.

Es pot observar que en un període de 30 anys, el cost total ascendeix a 18100€, una diferència notable en comparació al consum actual que ascendia a 107994€.

Cost energètic amb autoconsum ( panells solars i aerotèrmia )		
Balanç final Anual ( consum / excedent ) ( € / any )	Cost €/any ( amb increment anual del 2% )	Cost anual calefacció i ACS ( € )
186,84	427,08	0
186,84	435,62	0
186,84	444,33	0
186,84	453,22	0
186,84	462,28	0
186,84	471,53	0
186,84	480,96	0
186,84	490,58	0
186,84	500,39	0
186,84	510,40	0
186,84	520,61	0
186,84	531,02	0
186,84	541,64	0
186,84	552,47	0
186,84	563,52	0
186,84	574,79	0
186,84	586,29	0
186,84	598,01	0
186,84	609,98	0
186,84	622,17	0
186,84	634,62	0
186,84	647,31	0
186,84	660,26	0
186,84	673,46	0
186,84	686,93	0
186,84	700,67	0
186,84	714,68	0
186,84	728,98	0
186,84	743,56	0
186,84	758,43	0
186,84	773,60	0
5792,04	18099,41	0
	18099,41	

Taula 48. Consum i cost instal·lació fotovoltaica i aerotèrmia

### 9.3 Estalvi i amortització

Agafant de referència les dues taules anteriors dels apartats 9.2 i 9.3 obtenim la ( Taula. 49 ) d'estalvi i amortització.

La suma que cal amortitzar és el cost de tota la instal·lació ( fotovoltaica i aerotèrmia ) que ascendeix a 40768.86€ i l'hi sumem el cost d'electricitat total que tindrem durant els 30 anys, en l'aparat anterior ja s'ha restat el consum de la instal·lació sense energies renovables al consum que tindrem amb energies renovables, el total a pagar serà de 18100€.

La suma d'aquests dos valors ens resulta 58.868'27€. S'ha tingut en compte també que l'ajuntament de Sant Pere de Torelló, s'acull a l'article 5. *Beneficis fiscals de concessió potestativa o de quantia variable* del BOPB ( Butlletí Oficial de la Província de Barcelona ) aprovat el dia 7/10/2020, on s'esmenta que gaudiran d'una bonificació del 50% del IBI durant un període de 3 anys els immobles que instal·lin panells solars fotovoltaics per autoconsum.

Finalment, si restem l'estalvi anual als 58.868'27€ podem veure que pagarem el cost total de la inversió a l'any 19 posterior a fer la instal·lació, a partir de l'any 19 tot són beneficis.

Estalvi anual( € )	Suma estalvi anual ( € )	Amortització instal·lació	Any
		58868,27	
2604,51	2879,51	55988,77	0
2620,60	5775,11	53093,17	1
2637,01	8687,12	50181,16	2
2653,75	11340,87	47527,41	3
2670,83	14011,69	44856,58	4
2688,24	16699,94	42168,34	5
2706,01	19405,94	39462,33	6
2724,13	22130,07	36738,20	7
2742,61	24872,68	33995,59	8
2761,46	27634,14	31234,13	9
2780,69	30414,83	28453,44	10
2800,31	33215,14	25653,14	11
2820,31	36035,45	22832,82	12
2840,72	38876,17	19992,11	13
2861,53	41737,70	17130,57	14
2882,76	44620,46	14247,81	15
2904,42	47524,88	11343,39	16
2926,51	50451,39	8416,89	17
2949,04	53400,42	5467,85	18
2972,02	56372,44	2495,84	19
2995,46	59367,90	-499,62	20
3019,37	62387,26	-3518,99	21
3043,75	65431,02	-6562,74	22
3068,63	68499,64	-9631,37	23
3094,00	71593,65	-12725,37	24
3119,88	74713,53	-15845,25	25
3146,28	77859,81	-18991,53	26
3173,20	81033,01	-22164,74	27
3200,67	84233,68	-25365,41	28
3228,68	87462,36	-28594,09	29
3257,26	90719,62	-31851,34	30
89894,62	1409387,41		Totals

Taula 49. Estalvi i amortització ( 30 anys )

## 9.4 Estalvi i amortització ( mètode VAN )

La metodologia VAN ( Valor Actual Net ) es fa servir per calcular el rendiment d'una inversió, descriu el valor actual de la inversió a realitzar sobre els imports que es rebran en uns terminis concrets. La seva fórmula és la següent.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \quad ( 63 )$$

Essent:

- Ft: Estalvi anual ( segons l'any que mirem )
- I<sub>0</sub>: Cost total instal·lació – cost instal·lació actual
- n: Durabilitat relativa de la instal·lació ( 30 anys )
- k: Descompte interès o inversió ( 3% )
- t: Període instal·lació ( 1,2,3....28,29,30 anys ) ( segons l'any que mirem )

Si VAN > 0 → La inversió generarà beneficis

Si VAN = 0 → La inversió no generarà beneficis ni pèrdues

Si VAN < 0 → La inversió ha de ser rebutjada perquè generarà pèrdues.

En aquest cas, podem veure que la inversió és positiva, ens

Generarà uns beneficis al final dels anys.

Metodologia VAN	
t	Ft/(1+k) <sup>t</sup>
0	2604,51
1	2544,27
2	2485,64
3	2428,56
4	2372,99
5	2318,90
6	2266,24
7	2214,96
8	2165,04
9	2116,43
10	2069,10
11	2023,00
12	1978,11
13	1934,39
14	1891,81
15	1850,34
16	1809,94
17	1770,58
18	1732,25
19	1694,90
20	1658,51
21	1623,06
22	1588,51
23	1554,85
24	1522,04
25	1490,07
26	1458,91
27	1428,54
28	1398,94
29	1370,08
30	1341,95
<b>Suma</b>	<b>58707,42</b>
<b>VAN</b>	
<b>21745,79</b>	

Taula 50. Càlcul metodologia VAN



## 10. CONCLUSIONS

Les conclusions extretes d'aquest treballa de final de grau són vàries i molt valuoses.

El primer, i per mi el més important, he pogut estudiar, assolir i profunditzar ens molts aspectes de les energies renovables, això lluny de fer-me un expert m'ha donat unes nocions molt importants sobre cada energia renovable que m'han permès desenvolupar el treball, la veritat és que és un món més extens i amb més variables del que pensava en un inici però amb moltes opcions de cara el futur.

Com al principi del treball vaig esmentar, segueixo mantenint que les energies renovables son part del futur, també és veritat que veient els resultats finals del treball penso que perquè siguin realment rentables i perquè tothom i tingui accés encara ens queda avançar en el camí i millorar totes i cada una de les energies, ja sigui amb nous materials o amb nous dissenys.

He pogut veure, que les energies renovables són viables avui en dia, però tenen una amortització llarga si es vol dimensionar una instal·lació de forma correcta i completa.

Poder actualment el més viable es instal·lar panells solars per cobrir únicament electricitat de l'habitatge, una bona combinació podria ser la geotèrmia ja que el consum és únicament de la bomba, l'inconvenient de la geotèrmia és que en edificis ja construïts es fa més complicada la seva instal·lació, quan parlem de blocs de pisos encara s'agreuja més.

En general estic content amb el resultat final del projecte, és veritat que el retorn no és tan ràpid com esperava degut a que el cost de la instal·lació és alt, però precisament, això demostra la gran importància de ser professional i poder fer estudis matemàtics per tal de calcular si una instal·lació és rentable dur-la a terme o no.

## 11.PRESSUPOST

En aquest apartat s'exposa el pressupost econòmic per la elaboració de la instal·lació solar fotovoltaica i l'aerotèrmia.

Pressupost solar fotovoltaica					
Concepte	Descripció	Cost unitari ( € )	Unitats	Quantitat	Total partida ( € )
Panell fotovoltaic	LG360Q1C-A5	296	Unitat	40	11840
Regulador	Must PC18-8015F	205,26	Unitat	4	821,04
Inversor	Voltronic Apxert MAX	1072,78	Unitat	2	2145,56
Kit suportació i inclinació panells	Per 40 panells, inclinació de 30 a 50º	3500	Unitats	1	3500
Cablejat	Cable 16mm²	1,18	Metres	13	15,34
Hores operari	Hores oficial de primera	22	Hores	40	880
<b>Total</b>					<b>19201,94</b>
<b>Total IVA</b>					<b>23234,35</b>
Pressupost Aerotèrmia					
Concepte	Descripció	Cost unitari ( € )	Unitats	Quantitat	Total partida ( € )
Unitat exterior	Daikin EPRA18DV3	5857,85	Unitat	1	5857,85
Unitat interior ( kit + acumulador )	Daikin ETVX16S23D6V	5035,53	Unitat	1	5035,53
Radiador baixa temperatura	Olimpia Splendid Bi2 SLR Air 200TR Inverter	409,08	Unitat	2	818,16
Radiador baixa temperatura	Olimpia Splendid Bi2 SLR Air 400TR Inverter	438	Unitat	2	876
Radiador baixa temperatura	Olimpia Splendid Bi2 SLR Air 600TR Inverter	479,33	Unitat	1	479,33
Radiador baixa temperatura	Olimpia Splendid Bi2 SLR Air 1000TR Inverter	499,99	Unitat	2	999,98
Vas expansió 18L ACS	Connexió 3/4", pressió precarrega 3.5bar	53	Unitat	1	53
Separador de llots	Caleffi desen-fangador magnètic	140,49	Unitat	1	140,49
Bomba de circulació de rotor humit amb connexió roscada, motor EC i adaptació automàtica de potència	Wilos Yono Pico 25/1-8 1" 180mm	231	Unitat	1	231
Hores operari	Hores oficial de primera	22	Hores	20	440
<b>Total</b>					<b>14491,34</b>
<b>Total IVA</b>					<b>17534,52</b>
<b>TOTAL PRESSUPOST ( € )</b>					<b>40768,8688</b>

Taula 51. Pressupost general instal·lació fotovoltaica i aerotèrmia

## 12. BIBLIOGRAFIA

Acae., 2021. ACAE | Silos textiles GWTS y GWT-MAX | HARGASSNER. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: [https://www.acae.es/BD/-1X723/EM/EM9/HARGASSNER/EQCAEB\\_\\_HAR/EQCAEB\\_\\_HARA/EQCAEB\\_\\_HAR91/EQCAEB\\_\\_HAR912/silos-textiles-gwts-y-gwt-max.html](https://www.acae.es/BD/-1X723/EM/EM9/HARGASSNER/EQCAEB__HAR/EQCAEB__HARA/EQCAEB__HAR91/EQCAEB__HAR912/silos-textiles-gwts-y-gwt-max.html).

Asea-Brown-Boveri, S.A., 2011. *Cuaderno de Aplicaciones Técnicas nº 10. Plantas fotovoltaicas* [en línia]. Barcelona: Disponible a: [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/e703d99268365a43c125791f002ce826/\\$file/1TXA007109G0701\\_CT10.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/e703d99268365a43c125791f002ce826/$file/1TXA007109G0701_CT10.pdf).

Blanch, J.J.D.F., 2017. Introducción a la energía geotérmica. A: . Vol. 2017.

Daikin., 2021. Tarifa Daikin. A: [en línia]. Disponible a: [http://idaikin.es/catalogos/tarifa-abril-2017/mobile/tarifa\\_general\\_2017.pdf](http://idaikin.es/catalogos/tarifa-abril-2017/mobile/tarifa_general_2017.pdf).

EcoPellets., 2021. Calculadora potencia caldera biomasa | EcoPellets. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.ecopellets.es/calculadora-potencia-caldera-biomasa>.

Efusión, B., 2021. TANQUE HIGIENICO CON SERPENTIN DE ACERO INOX. 500 LITROS. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://biomasalamanca.es/depositos-higienico/458-tanque-higienico-con-serpentin-de-acero-inox-500-litros.html>.

Escoda, S., 2021. Salvador Escoda. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.salvadorescoda.com/>.

Europe-SolarStore., 2015. LG Neon R LG360Q1C-A5 solar panel. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.europe-solarstore.com/lg-neon-r-lg360q1c-a5.html>.

Fuerte, M.H., 2019. ¿Cómo funciona la aerotermia? Un sistema eficiente y que ahorra energía - caloryfrio.com. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/aerotermia/como-funciona-la-aerotermia-sistema-eficiente-ahorra-energia.html>.

Gonzalez, B.B., 2020. INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS PRESCRIPCIONES GENERALES. A: *Reglamento electrotécnico para baja tensión ( 6ª ED )*. Barcelona: p. 688.

Google., 2021. Carrer Font de Riu d'Aura - Google Maps. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.google.es/maps/place/Carrer+Font+de+Riu+d'Aura,+08572,+Barcelona/@42.0729623,2.2998843,16.5z/data=!4m5!3m4!1s0x12a5300a83b8ac8f:0x3185bba6882925f9!8m2!3d42.072575!4d2.3036531>.

Hernández, P.J., 2014. RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA – ARQUITECTURA EFICIENTE. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>.

Ibérica, H., 2021. Calderas de Pellets | Hargassner. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021].

Disponible a: [https://www.hargassner.es/categoria-producto/calderas/calderas-pellets/?filter\\_combustible=pellet&filter\\_superficie-a-calefactar=350-metros](https://www.hargassner.es/categoria-producto/calderas/calderas-pellets/?filter_combustible=pellet&filter_superficie-a-calefactar=350-metros).

IDAE, M. de I. y T., 2020. Guía Técnica de Energía Solar. A: . Vol. v1.0.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía., 2009a. *Guía técnica Instalaciones de biomasa térmica en edificios*. Madrid: ISBN 9788496680463.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía., 2009b. Sección HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. A: *Documento Básico de HE Ahorro de Energía* [en línea]. p. 1-17. Disponible a: [https://www.coit.es/system/files/link\\_group/he\\_5\\_contribucion\\_fotovoltaica\\_minima\\_de\\_energia\\_electrica\\_77f479a7.pdf](https://www.coit.es/system/files/link_group/he_5_contribucion_fotovoltaica_minima_de_energia_electrica_77f479a7.pdf).

Lillo, I., 2006. Energía solar: Pérdidas de radiación por inclinación, orientación y sombras. A: .

Llopis Trillo, G. i Rodrigo Angulo, V., 2008. Guía de la Energía Geotérmica. A: *Universidad Politécnica de Madrid* [en línea]. p. 178. Disponible a: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>.

Ministerio de Fomento., 2009. Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. A: [en línea]. p. 1-29. Disponible a: <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/B83B66E3-0BA0-4270-BEF5-84A07A4C77F8/95714/14.pdf>.

Opex-energy., 2004. Parques eolicos, operacion y mantenimiento. A: [en línea]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: [http://opex-energy.com/eolica/tipos\\_aerogeneradores.html](http://opex-energy.com/eolica/tipos_aerogeneradores.html).

REBACAS., 2021. inversor autoconsumo sofar solar 7500w ktlm G2 | el inversor monofásico mas potente. A: [en línea]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.rebacas.com/inversores-de-red-para-autoconsumo/1205-inversor-sofar-solar-7500w-ktlm-g2.html>.

Red Eléctrica de España, S.A., 2021. Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2018 | Red Eléctrica de España. A: [en línea]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-de-energias-renovables/informe-2018>.

Slidetodoc., 2020. Ud 1 Mdulos fotovoltaicos indice del libro Ud. A: [en línea]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://slidetodoc.com/ud-1-mdulos-fotovoltaicos-ndice-del-libro-ud/>.

Solà, J.C., 2019. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EERR 2 2012.pdf. A: . Manresa:

Solutions, A.E., 2021a. Inversor Solar 7200W 48V Voltronic Axpert MAX | al Mejor Precio. A: [en línea]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: [https://autosolar.es/inversores-hibridos/inversor-solar-7200w-48v-voltronic-axpert-max?gclid=CjwKCAjwjuqDBhAGEiwAdX2cj4VVGRA175Lo9ixYQ3GwLiGHoYMHlHAYr7ISG3vH6qOh6Z0cEMtsxxoC\\_-4QAvD\\_BwE](https://autosolar.es/inversores-hibridos/inversor-solar-7200w-48v-voltronic-axpert-max?gclid=CjwKCAjwjuqDBhAGEiwAdX2cj4VVGRA175Lo9ixYQ3GwLiGHoYMHlHAYr7ISG3vH6qOh6Z0cEMtsxxoC_-4QAvD_BwE).

Solutions, A.E., 2021b. Regulador 12V / 24V / 48V 80A MPPT Must Solar | al Mejor

- Precio. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a:  
<https://autosolar.es/reguladores-de-carga-mppt/regulador-12v-24v-48v-80a-mppt-must-solar>.
- Splendid, O., 2018. Cuaderno técnico de selección terminales de instalación. A: .
- Splendid, O., 2019. Bi2 Air SLR Air inverter. A: . p. 52-55.
- Torroja, I. de C. de la C.E., 2013. Programas, CHEQ4. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.codigotecnico.org/Programas/Aplicaciones.html>.
- Wikimedia Commons contributors., 2020. Wikimedia Commons. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a:  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9671814>.
- Wikipedia, colaboradores de., 2021. Célula fotoeléctrica - Wikipedia, la enciclopedia libre. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Célula\\_fotoeléctrica#Principio\\_de\\_funcionamiento](https://es.wikipedia.org/wiki/Célula_fotoeléctrica#Principio_de_funcionamiento).
- Acae., 2021. ACAE | Silos textiles GWTS y GWT-MAX | HARGASSNER. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: [https://www.acae.es/BD/-1X723/EM/EM9/HARGASSNER/EQCAEB\\_\\_HAR/EQCAEB\\_\\_HARA/EQCAEB\\_\\_HAR91/EQCAEB\\_\\_HAR912/silos-textiles-gwts-y-gwt-max.html](https://www.acae.es/BD/-1X723/EM/EM9/HARGASSNER/EQCAEB__HAR/EQCAEB__HARA/EQCAEB__HAR91/EQCAEB__HAR912/silos-textiles-gwts-y-gwt-max.html).
- Asea-Brown-Boveri, S.A., 2011. *Cuaderno de Aplicaciones Técnicas nº 10. Plantas fotovoltaicas* [en línia]. Barcelona: Disponible a:  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/e703d99268365a43c125791f002ce826/\\$file/1TXA007109G0701\\_CT10.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/e703d99268365a43c125791f002ce826/$file/1TXA007109G0701_CT10.pdf).
- Blanch, J.J.D.F., 2017. Introducción a la energía geotérmica. A: . Vol. 2017.
- Daikin., 2021. Tarifa Daikin. A: [en línia]. Disponible a:  
[http://idaikin.es/catalogos/tarifa-abril-2017/mobile/tarifa\\_general\\_2017.pdf](http://idaikin.es/catalogos/tarifa-abril-2017/mobile/tarifa_general_2017.pdf).
- EcoPellets., 2021. Calculadora potencia caldera biomasa | EcoPellets. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.ecopellets.es/calculadora-potencia-caldera-biomasa>.
- Efusion, B., 2021. TANQUE HYGIENICO CON SERPENTIN DE ACERO INOX. 500 LITROS. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://biomasalamanca.es/depositos-hygienico/458-tanque-hygienico-con-serpentin-de-acero-inox-500-litros.html>.
- Escoda, S., 2021. Salvador Escoda. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a:  
<https://www.salvadorescoda.com/>.
- Europe-SolarStore., 2015. LG Neon R LG360Q1C-A5 solar panel. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.europe-solarstore.com/lg-neon-r-lg360q1c-a5.html>.
- Fuerte, M.H., 2019. ¿Cómo funciona la aerotermia? Un sistema eficiente y que ahorra energía - caloryfrio.com. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a:  
<https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/aerotermia/como-funciona-la-aerotermia-sistema-eficiente-ahorra-energia.html>.

Gonzalez, B.B., 2020. INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS PRESCRIPCIONES GENERALES. A: *Reglamento electrotécnico para baja tensión ( 6ª ED )*. Barcelona: p. 688.

Google., 2021. Carrer Font de Riu d’Aura - Google Maps. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a:  
<https://www.google.es/maps/place/Carrer+Font+de+Riu+d’Aura,+08572,+Barcelona/@42.0729623,2.2998843,16.5z/data=!4m5!3m4!1s0x12a5300a83b8ac8f:0x3185bba6882925f9!8m2!3d42.072575!4d2.3036531>.

Hernández, P.J., 2014. RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA – ARQUITECTURA EFICIENTE. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a:  
<https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>.

Ibérica, H., 2021. Calderas de Pellets | Hargassner. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: [https://www.hargassner.es/categoria-producto/calderas/calderas-pellets/?filter\\_combustible=pellet&filter\\_superficie-a-calefactar=350-metros](https://www.hargassner.es/categoria-producto/calderas/calderas-pellets/?filter_combustible=pellet&filter_superficie-a-calefactar=350-metros).

IDAE, M. de I. y T., 2020. Guía Técnica de Energía Solar. A: . Vol. v1.0.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía., 2009a. *Guía técnica Instalaciones de biomasa térmica en edificios*. Madrid: ISBN 9788496680463.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía., 2009b. Sección HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. A: *Documento Básico de HE Ahorro de Energía* [en línia]. p. 1-17. Disponible a:  
[https://www.coit.es/system/files/link\\_group/he\\_5\\_contribucion\\_fotovoltaica\\_minima\\_de\\_energia\\_electrica\\_77f479a7.pdf](https://www.coit.es/system/files/link_group/he_5_contribucion_fotovoltaica_minima_de_energia_electrica_77f479a7.pdf).

Lillo, I., 2006. Energía solar: Pérdidas de radiación por inclinación, orientación y sombras. A: .

Llopis Trillo, G. i Rodrigo Angulo, V., 2008. Guía de la Energía Geotérmica. A: *Universidad Politécnica de Madrid* [en línia]. p. 178. Disponible a:  
<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>.

Ministerio de Fomento., 2009. Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. A: [en línia]. p. 1-29. Disponible a:  
<http://www.fomento.gob.es/NR/ronlyres/B83B66E3-0BA0-4270-BEF5-84A07A4C77F8/95714/14.pdf>.

Opex-energy., 2004. Parques eolicos, operacion y mantenimiento. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: [http://opex-energy.com/eolica/tipos\\_aerogeneradores.html](http://opex-energy.com/eolica/tipos_aerogeneradores.html).

REBACAS., 2021. inversor autconsumo sofar solar 7500w ktlm G2 | el inversor monofásico mas potente. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a:  
<https://www.rebacas.com/inversores-de-red-para-autoconsumo/1205-inversor-sofar-solar-7500w-ktlm-g2.html>.

Red Eléctrica de España, S.A., 2021. Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2018 | Red Eléctrica de España. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-de-energias->

renovables/informe-2018.

Slidetodoc., 2020. Ud 1 Mdulos fotovoltaicos indice del libro Ud. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://slidetodoc.com/ud-1-mdulos-fotovoltaicos-ndice-del-libro-ud/>.

Solà, J.C., 2019. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EERR 2 2012.pdf. A: . Manresa:

Solutions, A.E., 2021a. Inversor Solar 7200W 48V Voltronic Axpert MAX | al Mejor Precio. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: [https://autosolar.es/inversores-hibridos/inversor-solar-7200w-48v-voltronic-axpert-max?gclid=CjwKCAjwjuqDBhAGEiwAdX2cj4VVGRA175Lo9ixYQ3GwLiGHoYMHihAYr7ISG3vH6qOh6Z0cEMtsxxoC\\_-4QAvD\\_BwE](https://autosolar.es/inversores-hibridos/inversor-solar-7200w-48v-voltronic-axpert-max?gclid=CjwKCAjwjuqDBhAGEiwAdX2cj4VVGRA175Lo9ixYQ3GwLiGHoYMHihAYr7ISG3vH6qOh6Z0cEMtsxxoC_-4QAvD_BwE).

Solutions, A.E., 2021b. Regulador 12V / 24V / 48V 80A MPPT Must Solar | al Mejor Precio. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://autosolar.es/reguladores-de-carga-mppt/regulador-12v-24v-48v-80a-mppt-must-solar>.

Splendid, O., 2018. Cuaderno técnico de selección terminales de instalación. A: .

Splendid, O., 2019. Bi2 Air SLR Air inverter. A: . p. 52-55.

Torroja, I. de C. de la C.E., 2013. Programas, CHEQ4. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://www.codigotecnico.org/Programas/Aplicaciones.html>.

Wikimedia Commons contributors., 2020. Wikimedia Commons. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9671814>.

Wikipedia, colaboradores de., 2021. Célula fotoeléctrica - Wikipedia, la enciclopedia libre. A: [en línia]. [Consulta: 7 juny 2021]. Disponible a: [https://es.wikipedia.org/wiki/Célula\\_fotoeléctrica#Principio\\_de\\_funcionamiento](https://es.wikipedia.org/wiki/Célula_fotoeléctrica#Principio_de_funcionamiento).