



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Elèctrica**

**IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA  
ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS  
D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**



**Volum I**

**Memòria**

**Autor:** Aleix Valmaña Accensi  
**Director:** Robert Piqué López  
**Convocatòria:** Addicional, Setembre 2.021



---

### Llicència Creative Commons.



Aquesta obra està sota una llicència 4.0 Espanya de Creative Commons del tipus **Reconeixement - No comercial - Sense obres derivades 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Per a veure una còpia d'aquesta llicència visiti <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es> **ES**.

**Vostè és lliure de copiar i redistribuir el material en qualsevol mitjà o format sota les condicions següents:**

- **Reconeixement.** Ha de reconèixer adequadament l'autoria, proporcionar un enllaç a la llicència i indicar si s'han realitzat canvis. Pot fer-ho de qualsevol manera raonable, però no d'una manera que suggereixi que té el suport del llicenciador o el rep per l'ús que fa.
- **No comercial.** No pot utilitzar el material per a una finalitat comercial.
- **Sense obres derivades.** Si remescla, transforma o crea a partir del material, no pot difondre el material modificat.



## Resum

El present projecte indaga en el disseny d'un sistema intel·ligent en un habitatge unifamiliar que regula els fluxos d'energia elèctrica, amb la possibilitat d'instal·lar un sistema de generació fotovoltaic.

Primer, explicarà la situació actual en el consum energètic general i del sector residencial, i mostrarà totes les possibles alternatives per a millorar l'eficiència energètica en un habitatge unifamiliar. També farà una ullada de la normativa de l'autoconsum d'energia solar que afecti al sector unifamiliar i descriurà el concepte de les microxarxes.

Seguidament, establirà un algoritme de gestió d'energia basat en la ISO 50001. Seguint les directrius d'aquesta normativa, desenvoluparà una microxarxa híbrida, que pugui incorporar l'ús de l'energia solar fotovoltaica i faci ús d'estratègies per a millorar l'eficiència energètica de l'habitatge.

A continuació, presentarà la situació de l'habitatge unifamiliar objecte d'estudi i els possibles canvis. D'aquests possibles canvis, farà un estudi econòmic i energètic per seleccionar la millor opció i analitzar-ne els resultats.

Finalment, realitzarà una comparativa de l'efecte en el medi ambient de la situació actual i la opció escollida.



## Resumen

El presente proyecto indagará en el diseño de un sistema inteligente en una vivienda unifamiliar que regule los flujos de energía eléctrica, con la posibilidad de instalar un sistema de generación fotovoltaica.

Primero, explicará la situación actual en el consumo energético general y del sector residencial, y mostrará todas las posibles alternativas para mejorar la eficiencia energética en una vivienda unifamiliar. También echará un vistazo de la normativa del autoconsumo de energía solar que afecte al sector unifamiliar i se describirá el concepto de microred.

Seguidamente, establecerá un algoritmo de gestión de energía basado en la ISO 50001. Siguiendo las directrices de esta normativa, desarrollará una microred híbrida, que pueda incorporar el uso de energía solar fotovoltaica y haga uso de estrategias para mejorar la eficiencia de la vivienda.

A continuación, presentará la situación actual de la vivienda unifamiliar objeto de estudio y los posibles cambios. De estos posibles cambios, elaborará un estudio económico y energética para seleccionar la mejor opción y analizar los resultados.

Por último, realizará una comparativa del efecto en el medio ambiente de la situación actual y la opción elegida.

## Abstract

The following project will investigate the design of an intelligent system in a single-family home that regulates the flow of electricity, with the possibility of installing a photovoltaic generation system.

First, it will explain the current situation from the general energy consumption and from the residential sector, and it will show all the possible alternatives for improving the energy efficiency in a single-family home. It will also draft the regulation of self-consumption of solar energy that affect the single-family sector and it will be described the concept of microgrids.

Next, it will establish an energy management algorithm based on the ISO 50001. Following the guidelines of this regulation, a hybrid microgrid will develop, which can incorporate the use of photovoltaic solar energy and make use of strategies to improve the energy efficiency of the house.

The following part will present the situation of the single-family house under study and will also present the possible changes. From that possible changes, it will elaborate an economic study and an energy analysis in order to select the best option and analyse its results.

Finally, it will make a comparison of the effect on the environment from the current situation in front of the selected option.

## **Agraïments**

Voldria agrair, en primer lloc, al meu tutor Robert per la seva paciència i temps dedicat, així com els seus suggeriments per millorar el treball.

També vull agrair als meus pares la confiança depositada en mi i per haver-me donat una segona oportunitat per a estudiar a la universitat.

Finalment, vull agrair als col·legues de la colla els moments de distracció, així com a diverses persones de la universitat.



## Glossari

El glossari es divideix en tres parts. La primera engloba totes aquelles paraules claus acompanyades d'una breu definició. La segona recull tots els acrònims acompanyats de les paraules a les quals fan referència. La última recopila els acrònims de les unitats emprades així com la unitat a la qual fan referència.

### Definicions

**Algoritme:** conjunt finit d'instruccions o passos que serveixen per a executar una tasca o resoldre un problema.

**Aïllant:** material que presenta una oposició al pas del corrent elèctric, a la calor, al so, etc.

**Autoconsum:** producció d'energia la qual pretén ser consumida per l'individu o l'entitat productora.

**Autonomia energètica:** capacitat d'un sistema energètic de satisfer les seues necessitats energètiques sense dependre d'agents exteriors.

**Balanç net (*net metering*):** estratègia energètica la qual consisteix en aportar l'excedent d'energia d'un sistema d'autoconsum a la xarxa de distribució per a obtenir una posterior compensació econòmica en el l'energia consumida de la xarxa.

**Capacitat elèctrica:** la quantitat de corrent que es capaç de donar o rebre una bateria durant un període de temps.

**Càrrega energètica:** punt de consum energètic en un sistema energètic.

**Circuit:** en termes generals, és una interconnexió de diversos components. Aquests components poden tenir la funció de font, receptor, conductor o regulador. A més, el terme circuit també serveix per al transport d'energia, gasos, líquids, etc.

**Combustible:** font emprada per a la producció d'energia mitjançant el procés de combustió.

**Condicions operatives de funcionament estàndard (*Standard Test Condition*):** condicions òptimes per al funcionament d'un aparell qualsevol.

**Consum energètic:** gastar energia o un producte energètic amb la finalitat de cobrir una necessitat o servei.

**Desplaçament de càrregues (*load shifting*):** estratègia energètica que busca desplaçar en el temps l'ús d'energia de càrregues en moments d'ús d'energia més baix o menor cost econòmic. Es complementa amb l'estratègia de la prioritització de càrregues.

**Eficiència energètica:** consum energètic inferior al valor mig de consum que realitza una activitat.

**Estat de càrrega (*state of charge*):** valor percentual que indica l'energia restant en una bateria.

**Flux d'energia:** moviment d'una quantitat d'energia entre dos punts diferents en un sistema energètic.

**Instal·lació:** infraestructura destinada a un ús concret (aigua, gas, calefacció, etc).

**Intensitat de corrent elèctric:** flux o moviment de càrregues elèctriques a través d'un medi en funció del temps.

**Microxarxa (*microgrid*):** xarxa local que genera energia elèctrica, la qual es repartida mitjançant un sistema intel·ligent entre els consumidors d'aquesta xarxa

**Període de retorn de la inversió:** temps en que es triga a recuperar els diners invertits en una inversió.

**Potència:** valor d'energia lliurada o absorbida en una quantitat de temps.

**Preu del temps d'ús (*time-of-use pricing*):** estratègia energètica orientada al consum d'energia en moments en que aquesta sigui més barata.

**Priorització de càrregues (*load prioritization*):** estratègia energètica orientada a reduir l'ús de determinades càrregues energètiques, l'ús simultani d'aquestes i al desplaçament de l'ús d'energia. Es complementa amb l'estratègia del desplaçament de càrregues.

**Punt de màxima potència (*maximum power point*):** condicions de potència màxima que pot entregar o rebre un aparell.

**Retall de pics (*peak shaving*):** estratègia energètica que consisteix en limitar el màxim valor d'energia extreta en un instant determinat de la xarxa de distribució.

**Taxa interna de retorn:** valor que defineix la rendibilitat al final d'una inversió en forma de taxa anual.

**Valor actual net:** criteri d'inversió en el qual es defineixen uns valors d'inversió final, un flux de caixa i una taxa d'interès per estimar un valor de guany o pèrdua en una inversió.

**Voltatge:** diferència en el potencial entre dos punts diferents d'un medi.

## Acrònims

<b>ACS</b>	Aigua Calenta Sanitària
<b>ANFAPA</b>	Associació Nacional de Fabricants de Morter i SATE ( <i>Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero y Sate</i> )
<b>BAT</b>	Bateria
<b>CBC</b>	Càrrega de Baix Consum
<b>CC</b>	Curtcircuit ( <b>SC</b> ; <i>Shortcut</i> )
<b>CCC</b>	Càrrega de Consum Constant
<b>CED</b>	Càrrega Elèctricament Desplaçable
<b>CEM</b>	Condicions Estàndards de Mesura ( <b>STC</b> ; <i>Standard Test Condition</i> )
<b>CGBT</b>	Caixa General de Baixa Tensió ( <i>Cuadro General de Baja Tensión</i> )
<b>CMNUCC</b>	Convenció del Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic
<b>CN</b>	Càrrega de Necessitat
<b>CO</b>	Circuit Obert ( <b>OC</b> ; <i>Open Circuit</i> )
<b>CO<sub>2</sub></b>	Diòxid de carboni
<b>CTE</b>	Codi Tècnic de l'Edificació
<b>CV</b>	Càrrega Volàtil
<b>DOD</b>	Profunditat de càrrega ( <i>Depth Of Charge</i> )
<b>ETAG</b>	Grup d'Avaluació Tecnològica Europeu ( <i>European Technology Assessment Group</i> )
<b>FV</b>	Fotovoltaica
<b>ICAEN</b>	Institut Català d'Energia
<b>ICP</b>	Interrupctor de Control de Potència
<b>IDAE</b>	Institut per a la Diversificació i l'Estalvi energètic ( <i>Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético</i> )
<b>IDEn</b>	Indicador de Desenvolupament Energètic
<b>IGA</b>	Interrupctor General Automàtic
<b>ISO</b>	Organització Internacional per a l'Estandarització ( <i>International Organization for Standardization</i> )
<b>ITC</b>	Instruccions Tècniques Complementàries
<b>MGMS</b>	Sistema d'administració de la microxarxa ( <i>MicroGrid Management System</i> )
<b>MPP</b>	Punt de potència màxima ( <i>Maximum Power Point</i> )
<b>MPPT</b>	Punt de potència màxima en un tracker ( <i>Maximum Power Point per Tracker</i> )
<b>NTE</b>	Normativa Tècnica de l'Edificació
<b>PFCA</b>	Planejar-Fer-Comprovar-Actuar ( <b>PDCA</b> ; <i>Plan-Do-Check-Act</i> )
<b>PIB</b>	Producte Interior Brut
<b>PLC</b>	Controlador Logic Programable ( <i>Programable Logic Controller</i> )
<b>PRI</b>	Període de Retorn de la Inversió
<b>RD</b>	Reial Decret
<b>REBT</b>	Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió
<b>REE</b>	Red Elèctrica Espanyola
<b>SDR</b>	Rati d'autodescàrrega ( <i>Self-Discharge Rate</i> )
<b>SGEn</b>	Sistema de Gestió d'Energia ( <b>EMS</b> ; <i>Energy Management System</i> )
<b>SOC</b>	Estat de la Càrrega ( <i>State Of Charge</i> )
<b>TFT</b>	Transistor de pel·lícula fina ( <i>Thin-Film Transistor</i> )
<b>TIR</b>	Taxa Interna de Retorn
<b>UE</b>	Unió Europea
<b>VAN</b>	Valor Actual Net

## Unitats

<b>A</b>	Amper: unitat d'intensitat del corrent elèctric
<b>A·h</b>	Amper per hora: unitat de capacitat elèctrica
<b>€</b>	Euro: unitat monetària
<b>€/mes</b>	Euro per unitat de mes: unitat de consum monetària
<b>€/kWh</b>	Euro entre kilowatt per hora: unitat de preu energètic
<b>g CO<sub>2</sub>/kWh</b>	Grams de diòxid de carboni entre kilowatt per hora: unitat de producció de CO <sub>2</sub>
<b>h, min</b>	Hora, minut: unitat de temps
<b>Hz</b>	Hertz: unitat de freqüència
<b>kW, W</b>	Kilowatt, Watt: unitat de potència
<b>kWh</b>	Kilowatt per hora: unitat d'energia
<b>kWh/mes</b>	Kilowatt per hora en un mes: unitat de consum energètic durant una unitat de temps
<b>m, cm</b>	Metre, centímetre: unitat de longitud
<b>m<sup>2</sup></b>	Metre quadrat: unitat de superfície
<b>m<sup>2</sup>·K/W</b>	Metre quadrat per grau Kelvin entre watt: unitat de resistivitat tèrmica
<b>m<sup>3</sup></b>	Metre cúbic: unitat de volum
<b>Ω</b>	Ohm: unitat de resistència elèctrica
<b>V</b>	Volt: unitat de tensió elèctrica
<b>W/m<sup>2</sup></b>	Watt entre metre quadrat: unitat d'irradiància
<b>W/m<sup>2</sup>·K</b>	Watt entre metre quadrat i grau Kelvin: unitat de conductivitat tèrmica
<b>°C</b>	Grau centígrad: unitat de temperatura





# Volum I: Memòria

## Índex Memòria

<b>RESUM</b>	<b>_____</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>_____ I</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>_____ II</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>_____ III</b>
<b>GLOSSARI</b>	<b>_____ IV</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>_____ 13</b>
1.1. Origen del treball .....	13
1.2. Motivació .....	14
1.3. Requeriments previs.....	17
1.4. Objectius del treball.....	17
1.5. Abast del treball.....	18
<b>2. PRESENT ENERGÈTIC D'UN HABITATGE UNIFAMILIAR</b>	<b>_____ 19</b>
2.1. Situació global i nacional de l'energia elèctrica .....	19
2.2. El sector residencial espanyol .....	22
2.2.1. Consum energètic.....	22
2.2.2. Edifici residencial .....	25
2.2.3. Estructura residencial .....	26
2.2.4. Instal·lacions.....	31
2.3. Normativa .....	40
2.3.1. Normativa de l'eficiència energètica europea .....	40
2.3.2. Normativa de l'autoconsum a l'estat espanyol.....	42
2.3.3. Acord de París .....	45
2.3.4. Nova legislació de les elèctriques espanyoles.....	47
2.4. Introducció a la microxarxa.....	47
<b>3. ENGINYERIA CONCEPTUAL</b>	<b>_____ 52</b>
3.1. La normativa ISO 50001 .....	52
3.2. Algorisme de la ISO 50001: el cicle de millora contínua .....	53
3.2.1. Política energètica .....	53

3.2.2.	Planificació energètica.....	54
3.2.3.	Implementació i operació.....	58
3.2.4.	Verificació.....	58
3.2.5.	Revisió .....	59
3.2.6.	Diagrama de l'algorithm de la ISO 50001 .....	60
3.3.	Disseny de la microxarxa híbrida .....	61
3.4.	Disseny de la instal·lació solar fotovoltaica.....	62
3.4.1.	Geometria solar .....	63
3.4.2.	Plaques solars fotovoltaiques .....	66
3.4.3.	Ubicació de les plaques solars i pèrdues per la projecció d'ombres.....	67
3.4.4.	Comprovació pel mètode del cte.....	68
3.4.5.	Ondulador híbrid.....	70
3.4.6.	Camp fotovoltaic.....	71
3.4.7.	Sistema d'emmagatzemament d'energia .....	72
3.4.8.	Sistema de distribució .....	75
3.4.9.	Sistema de protecció .....	79
3.4.10.	Sistema de mesura .....	81
3.5.	EMS de la microxarxa híbrida.....	82
3.5.1.	Taules d'interconnexions i taules de fluxos de potència.....	83
3.5.2.	Modelització per diagrama d'estats .....	86
3.5.3.	Hardware del EMS .....	92
3.5.4.	Software del EMS.....	93
3.5.5.	Algoritme del sistema d'emmagatzematge .....	98
3.6.	Auditoria energètica .....	101
3.6.1.	La instal·lació tèrmica .....	101
3.6.2.	L'Efecte <i>Stand by</i> en un habitatge unifamiliar .....	103
3.6.3.	Estratègies energètiques.....	103
<b>4.</b>	<b>ENGINYERIA DE L'APLICACIÓ</b> .....	<b>107</b>
4.1.	Ubicació de l'habitatge unifamiliar .....	107
4.2.	Característiques estructurals .....	107
4.3.	Consum energètic de l'objecte d'estudi.....	113
4.3.1.	Dades del monitor d'energia.....	113
4.3.2.	Dades de l'empresa distribuïdora.....	116
4.3.3.	Principals càrregues energètiques de l'habitatge .....	119
4.3.4.	Consum elèctric diari de cada mes de l'habitatge .....	125
4.4.	La instal·lació solar fotovoltaica.....	126

4.4.1.	Geometria solar de la ubicació.....	126
4.4.2.	Selecció de les plaques solars fotovoltaïques .....	130
4.4.3.	Ubicació i inclinació de les plaques a partir de l'estudi d'ombres .....	132
4.4.4.	Selecció de l'ondulador híbrid.....	137
4.4.5.	Comprovació per mètode CTE .....	139
4.4.6.	Dimensionament del camp fotovoltaic .....	143
4.4.7.	Selecció del sistema d'emmagatzematge d'energia.....	144
4.4.8.	Selecció del sistema de distribució .....	148
4.4.9.	Selecció del sistema de protecció .....	150
4.4.10.	Generació de la instal·lació solar fotovoltaica.....	153
4.5.	Auditoria energètica .....	155
4.5.1.	Renovació de la instal·lació tèrmica .....	155
4.5.2.	Introducció del <i>Stand by killer</i> .....	159
4.5.3.	Aplicació d'estratègies energètiques.....	163
4.6.	Implementació i verificació .....	165
4.6.1.	Simulació del sistema .....	165
4.6.2.	Inversió de les possibles opcions .....	166
4.6.3.	Selecció de les possibles opcions .....	168
4.6.4.	Resultats de la simulació: instal·lació solar amb aerotèrmia .....	170
4.6.5.	Comparativa amb temps real.....	174
4.6.6.	Efectes de la selecció .....	176
<b>5.</b>	<b>ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL</b> .....	<b>179</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>181</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>184</b>



## 1. Prefaci

Ja fa uns anys que arreu del món hi ha una conscienciació cada cop més gran pel mediambient. Diverses nacions ja comencen a apostar per les fàbriques d'energies renovables per reduir les emissions d'efecte hivernacle, però aquest canvi a la llarga no serà suficient. Any rere any l'energia consumida per habità augmenta, provocant que la producció d'energies renovables que un país pugui ajudar a aportar no sigui suficient. A més, la majoria de pèrdues de l'energia produïda actualment radiquen en el transport, provocant que l'energia necessària per abastir un edifici sigui major de la que aquest realment necessiti consumir.

Cada estat té uns límits i, un món ideal en que un país pugui subsistir a base d'energies renovables només amb l'ajuda del govern és impossible. Per això l'ajuda de tots els ciutadans d'un estat. prendre consciència de les limitacions de les dues part (govern i ciutadà) i començar a comprometre's en el canvi energètic fent tot el possible.

A més, no existeix un món ideal en que un sistema no tingui pèrdues, però si que existeix la disminució de pèrdues d'un sistema amb canvis. Un dels camins són les microxarxes, també conegudes com a *microgrids*.

La implementació de les microxarxes busca la millora de l'eficiència energètica d'un edifici, compensant la major quantitat d'energia consumida a partir de fonts renovables produïdes en aquest (per exemple plaques solars en el teulada d'una casa), i reduint la càrrega de fàbriques de combustibles fòssils (baixant l'emissió de gasos d'efecte hivernacle) i les pèrdues produïdes durant el transport d'energia en la xarxa elèctrica. A més, ajudarien a disminuir la factura de la llum.

### 1.1. Origen del treball

L'estudi de les diverses assignatures cursades en el Grau d'Enginyeria Elèctrica manifesten la importància de millorar els hàbits energètics actuals mitjançant la implantació de nous mètodes tecnològics. Dintre dels nous mètodes tecnològics els que més criden l'atenció personal són la implementació d'un sistema d'autoconsum mitjançant energies renovables i el control energètic d'aquestes mitjançant la programació de PLCs.

La idea de l'autoconsum ve motivada per l'assignatura de Centrals Elèctriques i Energies Renovables, també coneguda com a Centrals 2. Aquesta assignatura serveix per comprendre els fonaments de la implementació d'un sistema d'autoconsum mitjançant l'energia provinent del Sol. El treball final d'aquesta

assignatura tractava l'autoconsum d'una nau industrial amb un consum elevat perjudicat per la normativa de l'estat a causa de l'elevada producció, i l'intent d'aquesta normativa d'afavorir l'autoconsum en punts de baix consum.

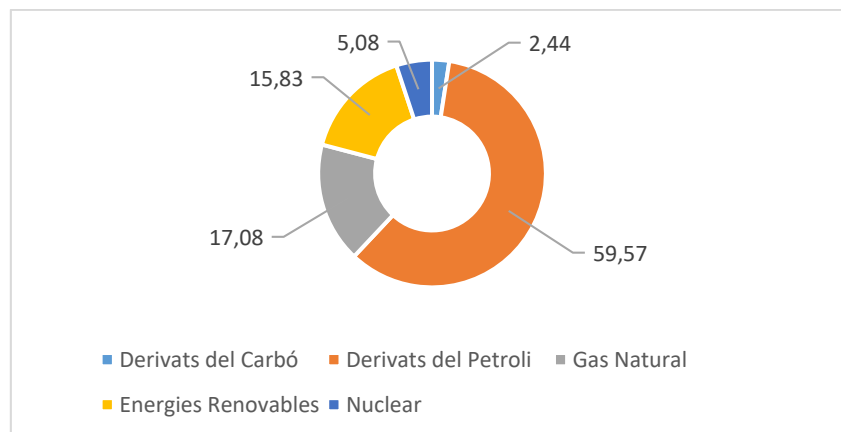
Pel que respecta a la programació de *PLCs*, l'optativa d'Automatització i Comunicacions Industrials ajuda a apreciar la millora que implica la implementació d'un programa en qualsevol sistema. La programació torna més precís el treball d'un sistema, suposant una millora en l'eficiència energètica i en la comoditat de l'individu.

La combinació d'aquests dos mètodes donen lloc a aquest treball. Els edificis més bàsics, als que fa referència al consum, són els residencials. Dintre d'aquests, els habitatges unifamiliars són els edificis amb un consum energètic més elevat dintre d'aquesta categoria, però no sobrepassen per normativa el consum energètic màxim per a beneficiar-se dels canvis produïts en el sector de l'autoconsum. A més, la via de la programació per a millorar l'eficiència energètica del sistema d'autoconsum és la més indicada. Aquesta dona lloc al disseny d'una microxarxa intel·ligent per a un habitatge unifamiliar mitjançant l'ús d'una font renovable (dintre de les quals destaca la solar fotovoltaica).

## 1.2. Motivació

La situació ambiental es troba en un punt d'irreversibilitat i sorgeix la necessitat de desaccelerar el canvi climàtic provoca l'augment de la temperatura, el desglaçament dels pols i les sèquies accentuades.

El punt més important per endarrerir aquest canvi és la disminució en l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, que provenen, en la seua majoria, de cremar combustibles fòssils per obtenir energia. A Espanya, l'any 2.019 la majoria del consum energètic final provenia de fonts de combustible fòssils, tal i com mostra la Figura 1.1. Les dades d'aquesta provenen del *Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético* (IDAE), adients per observar la procedència de l'energia elèctrica i l'origen de l'energia total consumida.



**Figura 1.1.** Gràfica de les tendències de consum d'energia a Espanya l'any 2019 (Font: Dades IDAE [36] i REE [59])

El recurs guanyador és el petroli, un combustible fòssil usat majoritàriament en vehicles de transport i agrícoles. Al ritme actual, la dependència d'aquesta font no renovable no només provocarà una gran emissió de gasos d'efecte hivernacle, també provocarà una disminució d'aquest material (preveient la seva extinció per al següent segle).

Tenint en compte que als altres països del món el pilar energètic també és el petroli, existeix la necessitat de trobar noves fonts d'energia per no patir una crisi energètica i econòmica. Per aquest motiu existeix la tendència de promocionar l'ús de l'energia elèctrica.

El motiu d'aquesta promoció és l'alt rendiment que en suposa l'ús, així com la possibilitat de producció a partir de fonts renovables que no necessiten la crema de cap combustible. Això implica que aquesta energia renovable no tingui cost de producció ni relació amb l'emissió de gasos d'efecte hivernacle. Un altre punt important de l'energia provinent de fonts renovables és el no tenir cap cost alhora de començar a produir energia (les fàbriques de combustibles fòssils necessiten de cert temps per arribar al seu punt de funcionament implicant unes pèrdues econòmiques en l'engegada).

A més, l'ús d'energia mitjançant fonts no renovables repercuteix indirectament en l'economia. La majoria de països no disposen de fonts naturals de recursos no renovables, provocant la importació d'aquestes i el pagament d'aranzels que augmenten encara més les despeses.

Pel que respecta a Europa, el 30 de maig de 2018 els organismes de la Unió Europea publicaren la Directiva (UE) 2018/844 del Parlament Europeu i del Consell que modifica les Directives 2010/31/UE, relativa a l'eficiència energètica dels edificis, i 2012/27/UE, relativa a l'eficiència energètica.

Per arribar a uns certs objectius, s'ha dut a terme una revisió de les legislacions esmentades anteriorment i, a més, ve reforçada pel marc de finançament, amb inclusió dels Fons Estructurals i d'Inversió Europeus i els Fons Europeus per a Inversions Estratègiques.

La Directiva 2.010/31/UE exigia a la Comissió una revisió dels progressos realitzats durant l'aplicació d'aquesta com a màxim per a l'1 de gener de 2.017, posant en manifest amb els resultats obtinguts, la necessitat d'introduir les modificacions proposades en la nova Directiva 2.018/844/UE per a reforçar l'anterior.

Aquesta nova Directiva la Unió Europea cerca establir un sistema energètic sostenible, segur, competitiu i descarbonitzat proposant uns compromisos fins el 2.030 per disminuir l'emissió de gasos d'efecte hivernacle en un 40% en comparació a la del 1.990, augmentar la proporció d'energia renovable consumida i aconseguir un estalvi energètic d'acord amb les ambicions a escala de la Unió.

Per arribar a aquests objectius, els Estats membres i els inversors necessiten mesures destinades a arribar a l'objectiu de llarg termini d'emissió de gasos d'efecte hivernacle i a descarbonitzar el parc immobiliari, responsable aproximadament del 36% de les emissions. D'aquí sorgeix la necessitat d'una visió clara per arribar a uns objectius proposat a curt termini (2.030), a mig termini (2.040) i a llarg termini (2.050). Els plantejats per al 2.030 són:

- Com a mínim reduir un 40% de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.
- Com a mínim un 32% de quota d'energies renovables.
- Com a mínim un 32,5% de millora de l'eficiència energètica.

Per a complir de manera rentable les exigències de la Unió en matèria d'eficiència energètica és clau realitzar la renovació de la taxa mitja anual del 3%, tenint en compte que cada 1% d'augment d'estalvi energètic redueix en un 2,6% les emissions de CO<sub>2</sub>.

Per aquests motius, per complir amb l'acord de París i les exigències de la Unió Europea, l'estat espanyol a partir de l'any 2.040 deixarà de matricular vehicles emissors de diòxid de carboni i planteja que el 42% de l'energia total generada l'any 2.030 en el país sigui renovable.

A més, la nova Directiva indaga en la infraestructura dels edificis per tenir el menor nombre de pèrdues energètiques i per a millorar la salut dels ocupants, en la instal·lació de nous sistemes que permetin la regulació de la temperatura de l'espai interior i en el desenvolupament de les infraestructures necessàries per la recàrrega dels vehicles elèctrics (un element de transport molt important en la utilització d'energies renovables i la disminució de gasos).

Un altre punt molt important parlant de consum d'energia és l'eficiència energètica. Aquest concepte pretén reduir el consum d'energia per a realitzar una activitat, intentant que l'origen principal d'aquesta energia provingui d'una font renovable. Aquest mecanisme pretén compensar el impacte d'una demanda



energètica en augment per assolir un model energètic sostenible en el futur i complir amb els objectius ambientals de l'acord de París. Cal afegir el canvi produït en les legislacions de diversos països per afavorir l'autoconsum a partir d'energies renovables i produir una millora de l'eficiència energètica en habitatges.

### 1.3. Requeriments previs

Per a dur a terme aquest treball es necessiten fer dos passos inicials.

El primer és l'obtenció de dades i informació. És molt important saber tant els perfils de consum del lloc on implementar el sistema com les costums d'aquest. A més, és important conèixer el consum energètic residencial per fer-se una idea general de l'energia a tractar i quina normativa recau en el sector de l'autoconsum.

El segon és l'adaptació d'aquesta informació. És d'importància fer-se una idea global a partir d'aquesta informació del camí a emprendre: com adaptar una microxarxa intel·ligent en un habitatge unifamiliar, com dissenyar un sistema de gestió d'energia adaptat a les necessitats d'aquesta, com adaptar la normativa d'autoconsum en aquesta tipologia d'edifici, etc.

### 1.4. Objectius del treball

Aquest projecte persegueix tres objectius principals clarament diferenciats.

El primer és la implementació de la ISO 50001 per formar un sistema que millori de forma contínua el consum i l'ús d'energia d'habitatges unifamiliars. Aquesta norma pretén tenir un control de l'energia, i facilitar una eina per a l'elaboració d'estratègies que ajudin a aquest control amb la finalitat de millorar-ne l'eficiència energètica a partir d'un sistema de gestió d'energia.

El segon objectiu és el desenvolupament d'una microxarxa híbrida intel·ligent per aportar energia mitjançant diferents fonts, al mateix temps que ajuda a complementar la implementació de la ISO 50001. El que pretén aquesta microxarxa és que la font principal de producció d'energia sigui fotovoltaica. A més, aquesta microxarxa haurà d'incorporar una opció al sistema de gestió d'energia que faci tot el possible per allargar la vida útil de les bateries fins la vida útil de la instal·lació solar fotovoltaica.

L'últim objectiu és conscienciar sobre l'ús de l'energia i de l'impacte que provoca tant en l'aspecte econòmic com en l'ambiental, així com de la necessitat de canviar el sistema energètic actual per millorar els aspectes anteriorment anomenats.

## **1.5. Abast del treball**

L'abast del projecte pretén desenvolupar la norma ISO 50001 per a adaptar-la a un habitatge unifamiliar real aconseguint una millora continua en la gestió energètica ajudant en diferents aspectes (energètic, econòmic i mediambiental) tenint en compte la normativa actual.

També plantejarà possibles millores a implementar a partir de les dades recopilades de l'habitatge (estructura, disseny, consum, etc), així com la possibilitat d'instal·lar un sistema d'energia fotovoltaica i la gestió produïda mitjançant l'energia obtinguda d'aquest sistema. A més, també inclourà el càlcul del sistema fotovoltaic, de la instal·lació tèrmica (si s'escau) i de l'estudi de viabilitat econòmica.

## 2. Present energètic d'un habitatge unifamiliar

Actualment, l'energia és un recurs emprat en la majoria de les activitats diàries i, a més, és una de les principals despeses anuals. Com a conseqüència, cada cop més és la gent que pren consciència de la procedència d'aquesta energia i de l'impacte ambiental que implica el consum d'energia, així com de la necessitat de gestionar aquesta energia i de la recerca de fonts d'energia més netes.

La Unió Europea ja ha començat a implementar mesures per reduir les emissions de diòxid de carboni per complir amb els objectius de l'acord de París de la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (CMNUCC).

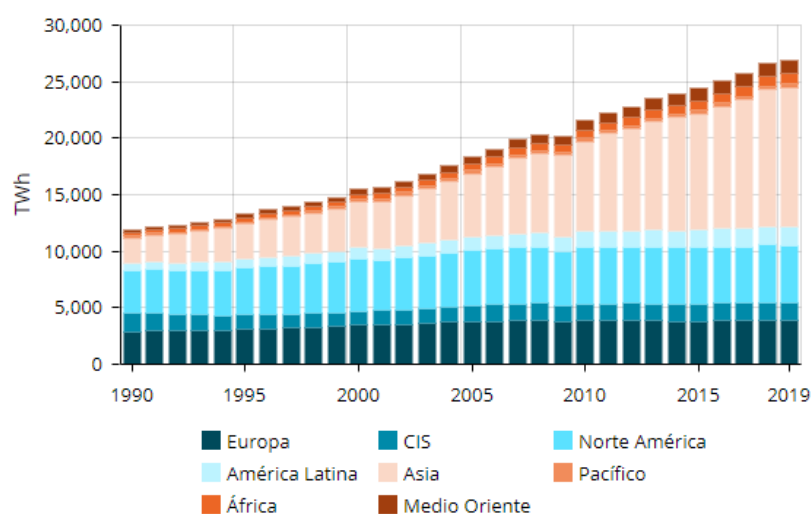
A més, l'estat espanyol ha modificat el reglament per facilitar la instal·lació d'equipament de producció d'energia elèctrica provinent de fonts renovables en habitatges de baix consum, per promoure l'autoconsum a partir de fonts renovables així com la gestió de l'energia dels consumidors.

Pel que respecta a la gestió de l'energia, és important parlar de la Norma ISO 50001. Aquesta és una versió millorada de la ISO 14001, relacionada amb el medi ambient, i de la ISO 9001, relacionada en el control de qualitat. Aquesta norma vol implementar un Sistema de Gestió d'Energia (SGEn) adoptant mesures que millorin de forma continuada l'eficiència energètica d'un edifici.

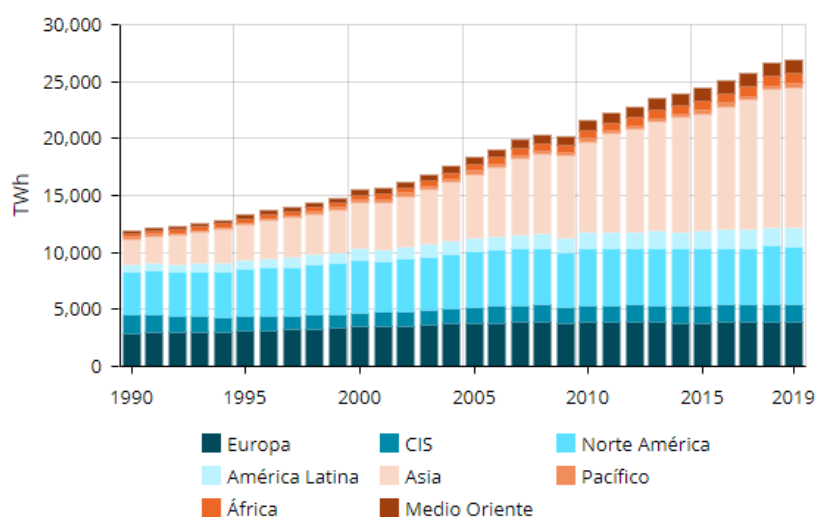
A més, aquesta eficiència energètica reduirà l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, millorarà el consum i l'ús d'energia, reduirà el consum d'energia provinent de fonts no renovables i augmentarà l'ús d'energia provinent de fonts d'energia renovables, conceptes relacionats amb els propòsits de la Unió Europea. A més, la implementació d'aquesta norma també produirà uns beneficis econòmics.

### 2.1. Situació global i nacional de l'energia elèctrica

Degut a situacions climàtiques favorables i una desacceleració del creixement econòmic del 2019, el consum i demanda mundial d'electricitat tingué un ritme de creixement més baix respecte als anteriors períodes.



**Figura 2.1.** Gràfica de la producció mundial d'energia elèctrica l'any 2.019 (Font: enerdata [24])



**Figura 2.2.** Gràfica del consum mundial d'energia elèctrica l'any 2.019 (Font: enerdata [24])

A més, l'augment de la inversió en energies renovables efectuada en l'any 2.019 tenen com a finalitat a complir amb els objectius climàtics de l'acord de París. La generació mundial d'energia derivada del carbó va passar de representar un 39,5% a un 36%, en contraposició a un augment del 12% en l'eòlica i a un 24% en la solar. Tot i aquest bon indicatiu, la generació d'energia a partir de gas i de fàbriques nuclears també van augmentar.

Durant l'any 2.019, la Xina, país que representa més d'una quarta part del mercat elèctric mundial, augmentà un 4,7% la seva producció i demanda respecte al 10% anual, comportament observat des de l'any 2.000, apreciat en la gràfica de la Figura 2.3. A més, la baixada en la demanda de països com els Estats

Units provocà que la inversió en la producció d'energies derivades en gas i renovables augmentés i, per contrapart, disminuïes el consum de carbó.

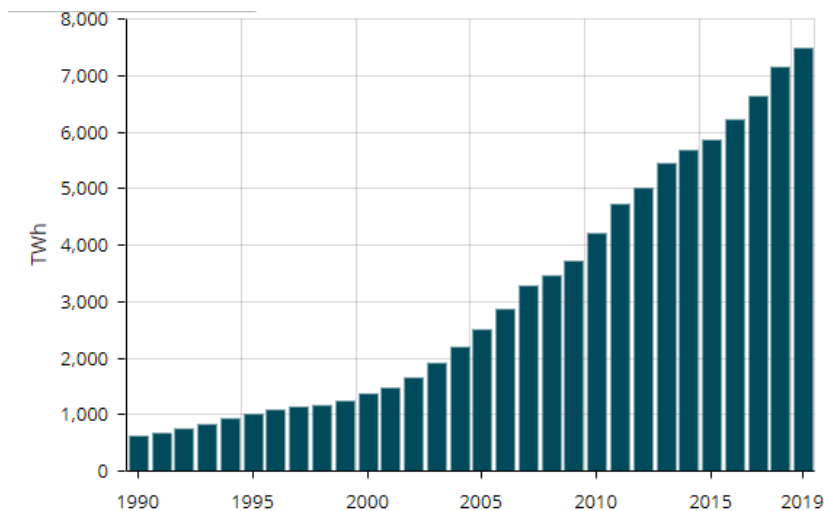


Figura 2.3. Gràfica de la producció d'energia elèctrica l'any 2.019 a la China (Font: enerdata [24])

L'energia elèctrica produïda a partir de fonts renovables representà el 27% mundial. Aquesta tendència a l'alça de la producció d'energia a partir de fonts renovables prové del descens continuat del cost en les tecnologies solars i eòliques i de la implantació de polítiques per promocionar l'autoconsum i controlar el canvi climàtic arreu del món.

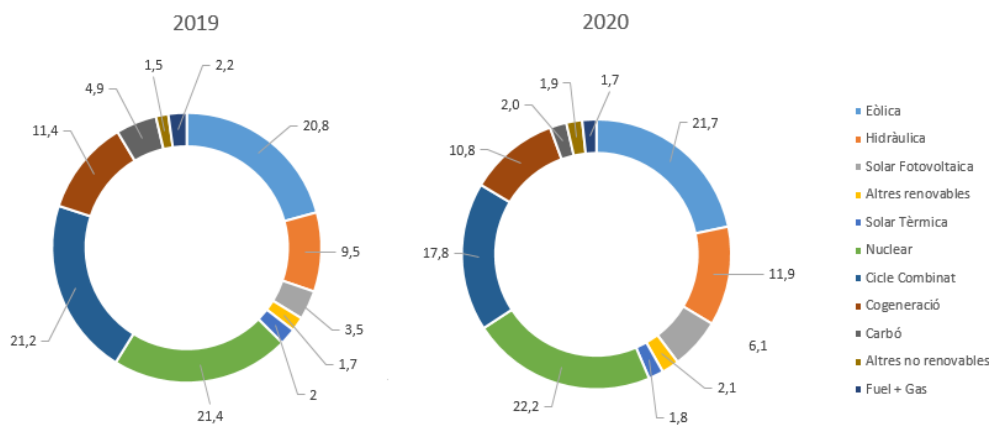


Figura 2.4. Gràfica de la procedència de l'energia elèctrica l'any 2.019 i l'any 2.020 (Font: Dades REE [59])

A l'estat espanyol, l'any 2.020 l'energia elèctrica consumida fou de 250,4 GWh, d'on un 43,6% provenia de fonts renovables (un 6% superior a l'any 2.019) representant una gran millora respecte l'any anterior. Segons la Red Elèctrica Espanyola, la producció d'energia elèctrica provinent de generació solar

fotovoltaica durant l'any 2.020 fou d'un 6,1% i suposà un increment del 2,6% respecte l'any anterior, el qual provocà que fou l'energia renovable que més s'incrementà durant aquell any. A més, tal i com mostra la Figura 1.5, la producció eòlica representa més d'una cinquena part de l'energia elèctrica (un 21,7%) gràcies a la posició geogràfica del país.

Tot i aquestes millores que indiquen una gran inversió en energies renovables, en el top 3 de les principals fonts de generació d'energia elèctrica encara estan els derivats del petroli (representant un 28,6%) i l'energia nuclear (representat un 22,2%).

Això indica una necessitat encara més gran d'inversió en energies renovables i la confecció de vies que facin encara més atractiva la idea de l'autoconsum. És per aquests motius que el Govern del país ibèric planteja invertir en energies renovables per aconseguir que el 74% de la producció d'energia elèctrica l'any 2.030 sigui renovable i que l'any 2.050 representi un 100%. Degut a aquest efecte, hi ha la previsió que hi hagi una disminució de la dependència energètica que permetrà reduir les importacions de combustibles fòssils per un valor de 75.379 milions d'euros durant la dècada 2.021-2.030. A més, segons té estimat el Govern, les inversions en el marc de l'energia auguren un increment del Producte Interior Brut (PIB) entre 19.300 i 25.100 milions d'euros durant aquesta dècada, suposant un increment del 1,8% del PIB per a l'any 2.030.

## 2.2. El sector residencial espanyol

Abans de començar a indagar en el disseny de la microxarxa i el dimensionament de la planta solar fotovoltaica, és necessari tenir un mínim d'informació de les dades residencials nacionals de consum i dels possibles elements configuren un habitatge espanyol.

### 2.2.1. Consum energètic

La utilització d'energia provinent de fonts d'energia renovables i el bon ús d'aquesta, accions destinades a l'estalvi i a l'augment de l'eficiència energètica, són mesures que s'estan duent a terme cada cop més, incrementant la implementació de polítiques energètiques durant els darrers anys.

La eficiència energètica en els edificis a Espanya ha evolucionat gràcies al seguit de mesures cada cop més intenses amb la finalitat de complir amb els objectius de la Directiva Europea d'Eficiència Energètica. Segons un estudi fet pel *Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE)* l'any 2.011, a

Espanya existeixen aproximadament 17,2 milions de residències les quals representen un 17% del consum final d'energia i un 25% del consum total d'electricitat.

Segons aquest article del IDAE, el consum mitjà d'una residència espanyola és de 0,852 tep (el que representa 9.908,6 kWh) i el consum elèctric d'aquest total és de 3.487 kWh. En consum energètic, l'electricitat és el recurs més consumit en una residència espanyola, representant el 35,1%, seguit del gas natural, amb un valor del 24,9%, els derivats del petroli, amb un valor del 22,1%, i finalitzant amb les energies renovables, representant un 17,7% del consum energètic residencial. El consum de carbó és del 0,1%, pel que no es necessari tenir-lo en compte en el consum energètic residencial.

Pel que mostra la figura, l'element que més consum representa, amb diferència, a les llars és la calefacció amb un 47%. Els electrodomèstics representen un 19,4% del consum, essent la nevera la que resalta. Destacar també que el 2,3% del consum el tenen aparells en *Stand by* (Figura 2.5).

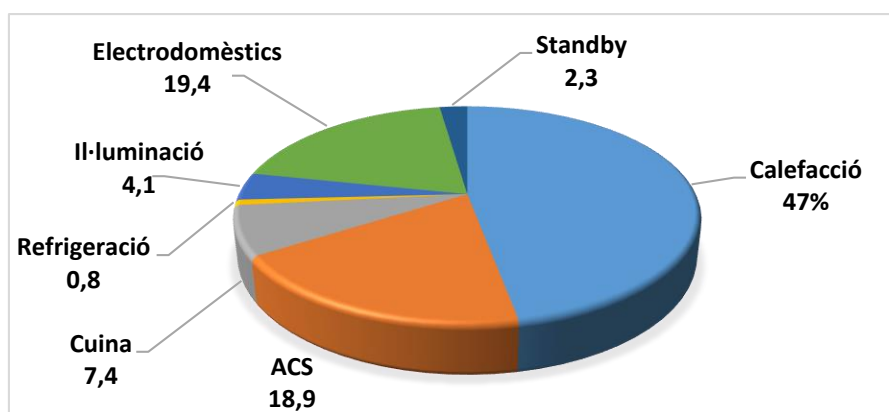
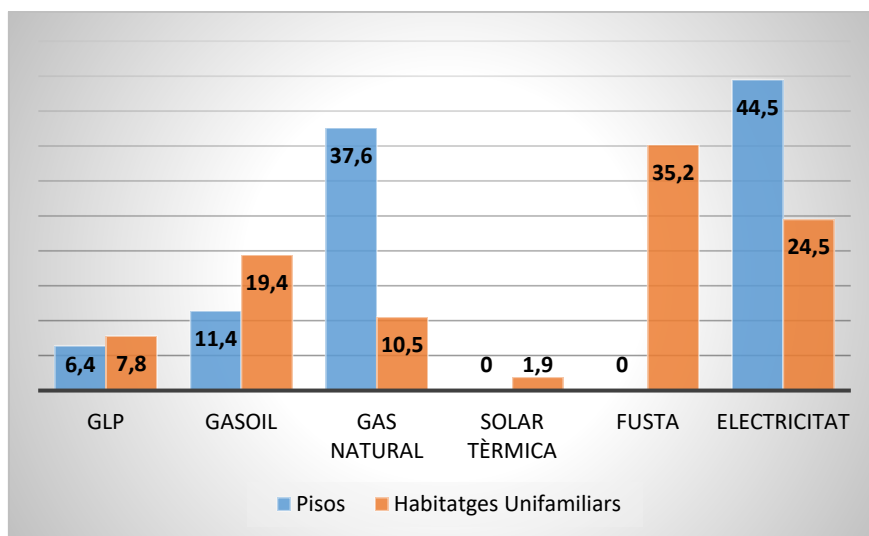


Figura 2.5. Elements del consum energètic del sector residencial (Font: IDAE [35])

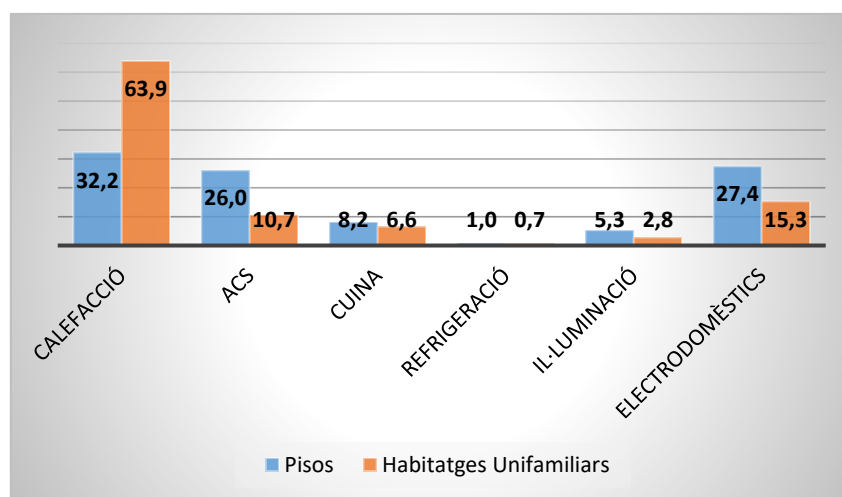
Hi ha tres tipus de zones: la zona Atlàntica, la zona Continental i la zona Mediterrània. Depenent de la zona on estigui l'edifici el consum energètic varia. A la zona Continental, degut a les baixes temperatures a l'hivern creix l'ús de gasoil i gas natural en els sistemes tèrmics, provocant que en destaquí el consum d'aquestes dos fonts. A la zona mediterrània destaca el consum d'electricitat degut a les temperatures mes suaus durant l'any, les quals influeixen en les neveres i frigorífics. Pel que respecta a la zona Atlàntica, com l'Oceà Atlàntic actua en certa mesura com el Mar Mediterrani el consum elèctric és el que més destaca, però no té tanta incidència com en el cas de la zona Mediterrània.

A més, existeixen dos tipus d'habitatge: l'habitatge unifamiliar i el pis. Depenent del tipus d'habitatge, les fonts d'energia varien molt un respecte l'altre. En un pis predomina el consum de gas natural i d'electricitat, mentre que en un habitatge unifamiliar domina el consum elèctric i el consum de fusta (Figura 2.6).



**Figura 2.6.** Consum de fonts d'energia depenent l'edifici residencial (Font: IDAE [35])

Tot i que els pisos representen un 70% dels edificis residencials, el consum energètic total dels habitatges unifamiliars quasi iguala el dels pisos. El consum d'un habitatge unifamiliar arriba a 15.513 kWh, el que suposa el doble del consum que en un pis mitjà, que és, aproximadament, de 7.544 kWh. Això ve donat per la diferència de metres quadrats entre un pis i un habitatge unifamiliar, fent que el consum de la calefacció en un unifamiliar representi quasi un 64% del consum total d'energia (Figura 2.7).



**Figura 2.7.** Consum energètic depenent l'edifici residencial (Font: IDAE [35])



## 2.2.2. Edifici residencial

La mitjana d'edat d'un habitatge a Espanya és d'aproximadament 45 anys, segons un estudi fet per *l'Idealista* sobre l'envelliment de la residència en les capitals de províncies espanyoles. A més, Barcelona és la ciutat amb els habitatges més vells, amb una mitja aproximada de 69 anys del parc de venda i 72 anys de lloguer.

Això reflexa una necessitat de renovació del parc immobiliari espanyol, ja que viure en molts d'aquests habitatges implica un alt cost monetari a causa de reformes, derrames i de la pèssima eficiència energètica.

Tenint això amb compte i amb la necessitat de complir amb la normativa europea, alhora de construir o reformar un habitatge residencial haurà de tenir en consideració la legislació següent:

1. El **Codi Tècnic d'Edificació (CTE)**, aprovat per Reial Decret 314/2.006 és el marc normatiu que estableix les exigències bàsiques de qualitat que han de complir els edificis i les seves instal·lacions. En la modificació més recent del Document Bàsic (DB-HE) s'han modificat les anteriors Exigències Bàsiques per complir amb la Directiva Europea 2.018/844. Aquestes noves exigències són: Limitació del Consum Energètic (HE0), Condicions pel Control de la Demanda Energètica (HE1), Condicions de les Instal·lacions Tèrmiques (HE2), Condicions de les Instal·lacions d'Il·luminació (HE3) Contribució Mínima d'Energia Renovable per a Cobrir la Demanda d'Aigua Calent Sanitària (HE4) i Generació Mínima d'Energia Elèctrica (HE5).
2. El Reial Decret 919/2.006, que estableix el **Reglament per a les Instal·lacions de Distribució i Utilització de Combustibles Gasosos** així com les instruccions tècniques complementàries tant en residències com en la indústria.
3. El **Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT)**, que estableix el marc normatiu per a les instal·lacions de baixa tensió. L'actual, aprovat en el Reial Decret 842/2.008, estableix les condicions tècniques i garanties que han de complir les instal·lacions elèctriques amb una tensió de corrent altern igual o inferior a 1.000 V i de corrent continu igual o inferior a 1.500 V.
4. El **Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques** (Reial Decret 1027/2.007), modificat pel Reial Decret 238/2.013. Modifica un seguit d'articles i instruccions tècniques per la necessitat de transposar la Directiva 2.010/31/UE del Parlament Europeu i del Consell relativa a l'eficiència dels edificis, l'ordenament jurídic espanyol i l'exigència establerta en la disposició final segona del Reial Decret 1.027/2.007 d'efectuar una revisió periòdica en intervals no superiors a cinc anys de la exigència d'eficiència energètica.

5. Respecte a la **Certificació de l'Eficiència Energètica en Edificis**, hi han alguns canvis. El nou Reial Decret 564/2.017 del 2 de juny modifica al Reial Decret 235/2.013 del 5 d'abril. Aquest introdueix nous canvis respecte la modificació de la disposició relativa als edificis de consum d'energia quasi nul·la (requisits mínims a satisfer en el CTE).

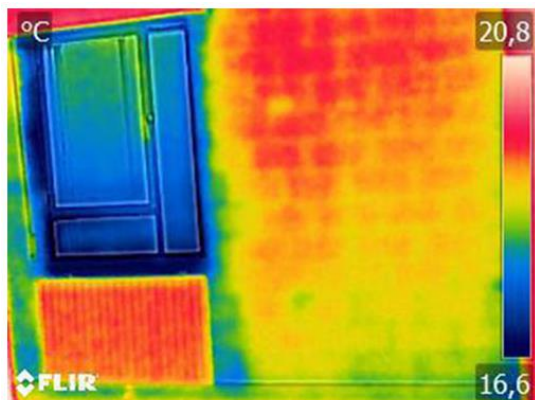


**Figura 2.8.** Certificat d'eficiència energètica en edificis (Font: Institut Català d'Energia [32])

### 2.2.3. Estructura residencial

D'acord amb la Figura 2.7, el consum energètic més gran, tant en pisos com edificis unifamiliars, radica en la calefacció, probablement degut al desgast dels materials utilitzats en els edificis residencials i en la diferència tecnològica respecte la diferència d'edat mitja dels edificis.

La majoria dels edificis residencials espanyols compten amb una façana de maó de vara vista, amb dos fulles de fàbrica amb una càmera d'aire entre ambdues. En les construccions de la dècada dels 70, la fulla interior estava entre els forjats i la fulla exterior passava per davant dels mateixos. El cantó dels forjats xapat amb plaquetes per donar continuïtat visual a la fàbrica de maó per a no veure l'exterior de l'estructura porticada de formigó que la suporta. Aquesta era la Normativa Tecnològica de l'Edificació (NTE) relativa a Façanes de Fàbrica de Maó.



**Figura 2.9.** Imatge tèrmica d'un edifici abans de realitzar una rehabilitació (Font: Construible [14])

La imatge de la Figura 2.9 mostra una façana d'un edifici descrit anteriorment abans de realitzar una rehabilitació. En aquesta s'observa la influència dels ponts tèrmics i les fustes de distribució de temperatures superficials interiors per apreciar les pèrdues degudes a una finestra i els ponts tèrmics relacionats. També es percep la mínima diferència de temperatura de la paret entre l'interior i l'exterior.

Actualment, el sistema d'aïllament tèrmic més utilitzat tant per a rehabilitacions com per a edificis de nova construcció és el SATE (Figura 2.10). Segons la *Asociación de Fabricantes de Morteros y SATE (ANFAPA)* aquest sistema ajuda a estalviar un 50% de l'energia en la climatització de l'habitatge i millora l'aïllament acústic.

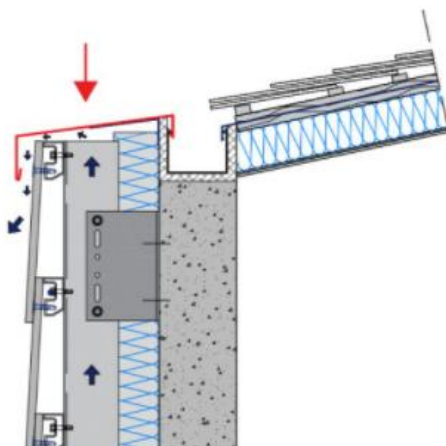


**Figura 2.10.** Representació d'un aïllament tèrmic SATE (Font: CHOVA [9])

Un aïllament tèrmic SATE (Figura 2.10) està compost per varies capes de diferents materials sobre la fulla principal del ciment amb tres sistemes de subjecció: un sistema d'adhesió (un adhesiu aplicat sobre la superfície o en forma de bandes), un de fixat mecànic (unió d'aïllant al suport mitjançant fixacions

mecàniques) i un mixt (adhesió i fixació mecànica). Aquests sistemes han de complir amb les especificacions tècniques recollides a la GUIA ETAG 004 (*European Technology Assessment Group*).

Un altre sistema d'aïllament de més fàcil instal·lació és el de la façana ventilada. Consisteix en un mur de suport, una capa aïllant i un material de revestiment fixat a l'edifici amb una estructura portant, fabricant una càmera d'aire que permeti la ventilació aconseguint un efecte xemeneia, evitant el sobreescalfament en els mesos calorosos i mantenint la temperatura interior durant els mesos freds (Figura 2.11).



**Figura 2.11.** Representació d'un aïllament tèrmic de façana ventilada (Font: Cupapizarras [18])

A continuació la Taula 2.1 mostrarà els avantatges i inconvenients d'aquests sistemes :

**Taula 2.1.** Avantatges i inconvenients de l'aïllament tèrmic SATE i de la façana ventilada (Font: Murart [53], Cupapizarras [18] i Impermungi [41])

Façana Ventilada	Avantatges	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducció de la condensació</li> <li>• Reducció de la humitat</li> <li>• Allarga la vida útil de la façana</li> <li>• Reducció d'erosions</li> <li>• Millora de l'aïllament tèrmic i acústic</li> <li>• Augment de l'eficiència energètica</li> <li>• Requereix poc manteniment</li> <li>• Valor afegit a l'immoble</li> </ul>
	Desavantatges	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura complexa</li> </ul>

**Taula 2.1.** Avantatges i inconvenients de l'aïllament tèrmic SATE i de la façana ventilada (Font: Murart [53], Cupapizarras [18] i Impermungi [41]) (Continuació)

Façana Ventilada	Desavantatges	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependència de la qualitat dels materials dels murs</li> <li>• Necessitat d'un control de l'execució del mur</li> <li>• Existència de deteriorament dels elements metàl·lic en cas d'utilitzar materials de baixa qualitat</li> </ul>
SATE	Avantatges	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducció de la condensació</li> <li>• Reducció de la humitat</li> <li>• Reducció de ponts tèrmics respecte la resta de la façana</li> <li>• Conservació dels materials de construcció</li> <li>• Millora d'eficiència energètica</li> <li>• Reducció d'emissions de CO2</li> <li>• Permet accedir a subvencions</li> <li>• Aïllament tèrmic que suposa un estalvi energètic del 40-70%</li> <li>• Aïllament a l'exterior de l'edifici, el que suposa un guany en espai interior</li> <li>• Dona un valor afegit a l'immoble</li> <li>• Manté l'estabilitat tèrmica, millorant la comoditat</li> <li>• Millora de la comoditat acústica</li> <li>• Impedeix la degradació</li> <li>• Facilita la reconstrucció de motllures i formes geomètriques</li> <li>• Protegeix de l'aparició d'erosions com fissures, filtracions d'aigua, etc</li> </ul>
	Desavantatges	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Major cost de manteniment</li> <li>• Menor duració del material</li> </ul>

**Taula 2.1.** Avantatges i inconvenients de l'aïllament tèrmic SATE i de la façana ventilada (Font: Murart [53], Cupapizarras [18] i Impermungi [41]) (Continuació)

SATE	Desavantatges	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducció de la condensació</li> <li>• Més limitat estèticament respecte la façana ventilada</li> <li>• Major risc d'incendi depenent el tipus</li> <li>• Impedeix la seva neteja (necessitat de repintat en aquests casos)</li> <li>• Reducció de la transpirabilitat de l'edifici</li> <li>• Més residus ambientals en la instal·lació</li> <li>• Díficil d'instal·lar</li> <li>• Necessitat de personal qualificat per a la seva instal·lació</li> </ul>
------	---------------	---

Un altre punt important per mantenir la temperatura interior d'un habitatge és la reducció dels ponts tèrmics que apareixen a les finestres. Segons el IDAE:

***“Las ventanas de calidad, pueden reducir hasta un 70% las pérdidas energéticas del hogar, reduciendo así el consumo de calefacción y aire acondicionado.”***

El primer punt a destacar alhora de seleccionar una finestra és el material del marc. El marc d'una finestra pot ser de:

1. **PVC:** Alt aïllant tèrmic de calor i acústic, amb una bona durabilitat (sempre i quan el material sigui de bona qualitat). De fàcil neteja, però al ser un material plàstic s'ha d'anar amb compte de no ratllar-lo. Producció contaminant al procedir de derivats del petroli, parcialment reciclable. En cas de necessitar un gran perfil, caldrà un reforçament amb perfils d'acer.
2. **Alumini:** Baix aïllant tèrmic i acústic, que suposa la necessitat d'usar un tipus especial d'alumini i, per tant, un cost més elevat respecte el PVC. És el millor en quan a durabilitat, té una gran resistència a la intempèrie, i és de fàcil manteniment. A més, és altament reciclable (la majoria de l'alumini emprat a Europa és reciclat), i al tenir un mòdul elàstic molt gran no necessita de reforçaments com en el cas del PVC.
3. **Fusta:** El millor com a aïllament tèrmic i un bon aïllant acústic (sempre i quan tingui una estanquitat a l'aire de A3 o superior). De baixa durabilitat a causa de la humitat, cal fer un manteniment anual (pintat o envernissat), i, al ser un material biodegradable, cal preservar-lo dels atacs de fongs i larves. Al ser un producte natural, no produeix cap efecte contaminant, però si

produeix un impacte ambiental en cas de no usar fusta laminada. El límit dimensional ve determinat pel propi tauló de fusta, encara que amb la fusta laminada pot ser de grans dimensions.

Per tant, alhora de seleccionar un marc és important tenir en compte la dimensió de la finestra i la localització de l'edifici. En llocs amb baixa humitat la fusta és la elecció més adient, sempre tenint en compte que necessita un manteniment anual. El PVC és una bona elecció per a finestres de baixes dimensions. mentre que l'alumini és adient per a finestres de grans dimensions.

El vidre de la finestra va després d'escollir el marc. Els principals són:

- A. **Vidre Monolític:** vidre molt senzill, casi obsolet degut a les seves baixes propietats aïllants.
- B. **Vidre Laminat:** unió de dos o més planxes de vidre amb la intercalació de làmines de PVC. Ofereix una major resistència al vidre, fent-lo més segur i millor aïllant.
- C. **Vidre amb Càmera o de Doble Vidre:** vidre amb dos fulles separades per una càmera entre els dos per una càmera d'aire deshidratat segellada hermèticament que augmenta l'aïllament tèrmic.
- D. **Vidre Temperat:** tipus de vidre molt fort i resistent que al rebre un fort impacte el tractament que rep provoca la seva ruptura en fragments molt petits i irregulars. Comú per a portes de terrasses i patis.
- E. **Vidre Flotant:** vidre fabricat a través de mesclures complexes de compostos vitrificats. És un bon aïllant tèrmic.
- F. **Vidre Baix Emissor:** vidre caracteritzat per la seva alta capacitat de reflexió tèrmica, pot arribar a reflectir el 70% del calor interior. Un gran aïllament tèrmic que deixa passar una gran quantitat de llum.

De tots els vidres el que pot arribar a tenir més potencial és el vidre baix emissor, però degut tant a la seva fabricació com a les seves altes propietats també pot ser la selecció més cara. Actualment el vidre més usat per les seves propietats aïllants és el temperat.

#### 2.2.4. Instal·lacions

En un habitatge existeixen diferents instal·lacions amb diferents funcions però amb un objectiu comú, la comoditat dels ocupants. Les principals instal·lacions que hi ha en un habitatge unifamiliar són la de l'aigua, la de l'electricitat, la del gas, la de la calefacció i la de la comunicació (el seu consum es reflexa en la instal·lació elèctrica, concretament en els electrodomèstics).

A continuació, l'aspecte a abordar serà sobre la instal·lació d'aigua, de calefacció i d'electricitat i de les possibilitats d'estalvi energètic que totes elles ofereixen. La instal·lació de gas tindrà un tractament en profunditat a partir de les instal·lacions d'aigua i de calefacció, atès que comparteixen les seves funcions.

#### - Instal·lació d'aigua

La instal·lació d'aigua d'un habitatge unifamiliar inclou la xarxa d'aigua sanitària i la xarxa de sanejament de les aigües residuals i les pluvials. Aquestes xarxes formen part del consum d'aigua sanitària que, tenint en compte l'estudi observat anteriorment, per un habitatge unifamiliar mig suposa el 10,7%. El sistema de l'aigua calenta sanitària, o ACS, pot variar depenent de la connexió a la xarxa de distribució municipal. Aquest pot ser:

1. **Sistema instantani:** producció d'aigua calenta en el mateix moment de la demanda, no necessita cap dipòsit. Les calderes més habituals per a aquest tipus de sistema són les de gas, elèctriques o murals mixtes, evitant, així, un elevat consum al no tenir que acumular aigua, però depenent els cops d'activació pot resultar que el cost sigui major de l'esperat. Una altre inconvenient d'aquest sistema és que tan sols pot alimentar un punt de consum o dos quan el caudal és baix.
2. **Sistema amb dipòsit:** aquest sistema manté l'aigua calenta en un dipòsit fins que la sol·licita l'usuari. Un habitatge unifamiliar pot usar perfectament aquest tipus de sistema, classificant la producció de l'acumulació d'aquest en sistema per acumulació o sistema per semiacumulació. Aquest últim tipus pot arribar a reduir considerablement la mida de la instal·lació.

Un altre punt important en el sistema de ACS és la temperatura de producció, regulada en habitatges pel Reial Decret 865/2.003. Aquest fixa la temperatura mínima de consum d'aigua a 50 °C en sistemes instantanis i a 60 °C en sistemes per acumulació per prevenir i controlar la Legionel·losis. A més, un cop a l'any, la instal·lació ha d'arribar als 70 °C. Per aquest motiu, el sistema per semiacumulació sol ser el més instal·lat en cas de disposar d'un dipòsit.

Per assolir aquesta temperatura caldrà fer servir de calderes, que poden ser de només calefacció o mixtes. Aquestes segones serveixen tant per a la instal·lació de la calefacció com per a la instal·lació ACS. A més, les calderes poden variar depenent la font que utilitzin per escalfar l'aigua. Les més usades actualment i amb un potencial per al futur són:

- **Caldera elèctrica:** empra l'energia elèctrica per al seu funcionament, tal i com indica el seu nom. A més, aquesta caldera al proveir-se d'energia elèctrica permet la regulació de la potència i, per tant, aconseguir una major eficiència energètica i estalvi; no hi ha cap fuga per algun tipus de gas i possibilita la integració d'un sistema de generació solar al funcionament, per això és un dels més ecològics. El problema d'aquesta caldera és tant la gran inversió com el cost de l'energia elèctrica.



- **Caldera de gas propà:** un gas obtingut en els jaciments de petroli i gas natural amb major eficiència que els anteriors, més barat i amb una temperatura de congelació de  $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ideal per a zones amb clima fred. El problema, com tots els gasos combustibles relacionats amb el petroli, és la emissió de  $\text{CO}_2$ .
- **Caldera de gas natural:** fa ús del gas natural, que és molt econòmic. El principal problema d'aquestes calderes és la necessitat d'una xarxa de distribució per a la seva instal·lació i, a més, la emissió de gasos d'efecte hivernacle.
- **Caldera de biomassa:** funciona amb combustibles vegetals, essent un dels més respectuosos amb el medi ambient per produir una emissió casi nul·la de gasos d'efecte hivernacle. Entre els principals combustibles destaquen els pellets, els residus forestals o les estelles. El problema d'aquestes és l'alt cost d'operació i manteniment i els baixos rendiments. A més, la seva baixa densitat energètica fa que la capacitat d'emmagatzematge sigui major.
- **Calderes de gasoil:** calderes que funcionen amb gasoil, molt bones per a habitatges que no tenen accés a xarxes de distribució d'altres gasos i que requereixen d'un manteniment més senzill. Els inconvenients d'aquest tipus de calderes són les elevades emissions de  $\text{CO}_2$  que comporta el gasoil, l'alt espai d'emmagatzematge de gasoil així com la seva distribució (necessita d'un intermediari) i l'elevat cost del combustible.

**Taula 2.2.** Emissions de  $\text{CO}_2$  i preu dependent el tipus de font d'energia (Font: IDAE [36])

Font d'energia	Emissions de $\text{CO}_2$ (g $\text{CO}_2/\text{kWh}$ )	Preu de l'energia (€/kWh)
Energia elèctrica	357	0,13
Gasoil	311	0,1
Propà	254	0,08 – 0,014
Gas Natural	252	0,05 – 0,08
Biomassa	18	0,06
Carbó / Fusta	472	0,04 – 0,06
Sistema Fotovoltaic	0	0

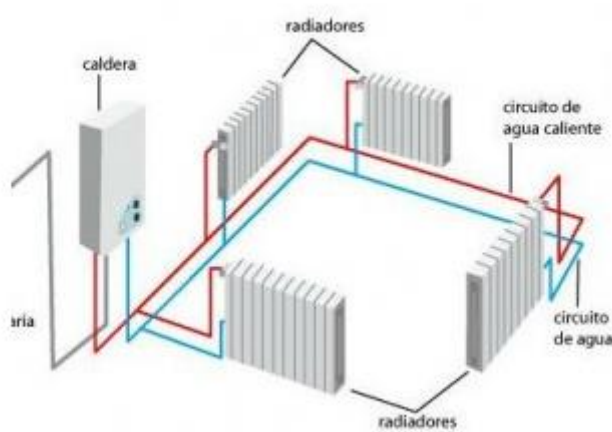
Un altre punt important és el medi pel qual es distribueix l'aigua calenta per l'habitatge. Aquest es fa per mitja de canonades que, com ja s'ha esmentat anteriorment, han de suportar una temperatura de  $70^{\circ}\text{C}$ , tenint en compte que la temperatura habitual de treball serà de  $50^{\circ}\text{C}$ . A més, per evitar pèrdues durant el transport necessita un bon sistema d'aïllant tèrmic. S'ha de tenir en compte que és una instal·lació que treballa durant tot l'any, el que significa unes grans pèrdues durant els mesos més freds en cas de no disposar d'un bon sistema aïllant.

## - Instal·lació de calefacció

El punt de consum més gran en qualsevol habitatge és la calefacció, arribant a representar un 63,9% del consum total d'energia en els unifamiliars. Això és a conseqüència de la necessitat de mantenir una temperatura interior que sigui còmoda per als habitants en una residència que, en molts casos, supera els 100 m<sup>2</sup> i, ja exposat anteriorment, en la majoria de casos no disposa d'un aïllament adequat desfavorint a l'eficiència energètica.

Hi ha diferents fonts d'energia per transmetre calor durant els mesos més freds de l'any i mantenir una temperatura a l'interior de l'habitatge. Les opcions per aconseguir-ho són l'ús d'un sistema mixt que combina la instal·lació de l'aigua calenta sanitària amb la de calefacció per mantenir la temperatura interior fent ús dels diferents tipus de caldera presentats anteriorment o un sistema exclusiu per a la calefacció.

Aquest sistema exclusiu també utilitza un sistema de radiadors d'aigua com a principal transmissor de calor fent ús de les calderes anteriorment esmentades. Es tracta d'un circuit senzill que consisteix en la circulació d'una línia d'aigua prèviament escalfada en una caldera, que passa per cada radiador, i d'un sistema de circulació d'aigua freda que retorna a la caldera. Un aspecte important d'aquest sistema és la fàcil regulació de la temperatura interior, sumat al fet que la distribució de radiadors a l'habitatge manté una temperatura uniforme respecte altres sistemes.



**Figura 2.12.** Representació d'una calefacció amb radiadors (Font: redformas [58])

Aproximadament el 50% dels habitatges unifamiliars encara fan ús de sistemes de radiació natural per combustió directa, contretament de xemeneies. Aquest sistema només necessita una estufa i una xemeneia per aconseguir una temperatura interior, suposa una opció molt econòmica a curt termini i molt dolenta a la llarga. Tot i que el preu de la llenya no és molt elevat el problema sorgeix quan aquesta es consumeix. La ineficiència d'una estufa de llenya comporta un alt ús de combustible. A més, la llenya es

consumeix molt ràpidament, fent que sigui necessari un emmagatzemament molt gran i l'exigència de posar freqüentment aquest material a l'estufa, per no mencionar la gran quantitat de gasos d'efecte hivernacle que produeix (el més elevat d'entre tots els que existeix tal i com ho evidencia la Taula 2.2). Un altre inconvenient és la gran quantitat de gasos nocius que entren a l'interior de l'habitatge quan s'obre la porta de l'estufa per emplenar-la, per no esmentar que la temperatura emesa a l'interior de l'habitatge no és uniforme ni regulable.

Un sistema relativament nou de calefacció, i el més eficient en l'actualitat, és el del sòl radiant (Figura 2.13). Aquest sistema utilitza una caixa de col·lectors per elevar la temperatura l'aigua entre 35 °C i 40 °C (a diferència del sistema convencional de radiadors que necessita de 65 °C a 70 °C). Com el seu nom indica, una instal·lació del sòl radiant utilitza aigua impulsada per canonades situades al terra de la casa, on abans d'instal·lar-les, es col·loca un film de polietilè per a prevenir la humitat i un panell aïllant sobre aquest film. Un cop posades les canonades sobre els panells s'aboca el morter.

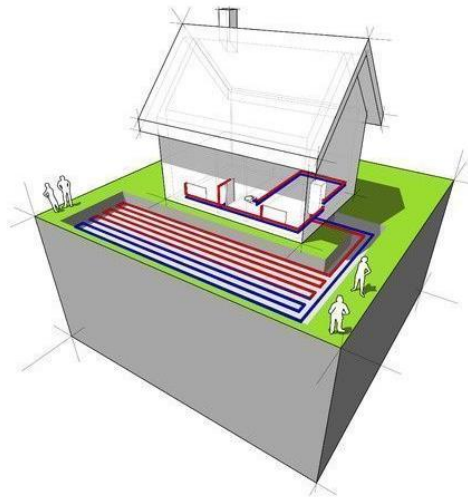


**Figura 2.13.** Detall d'una instal·lació de sòl radiant (Font: *Instalaciones y Eficiencia Energética* [46])

Un altre avantatge d'aquest sistema és la possible combinació a altres sistemes de calor eficients gràcies a la baixa temperatura de l'aigua. Entre aquests es destaquen:

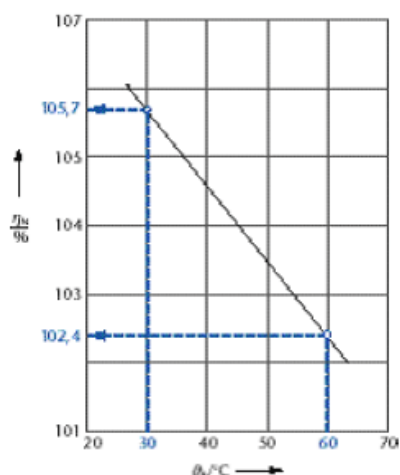
- **Aerotèrmia:** un sistema de calefacció que usa una bomba de calor inversora per a extreure l'energia de l'aire exterior i cedir-la a l'aigua del circuit. Això s'aconsegueix mitjançant varies unitats que capten l'aire exterior absorbides per un refrigerant que circula per unes canonades de coure en forma de gas cedint la calor condensada i retornant de nou a la unitat en forma de líquid. Aquest mètode aconsegueix 3-4 kW tèrmics per cada kWh elèctric consumit (un COP o rendiment tèrmic de calor d'entre 300% a 400%).

- **Geotèrmia:** consisteix en aprofitar la diferència de temperatures que existeix entre l'interior de la Terra i la seva superfície. A partir d'una certa profunditat l'energia procedent de l'interior comença a prendre importància, fent que la temperatura es mantingui constant. Tenint aquest fenomen amb compte i disposant d'una parcel·la amb una ampla superfície, es col·loca un sistema de canonades de polietilè a la profunditat adequada per les quals circularà anticongelant (aigua amb glicol) augmentant la seva temperatura per a obtenir l'energia de l'interior del planeta.



**Figura 2.14.** Representació d'un sistema de calefacció per geotèrmia (Font: *Instal·lacions y Eficiència Energètica* [45])

- **Calderes de baixa temperatura:** gràcies als avenços tecnològics, la corrosió produïda en les antigues calderes a causa de la condensació ha deixat de ser un problema. Degut a això, han aparegut aquestes noves calderes que poden treballar a temperatures de retorn de l'aigua més baixes (40 °C), sense que la condensació afecti els materials d'aquesta. D'aquesta forma, en situacions en que no cal ascendir la temperatura interior de l'habitatge, l'aigua de l'interior descendiria fins els 40 °C i es mantindria a aquesta temperatura per a evitar les pèrdues per convecció i radiació de la caldera quan no hi hagi demanda (molt habitual a l'estiu).
- **Calderes de condensació:** aquest tipus va de la mà de les calderes de baixa temperatura. Utilitzen l'energia alliberada amb el fenomen de la condensació, obtenint un rendiment òptim amb temperatures d'impulsió de 40 °C i de temperatures de retorn de 30 °C.



**Figura 2.15.** Rendiment de calderes de condensació en funció de la temperatura de retorn  
(Font: *Instalaciones y Eficiencia Energética* [44])

- **Energia solar tèrmica:** aquest sistema consisteix en captar l'energia solar mitjançant plaques solars per escalfar l'aigua transportant-la mitjançant un circuit fins uns intercanviadors de calor, encarregats de fer la funció de radiadors d'una instal·lació de calefacció. A més, per no perdre l'energia solar tèrmica no consumida, cal un sistema d'acumulació d'energia. Aquest consisteix en uns dipòsits amb capacitat i aïllament suficient per a tenir el menor nombre de pèrdues possibles.

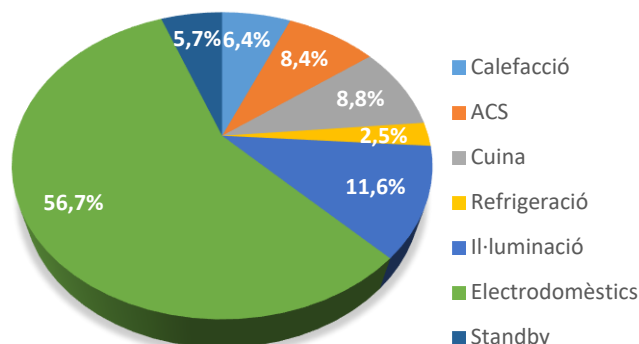
L'ús de la caldera de baixa temperatura combinada amb el sòl radiant i una vàlvula termostàtica pot arribar a suposar un estalvi de fins el 45%, i amb una de condensació amb el sòl radiant i una vàlvula termostàtica un estalvi del 53%, aconseguint una disminució considerable de les emissions de gasos d'efecte hivernacle. L'única objecció, a diferència de l'aerotèrmia, la geotèrmia i l'energia solar tèrmica, és l'ús de combustibles fòssils d'aquest tipus de calderes.

Una altra dada important alhora d'escollir una caldera de gas és la possibilitat d'accedir a una xarxa de distribució de gas. La majoria de pisos estan en ciutats que disposen d'aquesta xarxa, pel que aquest tipus de calderes són les més utilitzades. En canvi, la majoria d'habitatges unifamiliars estan ubicats en pobles i ciutats petites que no tenen l'accés a aquesta xarxa, obligat a emprar una altra font d'energia per a la instal·lació de la calefacció.

#### - Instal·lació elèctrica

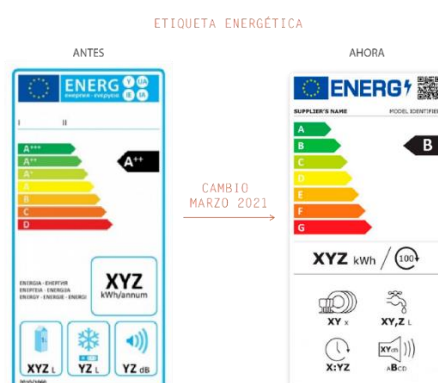
Tenint en compte l'energia elèctrica consumida provinent de la xarxa de distribució, en un habitatge unifamiliar el 35,1% de l'energia va destinada a la instal·lació elèctrica. En un habitatge unifamiliar la majoria d'aquest consum recau en els electrodomèstics (56,7% de l'energia elèctrica), seguits de la

il·luminació (amb un 11,6%). A més, a la instal·lació hi ha unes pèrdues del 5,7% degudes a l'efecte *Standby* (Figura 2.16).



**Figura 2.16.** Consum d'energia elèctrica depenent de la càrrega (Font: IDAE [35])

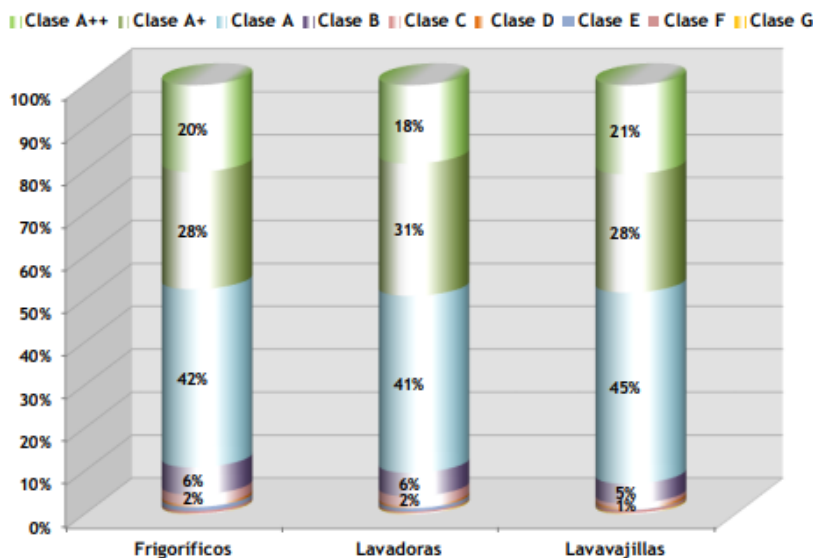
Per als electrodomèstics amb un ús més freqüent, la Directiva 92/75/CEE del Consell del 22 de setembre de 1.992 defineix uns criteris d'etiquetatge energètic i el Reial Decret 124/1994 del 28 de gener, d'adaptació d'aquesta Directiva comunitària i regulador de l'etiquetatge i de la informació, fa referència al consum d'energia i d'altres recursos dels altres aparells d'ús domèstic. Els criteris d'eficiència energètica fins al març de 2.021 anaven de la lletra A fins la lletra D, amb les categories addicionals A+, A++ i A+++ com els nivells més alts d'eficiència (afegides l'agost de 2.017) i la lletra D com el major consum d'energia.



**Figura 2.17.** Modificació de l'etiqueta energètica (Font: Cocinas TCP [11])

Aquest treball va començar al febrer de 2.021 i al març de 2021 hi ha una modificació de l'etiqueta de etiqueta, on desapareixen les categories "A+", "A++" i "A+++" i estableix la nova classificació en un total de 7 categories que van de la lletra "A" fins la "G". A més, reserva la classificació "A" per a futurs

electrodomèstics més eficients, el que significa que aquells classificats actualment com a categoria “A” passen a ser de categoria “B” o “C”.



**Figura 2.18.** Etiquetat energètic anterior al canvi d'alguns electrodomèstics (Font: IDAE [35])

Tal i com mostra la Figura 2.18, el canvi en l'etiquetatge suposa que en els habitatges, aproximadament, un 50% dels electrodomèstics passen a nivell B i, aproximadament, un 40% són de nivell C. Tenint aquest fet en compte, quasi el 39,7% de l'energia consumida pels electrodomèstics en habitatges unifamiliars prové de neveres i congeladors, aparells que quan apareguin els de classificació “A” ja toqui canviar-los millorant l'eficiència, així com la resta d'electrodomèstics amb necessitat de classificació (rentadores, rentavaixelles, assecadores, televisions i ordenadors). A més, a diferència dels altres electrodomèstics, la nevera i el congelador estan tot el dia en funcionament i la generació d'una capa de gel en aquests provoca un augment diari en el consum.

Un altre punt important en el consum d'energia elèctrica en els electrodomèstics és la necessitat de prevenir les pèrdues per *Stand by*, que poden arribar a suposar uns 50 € anuals en la factura de la llum. Una de les millors formes de prevenir aquest fet és l'ús d'un *Stan by Killer*, un endoll amb un receptor sense fil que permet apagar per complet aquells electrodomèstics mitjançant la programació d'un horari adequat al seu ús o amb un control a distància.

Per a finalitzar amb els electrodomèstics, existeix la controvèrsia de l'estalvi d'aigua i energia entre rentar els plats a mà o amb el rentavaixelles. El rentat a mà suposa l'ús de 88,8 litres diaris d'aigua (52 dels quals són d'aigua calenta) mentre que amb el rentavaixelles es gasten 54,2 litres diaris (24,6 d'aigua calenta). Aquest fet suposa que l'ús del rentavaixelles representi un estalvi energètic del 9% respecte el rentat a mà, sempre i quan es disposi d'aquest electrodomèstic i se'n faci un bo ús. En el cas d'adquirir un rentavaixelles per aconseguir aquest estalvi del 9% caldrà avaluar les despeses i l'emissió de gasos



adicionals per la fabricació i el transport. Es per això que abans d'adquirir un rentavaixelles pensant amb l'estalvi que suposa cal considerar el que comporta la seva obtenció.

Un 11,6% del consum elèctric d'un habitatge unifamiliar mig prové de la il·luminació. Per disminuir-lo existeixen mètodes molts simples d'aplicar. El primer, és l'ús de llum natural. L'ús de vidres per a les finestres que deixin passar la major quantitat possible de llum natural, així com l'ús d'aquelles habitacions amb més llum natural en determinades hores del dia, pot arribar a ajudar en la disminució del consum elèctric.

Un altre mètode en el sector de la il·luminació per augmentar l'estalvi energètic és l'ús de bombetes LED. El preu pot arribar a suposar el doble que el d'una bombeta halògena o una fluorescent, però el seu consum per una mateixa il·luminació és molt inferior a aquestes. És molt important no fer ús de les bombetes incandescentes, que tenen un consum sis cops superiors a les LED. A més, alhora d'escollir una bombeta és molt important tenir en compte la quantitat de lúmens que es necessiten en una mateixa habitació per consumir el mínim possible però amb una il·luminació suficient.

**BRILLO, CONSUMO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA POR TIPOS DE BOMBILLAS**

LÚMENES Brillo emitido	INCANDESCENTE	HALÓGENA	FLUORESCENTE	LED
200 lm	25 W	18 W	7 W	3-4W
450 lm	40 W	29 W	9 W	4-6W
800 lm	60 W	43 W	14 W	7-9W
1100 lm	75 W	53 W	19 W	9-10W
1600 lm	100 W	72 W	23 W	10-15W

Menor eficiencia

Figura 2.19. Classificació de bombetes segons il·luminació, consum i eficiència (Font: *Compra tu led* [13])

## 2.3. Normativa

### 2.3.1. Normativa de l'eficiència energètica europea

En la normativa europea el pilar fonamental és la Directiva 2.010/31/UE, amb el conjunt de les modificacions produïdes en la Directiva 2.018/844/UE. Fomenta l'eficiència energètica dels edificis situats a la UE, tenint en consideració les condicions climàtiques exteriors i les particularitats locals.



L'article 4 presenta uns requisits mínims d'eficiència energètica en edificis amb la finalitat d'arribar a uns nivells òptims de rendibilitat calculats tenint en compte:

1. Determinar l'eficiència energètica partint d'una quantitat d'energia (real o calculada) anual consumida de l'edifici en qüestió per a satisfer les necessitats de normal utilització, que reflecteixi l'energia necessària per la calefacció i la refrigeració amb la finalitat de mantenir les condicions de temperatura previstes i les necessitats d'aigua calent sanitària.
2. Expressar l'eficiència energètica de forma clara i inclouent un indicador d'eficiència energètica i un indicador numèric del consum d'energia primària, basat amb els factors d'energia primària pel subministrador d'energia, que es podrà basar en unes mesures anuals ponderades, nacionals o regionals, o en un valor particular per a la generació *in situ*.
3. Tenint en compte els aspectes següents:
  - Tèrmiques reals de l'edifici (capacitat tèrmica, aïllament, etc).
  - Instal·lació de calefacció i aigua calenta.
  - Instal·lació d'aire condicionat.
  - Ventilació natural i mecànica.
  - Instal·lació d'il·luminació.
  - Disseny, localització i ubicació de l'edifici.
  - Instal·lacions solar passives i protecció solar.
  - Condicions ambientals interiors.
  - Càrregues internes.
4. Considerant la incidència positiva dels aspectes següents:
  - Condicions locals d'exposició solar, sistemes solars actius o altres sistemes de calefacció o producció d'electricitat procedent de fonts renovables.
  - Electricitat produïda per cogeneració.
  - Sistemes urbans o centrals de calefacció i refrigeració.
  - Il·luminació natural.
5. Classificar els edificis en categories.

Segons aquesta Directiva, tant els edificis existents, com els nous i aquells subjectes a reforma, han de complir uns requisits mínims en quant a l'eficiència energètica de les seves instal·lacions i equips.

A més, un altre article a tenir en consideració és el número 8, substituït pel nou de la Directiva 2.018/844/UE. Aquest nou article parla de les instal·lacions tècniques dels edificis, l'electromobilitat i l'indicador d'aptitud per a aplicacions intel·ligents. També tracta el punt de recàrrega del vehicle elèctric per a edificis residencials nous o en reforma amb més de deu places d'aparcament, que estigui ubicat dins o adjunt a l'edifici, i de la preparació d'aplicacions intel·ligents.

Per a finalitzar, la Directiva 2.012/27/UE va establir un seguit de normes per eliminar barreres en el mercat de l'energia que dificulten l'autoconsum.

### **2.3.2. Normativa de l'autoconsum a l'estat espanyol**

En el sector elèctric espanyol la llei que regula tot el relacionat amb la generació, distribució i consumició d'energia elèctrica és el Reial Decret 24/2.013. Aquest projecte recull el Reial Decret anomenat anteriorment, les modificacions més actuals i la nova normativa referent a l'autoconsum d'energia elèctrica amb fonts renovables.

El primer article a nomenar d'aquest Reial Decret és el número 6. Aquest designa els diferents tipus de persona que actua en la xarxa elèctrica. Per a aquest cas, la persona física del treball seria al mateix temps un productor d'energia i un consumidor (autoconsumidor). A més, segons aquest l'article el productor no només té la funció de generar energia elèctrica, també té la funció de construir, mantenir i operar les instal·lacions.

L'article 6 també defineix qui són els titulars d'instal·lacions d'emmagatzemament, que tenen el dret a decidir com fer ús de l'energia emmagatzemada. També diu quines són les persones que afegeixen energia a la xarxa (excedent) de forma independent i que no tenen relació amb el subministrament del client (persona que també es pot considerar el titular d'aquest treball, ja que l'energia que no pugui emmagatzemar a les bateries anirà a la xarxa elèctrica).

Finalment aquest article explica què són les comunitats d'energies renovables, que tenen la finalitat de proporcionar beneficis mediambientals, econòmics o socials als seus socis. En el desenvolupament d'aquest projecte, aquest article no té efecte ja que només implica a una persona jurídica (el titular de la xarxa distribuïdora).

El següent article a esmentar és el número 9 (completament renovat i modificat en el Reial Decret 15/2.018). Aquest defineix les dues modalitats d'autoconsum d'energia.

- El primer és l'autoconsum sense excedents, un tipus d'autoconsum en el qual els dispositius del sistema instal·lats impedeixen la injecció d'energia a la xarxa i, per tant, segons l'article 6 només se'l considerarà com a consumidor.
- El segon és l'autoconsum amb excedents, el qual si injecta energia elèctrica a la xarxa de distribució i, a diferència del cas anterior on només se'l considera com a consumidor, també se'l considera com a productor

En aquest cas seria l'autoconsum amb excedents. A més, amb la corresponent actualització de la llei vigent, l'article 4 del Reial Decret 244/2.019 parla de l'autoconsum amb excedents acollida a compensació, sempre i quant es compleixin les condicions següents:

- I. La font primària es d'origen renovable.
- II. La potència total de les instal·lacions de producció és inferior a 100 kW.
- III. En el cas de necessitar efectuar un contracte de subministrament per a serveis auxiliars de producció, el consumidor s'haurà de subscriure a un únic contracte de subministrament per al consum associat i els consums auxiliars de producció amb una empresa comercialitzadora segons la normativa de l'article 9.2 del present Reial Decret.
- IV. El consumidor i productor associats hauran d'estar subscrits a un contracte de compensació d'excedents d'autoconsum, definit en l'article 14 del present Reial Decret.
- V. La instal·lació de producció no ha de tenir atorgat un règim retributiu addicional o específic.

A més, l'autoconsum pot classificar-se en individual o col·lectiu depenent del nombre de consumidors de la instal·lació de generació. En aquest cas, al tractar-se d'un autoconsum individual caldrà fer un contracte amb l'empresa distribuïdora com encarregat de la lectura.

Un altre apartat molt important a tenir en compte situat en l'article 9 del Reial Decret 24/2.013 és la potència de producció de la instal·lació. Segons la normativa, si una instal·lació de producció no supera els 100 kW de potència, aquesta estarà exempta de l'obligació d'inscripció en el registre administratiu d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica. En aquest cas, com l'objectiu és abastir el subministrament elèctric d'un habitatge unifamiliar, la producció no serà superior als 100 kW de potència.

Continuant amb l'article 9, l'activitat d'autoconsum d'energia elèctrica i la seva incidència en el compliment dels objectius d'energies renovables i operació del sistema serà notificat al Ministeri per a la Transició Ecològica en el seu registre administratiu d'autoconsum, el qual serà telemàtic, declaratiu i

gratuit. Prevenint que la generació d'energia sigui de baixa tensió, inferior als 100 kW i d'autoconsum, la inscripció duta a terme serà a la Comunitat Autònoma (de Catalunya en aquesta cas) en el seu respectiu registre a partir de la informació remesa segons el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT).

Seguint amb la dinàmica dels permisos, segons l'article 7 del Reial Decret 24/2.019, les instal·lacions de generació d'autoconsum amb excedents que no superin els 15 kW de potència de producció, sota sòl urbanitzable i amb els serveis requerits per la legislació urbanística no necessitaran obtenir permisos d'accés i connexió a la xarxa.

El següent apartat de l'article 9 del Reial Decret 24/2.013, fa referència a la transferència d'autoconsum per al cas que ocupa el treball. L'energia d'autoconsum i d'origen renovable està exempta de tot tipus de càrrecs i peatges.

Per a acabar amb l'article de l'apartat d'autoconsum, les connexions i les tècniques de connexió a la xarxa de les instal·lacions de producció amb autoconsum seran proporcionals a la mida d'aquesta i la modalitat d'autoconsum.

El següent article a destacar és el número 14 del Reial Decret 24/2.013. L'apartat 7 d'aquest tracta de la retribució de l'energia elèctrica produïda per fonts renovables. Al seu apartat final destaca que el tipus d'instal·lació d'aquest projecte queda exclosa del procediment de concurrència competitiva per a l'atorgament de marcs retributius que garanteixi l'orientació a l'eficiència de costos.

Un altre detall a destacar és que segons l'article 21, les instal·lacions de producció d'energia elèctrica hauran d'estar inscrites al registre administratiu d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica del Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme. En aquest cas no caldrà ja que és una instal·lació d'autoconsum.

Tornant al Reial Decret 244/2.019, l'article 5 defineix els requisits generals per a acollir-se a una modalitat d'autoconsum per al cas que ocupa:

- a. Les instal·lacions de generació i el punt de subministrament han de complir amb els requisits tècnics, d'operació o intercanvi d'informació de la normativa del sector elèctric i en la reglamentació de qualitat i seguretat industrial nacional i europea.
- b. La empresa distribuïdora no tindrà cap obligació legal sobre les instal·lacions de connexió a la xarxa que no siguin de la seva titularitat.
- c. En cas d'incompliment de requisits tècnics en el qual existeixin instal·lacions perilloses o manipulació de l'equip de mesura o el mecanisme de retenció l'empresa distribuïdora podrà procedir a la interrupció del subministrament elèctric segons l'article 87 del Reial Decret 1.955/2.000.

- d. La instal·lació d'elements d'emmagatzemament serà legal sempre i quant disposin de les proteccions establertes en la norma de seguretat i qualitat industrial i que comparteixin equip de mesura que registre la generació neta d'energia.

Segons l'article 8 del Reial Decret 244/2.019, per a acollir-se a un modalitat d'autoconsum l'empresa distribuïdora rebrà notificació de la modificació de la potència instal·lada de la instal·lació de generació i, en el cas d'una instal·lació generadora menor de 100 kW i de baixa tensió, tindrà cinc dies posteriors a la recepció per a la modificació del corresponent contracte d'accés existent posteriors a la recepció de la documentació proporcionada per la Comunitat Autònoma. Si el consumidor en un termini de deu dies després de la recepció del nou contracte no comunica cap disconformitat a l'empresa suposarà un acceptació de les condicions. La prorroga del contracte serà de forma automàtica.

A més, aquesta llei incorpora nombroses millores respecte l'entorn de l'autoconsum. La més important de totes és la possibilitat d'instal·lar una potència fotovoltaica superior a la potència contractada en l'empresa.

Per a finalitzar l'apartat de normativa nacional, afegir que l'article 14 del Reial Decret 244/2.019 estableix la possibilitat d'un mètode de compensació de l'energia pels autoconsumidors amb excedents que no superin els 100 kW de potència (*Net Metering* o *Balanç Net*). En aquest cas:

- La valoració de l'energia horària consumida serà al cost horari d'energia del petit consumidor en cada hora definit en l'article 7 del Reial Decret 216/2.014.
- La valoració de l'energia horària excedentària serà al preu mig horari obtinguda del mercat diari i interdiari menys el cost dels desviaments, definit en els articles 10 i 11 del Reial Decret 216/2.014 respectivament.
- En cas d'acollir aquest mètode de compensació, el productor no podrà participar en cap altre mecanisme de venda d'energia.

### 2.3.3. Acord de París

El 12 de desembre de 2.015 les parts de la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (CMNUCC) van arribar a un Acord per combatre el canvi climàtic i accelerar i intensificar les accions i inversions necessàries per a un futur sostenible amb baixes emissions de diòxid de carboni. Aquest Acord entrà en vigor a Europa al desembre de 2.020.

Els objectius de l'Acord de París per combatre el canvi climàtic, promocionar el consum d'energia provinent de fonts renovables i combatre la pobresa energètica són:

- a) Reforçar la resposta mundial davant l'amenaça del canvi climàtic mantenint l'augment constant de temperatura mundial durant el darrer segle molt per baix dels dos graus centígrads per sobre de nivells peninsulars.
- b) Incrementar l'habilitat d'adaptar-se a les adversitats dels impactes ambientals del canvi climàtic i afavorir la resiliència climàtica i el desenvolupament de baixes emissions de gasos d'efecte hivernacle, sense afectar la producció de menjar.
- c) Aconseguir mantenir el flux financer constant i que, al mateix temps, ajudi a reduir els gasos d'efecte hivernacle i al desenvolupament de la resiliència climàtica.

L'article 4 menciona la necessitat de reduir les emissions de diòxid de carboni tan aviat com sigui possible, reconeixent el temps que requeriran els països en desenvolupament, i l'ambició d'aconseguir un balanç entre l'emissió de gasos antròpics i dels rebuïjos sanitaris per a la segona meitat del segle en el context de desenvolupament sostenible i l'esforç de l'eradicació de la pobresa.

L'article 8 de l'Acord reconeix la importància d'evitar, reduir al mínim i fer front a les pèrdues i danys relacionats amb els efectes adversos del canvi climàtic, incloent els fenòmens meteorològics extrems i els fenòmens d'evolució lenta.

Els articles 9, 10 i 11, reafirmen les obligacions dels països desenvolupats de donar suport als esforços dels països en desenvolupament que ajudin a construir un futur més net i resistent al clima, al mateix temps que se'ls encoratja a que donin o segueixin donant suport de forma voluntària. També promou la compartició d'informació als països en desenvolupament. Tecnològicament s'amplia la cooperació internacional en matèria de desenvolupament i transferència pel clima i el foment de la capacitat en el món en desenvolupament.

Per a acabar, l'article 14 fa referència a un balanç mundial per a dur a terme l'any 2.023 i cada cinc anys a partir d'aquest. Aquest avaluarà el progrés col·lectiu dels objectius de l'Acord de forma global i facilitadora. També influirà en la millor ciència disponible i l'objectiu mundial a llarg termini.

### 2.3.4. Nova legislació de les elèctriques espanyoles

A partir de l'1 de juny de l'any del present projecte ha entrat en vigor una nova normativa en la tarifa de la llum, implementant unes noves tarifes en el consum de l'energia elèctrica depenent de l'horari de consum.

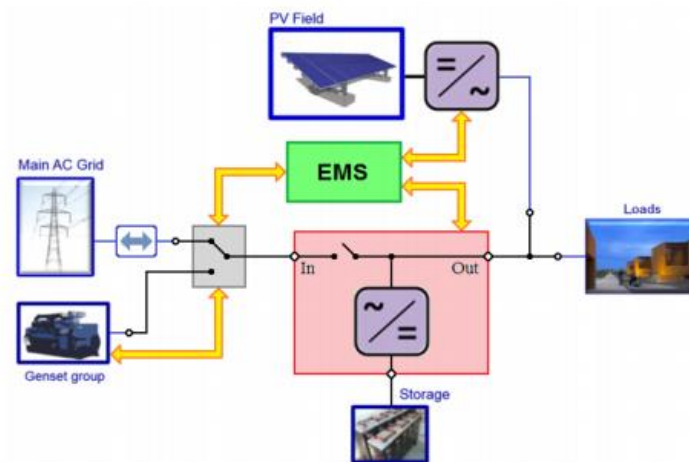
Aquesta nova legislació estableix tres trams de consum respecte els moments amb més demanda energètica, dividint aquests trams per franges horàries:

- Tram 1 (punta alt): aquest tram va de les 10:00 hores del matí a les 2:00 hores de la tarda i de les 6:00 hores de la tarda a les 10:00 hores de la nit. Aquestes franges són les de major ús energètic i, per tant, l'ús d'energia és el més car.
- Tram 2 (punta mig): aquest tram va de les 8:00 hores a les 10:00 hores del matí, de les 2:00 hores a les 6:00 hores de la tarda i de les 10:00 hores a les 12:00 hores de la nit. Aquestes franges no tenen un consum tan elevat com les del primer tram, per tant el cost és menys elevat.
- Tram 3 (vall): aquest tram va de les 12:00 hores de la nit fins les 8:00 hores del matí i durant els fins de setmana i festius. Aquestes franges són les que tenen un consum d'energia més baix i el preu per ús d'energia més baix.

D'acord amb la ubicació horària dels trams, aquesta legislació pretén desplaçar el consum de determinats electrodomèstics durant els fins de setmana i festius en petites empreses i habitatges.

## 2.4. Introducció a la microxarxa

El concepte de les microxarxes o *microgrids* és un concepte relativament nou. La seva definició és com una xarxa elèctrica distribuïda (o descentralitzada) formada per diverses font d'energia que actuen paral·lelament a la xarxa de distribució i que pot funcionar independentment d'aquesta. L'objectiu d'aquestes microxarxes sorgeix per la necessitat de reduir la factura de l'energia elèctrica consumida, aconseguint, al mateix temps, un subministrament d'energia elèctrica més fiable, eficient, segur i sostenible. La forma d'assolir aquests objectius és mitjançant la integració de fonts renovables a nivell comunitari implementant, a petita escala, una versió del sistema elèctric convencional que permeti abastir als usuaris d'aquesta d'energia elèctrica.



**Figura 2.20.** Representació de la microxarxa MEDSOLAR

(Font: Control de sistemes energètics, cas de les microxarxes per Robert Piqué [66])

Un altre punt molt important de les microxarxes és un sistema de gestió òptim, conegut com a *Micro-Grid Management System (MGMS)*. Aquest està estructurat en nivells jeràrquics de control primari, secundari i terciari de la xarxa principal. A més, aquest sistema de gestió té les funcions següents:

- Transició entre connexió a la xarxa de distribució i aïllament de la microxarxa.
- Possibilitat de la restauració elèctrica després de la desconnexió de la xarxa.
- Interferència en capacitat, energia i serveis auxiliar del mercat energètic.
- Control de les proteccions locals per a detectar errors.
- Control de càrrega prevista, informació meteorològica i excedents òptims relacionats en la generació i càrrega dels costos i la informació del mercat.
- Control de la potència reactiva de generació per al suport de tensió.
- Monitorització i control de la potència de sortida real per regular i suavitzar la freqüència.

Aquest MGMS inclou un subsistema que ha de tenir la capacitat de gestionar els diversos elements que consumeixen, emmagatzemen o aporten energia per controlar els fluxos de potència. Aquest s'anomena Sistema de Gestió d'Energia o *EMS (Energy Management System)*.



El EMS ha de garantir el funcionament econòmic òptim i fiable del sistema energètic, fixar els punts operatius dels controladors primaris localitzats a nivell de dispositiu, controlar els fluxos de potència activa del sistema (necessitats de les càrregues i perfils de generació i consum d'energia) i coordinar les connexions i desconnexions de les fonts de generació distribuïda. A més, compta amb dos punts de vista diferents i complementaris:

- Marc físic: és l'imposat per la interacció sobre el sistema. Dit d'una altra forma, són dels blocs o components físics del sistema.
- Marc lògic: és la part programada del sistema encarregada d'assignar les funcions als blocs o components físics del sistema.

Per a la realització d'aquest control d'energia és molt important el monitor d'energia, que permet recopilar informació de la microxarxa cada instant.

En general, el sistema de generació d'energia principal o local d'una microxarxa prové de fonts renovables. El problema de la majoria d'aquest tipus de fonts d'energia és la seva intermitència, que provoca una producció d'energia irregular al llarg del dia. Per solucionar aquest problema cal un sistema d'emmagatzematge d'energia per quan:

1. La generació local no cobreixi les necessitats bàsiques.
2. Calgui alimentar l'excés d'energia
3. La producció sigui superior a la demanda.

A més, per a casos extrems, en els quals ni la producció del sistema local o l'emmagatzematge no sigui suficient, és convenient disposar d'un altre sistema que pugui aportar energia. En la majoria de casos hi ha un punt de connexió a la xarxa de distribució per solucionar aquest problema, però hi ha casos en que no. Per a aquests casos fora bo tenir a ma un sistema de generació auxiliar. A més, en casos d'instal·lacions relacionades amb la salut la disponibilitat d'un generador auxiliar en el cas de no poder obtenir energia del sistema local o de la xarxa és imprescindible per a cobrir situacions d'emergència.

En la majoria de microxarxes la font principal d'energia sol ser solar fotovoltaica, tant per la facilitat de distribució de les plaques com per ser una font de fàcil accés. Una font auxiliar ideal seria l'energia eòlica, però la majoria de microxarxes estan en ambients urbans cosa que impossibilita el seu ús per l'alt risc que comporten el gir de les aspes d'un aerogenerador. És per això que en aquestes microxarxes urbanes la font auxiliar sol ser la xarxa de distribució, ja que la majoria de generadors auxiliars funcionen amb combustibles fòssils fent perdre l'objectiu tant de baixar les emissions de CO<sub>2</sub> com de millora d'eficiència.

Donat que la generació d'energia solar fotovoltaica és en corrent continu, les microxarxes que usen aquest sistema de producció com a principal necessiten disposar d'elements de control de potència. D'entre aquest destaquen els convertidors CC - CA per a convertir l'energia produïda en corrent continu a corrent altern per als elements de consum d'energia i els convertidors CA – CC per a emmagatzemar l'energia residual del sistema. A més, per connectar i desconectar la microxarxa de la xarxa s'empra un interruptor estàtic i d'inversors per a sincronitzar el voltatge i la freqüència de la microxarxa amb la de distribució.

Actualment, en molts habitatges hi ha la tendència a canviar el sistema de calefacció i d'aigua calenta sanitària de combustibles fòssils per la instal·lació de l'energia solar fotovoltaica en les microxarxes. Aquest canvi de sistema comporta un estalvi respecte al consum de combustibles fòssils, una reducció en l'emissió de gasos d'efecte hivernacle i una millora en l'eficiència de la instal·lació de calefacció. L'únic desavantatge és el dimensionament extra de producció que suposa el consum d'aquesta instal·lació tèrmica.

Comentat anteriorment, el sistema de producció solar fotovoltaic és intermitent, el que significa que en determinades condicions el sistema no podrà produir energia. Per aquest motiu, el dimensionament de la instal·lació de producció de les microxarxes aporta un excedent d'energia per a emmagatzemar en un sistema format per bateries encarregades d'ajudar durant els pics de potència que el sistema de producció no pugui cobrir i a mantenir el sistema energètic en moment de baixa o nul·la producció.

Entre els principals tipus de bateries per a un sistema fotovoltaic destaquen:

1. **Bateries Monobloc:** bateries dissenyades per a petites instal·lacions fotovoltaiques amb relació qualitat preu equilibrada. Reforçades amb un aïllament especial per a minimitzar la pèrdua d'aigua i recomanades per a sistemes tancats, telecomunicacions, instal·lacions de senyalització o repetidors.
2. **Bateries AGM:** disposen de vàlvules de gas, per a una millor recombinació per evitar el major nombre de pèrdues. Adients per a situacions de corrents elevats en un curt espai de temps. L'inconvenient és que la càrrega no arriba al 100%.
3. **Bateries d'Electròlit Gelificat:** funcionament cíclic d'alta qualitat, ideal per a instal·lacions de mida mitjana i gran amb funcionament de llarg període, el seu manteniment és complicat. Tenen el mateix problema de càrrega que les bateries AGM, la càrrega no arriba al 100%, i són més cares.
4. **Bateries Estacionàries:** adient per a instal·lacions amb consum diari de forma contínua i durant llargs períodes de temps, amb una vida útil superior als 20 anys. Són les més cares, però el seu preu ve compensat per les característiques prèviament mencionades.

5. Bateria de Liti: bateries que permeten la descàrrega completa de la seva potència, al igual que la seva càrrega. Aquesta característica provoca que el procés de càrrega sigui més ràpid que en els altres tipus de bateries. A més, disposa d'un sistema de gestió interna i de servei interromput (font d'alimentació autònoma en cas de tallades en la font principal).

La selecció d'un tipus o un altre dependrà de la funció de les bateries i del pressupost a mà. En el cas d'una microxarxa les bateries estacionàries són les més adients, però en cas de no disposar d'un pressupost suficient bateries de liti o les d'electròlit gelificat. Les bateries AGM estan en el punt mig entre aquestes bateries. Les monobloc solen estar més orientades en la il·luminació, pel que potser no siguin les més adients en el cas de les microxarxes orientades a un habitatge unifamiliar.

## 3. Enginyeria conceptual

### 3.1. La normativa ISO 50001

La Norma ISO 50001 sorgeix amb el propòsit de determinar uns requisits per a la gestió d'energia d'una organització (la qual no depèn ni de la seva mida ni la seva activitat), sota el propòsit de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle i altres impactes ambientals i reduir els costos energètics. A més, pretén millorar les seves predecessores (ISO 9001 enfocada en la gestió d'energia i ISO 14001 enfocada en sistemes de gestió mediambiental).

El que vol implementar aquesta norma és el Sistema de Gestió de l'Energia (SGEn), la seva funció és desenvolupar una política energètica i establir uns objectius, metes i plans d'acció tenint en compte els requisits legals i la informació necessària sobre l'ús d'energia, facilitant a les organitzacions una millora en els seus sistemes i processos per a millorar el seu desenvolupament energètic, tanmateix com l'eficiència energètica i l'ús i consum d'energia. Aquesta gestió pretén obtenir, a més, un sistema que contribueixi en una millora contínua i constant del seu desenvolupament energètic.



Figura 3.1. Model del SGEn (Font: Guia ISO 50001 [55])

## 3.2. Algorisme de la ISO 50001: el cicle de millora contínua

El cicle de millora contínua de la ISO 50001 es basa en Planificar – Fer – Comprovar – Actuar (conegut en anglès com *Plan – Do – Check – Act* o *PDCA*) de les pràctiques habituals d'una organització com mostra la Figura 3.1.

Seguidament, es descriurà cada un d'aquests conceptes per a una millor comprensió.

1. Planificar: El primer punt on comença el cicle continu de la ISO 50001. Es tracta de dur a terme una revisió energètica per establir un punt base de partida, uns indicadors de desenvolupament energètic, uns objectius, unes metes i uns plans d'acció per a obtenir una millora en el desenvolupament energètic d'acord la política energètica de l'organització.
2. Fer: Introduïts i implementats els objectius i processos de la gestió d'energia comença, per tant, el desenvolupament del Sistema de Gestió d'Energia. A més, els recursos estan disponibles i les responsabilitats assignades als membres que són capaços de complir-les.
3. Comprovar: Es duu a terme un procés d'avaluació de les regulacions energètiques del sistema amb l'ajuda d'auditories internes per a verificar que tot vagi segons el planejat. Es monitoritzen els processos per assegurar-se que tot estigui d'acord amb la legalitat, les polítiques de l'empresa i dels objectius de la gestió energètica de l'organització, documentant, a més, qualsevol incidència.
4. Actuar: Un cop comprovats tots els resultats, és el moment d'avaluar els canvis produïts i dels resultats obtinguts per determinar si és necessari prendre alguna acció correctiva o preventiva.

### 3.2.1. Política energètica

Segons la política energètica de la ISO 50001, l'organització ha de mostrar un compromís per aconseguir una millora en el desenvolupament energètic, assegurant que sigui responsable amb el medi ambient i un compromís de millora contínua.

Tenint en compte que l'any 2018 un 73,4% de l'energia produïda en l'estat espanyol provenia de combustibles fòssils, el consum de l'energia elèctrica de la xarxa resulta tant ineficient com nociu per a la naturalesa. A més, les pèrdues d'energia consumides durant el transport poden arribar fins el 10%, provocant que el consum d'energia de la xarxa elèctrica sigui inclús més ineficient del que ja és en la crema de combustibles fòssils.

Tenint en consideració el consum dels sistemes de calefacció d'un habitatge unifamiliar, tal i com ha mostrat l'apartat 2.1 la majoria d'habitatges obtenen energia calorífica a partir de combustibles fòssils. A més, tenint en compte la seva antiguitat, el més segur és que la majoria d'aquests edificis encara usin calderes amb varis anys de rodatge, calderes que fan un ús ineficient de les fonts i que tenen una emissió de gasos d'efecte hivernacle elevat.

Seguint els punts de la política energètica de la ISO 50001, per assegurar una millora en l'eficiència energètica i una reducció dels gasos d'efecte hivernacle és necessari un canvi en el sistema energètic actual. Tenint en compte els canvis recents en les polítiques d'autoconsum i de producció d'energies renovables de l'estat, decantar-se pel sistema de les microxarxes híbrides és, actualment, la solució guanyadora en punts urbanitzables.

La implementació d'una microxarxa, en que la font de producció d'energia principal provingui d'una font renovable i propera, assegura la reducció d'energia provinent de la xarxa elèctrica i, per tant, de les fàbriques de combustible fòssils. La implementació d'un sistema de bateries i de diverses estratègies energètiques reafirma aquesta reducció.

Per a acabar amb aquest aparat, existeix la necessitat de justificar la connexió a la xarxa de distribució en punts urbanitzables quan la producció del generador fotovoltaic i el sistema de bateries no puguin suplir les necessitats bàsiques de l'organització.

El motiu per a restar connectat a la xarxa és per la necessitat d'un segon sistema de generació d'energia. L'ideal seria l'ús d'energia eòlica, però un generador eòlic prop d'una zona urbanitzable té molts riscos, fent que sigui impossible la seva instal·lació. Al no poder fer ús d'aquesta font renovable el lògic és pensar en un generador de combustibles fòssils, ja utilitzats en les fàbriques de la xarxa de distribució i, per tant, quedant justificat el consum d'energia de la xarxa en determinades situacions.

### **3.2.2. Planificació energètica**

Abans d'implementar el Sistema de Gestió d'Energia (SGEn) caldrà dur a terme una Planificació Energètica per identificar totes aquelles activitats que afectin en l'ús i el consum d'energia de l'habitatge.

La forma més fàcil d'observar el consum d'energia elèctrica és mitjançant la facturació de la companyia distribuïdora, però sovint no és suficient per a determinar l'ús d'energia dels elements de l'habitatge. Per això, la instal·lació d'un monitor d'energia al quadre elèctric podrà identificar, amb més precisió, el consum dels electrodomèstics, registrant les dades de consum cada tants minuts a segons. A més, com les dades es guarden a la web del fabricant de l'aparell no caldrà preocupar-se per la pèrdua d'aquestes, a diferència de les proporcionades per la companyia elèctrica que tenen una duració de cinc anys.

Un altre punt a observar és el consum de la calefacció durant l'hivern i l'aire condicionat durant l'estiu, així com les fonts usades (esmentat anteriorment). A més, és important el coneixement de les propietats de transmissió tèrmiques de l'estructura i les finestres per determinar les pèrdues del sistema.

També cal considerar la variació en l'ús dels electrodomèstics depenent la temporada, ja que, per exemple, l'ús del calefactor per a la dutxa només és durant l'hivern i la utilització de la rentadora i l'assecadora també és més freqüent a l'hivern pel volum de la roba. A més, a l'estiu l'estenedor de roba agafa el de l'assecadora.

La finalitat és implementar un sistema de millora contínua, per aquest motiu, és necessari tenir i observar les dades de consum i ús de l'energia de cada mes per a determinar metes i objectius anuals que permetin millorar l'eficiència de l'edifici i els estalvis durant les diferents estacions de cada any. A més, una millora en l'estalvi de capital en un futur pot comportar una major inversió en millores del sistema.

Ja explicat anteriorment, consumir el mínim d'energia de la xarxa de distribució comporta un augment de l'eficiència energètica de l'edifici i una disminució d'emissió de gasos d'efecte hivernacle. Per tant, el fonament de la línia de base energètica serà la disminució del consum d'energia de la xarxa mensual de cada any, tenint com a magnitud kWh/mes, aconseguint, indirectament, una disminució de l'energia mensual, ja que la producció d'energia elèctrica provinent de les fotovoltaïques està limitada.

$$Disminució_{mes}(kWh) = Consum_{xarxa,mes,any-1} - Consum_{xarxa,mes,any} \quad (3.1)$$

També es important tenir en compte si surt rentable, des del punt de vista econòmic i ambiental, la substitució d'un sistema de calefacció combustíble per un d'elèctric, ja que suposarà una major inversió en el sistema fotovoltaic i d'emmagatzematge. Per a efectuar aquesta substitució caldrà avaluar la inversió i l'augment de consum d'energia elèctrica, per determinar el balanç econòmic i d'emissions de CO<sub>2</sub>.

La confecció d'una taula que compararà el consum mensual esperat de la xarxa elèctrica amb els reals (ambdós en kWh/mes) permetrà el càlcul dels indicadors de desenvolupament energètic (IDEn). Aquesta senzilla taula ajudarà en la visualització del desenvolupament energètic per als diferents mesos de l'any (Taula 3.1).

**Taula 3.1.** Document per a la millora dels indicadors de desenvolupament energètic (Font: Font pròpia)

Mes	Any	Consum Xarxa Esperat (kWh)	Consum Xarxa Real (kWh)	Millora IDEn
				Consum Xarxa Real – Consum Xarxa Esperat (kWh)

L'últim punt a tocar sobre la planificació energètica són els objectius i les metes energètiques a acomplir mitjançant l'elaboració de plans d'acció amb la finalitat de millorar l'ús, el consum i el desenvolupament energètic de l'habitatge.

Si hi ha alguna modificació serà per assolir un dels dos objectius: disminuir el consum de la xarxa elèctrica o obtenir un benefici econòmic mitjançant l'adquisició d'algun element, sempre i quan no sigui més ineficient en el cas de substituir-ne algun o que comporti una emissió de gasos major. Per exemple, en el cas de reemplaçar una caldera de gas natural per una elèctrica, caldrà veure si l'augment de consum elèctric suposa un benefici econòmic a la llarga i una disminució de l'emissió de CO<sub>2</sub>.

Tot això es durà a terme mitjançant l'aplicació de plans energètics dividits en mesures d'estalvi classificades en tecnològiques (adquisició d'equips més eficients), o operatives (aplicació d'estratègies energètiques). A més, depenent del tipus de mesura a aplicar requerirà d'una inversió econòmica inicial. Afegir que l'estalvi (tant econòmic com energètic) obtingut també pot variar.

Uns altres aspectes a tenir en compte a l'hora d'establir els objectius són:

- Requisits legals.
- Ús significatiu d'energia.
- Oportunitat de millora del desenvolupament energètic.
- Condició econòmica.
- Condició operacional.
- Condició comercial.
- Opcions tecnològiques.
- Opinions de les parts interessades.

Per a definir un pla energètic i assolir un objectiu és necessari identificar el problema. Aquí és on entra en joc el monitor d'energia prèviament mencionat. Aquest pot obtenir, amb bastanta precisió, la informació del consum d'energia cada dia de la setmana. Això permetrà establir un paràmetre amb els hàbits de consum i realitzar una avaluació energètica dels aparells que reben aquesta energia.

Pel que respecta a la part econòmica, prèviament a la implementació, es durà a terme un estudi per estimar si la implementació té una repercussió econòmica positiva o negativa mitjançant un VAN, un TIR i un càlcul del Període de Retorn de la Inversió (PRI).

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \quad (3.2)$$

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} \quad (3.3)$$



$$PRI = AIARI + \frac{I - FEAAARI}{FEARI} \quad (3.4)$$

Seguidament, es detallarà el significat de les abreviacions per a entendre millor les variables del PRI:

- AIARI: Any Immediat Anterior en que es Recupera la Inversió
- I: Inversió inicial
- FEAAARI: Flux Efectiu Acumulat de l'Any Anterior en el que es Recupera la Inversió
- FEARI: Flux Efectiu de l'Any en que es Recupera la Inversió

La elaboració de la Taula 3.2 sorgeix amb tota aquesta informació per documentar i preparar un pla energètic.

**Taula 3.2.** Document per a preparar un pla energètic (Font: Font pròpia)

	nº	
<b>Idea</b>	Objectiu	
	Tipus de mesura (tecnològica / operativa)	
	Descripció de la mesura	
<b>Avaluació tècnica i econòmica</b>	Inversió estimada	
	Estalvi energètic estimat	
	Estalvi econòmic estimat	
	VAN	
	TIR	
	PRI	
<b>Implementació</b>	Persona responsable	
	Termini	

**Taula 3.2.** Document per a preparar un pla energètic (Font: Font pròpia) (Continuació)

<b>Resultats</b>	Inversió real	
	Estalvi energètic real	
	Estalvi econòmic real	

### 3.2.3. Implementació i operació

Finalitzada l'etapa de la planificació energètica, arriba el moment de posar sobre la taula els resultats obtinguts i els plans d'acció elaborats per implementar-los al Sistema de Gestió d'Energia.

Per a que aquesta etapa sigui un èxit és necessari que els residents de l'habitatge aprenguin a identificar els usos significatius d'energia provinents dels seus hàbits. És important que aquests siguin conformes amb la política energètica i els requisits del SGEN i, a més, que tinguin clara la seva funció dintre del sistema. També han de conèixer els beneficis que implica la millora del desenvolupament energètic i l'impacte de les seves activitats.

No serà necessari la comunicació a membres externs de l'habitatge sobre la política energètica implementada, però serà important la notificació entre membres interns dels possibles canvis a efectuar per millorar el sistema. Una bona forma de mantenir una bona comunicació és tenint la documentació al núvol (internet), solucionant, d'aquesta forma, tot allò relacionat amb l'accés, l'aprovació, l'actualització i la revisió dels arxius del SGEN i de les seves modificacions.

Un cop identificades les activitats relacionades amb els usos significatius d'energia (identificades bastant fàcilment amb el monitor d'energia), caldrà una planificació del seu funcionament adaptant-les als hàbits dels afectats. També caldrà definir unes pautes de manteniment periòdiques per a que el rendiment energètic no disminueixi.

A més, serà necessari valorar la introducció de nous elements al sistema que tinguin un impacte en el consum del sistema. També caldrà considerar el disseny o la renovació de noves instal·lacions que afectin al desenvolupament energètic.

### 3.2.4. Verificació

Tenint el SGEN implementat, requerirà comprovar que els objectius i metes proposades es compleixen. El seu compliment és fàcil d'observar gràcies al monitor d'energia, que permet un seguiment i mesura en

temps real. Dit això, donant un cop d'ull a les gràfiques del consum d'energia de forma setmanal, permetrà monitoritzar el consum energètic real setmanal i identificar els resultats no desitjats.

En el cas de trobar alguna anomalia en el sistema, els usuaris intentaran determinar la causa per anticipar una correcció que estigui al seu abast. En cas de no identificar-la o no poder aplicar una correcció, requerirà l'ajuda de l'instal·lador del sistema o d'un expert en la matèria.

Finalment, caldrà la documentació de la observació setmanal que haurà de tenir un registre del manteniment, la persona que ha realitzat el manteniment, les incidències produïdes durant el temps entre cada manteniment i la solució implementada per a la correcció d'aquesta.

**Taula 3.3.** Registre de manteniment (Font: Font pròpia)

<b>Data</b>	<b>Observador</b>	<b>Incidència</b>	<b>Acció implementada</b>

### 3.2.5. Revisió

El manteniment setmanal esmentat anteriorment ajudarà a comprovar que realment hi ha una millora contínua en la gestió d'energia, però on realment veuran els resultats serà al realitzar una avaluació anual respecte l'any anterior.

A més, aquesta avaluació anual també vol revisar tots els factors que engloben el Sistema de Gestió de l'Energia (Política Energètica, Indicadors de Desenvolupament Energètic, Requisits Legals, etc) per analitzar-ne l'eficàcia i establir, en cas de ser necessari, unes determinades accions relacionades amb:

- Canvis de la Política Energètica, metes o objectius.
- Canvis en els Indicadors de Desenvolupament Energètic.
- Millora dels procediments del SGEN.

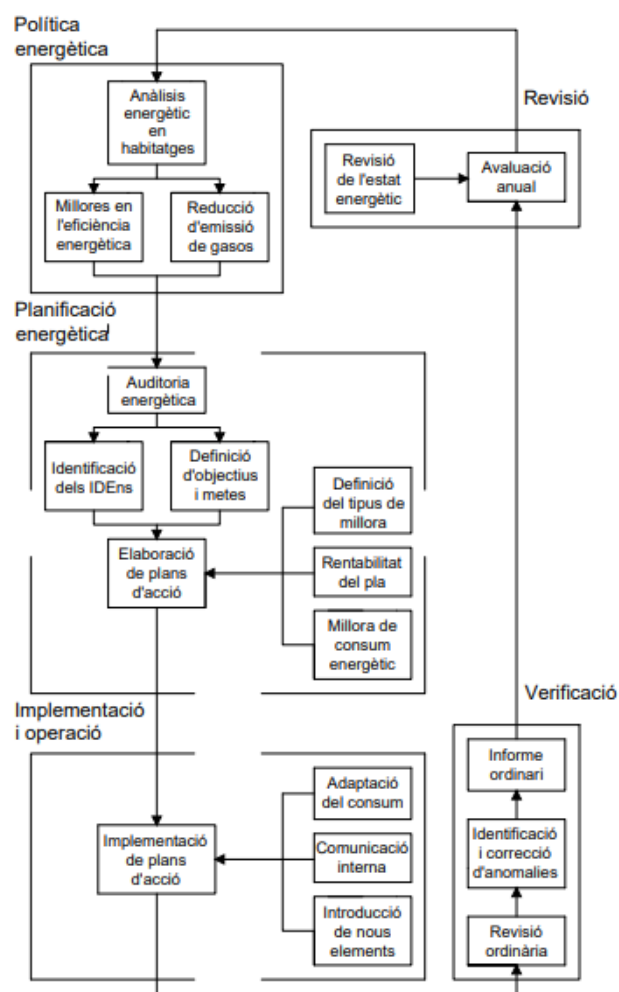
Finalment, s'anotaran a la Taula 3.4 tots els resultats de la revisió per a que en quedi constància i que pugui servir per a les següents revisions per observar que es compleixen les millores proposades.

**Taula 3.4.** Document de resultats i propostes de millora (Font: Font pròpia)

Any	Resultats esperats	Resultats reals	Propostes de millora

### 3.2.6. Diagrama de l'algoritme de la ISO 50001

Els diferents elements que conformen la ISO 50001 permeten confeccionar un algoritme seguint el concepte del cicle de millora continua.

**Figura 3.2.** Algoritme de la ISO 50001 (Font: Font pròpia)

### 3.3. Disseny de la microxarxa híbrida

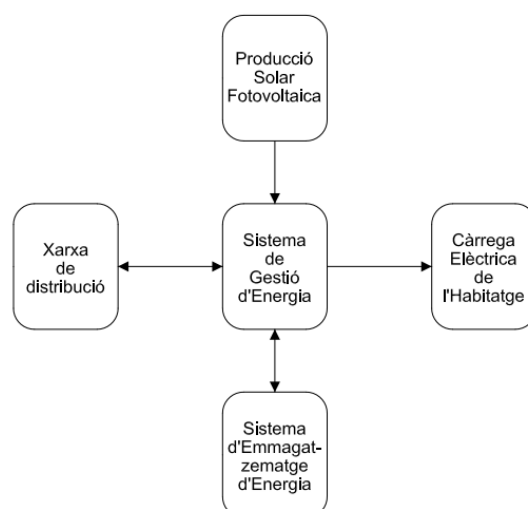
El concepte de la microxarxa híbrida intel·ligent descrita a la introducció del projecte. La font d'energia principal serà per producció solar fotovoltaica, per la localització geogràfica de la residència. Aquesta es dimensionarà tenint en compte que es poden produir excessos, podent-los emmagatzemar en un sistema de bateries. A més, com l'habitatge està situat al casc urbà, es comptarà amb el suport de la xarxa elèctrica general en cas de necessitat d'un extra d'energia.

El concepte de la microxarxa híbrida intel·ligent descrita a la introducció del projecte servirà per complir amb els objectius del sistema de millora continua de la ISO 50001. La font d'energia principal serà per producció solar fotovoltaica, per la localització geogràfica de la residència, dimensionant-la tenint en compte els possibles excessos, podent-los emmagatzemar en un sistema de bateries. A més, com l'habitatge està situat al casc urbà, la xarxa elèctrica general actuarà de suport en cas de necessitat d'un extra d'energia.

És cert que, com a suport, podria haver un sistema de generació auxiliar per desconectar l'habitatge de la xarxa general i optar per una microxarxa aïllada, però el problema és escollir un sistema auxiliar. L'ideal seria un sistema de generació eòlic per utilitzar una segona font d'energia renovable, però (ja comentat en apartats anteriors) la residència està situada en la zona urbana resultant impossible. L'altra opció seria escollir un generador combustible, però la seva ineficàcia i el fet que suposa un extra en la inversió ho fan impossible. Es per això que en aquest cas serà la xarxa de distribució qui complirà amb el paper de font d'energia auxiliar.

Un cop seleccionats els sistemes energètics de la microxarxa, és moment de definir la direccionalitat d'aquests. Donat que el sistema de generació fotovoltaic només es dedicarà a generar energia, es considerarà com una font unidireccional, així com les càrregues de l'habitatge que només es dedicaran a rebre energia. En canvi, com el sistema d'emmagatzematge i la xarxa distribuïdora podran rebre o aportar energia es consideraran com fonts bidireccionals, les quals es podran gestionar fent ús d'interruptors controlats pel SGen.

Un cop seleccionats els sistemes energètics de la microxarxa, és moment de definir la direccionalitat d'aquests. Donat que el sistema de generació fotovoltaic només generarà energia, es considerarà com una font unidireccional, així com les càrregues de l'habitatge que només rebran energia. En canvi, com el sistema d'emmagatzematge i la xarxa distribuïdora podran rebre o aportar energia seran fonts bidireccionals gestionades utilitzant interruptors controlats pel SGen.



**Figura 3.3** Model de microxarxa híbrida escollida (Font: Font pròpia)

També s'ha de tenir en consideració el tipus de sistema de distribució depenent el corrent que utilitzen els diferents elements de la microxarxa. Atès que la generació d'energia solar i l'emmagatzemament seran de corrent continu i les càrregues i la xarxa de distribució elèctrica empraran corrent altern caldrà dissenyar la microxarxa per a un sistema de distribució mixt.

### 3.4. Disseny de la instal·lació solar fotovoltaica

Ja comentat anteriorment, caldrà canviar l'actual sistema energètic en el qual hi predominen els combustibles fòssils, causants de la gran part d'emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera. Per evitar els pronòstics i, al mateix temps, una crisi energètica el que predomina és la substitució dels sistemes de fonts combustibles per sistemes amb fonts renovables. És per això que cal considerar la concepció d'aquesta microxarxa híbrida amb un sistema de producció fotovoltaic i emmagatzematge de bateries, ja que cada cop són menys les restriccions en el recurs solar fent-lo més accessible.

La finalitat del disseny de la instal·lació solar fotovoltaica a dissenyar, per a aquest cas, és per a un habitatge unifamiliar. Amb aquesta instal·lació i un sistema d'emmagatzematge d'energia s'entrarà al joc de l'autoconsum, un joc amb unes regles ja explicades en l'apartat de normativa. L'objectiu és reduir la petjada ecològica i aconseguir un estalvi econòmic en la factura de la llum.

Aquest apartat documentarà el procés de disseny d'una instal·lació solar fotovoltaica (passant pels factors que intervenen alhora d'aconseguir energia de la llum solar, els elements que conformen la instal·lació i

el seu dimensionament) els elements que la protegeixen, el seu dimensionament i el càlcul de la generació energètica prevista del sistema fotovoltaic.

### 3.4.1. Geometria solar

El primer pas a realitzar en el càlcul del sistema de generació solar fotovoltaica és determinar la geometria solar i la seva caracterització corresponent a la ubicació de la instal·lació. Però abans d'això, cal definir un seguit de paràmetres que intervenen en la geometria solar:

- **Latitud ( $\phi$ ):** Localització angular d'un punt de la Terra respecte la línia d'equador. Vindrà definida per la ubicació de l'habitatge.
- **Longitud ( $\lambda$ ):** Localització angular d'un punt de la Terra respecte la línia del Meridià de Greenwich, tenint en compte un angle de  $180^\circ$  positiu fins l'Est i negatiu fins l'Oest.

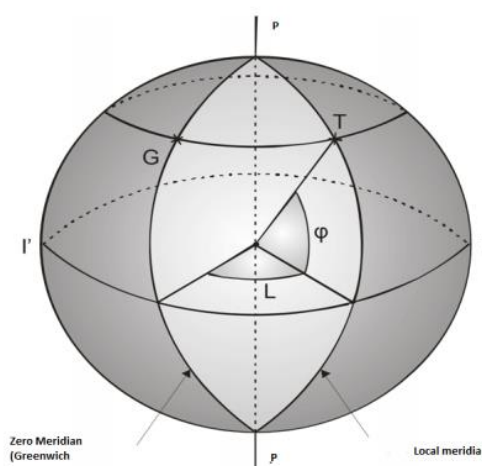


Figura 3.4. Conceptes de longitud i latitud (Font: Labri [47])

- **Declinació Solar ( $\delta$ ):** Angle entre els raigs solars del Sol i el pla de l'Equador de la Terra, el qual varia per a un angle fins a  $\pm 23,45^\circ$ . Aquest va variant segons el dia de l'any ( $n$ ), arribant al seu màxim valor ( $23,45^\circ$ ) el 21 de juny (solstici d'estiu) i al seu valor mínim ( $-23,45^\circ$ ) el 20 de desembre (solstici d'hivern).

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[ \frac{360 \cdot (284 + n)}{365} \right] \quad (3.5)$$

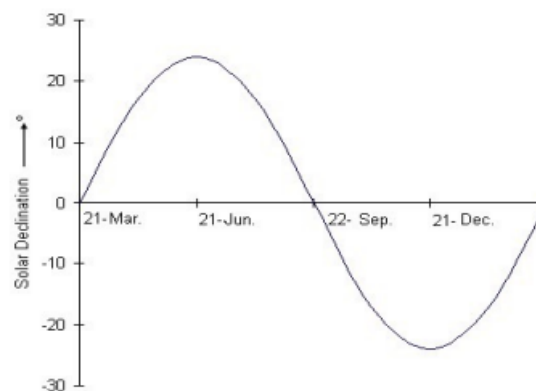


Figura 3.5. Angle de declinació solar en un any (Font: Labri [47])

- **Inclinació ( $\beta$ ):** Angle que forma la superfície de les plaques fotovoltaïques amb l'horitzontal del terra, definit a partir del càlcul entre l'angle de la superfície de les plaques i el suport que les sosté.

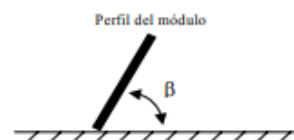


Figura 3.6. Angle d'inclinació (Font: Document Bàsic HE 5 [17])

- **Angle horari ( $\omega$ ):** Angle que forma el Sol en el seu desplaçament d'Est a Oest respecte al meridià local. Donat que el dia té 24 hores i la Terra és una esfera que té  $360^\circ$ , la variació angular per hora és de  $15^\circ$ . A més, el valor  $0^\circ$  queda definit a les 12:00 hores del migdia, els valors del matí com a negatius i els de la tarda com a positius. També caldrà considerar que aquest compta amb dos angles clau, un dels quals és l'angle de sortida del Sol ( $\omega_s$ ) amb signe negatiu i l'altre el de posta ( $\omega_d$ ) amb signe positiu.

$$\omega_d = \cos^{-1}[-\tan(\phi) \cdot \tan(\delta)] = -\omega_s \quad (3.6)$$

- **Angle d'incidència ( $\theta$ ):** Angle entre la normal de normal de la superfície de les plaques i la radiació directa del Sol respecte a aquesta.
- **Angle zenit ( $\theta_z$ ):** Angle entre la vertical i la línia que descriu la incidència del Sol. Aquest equival a l'angle d'incidència de la radiació directa sobre el pla horitzontal, i és complementari de l'angle solar ( $\alpha_s$ ). A més, varia depenent el moment de l'any, amb un valor més baix a l'estiu respecte a l'hivern.



$$\theta_z = \cos^{-1}[\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\omega) + \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta)] \quad (3.7)$$

- **Azimut de la superfície ( $\gamma$ ):** Angle entre la projecció de la normal en el pla horitzontal de la superfície que formen les plaques solars i el Sud, agafat com a positiu si la normal és a l'Oest del Sud (sortida del Sol) i negatiu si és a l'Est (Posta del Sol).

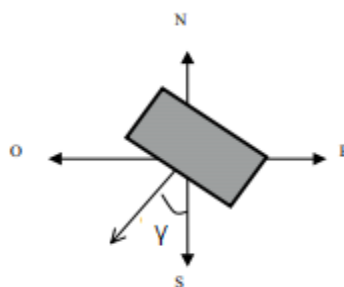


Figura 3.7. Angle de l'azimut de la superfície (Font: Document Bàsic HE 5 [17])

- **Azimut solar ( $\gamma_s$ ):** Angle entre la projecció de la radiació directa sobre el pla horitzontal i el Sud, agafat com a positiu si la normal és a l'Oest del Sud (sortida del Sol) i negatiu si és a l'Est (Posta del Sol). És la direcció horitzontal sobre la que està el Sol.

$$\gamma_s = \text{signe}(\omega) \cdot \left| \cos^{-1} \frac{|\cos(\theta_z) \cdot \sin(\varphi) - \sin(\delta)|}{\sin(\theta_z) \cdot \cos(\varphi)} \right| \quad (3.8)$$

- **Alçada solar ( $\alpha_s$ ):** Angle entre l'horitzontal i la línia del Sol. Aquest és complementari a l'angle zenit.

$$\alpha_s = 90^\circ - \theta_z \quad (3.9)$$

Un cops definits i coneguts els paràmetres que afecten a la geometria solar, es procedirà a calcular-la. Un punt important abans d'efectuar el primer càlcul (la declinació diària) és definir com centrar l'estudi. La microxarxa vol intentar aconseguir suplir la demanda d'energia elèctrica, per això, caldrà aplicar els càlculs per al cas més desfavorable, el dia 21 de desembre (Solstici d'hivern) i corresponent al dia 355 de l'any ( $n = 355$ ), i per al cas més favorable, el dia 21 de juny (Solstici d'estiu) i corresponent al dia 172 de l'any ( $n = 172$ ), amb la finalitat de realitzar una comparativa de la trajectòria solar.

La declinació diària permetrà determinar els valors de l'angle de la sortida i la posta de Sol. A posteriori, caldrà calcular l'angle zenit ( $\theta_z$ ), l'azimut solar ( $\gamma_s$ ), l'alçada solar ( $\alpha_s$ ) i l'angle d'incidència ( $\theta$ ) per a cada un

dels angles horaris designats pel vector  $\omega$  (vector el qual defineix intervals d'una hora entre la sortida i la posta de Sol).

### 3.4.2. Plaques solars fotovoltaïques

Un cop dimensionada la superfície útil, la radiació solar i les pèrdues per ombres toca elegir unes plaques fotovoltaïques per a la generació d'energia, les quals generaran electricitat a partir de reaccions químiques. D'entre el tipus de plaques destaquen: les monocristal·lines de silici, les més usades per a l'autoconsum degut al seu rendiment, però també solen ser les més cares; les policristal·lines també de silici i les *Thin-Film Transistor (TFT)*. A més, és molt important considerar que les policristal·lines funcionen millor sota climes càlids.

Els panells solars tenen característiques definides per la companyia fabricant i d'altres característiques estàndard o universals, definides per normativa. Segons el Document Bàsic HE 5 del CTE les condicions estàndard són:

- Irradiància 1000 W/m<sup>2</sup>;
- Distribució espectral AM 1,5 G;
- Incidència normal;
- Temperatura de la cèl·lula 25 °C.

El següent a identificar són les principals característiques, situades en la fitxa tècnica i dependents del model de la placa. Entre aquestes hi ha les condicions operatives de funcionament estàndard i les condicions del punt de màxima potència (*Maximum Power Point* o *MPP*). Els paràmetres localitzats a la fitxa tècnica són:

- Potència nominal ( $P_N$ ): potència de la placa en la que té el millor rendiment.
- Potència màxima ( $P_{MAX}$ ): potència màxima de generació de la placa, en general un 5% superior de la potència nominal.
- Voltatge a màxima potència ( $V_{MPP}$ ): voltatge presentat a la potència de màxim rendiment.
- Voltatge en circuit obert ( $V_{OC}$ ): màxim voltatge d'entrega de la placa en circuit obert.
- Intensitat a màxima potència ( $I_{MPP}$ ): intensitat presentada a la potència de màxim rendiment.
- Intensitat en curtcircuit ( $I_{SC}$ ): màxima intensitat d'entrega de la placa en condicions de curtcircuit.
- Rendiment ( $\eta$ ): relació entre l'energia d'entrada i de sortida de la placa.
- Coeficients de temperatura ( $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ ): paràmetres constants utilitzats en el càlcul de tensió, intensitat i potència per a condicions de temperatura diferents a les estàndard.

Totes aquestes característiques ajudaran amb el dimensionament del camp fotovoltaic format per les plaques, tenint en compte les característiques de funcionament de l'ondulador. Les característiques d'aquest últim fan necessària la divisió de les plaques en sèrie i paral·lel.

Però abans, caldrà quantificar el nombre inicial de les plaques a implementar. El càlcul d'aquest valor mitjançant una relació entre la superfície de cada placa i la superfície útil. Al ser un habitatge unifamiliar amb una teulada de dues aigües, caldrà calcular quantes files pot suportar cada meitat de la teulada (vist des de l'horitzontal de la canal de la teulada). També serà necessari tenir en compte una distància de separació entre cada fila, per a que, en cas de necessitar un manteniment, fer-lo més fàcil. Pel que respecta al nombre de columnes, serà necessari calcular quantes columnes de plaques poden entrar a l'horitzontal de la teulada. Recordar que la superfície útil determinarà els valors de la vertical i de l'horitzontal de la teulada.

$$n_{\text{plaques, fila}} = \frac{y_{\text{superfície útil}} - y_{\text{separació}}}{y_{\text{placa}}} \quad (3.10)$$

$$n_{\text{plaques, columna}} = \frac{x_{\text{superfície útil}} - x_{\text{separació}}}{x_{\text{placa}}} \quad (3.11)$$

A més, és important tenir en ment els canvis que comporten en la sortida de les plaques la temperatura a condicions diferents a les estàndard. Caldrà calcular aquestes variacions mitjançant els coeficients de temperatura.

$$I(T) = I_{MPP} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_{STC})] \quad (3.12)$$

$$V(T) = V_{MPP} \cdot [1 + \beta \cdot (T - T_{STC})] \quad (3.13)$$

$$P(T) = P_N \cdot [1 + \gamma \cdot (T - T_{STC})] \quad (3.14)$$

Una dada curiosa sobre aquestes constants és que mentre que el coeficient de la potència i el de la tensió són negatius (a major temperatura, menor tensió i potència), el del corrent és positiu (a major temperatura, major corrent), degut a les propietats de conductivitat del silici de les plaques.

### 3.4.3. Ubicació de les plaques solars i pèrdues per la projecció d'ombres

Un cop calculats tots els paràmetres de l'apartat anterior per a cada un dels intervals de  $\omega$  i feta la comparativa, el següent pas serà determinar la ubicació òptima de les plaques fotovoltaïques amb l'ajuda dels valors de les trajectòries solars prèviament obtingudes. Aquesta és, possiblement, una de les parts

més importants alhora de dimensionar una instal·lació solar, ja que una mala ubicació i una inclinació incorrecta de les plaques pot provocar una gran quantitat de pèrdues.

El primer a fer és determinar els punts d'estudi on col·locar les plaques. Cada punt d'estudi tindrà una altura determinada respecte el sòl. Aquests punts d'estudi determinaran les ombres properes, formades pels diferents elements de l'estructura que envolten els panells solars, i les ombres produïdes pels mateixos panells.

La projecció de les ombres properes vindrà determinada per l'altura dels diferents punts d'estudi ( $h$ ) i les diferents altures solars ( $\alpha_x$ ), que vindran determinades pels angles horaris ( $\omega_x$ ) amb uns valors d'irradiància solar útil.

$$d_x = \frac{h}{\tan(\alpha_x)} \quad (3.15)$$

Conegudes aquestes distàncies de projecció, és el moment d'obtenir, mitjançant un programa, la projecció de les ombres sobre la possible superfície on col·locar les plaques en el cas més desfavorable (solstici d'hivern). Per aconseguir la superfície útil en funció de l'angle horari ( $\omega_x$ ) i una superfície útil aproximada en el cas més desfavorable. Aquesta superfície útil s'obtindrà a partir de la zona exempta d'ombres, que es podrà observar a partir de la suma de totes les projeccions d'ombres calculades en Autocad, i utilitzar-la en el càlcul del nombre de plaques comentat en l'apartat anterior.

#### 3.4.4. Comprovació pel mètode del cte

Un cop calculades la projecció de les ombres properes i la corresponent superfície útil, el següent és determinar la projecció d'aquestes mitjançant el criteri del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE, Document Bàsic HE 5). El primer pas és completar el diagrama de trajectòries solar (Figura 3.7), mitjançant l'anàlisi dels anteriors punts d'estudi sobre uns nous punts de referència a partir del càlcul del azimuth de l'angle que tingui la tangent de l'eix y respecte l'eix x des del punt de referència de cada punt d'estudi i de l'elevació entre el punt de referència i cada punt d'estudi, per generar diferents gràfiques elevació-azimut i combinar-les i donar lloc a una gràfica elevació-azimut del cas més desfavorable, omplint la Figura 3.8.

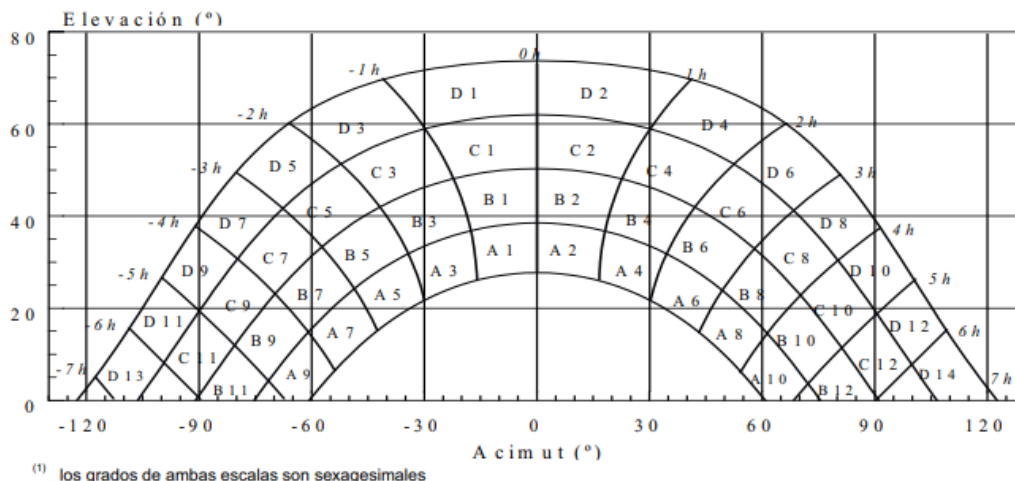


Figura 3.8. Diagrama de trajectòries solars (Font: Document Bàsic HE 5 [17])

El següent pas serà estimar les pèrdues produïdes per les ombres de la instal·lació per una de les taules del Document Bàsic HE 5. Amb aquesta taula i tenint en consideració les porcions ombrejades del diagrama calculades, caldrà calcular les pèrdues de les ombres properes.

Per a determinar les ombres formades pels mateixos panells, primer caldrà definir la inclinació òptima d'aquests. La Figura 3.9 ho mostra i és vàlida per a una latitud de 41 °.

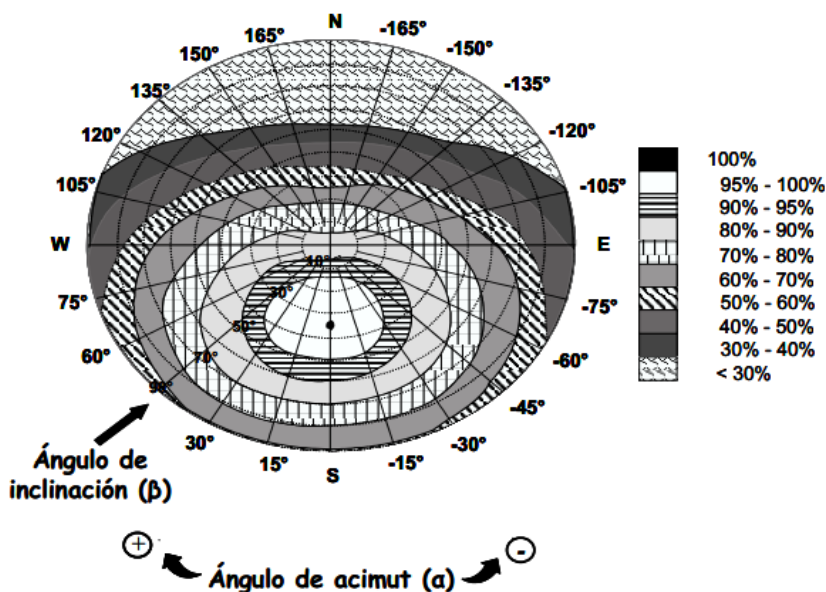


Figura 3.9. Percentatge d'energia respecte l'angle d'inclinació (Font: Document Bàsic HE 5 [17])

Un cop determinada aquesta inclinació és menester calcular el percentatge de pèrdues, depenent de la inclinació de les plaques, tenint en compte que el valor màxim d'aquest és de 5 ° i el màxim de 90 °

respecte el Sud geomètric. Recordar que en aquestes fórmules tant els valor de la inclinació ( $\beta$ ) com el de la latitud ( $\phi$ ) s'expressen en graus sexagesimals.

$$Pèrdues (\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \phi + 10^\circ)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \quad (3.16)$$

Per a  $15^\circ < \beta < 90^\circ$

$$Pèrdues (\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \phi + 10^\circ)^2] \quad (3.17)$$

Per a  $\beta \leq 15^\circ$

Determinades ambdós tipus de pèrdues, la taula de la Figura 3.10 del Document Bàsic HE 5 presentarà si la instal·lació compleix el límit de pèrdues establert.

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

Figura 3.10. Taula de pèrdues límit (Font: Document Bàsic HE 5 [17])

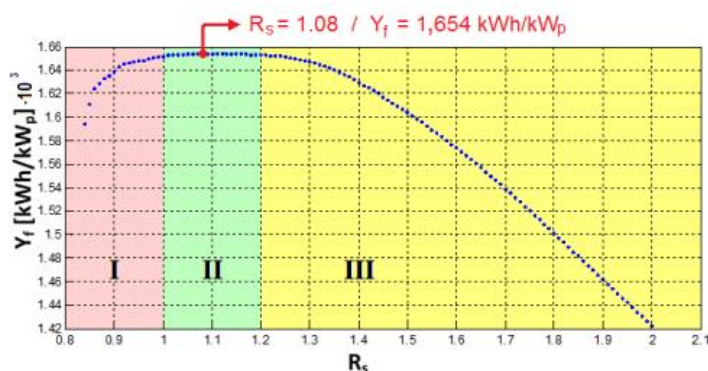
### 3.4.5. Ondulador híbrid

L'ondulador híbrid és un element important en la instal·lació solar fotovoltaica. Aquest transforma l'energia de corrent continu de les plaques en l'energia de corrent altern que usen les càrregues d'un habitatge unifamiliar. A més, el fabricant prepara i programa aquests tipus d'onduladors per al control de l'energia generada per les plaques fotovoltaïques, així com el control dels altres sistemes d'energia al mateix moment. Aquests onduladors també regulen els efectes negatius produïts durant les sobretensions en l'emmagatzematge d'energia en les bateries, d'entre els que destaquen:

1. Perdre una part de l'energia màxima teòrica proporcionada pel camp fotovoltaic, obtinguda de treballar en tensions més altes que les imposades per les bateries.
2. Sobrecarregar les bateries quan aquestes arribin al seu estat de plena càrrega. En aquest estat, les plaques fotovoltaïques no arribaran al seu màxim potencial que poden donar teòricament, fent que aquestes segueixin entregant energia a les bateries.

Per tant, l'ondulador híbrid és un element dissenyat expressament per a aquest tipus d'instal·lacions, el qual incorpora el programari necessari de control de fluxos de potència/energia d'acord a les necessitats de la microxarxa i la implementació d'estratègies energètiques.

Al seleccionar un ondulador híbrid, cal observar el valor pic de potència nominal en corrent altern. Aquest valor ve donat pel pic de potència més gran que pugui arribar a tenir el camp fotovoltaic. A partir d'aquest valor i el valor de la potència nominal en corrent alterna de l'inversor cal definir un paràmetre anomenat  $R_s$ . L'estudi de Xavier Camps et. al (*Applied Energy* 2015) afirma que el rang òptim  $R_s$  maximitza la producció energètica per unitat de potència instal·lada, anomenat paràmetre  $Y_f$  (kWh/kWp), es troba en un rang d'entre 1 i 1,2.



**Figura 3.11.** Paràmetre  $Y_f$  en funció del paràmetre  $R_s$  (Font: *Contribution to the PV-to-Inverter sizing ratio determination using a custom flexible experimental setup* per Xavier Camps, Guillermo Velasco, Jordi de la Hoz i Helena Martín [67])

Amb aquest paràmetre i la potència normal del camp fotovoltaic sota condicions *STC* la propera acció és calcular el rang de la potència nominal en corrent altern de l'ondulador, sota el qual escollir el model comercial situat dintre aquest rang.

$$P_{N, Ond AC} = \frac{P_{FV, STC} \cdot n_{total, plaques}}{R_s} = \frac{P_{FV, STC} \cdot n_{total, plaques}}{1 \div 1,2} \tag{3.18}$$

### 3.4.6. Camp fotovoltaic

Un cop seleccionat l'ondulador, per a controlar els nombres de tensió nominal i corrent nominal en l'ondulador caldrà calcular el nombre de plaques en sèrie de cada fila de mòduls. Per aconseguir controlar la tensió mínima i la tensió màxima en aquest. Aquí és on entren en joc els coeficients de temperatura, prèviament mencionats, que tindran un paper molt important en el càlcul del nombre de mòduls en sèrie i paral·lel, per la variació que provoca una temperatura diferent de les *STC* dels valors de la tensió i la intensitat.

$$N_{serie, min} = \frac{V_{Ond AC, min}}{V_{MPP, placa} (@70^\circ C)} \tag{3.19}$$

$$N_{serie,max} = \frac{V_{Ond AC,max}}{V_{OC,placa (@T_{min})}} \quad (3.20)$$

Pel que respecta al nombre de rames de plaques, el corrent de cada rama no podrà superar el corrent màxim de l'ondulador, a partir dels valors de la intensitat de curtcircuit de la placa, la màxima de l'ondulador i el valor del corrent sota condicions estàndards d'operació.

$$N_{rames,max} = \frac{I_{Ond AC,max}}{I_{MPP,placa}} \quad (3.21)$$

$$N_{rames,max} = \frac{I_{Ond AC,max}}{I_{STC,placa}} \quad (3.22)$$

Aquests valors obtindran el rang acceptable del nombre de plaques en sèrie i de rames del camp fotovoltaic. El següent pas serà determinar exactament els valors dels mòduls en sèrie i de rames, per obtenir la potència òptima instal·lada sota condicions *STC*, concretant-ho mitjançant el nombre màxim de plaques en paral·lel i utilitzant l'equació 3.23 per calcular el nombre de plaques en sèrie.

$$P_{FV,STC} = I_{MPP,STC} \cdot V_{MPP,STC} \cdot N_{moduls,serie} \cdot N_{moduls,rames} \quad (3.23)$$

Un cop fixats els mòduls en sèrie i les rames, el següent pas és fer una nova comprovació dels valors de tensió, corrent i potència en *STC* i a 10 °C de temperatura assegurant que el valor de la potència del camp fotovoltaic és menor que la potència màxima de l'ondulador i que el nou valor de potència del camp fotovoltaic està dins el rang de  $R_s$ .

### 3.4.7. Sistema d'emmagatzemament d'energia

L'emmagatzematge d'energia és el segon punt més important d'una microxarxa. Aquest sistema cobrirà les necessitats bàsiques de l'habitatge quan no hi hagi generació solar. A més, també donarà suport a la microxarxa quan la generació solar fotovoltaica no pugui cobrir la càrrega elèctrica de l'habitatge o per limitar el pic de consum de la xarxa de distribució.

Per dimensionar un sistema d'emmagatzemament d'energia per bateries, primer cal conèixer un seguit de característiques típiques de les bateries:

- Capacitat (C): la capacitat és un paràmetre expressat en A·h. A aquest paràmetre se'l coneix com la quantitat d'energia disponible capaç de retornar posteriorment a una càrrega completa, així com el corrent constant que pot entregar en l'estat de descàrrega. La capacitat



d'una bateria depèn de la intensitat de descàrrega, la temperatura i la concentració d'electròlit.

- Contant de *Peukert* ( $k$ ): capacitat d'una bateria en funció del nivell de descàrrega. Cada bateria té la seva pròpia constant a vegades especificada en les característiques de la bateria proporcionades pel proveïdor. En cas contrari el temps de descàrrega de la bateria per a dos intensitats de corrent diferents ajuda a determinar aquest valor.

$$n = \frac{\log(t_2/t_1)}{\log(I_{bat\ 1}/I_{bat\ 2})} \quad (3.24)$$

$$k = I_{bat\ 1}^n \cdot t_1 = I_{bat\ 2}^n \cdot t_2 \quad (3.25)$$

- Estat de la càrrega o *State Of Charge (SOC)*: aquest paràmetre expressa el nivell de càrrega d'una bateria elèctrica relatiu a la seva capacitat. S'expressa en tant per cent, i indica l'estat de càrrega de la bateria en ús.

$$SOC(t_x) = SOC(t_{x-1}) + \frac{I_{bat\ x}}{C_1} \cdot \left(\frac{I_{bat\ x}}{I_{bat\ 1}}\right)^{k-1} \cdot \Delta t \quad (3.26)$$

- Profunditat de descàrrega o *Depth Of Discharge (DOD)*: representa la fracció percentual de la capacitat extreta de la càrrega completa d'una bateria, i que té definit un valor màxim que representa la capacitat màxima de la bateria per extreure. És un paràmetre complementari a l'estat de càrrega, utilitzat per discutir sobre el temps de vida d'una bateria.
- Cicle de vida o *Cycle life*: aquesta característica és diferent a la definició de vida útil d'un objecte (s'expressa en anys). Els cicles de vida són el nombre de cicles estimats de càrrega i descàrrega d'una bateria.
- Rati d'autodescàrrega o *Self Discharge Rate (SDR)*: és una característica pareguda al *Stand by* de càrregues connectades a una xarxa. Aquest paràmetre (expressat en tant per cent) representa la pèrdua d'energia que pateixen les bateries pel simple fet de tenir energia acumulada.
- Temps de càrrega o *Charging Time*: tal i com el seu nom indica, aquest paràmetre (expressat en hores) defineix el temps que triga una bateria en passar d'un estat de descàrrega complet a un estat de càrrega complet.

- Temps de descàrrega o *Discharging Time*: és la contrapart del temps de càrrega. Aquest paràmetre defineix el temps que triga una bateria en passar d'un estat de càrrega complet a un estat de descàrrega complet.

Un cop definides les principals característiques de la bateries, és moment de relacionar-ne algunes. La primera és la capacitat de descàrrega de la bateria (C). Aquesta expressa una relació entre el corrent de descàrrega ( $I_{bat}$ ) i el temps de descàrrega d'aquesta (t).

$$C_{bat} = I_{bat} \cdot t \quad (3.27)$$

Però aquesta definició només serveix per a una única bateria. Per al cas d'un sistema d'emmagatzematge d'una microxarxa és necessari adequar l'expressió anterior. D'aquesta manera serà possible calcular el nombre de bateries necessàries per a cobrir les necessitats principals de l'habitatge.

Primer, caldrà determinar el valor màxim de tensió sota el qual treballarà el sistema d'emmagatzematge. Aquest valor vindrà determinat per valors múltiples de 2 en el qual solen treballar les bateries (6 V, 12 V, 24 V, etc) i pel tipus de càrregues a les quals estigui destinada l'energia. En el cas d'una microxarxa alimentant un habitatge unifamiliar, hi ha dos categories de càrregues a suplir en el dia a dia:

- Categoria primària: en aquest nivell cal tenir en compte les càrregues de consum baix (il·luminació, portàtils, nevera, congelador, electrodomèstics de consum menor, etc), les quals solen estar connectades o que al posar-se en funcionament el seu consum no suposa un consum elevat.
- Categoria secundària: en aquest es tindran en compte les càrregues amb un consum més elevat (rentadora, assecadora, etc), evitant connectar-les simultàniament per no augmentar la càrrega de l'habitatge.

Aquesta divisió és per donar un petit exemple del tipus de càrregues al qual treballarà el sistema de bateries. En posterior apartats, caldrà fer una classificació més exhaustiva per tenir una millor classificació en el SGEN.

Seguidament, és el moment de determinar el valor del rendiment de la instal·lació ( $\eta_T$ ), tenint en consideració un valor temporal que representarà l'autonomia de les bateries ( $t_{autonomia}$ ) calculant-lo a partir de les pèrdues amb major influència causades per l'autodescàrrega de les bateries ( $P_{auto}$ ), les pèrdues de la bateria ( $P_{bat}$ ), les pèrdues de l'ondulador híbrid ( $P_{ond}$ ) i les pèrdues en el cablejat ( $P_{cable}$ ).

$$\eta_T = [1 - (P_{bat} + P_{ond} + P_{cable})] \cdot \left[ 1 - \frac{P_{auto} \cdot t_{autonomia}}{DOD} \right] \quad (3.28)$$

Un cop determinats aquests valors de tensió i les pèrdues produïdes en el procés d'emmagatzematge, cal determinar la capacitat total per a cobrir les necessitats energètiques de l'habitatge ( $C_{\text{càrrega}}$ ) durant el pitjor mes de generació d'energia ( $E_{\text{hab}}$ ).

$$C_{\text{càrrega}} = \frac{E_{\text{hab}} \cdot t_{\text{auto}}}{\eta_T \cdot t_{\text{dies mes}} \cdot V_{\text{Ond nom}} \cdot \text{DOD}} \quad (3.29)$$

Un cop definit el valor de la capacitat a cobrir, és primordial determinar el nombre de bateries en sèrie i de rames, efectuat prèviament amb el camp fotovoltaic en el cas de les plaques fotovoltaïques.

La diferència en el valor d'elements en sèrie és que en el camp fotovoltaic es treballava amb els valors de corrent altern de l'ondulador, i en el sistema de bateries es treballa amb els valors de corrent continu. Sabent això, el nombre de bateries en sèries vindrà determinat per la següent equació:

$$N_{\text{sèrie}} = \frac{V_{\text{Ond CC nom}}}{V_{\text{bat nominal}}} \quad (3.30)$$

El nombre de rames de bateries vindrà fixat per la capacitat de càrrega calculada anteriorment i la capacitat de descàrrega de la bateria.

$$N_{\text{rames}} = \frac{C_{\text{càrrega}}}{C_{\text{bat}}} \quad (3.31)$$

Finalment, tenint el nombre de bateries en sèrie i de rames és necessari calcular el valor de càrrega de les bateries (tindrà que ser superior al valor de càrrega de l'habitatge), el valor de tensió de les bateries (menor al valor màxim de tensió de l'ondulador) i el valor del corrent de descàrrega de les bateries (menor al valor de corrent màxima de l'ondulador).

### 3.4.8. Sistema de distribució

El sistema de distribució fa referència a tot el conjunt de cablejat que conforma la instal·lació elèctrica encarregat de transportar als diferents elements de la microxarxa l'energia elèctrica.

Per realitzar el dimensionament dels conductors, cal diferenciar les diferents parts que conformen la instal·lació. Per començar, es troba el cablejat que connecta les diferents plaques del camp fotovoltaic. Seguidament, hi ha la caixa de connexions de corrent continua que comunica el camp solar amb l'ondulador. Per acabar, les connexions de l'ondulador amb el sistema de bateries i la caixa general de baixa tensió (CGBT). Afegir que la caixa de connexions s'utilitza per a posar els elements de protecció entre les altres connexions.

El Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT) regula la normativa del cablejat elèctric. En aquest Reglament hi ha la regulació aplicable per al dimensionament del cablejat, el tipus de cablejat i la canalització d'aquest cablejat. Aplicant algunes d'aquestes ITCs del REBT, existeixen les limitacions següents per dimensionar els conductors del cas que ocupa:

- La intensitat admissible serà superior al 125% de la corrent màxima del generador.
- La tensió entre el punt de connexió de la xarxa de distribució pública i el generador no podrà ser superior al 1,5% de la intensitat nominal.
- El cablejat en corrent contínua serà de coure. A més, la caiguda de tensió, tant en corrent contínua com alterna, no podrà ser superior al 1,5%, tal i com s'especifica en el document de la xarxa IDAE i en el REBT.

Seguint aquestes regles i mitjançant la normalització del cablejat segons el REBT, així com les característiques de les diferents seccions, cal dimensionar el sistema de distribució a partir de les divisions fetes en anterioritat i tenint constància del valor aproximat de la longitud de cada part del cablejat de la instal·lació.

#### 1) Cablejat del camp fotovoltaic a la caixa de connexions

El primer a dimensionar en el camp fotovoltaic és la secció de cada rama calculant-la tenint en compte l'increment del 25% de la intensitat admissible, anteriorment mencionada, el voltatge dels mòduls fotovoltaics en sèrie i el valor del 1,5% de la màxima caiguda de tensió admissible ( $e$ ), també citat abans, dividit entre el nombre total de rames.

$$I_{Rama} = 1,25 \cdot I_{MPP} \quad (3.32)$$

$$V_{Rama} = V_{FV} \cdot N_{moduls,serie} \quad (3.33)$$

$$S_{Rama} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{Rama} \cdot \rho_{Cu}}{V_{Rama} \cdot e / n_{rama}} \quad (3.34)$$

Un cop seleccionada la secció de cada rama a partir del càlcul realitzat i la normalització del cablejat segons el REBT, caldrà calcular el valor de la caiguda de tensió màxima admissible sigui inferior al 1,5% amb la nova secció.

$$e_{Rama} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{Rama} \cdot \rho_{Cu}}{V_{Rama} \cdot S'_{Rama}} \quad (3.35)$$

## 2) Cablejat entre la caixa de connexions i l'ondulador

El següent cablejat a determinar és el que s'encarrega de comunicar la caixa de comunicacions, a la qual arriben els cables de les rames del camp fotovoltaic amb l'ondulador, entre altres. En el càlcul d'aquest cablejat cal tenir en compte:

- La màxima caiguda de tensió admissible entre el generador i l'ondulador serà inferior al 1,5%. Això significa que la màxima caiguda de tensió admissible en aquest tram serà la diferència d'aquest 1,5% i la màxima caiguda de tensió d'una rama.

$$e_{caixa-ondulador} = 1,5 - e_{Rama} \quad (3.36)$$

- La corrent del cablejat entre la caixa de connexions i l'ondulador calculant-la mitjançant el nombre total de rames per la intensitat de curtcircuit dels panells. A més, caldrà tenir novament en compte l'increment del 25% per normativa.

$$I_{caixa-ondulador} = 1,25 \cdot I_{sc} \cdot N_{moduls,rames} \quad (3.37)$$

Determinats aquests valor i tenint en compte que el valor de la tensió és el mateix que en la secció del cablejat de les rames, cal determinar la secció del cablejat entre la caixa de connexions i l'ondulador, seleccionant el valor de la secció del cable segons la normalització i tornant a calcular el valor de la caiguda de tensió amb aquesta secció (tal i com s'ha fet amb anterioritat).

## 3) Cablejat entre l'ondulador i el CGBT

Tal i com s'ha fet en cada dimensionament, el primer per a determinar el valor de la secció del cablejat entre l'ondulador i el quadre general de baixa tensió és calcular la intensitat màxima admissible segons la normativa fent un càlcul a partir de la intensitat de corrent altern a la sortida de l'ondulador.

$$I_{Ond-CGBT} = 1,25 \cdot I_{Ond AC} \quad (3.38)$$

Seguidament, es pot procedir al càlcul de la secció tenint en compte que la tensió tindrà un valor de 230V i la caiguda de tensió màxima serà un 1,5%. La diferència entre aquest cas i els anteriors és el canvi que es produeix a la fórmula al tractar-se de corrent altern.

$$S_{Ond-CGBT} = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{Ond-CGBT} \cdot \rho_{Cu}}{V_{Ond-CGBT} \cdot e} \quad (3.39)$$

Per acabar, cal seleccionar un cablejat amb la secció normalitzada i comprovar que el valor de la caiguda de tensió màxima admissible és inferior al 1,5%.

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{Ond-CGBT} \cdot \rho_{Cu}}{V_{Ond-CGBT} \cdot S_{Ond-CGBT}} \quad (3.40)$$

#### 4) Cablejat entre l'ondulador i el sistema de bateries

Com ja va sent costum, per a dimensionar la secció entre el cablejat de l'ondulador i les bateries el primer cal mesurar la intensitat admissible d'aquest. En aquest cas, la intensitat haurà de ser el 25% de la intensitat de corrent continu a la sortida de l'ondulador, situada a la fitxa tècnica d'aquest.

$$I_{Ond-bat} = 1,25 \cdot I_{Ond\ CC} \quad (3.41)$$

Seguidament, cal determinar la secció del cablejat, tenint en compte que el valor de la tensió serà el de les bateries escollides i que la màxima caiguda de tensió serà del 1,5%.

$$S_{Ond-CGBT} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{Ond-bat} \cdot \rho_{Cu}}{V_{bat} \cdot e} \quad (3.42)$$

Determinada la secció del cablejat cal seleccionar-ne una per normativa i comprovar que no es sobrepassi el 1,5% de la caiguda de tensió.

Per acabar amb l'apartat del càlcul del sistema de distribució, cal comprovar que el valor de la intensitat corregida sigui superior a la intensitat calculada en els diferents casos exposats. Durant aquest càlcul caldrà considerar quatre paràmetres:

- Intensitat màxima admissible ( $I_{max}$ ): valor de la intensitat màxima del cablejat, definit per la ITC-BT-19.
- Factor de correcció per Temperatura Ambient ( $F_{TA}$ ): factor de correcció per a temperatures ambient diferents a 40 °C. Valors definits a la ITC-BT-06.
- Factor de correcció per Exposició Solar ( $F_{ES}$ ): factor de correcció a aplicar en zones en que l'exposició solar és molt forta. El valor serà de 0,9, o inferior, segons s'indica a la ITC-BT-06.
- Factor de correcció per Agrupació de Cables ( $F_{AC}$ ): factor de correcció per l'agrupació de varis cables en feix a l'aire. Valors especificats a la ITC-BT-06.

Un cop definits els valors de cada paràmetre cal realitzar el càlcul de la intensitat corregida i efectuar la comprovació amb la intensitat calculada.

$$I_{corregida} = I_{max} \cdot F_{TA} \cdot F_{ES} \cdot F_{AC} \quad (3.43)$$

### 3.4.9. Sistema de protecció

El sistema de protecció ve detallat a partir de l'article 14 del Reial Decret 1699/2.011, que és un compendi de diversos Reial Decrets relacionats amb aquest sistema. Aquest article defineix diferents elements de la instal·lació per a la protecció de les càrregues elèctriques i la salut de les persones. Per al reglament de l'habitatge cal seguir la normativa del REBT.

En aquest cas es requeriran els següents:

- Fusibles: element de protecció contra sobretensions o sobrecorrents en aparells elèctrics. En aquesta ocasió, els aparells més propensos a patir alguna d'aquestes dues situacions són els mòduls solars. Per tant, col·locar un fusible al final de cada branca.

El seu dimensionament s'efectuarà tenint en compte que la intensitat nominal del fusible ( $I_{N,Fus}$ ) sigui igual o superior a la intensitat d'una rama ( $I_{Rama}$ ) i igual o inferior a la màxima intensitat admissible del cable de cada rama ( $I_{Z,Rama}$ ).

$$I_{Rama} \leq I_{N,Fus} \leq I_{Z,Rama} \quad (3.44)$$

A més, caldrà comprovar, a partir de la taula del fabricant, el compliment de la condició de protecció contra sobrecàrregues on hi ha la intensitat de sobrecàrrega del fusible ( $I_s$ ), el coeficient de sobrecàrrega ( $C_{FF}$ ), el qual depèn de la intensitat nominal del fusible i acostuma a ser de 1,6, i la intensitat nominal del fusible ( $I_N$ ).

$$I_s \leq C_{FF} \cdot I_{N,Fus} \quad (3.45)$$

Seguint en la selecció de fusible, cal calcular el valor del corrent de la segona condició ( $I_2$ ) el qual és igual o inferior al 145% de la intensitat màxima admissible del conductor ( $I_{Z,Rama}$ ).

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_{Z,Rama} \quad (3.46)$$

Per acabar, cal comprovar que el valor calculat de  $I_s$  és inferior al de  $I_2$ . En cas de no complir-se aquesta condició caldrà tornar a calcular la secció del cable.

$$I_s \leq I_2 \quad (3.47)$$

- Interruptor seccionador: aquest element de protecció s'encarrega de separar mecànicament un sistema elèctric de la seva alimentació, per proporcionar aïllament elèctric amb l'objectiu de protegir les persones o eliminar una part avariada de la resta del circuit.

En aquest cas, cal escollir un seccionador per separar l'ondulador i el camp fotovoltaic en cas de ser necessari. El procés de càlcul de la intensitat nominal d'aquest serà similar al càlcul de la intensitat nominal dels fusibles.

$$I_{Caixa-Ondulador} \leq I_{N,Seccionador} \leq I_{Z,Caixa-Ondulador} \quad (3.48)$$

$$I_s \leq 1,45 \cdot I_{N,Seccionador} \quad (3.49)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_{Z,Caixa-Ondulador} \quad (3.50)$$

$$I_s \leq I_2 \quad (3.51)$$

- Interruptor general: element de tallada general que proporcioni l'aïllament descrit en el Reial Decret 614/2.001 sobre requisits mínims de protecció de la salut i la seguretat de les persones envers el risc elèctric. Aquest pot ser manual o automàtic i la diferència és que l'automàtic és accessible per la companyia elèctrica i el manual pel beneficiari.

Per norma general, aquest interruptor no cal modificar-lo, a no ser que les càrregues de l'habitatge hagin augmentat de forma significativa. De ser així cal tornar a calcular la nova intensitat d'aquest.

$$I_{N,IGA} \geq \frac{P_{max,hab}}{230} \quad (3.52)$$

- Interruptor automàtic diferencial: element de protecció a les persones d'accidents provocats pels contactes indirectes a causa de defectes, elements amb un determinat potencial o contra incendis provocats per un d'aquests contactes.

Per normativa, aquests tindran una sensibilitat màxima de 30 mA i el càlcul de la seva intensitat serà el mateix que en el cas de l'interruptor general.

- Interruptor magnetotèrmic: element de protecció contra sobretensions i curtcircuits, talla el pas de corrent elèctric degut a la seva estructura magnètica i tèrmica.
- Protecció de freqüència: aquest element de protecció està orientat a la connexió elèctrica amb la xarxa de distribució. Es responsabilitzarà que el valor màxim de freqüència sigui 50,5 Hz (amb una temporització màxima de 0,5 s) i el mínim de 48 Hz (amb una temporització màxima de 3 s), ja que el valor de freqüència de la xarxa de distribució pública es situa amb un valor de 50 Hz.



- Protecció de sobretensions: aquest element s'encarrega de la mateixa funció que la protecció de freqüència, però en aquest cas amb la tensió i també de que el valor de tensió no varïi un 15% (amb una temporització de 0,2 s per a un 15% superior i de 1,5 s per a un 10% superior o per un 15% inferior) respecte el valor nominal de la xarxa de distribució.

Tan la protecció de freqüència com la de sobretensions s'instal·laran a la sortida de l'ondulador que connecta amb la xarxa de distribució pública.

- Interruptor de control de potència: interruptor magnetotèrmic que té com a objectiu no superar un cert valor de potència.

Es aquesta ocasió cal instal·lar un ICP amb un valor del 130% de la intensitat en corrent continu de l'ondulador per protegir-lo de potències perjudicials per a aquest.

- Posta a terra: connexió entre superfícies conductores amb elèctrodes situats sota terra (punt sense energia elèctrica). Utilitzat per eliminar la diferència de potencial amb aparells elèctrics i el terra, protegint a la persona de contactes indirectes.

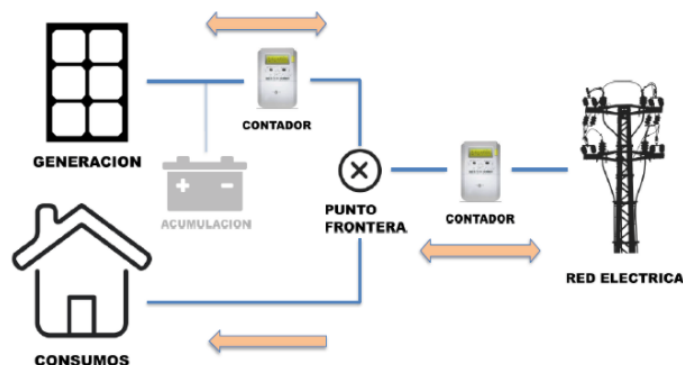
El seu dimensionament seguirà l'article 8 de la ITC-BT 40 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió definida la forma de la posta a terra i les seves característiques elèctriques a complir.

Per evitar l'actuació dels panells com a càrregues elèctriques (situacions puntuals) caldrà instal·lar díodes bypass en paral·lel als borns de cada panell aconseguint un pas alternatiu al corrent dels mòduls connectats en sèrie. A més, també caldrà connectar díodes de bloqueig al final de cada rama per evitar el pas de corrent entre rames.

### 3.4.10. Sistema de mesura

Com ja s'ha comentat anteriorment, la finalitat de la microxarxa dissenyada és lliurar l'excedent d'energia a la xarxa de distribució. Per calcular l'energia consumida i l'excedent caldrà un comptador bidireccional, que comptabilitzarà l'excedent d'energia lliurat a la xarxa.

Anterior al Reial Decret 244/2.019, les instal·lacions d'autoconsum amb excedent necessitaven d'un comptador bidireccional a la sortida de la instal·lació fotovoltaica, que comptabilitzava la generació d'energia i el consum d'aquesta, i un altre bidireccional en la frontera, el qual comptabilitzava tant la consumida com l'entregada a la xarxa. Actualment, és suficient amb un comptador bidireccional a la frontera en la xarxa de distribució.



**Figura 3.12.** Imatge d'una instal·lació d'autoconsum amb sistema d'emmagatzematge i bidireccionalitat a la xarxa de distribució anterior al RD 244/2.019 (Font: SolarBex)

Per tant, amb la nova normativa no caldrà la instal·lació d'un comptador elèctric, ja que, actualment, el comptador pertanyent a la companyia elèctrica ja compleix amb les condicions necessàries (bidireccionalitat, electrònic i amb lectura indirecta del consum). Això apareix a la factura de la llum i representa aproximadament uns 10 € anuals pel lloguer de l'aparell.

Tot l'anterior feia referència a la xarxa de distribució. Pel que respecta a la microxarxa, un ondulador híbrid és capaç de donar informació dels intercanvis d'energia produïts en aquest. Per tant, un cop l'ondulador s'instal·li no caldrà un sistema de mesura, ja que aquest enviarà la informació dels intercanvis als elements que la necessitin.

Això no significa que, en cas de tenir instal·lat el monitor d'energia, sigui completament inservible, ja que amb aquest es podrà fer una lectura ràpida del consum de l'habitatge en cas que l'ondulador híbrid tingui algun problema i una comparació de dades.

### 3.5. EMS de la microxarxa híbrida

Un punt molt important de la microxarxa és la implementació del sistema de gestió d'energia (també conegut com a *EMS* o *Energy Management System*), que administri l'energia d'aquesta per a parlar d'una microxarxa intel·ligent.

Aquest sistema s'implementarà mitjançant un algorisme a partir de càrregues energètiques i estratègies energètiques (explicades més endavant) per obtenir una part operativa, coneguda com a *hardware*, i una

part de control, coneguda com a software. Aquest *software* (o programa) s'encarregarà de tots els possibles fluxos que es puguin arribar a produir dintre la microxarxa.

El programa de la microxarxa es determina a partir de taules d'interconnexió i taules de fluxos de potència per concretar totes les possibles combinacions de fluxos de potència, les quals corresponen a un estat de la microxarxa. La determinació de tots aquests estats permetrà elaborar un diagrama d'estats que representarà les transicions de la microxarxa.

Per avaluar els diferents objectius de l'EMS s'ha classificat en tres nivells l'arquitectura d'aquest:

1. Nivell Operatiu: Decisions que necessiten una execució immediata. Aquestes estan directament relacionades amb el control dels inversors i dels interruptors que deixen el pas d'electricitat dels diferents blocs que conformen la microxarxa. En resum, és l'encarregat del control dels fluxos de potència i dels canvis energètics que es produeixen en els blocs (per exemple, connexió de la xarxa de distribució aportant energia).
2. Nivell Tàctic: Tracta les decisions amb una planificació a curt termini i correspon al primer en ser programat a l'EMS. La diferència entre aquest i l'operatiu és la funció. Mentre que l'operatiu tracta els canvis, aquest determina quan produir un canvi per a que el sistema funcioni correctament tractant limitacions del sistema (algunes estratègies de gestió com el *peak shaving*, el nivell crític de càrrega, el *spinning reserve*, etc).
3. Nivell Estratègic: Analitzarà les decisions que implementaran estratègies energètiques a llarg termini (a una hora o més) i asseguraran el subministrament energètic al menor cost possible. Estratègies com l'ús de la xarxa de distribució amb el mínim cost i el màxim guany econòmic, la variació climàtica relacionada amb el camp fotovoltaic, etc

### 3.5.1. Taules d'interconnexions i taules de fluxos de potència

Per determinar la taula d'interconnexions primer cal conèixer els elements de la microxarxa, detallats amb anterioritat i representats en la Figura 3.2. A més, cada element de la microxarxa pot tenir la funció de generar o consumir energia o ambdues. La Taula 3.5 mostra l'abreviació utilitzada per a cada un dels elements, així com la prioritat depenent la funció efectuada en la microxarxa (sent el número 1 la primera prioritat i 3 la última opció).

**Taula 3.5.** Abreviació dels elements de la microxarxa (Font: Font pròpia)

Element	Abreviació	Funció	
		Generador	Consumidor
Xarxa de Distribució	X	3	3
Solar Fotovoltaica	SF	1	No actua
Bateries	B	2	2
Càrregues de l'habitatge	C	No actua	1

El següent pas és saber el nombre de combinacions lògiques possibles en la taula d'interconnexions. Al comptar amb 4 elements, el nombre de combinacions possibles serà de 16. Alhora d'elaborar la taula cal saber quines de les combinacions presentades poden arribar a ser possibles i quines no. En el cas que es presenta a continuació, totes les combinacions possibles es produiran quan en una mateixa interconnexió es trobi com a mínim un element generador d'energia i un element consumidor d'energia. Sabent aquests punts es fabricarà la taula.

**Taula 3.6.** Taula d'interconnexió dels elements de la microxarxa (Font: Font pròpia)

Interconnexió	X	SF	B	C	Possible
A1	0	0	0	0	No
A2	0	0	0	1	No
A3	0	0	1	0	No
A4	0	0	1	1	Si
A5	0	1	0	0	No
A6	0	1	0	1	Si
A7	0	1	1	0	Si
A8	0	1	1	1	Si
A9	1	0	0	0	No
A10	1	0	0	1	Si
A11	1	0	1	0	Si
A12	1	0	1	1	Si
A13	1	1	0	0	Si
A14	1	1	0	1	Si
A15	1	1	1	0	Si
A16	1	1	1	1	Si

Tal i com es mostra a la Taula 3.6, totes les possibles connexions (amb fons blau) es produeixen quan la càrrega de l'habitatge necessita energia i té un o més elements que li puguin donar, o quan la bateria o la xarxa de distribució poden actuar de consumidors i rebre energia d'un element que es pugui comportar com a generador.

Mitjançant aquestes possibles combinacions trobades a la taula d'interconnexions caldrà determinar els diferents fluxos de potència tenint en compte que la càrrega de l'habitatge només pot actuar com a consumidor i el sistema fotovoltaic com a generador. Es per això que quan un sistema sigui generador

d'energia s'usarà el "-1", quan sigui consumidor el "1" i quan estigui sense energia o sense connexió el "0".

**Taula 3.7.** Taula dels fluxos de potència dels elements de la microxarxa (Font: Font pròpia)

Interconnexió	Flux de potència	X	SF	B	C	Possible
A4	B1	0	0	1	1	No
	B2	0	0	-1	1	Si
A6	B3	0	-1	0	1	Si
A7	B4	0	-1	1	0	Si
	B5	0	-1	-1	0	No
A8	B6	0	-1	1	1	Si
	B7	0	-1	-1	1	Si
A10	B8	1	0	0	1	No
	B9	-1	0	0	1	Si
A11	B10	1	0	1	0	No
	B11	1	0	-1	0	No
	B12	-1	0	1	0	No
	B13	-1	0	-1	0	No
A12	B14	1	0	1	1	No
	B15	1	0	-1	1	No
	B16	-1	0	1	1	No
	B17	-1	0	-1	1	Si
A13	B18	1	-1	0	0	Si
	B19	-1	-1	0	0	No
A14	B20	1	-1	0	1	Si
	B21	-1	-1	0	1	Si
A15	B22	1	-1	1	0	Si
	B23	1	-1	-1	0	No
	B24	-1	-1	1	0	No
	B25	-1	-1	-1	0	No
A16	B26	1	-1	1	1	Si
	B27	1	-1	-1	1	No
	B28	-1	-1	1	1	No
	B29	-1	-1	-1	1	Si

Lla Taula 3.7 extreu 13 possibles fluxos de potència (amb fons blau) seguint les següents normes:

1. La càrrega de l'habitatge podrà rebre energia d'un o més elements.
2. Les bateries i la xarxa de distribució només podran rebre energia procedent del sistema solar fotovoltaic.
3. La xarxa de distribució no podrà rebre energia de les bateries.

4. Les bateries no podran rebre energia de la xarxa de distribució.
5. Mínim d'un element consumidor i un generador.
6. El sistema solar fotovoltaic podrà donar energia a més d'un element.

### 3.5.2. Modelització per diagrama d'estats

El següent pas en el disseny de l'EMS és l'elaboració d'un diagrama d'estats, però per a això primer cal conèixer els estats disponibles. Aquí és on entra en joc la Taula 3.7. El primer pas per a determinar quins són els estats de la microxarxa és analitzar els possibles fluxos de potència, tenint en compte que alguns fluxos no poden estar a causa de situacions que es poden arribar a donar.

**Taula 3.8.** Selecció dels estats possibles (Font: Font pròpia)

Flux de potència	Situació	Possibilitat	Estat
B2	No hi ha producció solar fotovoltaica, però la càrrega de les bateries és suficient per alimentar la càrrega de l'habitatge sense la necessitat de la xarxa de distribució.	Aquesta és una situació possible durant les nits en un habitatge o amb dies en que la generació solar no sigui suficient.	C1
B3	La producció solar fotovoltaica alimenta la càrrega de l'habitatge.	És molt improbable que la càrrega de l'habitatge sigui exactament la que generi el sistema solar fotovoltaic, i més tenint en compte que el disseny d'aquest sistema considera tenir un excedent, per comptar amb el suport de les bateries quan no hi hagi producció o per a quan la producció no sigui la suficient.	No és un possible estat.
B4	La producció solar fotovoltaica alimenta només a les bateries.	Es pot donar el cas en que hi hagi una sobretensió i algun element del quadre elèctric de l'habitatge desactivi la recepció d'energia.	C2

**Taula 3.8.** Selecció dels estats possibles (Font: Font pròpia) (Continuació)

Flux de potència	Situació	Possibilitat	Estat
B6	La producció solar fotovoltaica alimenta la càrrega de l'habitatge i les bateries.	Aquesta és una situació que es pot donar, el disseny d'aquest sistema considera tenir un excedent per alimentar a les bateries en cas de no disposar de càrrega.	C3
B7	La càrrega de l'habitatge necessita de l'energia de la producció solar fotovoltaica i de l'energia de les bateries.	Es pot donar la situació en que la producció solar fotovoltaica no sigui suficient (el dia es troba avançat, per exemple) o que la càrrega de l'habitatge sigui superior a aquesta producció. En algun d'aquests casos, les bateries ajudaran a tenir l'energia suficient per suplir la demanda d'energia.	C4
B9	No hi ha producció solar fotovoltaica ni energia a les bateries.  La xarxa de distribució s'encarrega de suplir la demanda d'energia de la càrrega de l'habitatge.	Es pot donar la situació en que les condicions climàtiques no permetin la generació solar fotovoltaica i les bateries no es trobin carregades. En aquesta situació la xarxa de distribució s'encarregarà de suplir la demanda de la càrrega de l'habitatge.	C5
B17	No hi ha producció solar fotovoltaica.  La xarxa de distribució i les bateries s'encarreguen de suplir la demanda d'energia de la càrrega de l'habitatge.	Es pot donar la situació que la producció solar fotovoltaica no estigui disponible durant el dia o que, simplement, les bateries no siguin suficients per a suplir la càrrega de l'habitatge. En aquest cas es comptarà amb el suport de la xarxa de distribució.	C6
B18	La producció solar fotovoltaica alimenta només la xarxa de distribució.	Com en el flux de potència B4, és possible que la càrrega d'un habitatge no estigui disponible.	C7

Taula 3.8. Selecció dels estats possibles (Font: Font pròpia) (Continuació)

Flux de potència	Situació	Possibilitat	Estat
B20	La producció solar fotovoltaica alimenta la xarxa de distribució i la càrrega de l'habitatge.	Es pot arribar a donar el cas en que les bateries es trobin carregades. La diferència d'energia entre la producció solar fotovoltaica i la demanda de la càrrega de l'habitatge anirà a la xarxa de distribució.	C8
B21	La producció solar fotovoltaica i la xarxa de distribució alimenten la càrrega de l'habitatge.	Es pot donar el cas en que les bateries no disposin de càrrega, i la producció solar fotovoltaica no sigui suficient per a suplir la càrrega de l'habitatge. En aquest cas caldria el suport d'energia de la xarxa de distribució.	C9
B22	La producció solar fotovoltaica alimenta les bateries i la xarxa de distribució.  No hi ha càrrega a l'habitatge.	Anteriorment explicat, la càrrega de l'habitatge pot no trobar-se disponible. A més, les bateries tenen una capacitat de càrrega, pel que en determinades situacions l'excedent pot anar a la xarxa elèctrica.	C10
B26	La producció solar fotovoltaica alimenta la xarxa de distribució, les bateries i la càrrega de l'habitatge.	Situació en que la producció d'energia solar fotovoltaica sigui molt superior a la càrrega de l'habitatge i la capacitat de càrrega de les bateries. En aquest cas, l'excedent d'energia anirà a la xarxa de distribució.	C11
B29	La càrrega de l'habitatge necessita de la producció solar fotovoltaica, les bateries i la xarxa de distribució.	Situació en que la producció solar sigui baixa i la capacitat de les bateries no sigui suficient per a suportar la càrrega de l'habitatge. En aquest cas, caldrà la xarxa de distribució per a suplir la demanda d'energia.	C12



Un cop determinats i justificats els estats, cal determinar les transicions entre aquests. Abans d'això s'englobaran un seguit de situacions, dividides en situacions inicials d'estat i situacions que provoquen un canvi d'estat o transició, i les abreviacions que els hi pertoquen.

**Taula 3.9.** Taula d'abreviacions segons la situació de l'estat (Font: Font pròpia)

nº	Situació d'estat	Abreviació
1	Producció fotovoltaica a 0	$P_{FV} = 0$
2	Hi ha producció fotovoltaica	$P_{FV} > 0$
3	Consum de l'energia de la bateria	$P_{BAT} = -1$
4	Excedent carregant a la bateria	$P_{BAT} = 1$
5	Bateria completament carregada	SOC = 100%
6	Bateria sense càrrega disponible	SOC < 50%
7	Capacitat de càrrega de la bateria al màxim	$C_{BAT,CÀRREGA} = 1$
8	Capacitat de càrrega de la bateria menor a l'excedent	$C_{BAT,CÀRREGA} < 1$
9	Xarxa de distribució sense ús	$X = 0$
10	Consum d'energia de la xarxa de distribució	$X = -1$
11	Excedent d'energia a la xarxa de distribució	$X = 1$
12	Habitatge amb consum	$C = 1$
13	Habitatge sense consum	$C = 0$

**Taula 3.10.** Taula d'abreviacions segons la situació de transició (Font: Font pròpia)

nº	Situació de transició	Abreviació
1	Producció fotovoltaica insuficient	$P_{FV} < P_C$
2	Producció fotovoltaica suficient	$P_{FV} > P_C$
3	Disminució de la producció fotovoltaica	$P_{FV} \downarrow$
4	Disminució de la producció fotovoltaica a 0	$P_{FV} = 0$
5	Augment de la producció fotovoltaica	$P_{FV} \uparrow$
6	Bateria completament carregada	SOC = 100%
7	Bateria sense càrrega	SOC < 50%
8	Bateria amb càrrega disponible	$50\% < SOC \leq 100\%$
9	Capacitat de càrrega de la bateria al màxim	$C_{BAT,CÀRREGA} = 1$
10	Capacitat de càrrega de la bateria menor a l'excedent	$C_{BAT,CÀRREGA} < 1$
11	Capacitat de la bateria per sota de la càrrega de l'habitatge	$P_{BAT} < P_C$
12	Capacitat de la bateria per sobre de la càrrega de l'habitatge	$P_{BAT} > P_C$
13	Càrrega de l'habitatge per sobre del normal	$C \uparrow$
14	Disminució de la càrrega de l'habitatge	$C \downarrow$
15	Recuperació de la càrrega de l'habitatge	$C = Reset$
16	Pèrdua de la càrrega de l'habitatge	$C = Lose$

Tenint totes les situacions possible i les seves abreviatures, cal presentar les transicions a un altre estat amb les abreviatures prèviament exposades. La finalitat és enumerar les transicions per a que, al obtenir el diagrama d'estats, sigui més còmode d'entendre visualment.

Taula 3.11. Taula dels canvis d'estat i les seves transicions (Font: Font pròpia)

Estat inicial	Situació inicial d'estat	Estat final	Transició	Situació de transició
C1	$X = 0; P_{FV} = 0;$ $P_{BAT} = 1; C = 1$	C4	T1	$P_{FV} \uparrow$
		C5	T2	$SOC < 50\%$
		C6	T3	$C \uparrow$
C2	$X = 0; P_{FV} > 0;$ $P_{BAT} = -1; C = 0$	C3	T4	$C = Reset; P_{FV} > P_C$
		C4	T5	$C = Reset; P_{FV} < P_C; 50\% < SOC \leq 100\%$
		C7	T6	$SOC = 100\%$
		C10	T7	$P_{FV} \uparrow; C_{BAT,CÀRREGA} = 1$
C3	$X = 0; P_{FV} > 0;$ $P_{BAT} = 1; C = 1$	C2	T8	$C = Lose; C_{BAT,CÀRREGA} < 1$
		C4	T9	$C \uparrow; P_{FV} < P_C; 50\% < SOC \leq 100\%$
		C10	T10	$C = Lose; C_{BAT,CÀRREGA} = 1$
		C11	T11	$P_{FV} \uparrow \text{ o } C \downarrow$
C4	$X = 0; P_{FV} > 0;$ $P_{BAT} = -1; C = 1$	C1	T12	$P_{FV} = 0$
		C2	T13	$C = Lose; C_{BAT,CÀRREGA} < 1$
		C3	T14	$P_{FV} > P_C; C_{BAT,CÀRREGA} < 1$
		C6	T15	$P_{FV} = 0; P_{BAT} < P_C$
		C9	T16	$SOC < 50\%$
		C10	T17	$C = Lose; C_{BAT,CÀRREGA} = 1$
		C11	T18	$C \downarrow; C_{BAT,CÀRREGA} = 1$
		C12	T19	$P_{FV} < P_C; P_{BAT} < P_C; C \uparrow$
C5	$X = -1; P_{FV} = 0;$ $SOC < 50\%; C = 1$	C9	T20	$P_{FV} \uparrow; P_{FV} < P_C$
C6	$X = -1; P_{FV} = 0;$ $P_{BAT} = -1; C = 1$	C1	T21	$C \downarrow; P_{BAT} > P_C$
		C4	T22	$P_{FV} \uparrow; P_{FV} < P_C$
		C5	T23	$SOC < 50\%$
		C12	T24	$P_{FV} \uparrow; P_{FV} < P_C; P_{BAT} < P_C$
C7	$X = 1; P_{FV} > 0;$ $SOC = 100\%; C = 0$	C4	T25	$C = Reset; P_{FV} < P_C$
		C8	T26	$C = Reset; P_{FV} > P_C$
		C12	T27	$C = Reset; P_{FV} < P_C; P_{BAT} < P_C$
C8	$X = 1; P_{FV} > 0;$ $SOC = 100\%; C = 1$	C4	T28	$C \uparrow \text{ o } P_{FV} \downarrow; P_{FV} < P_C; P_{BAT} > P_C$
		C7	T29	$C = Lose$
		C12	T30	$C \uparrow \text{ o } P_{FV} \downarrow; P_{FV} < P_C; P_{BAT} < P_C$
C9	$X = -1; P_{FV} > 0;$ $SOC < 50\%; C = 1$	C2	T31	$C = Lose; C_{BAT,CÀRREGA} < 1$
		C3	T32	$C \downarrow \text{ o } P_{FV} \uparrow; P_{FV} > P_C; C_{BAT,CÀRREGA} < 1$
		C5	T33	$P_{FV} = 0$
		C10	T34	$C = Lose; C_{BAT,CÀRREGA} = 1$
		C11	T35	$C \downarrow \text{ o } P_{FV} \uparrow; P_{FV} > P_C; C_{BAT,CÀRREGA} = 1$

**Taula 3.11.** Taula dels canvis d'estat i les seves transicions (Font: Font pròpia) (Continuació)

Estat inicial	Situació inicial d'estat	Estat final	Transició	Situació de transició
C10	X = 1; P <sub>FV</sub> > 0; P <sub>BAT</sub> = 1; C = 0	C2	T36	P <sub>FV</sub> ↓; C <sub>BAT,CÀRREGA</sub> < 1
		C3	T37	C = Reset; C <sub>BAT,CÀRREGA</sub> < 1
		C4	T38	C = Reset; P <sub>FV</sub> < P <sub>C</sub> ; P <sub>BAT</sub> > P <sub>C</sub>
		C7	T39	SOC = 100%
		C11	T40	C = Lose
		C12	T41	C ↑ o P <sub>FV</sub> ↓; P <sub>FV</sub> < P <sub>C</sub> ; P <sub>BAT</sub> < P <sub>C</sub>
C11	X = 1; P <sub>FV</sub> > 0; P <sub>BAT</sub> = 1; C = 1	C3	T42	P <sub>FV</sub> ↓; C <sub>BAT,CÀRREGA</sub> < 1
		C4	T43	C ↑ o P <sub>FV</sub> ↓; P <sub>FV</sub> < P <sub>C</sub> ; P <sub>BAT</sub> > P <sub>C</sub>
		C8	T44	SOC = 100%
		C10	T45	C = Lose
		C12	T46	C ↑ o P <sub>FV</sub> ↓; P <sub>FV</sub> < P <sub>C</sub> ; P <sub>BAT</sub> < P <sub>C</sub>
C12	X = -1; P <sub>FV</sub> > 0; P <sub>BAT</sub> = -1; C = 1	C2	T47	C = Lose; C <sub>BAT,CÀRREGA</sub> < 1
		C3	T48	C ↓ o P <sub>FV</sub> ↑; P <sub>FV</sub> > P <sub>C</sub> ; C <sub>BAT,CÀRREGA</sub> < 1
		C4	T49	C ↓ o P <sub>FV</sub> ↑; P <sub>FV</sub> < P <sub>C</sub> ; P <sub>BAT</sub> > P <sub>C</sub>
		C6	T50	P <sub>FV</sub> = 0
		C9	T51	SOC < 50%
		C10	T52	C = Lose; C <sub>BAT,CÀRREGA</sub> = 1
		C11	T53	C ↓ o P <sub>FV</sub> ↑; P <sub>FV</sub> > P <sub>C</sub> ; C <sub>BAT,CÀRREGA</sub> = 1

Finalment, elaborar el diagrama de canvis d'estat de la microxarxa dissenyada amb la combinació de la Taula 3.8 i la Taula 3.11.

El procés per a entendre el diagrama d'estats mostrat en la Figura 3.11 és molt senzill. En el diagrama hi ha línies amb una fletxa i línies amb dues fletxes. Les línies amb una fletxa representen una direccionalitat, per exemple el sistema pot canviar de l'estat C9 al C3 però no al revés. Les línies amb dues fletxes representen dues direccionalitats, per exemple el sistema pot canviar de l'estat C4 al C11 i també pot canviar de l'estat C11 al C4 si es compleixen les condicions de la situació de transició exposades en la Taula 3.11.

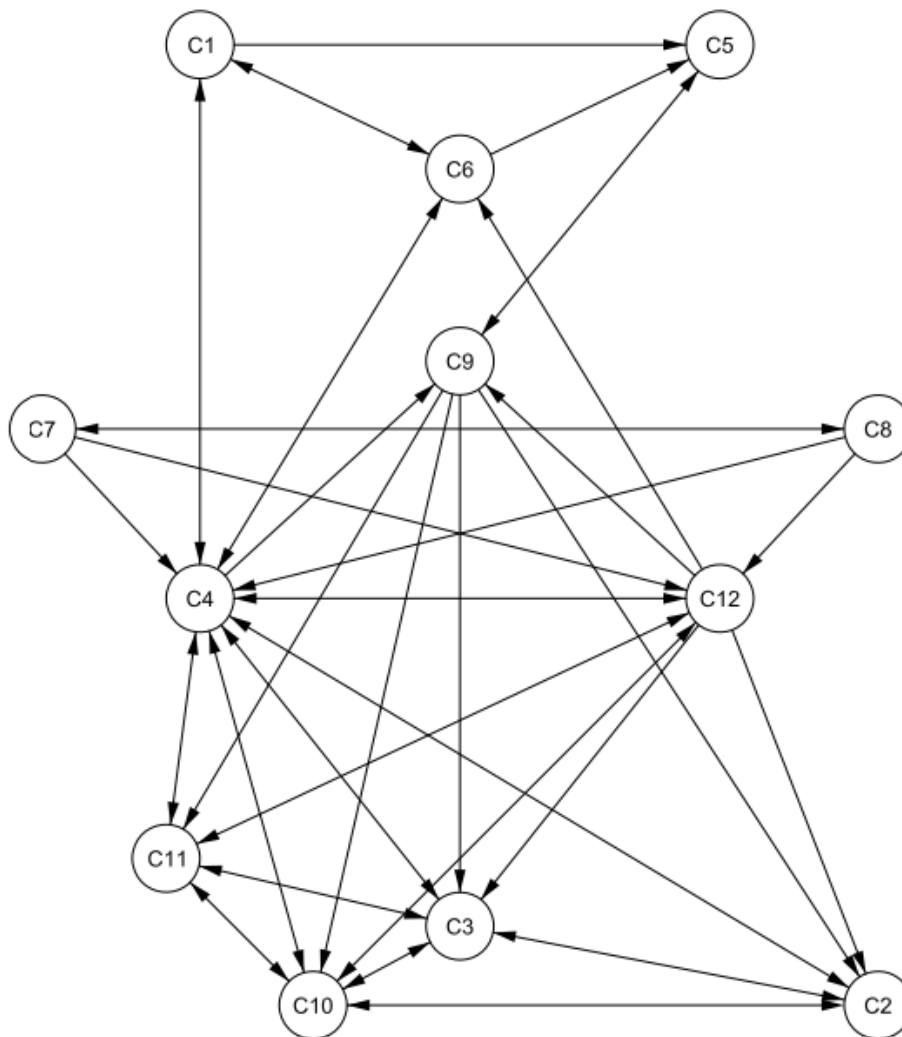


Figura 3.11. Diagrama d'estats (Font: Font pròpia)

### 3.5.3. Hardware del EMS

Un cop determinats els estats a implementar i les interaccions entre aquests, és el moment de conèixer els elements físics (o *Hardware*) del Sistema de Gestió d'Energia que faran possible el diagrama d'estats de la Figura 3.11.

El primer element a anomenar és l'ondulador híbrid de la marca *InfiniSolar*, en concret la gamma *InfiniSolar Plus* que engloba una potència de sortida de corrent altern des de 2 kW fins 15 kW. El fabricant prepara aquest tipus d'ondulador per a definir, entre altres, la prioritat energètica, el *SOC* del sistema d'emmagatzematge, injectar energia a la xarxa, etc.

Dintre d'aquest *Hardware* també hi ha els elements encarregats de proporcionar energia elèctrica, absorbir energia elèctrica o de fer les dues funcions descrites al llarg del treball. Aquests són el camp fotovoltaic, el sistema d'emmagatzematge, la càrrega de l'habitatge i la xarxa de distribució.

El següent element és la targeta *Modbus*. Aquesta targeta permet enviar informació sobre les potències, intensitats, voltatges i freqüències en l'ondulador a altres elements. El motiu d'utilitzar aquesta targeta és per enviar tota aquesta informació al *PLC*. Per a rebre la informació a l'ordinador, així com tenir la possibilitat de modificar els paràmetres de l'ondulador, caldrà la *SNMP Web Card*.

Finalitzant la presentació dels elements del hardware del sistema, queden per nombrar els contactors i els polsadors. Els contactors administren les entrades i sortides d'energia en l'ondulador i controlen les càrregues de l'habitatge unifamiliar, mentre que els polsadors faran possible l'intercanvi d'informació humà – màquina.

Amb tots els elements descrits s'elaborarà la part física del *EMS* o *Hardware*, on l'ondulador híbrid, connectat elèctricament amb el sistema d'emmagatzematge, el camp fotovoltaic, la càrrega de l'habitatge i la xarxa, els hi enviarà informació al *PLC* i a l'ordinador de les intensitats, voltatges, potències i freqüències mitjançant la conversió de dades produïda en la targeta *Modbus*. Gràcies a tota aquesta informació, el *PLC* podrà administrar els diversos contactors. Afegir que els contactors entre l'ondulador i la càrrega de la Figura 3.12 fan referència als contactors que controlen les càrregues de l'habitatge designades.

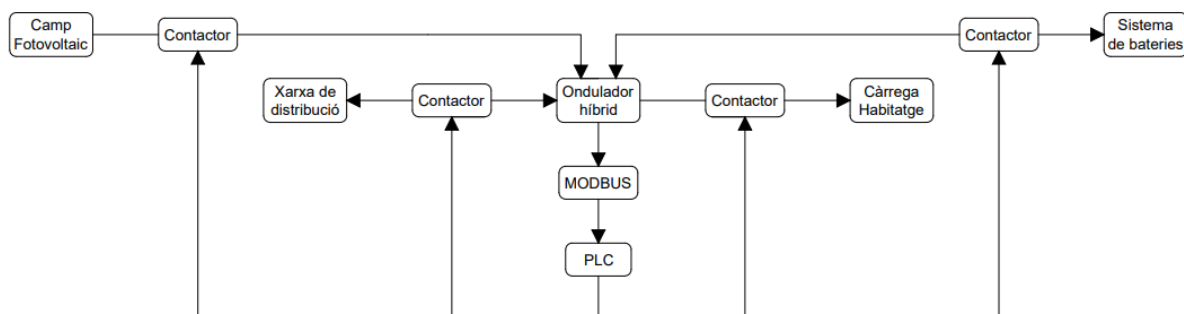


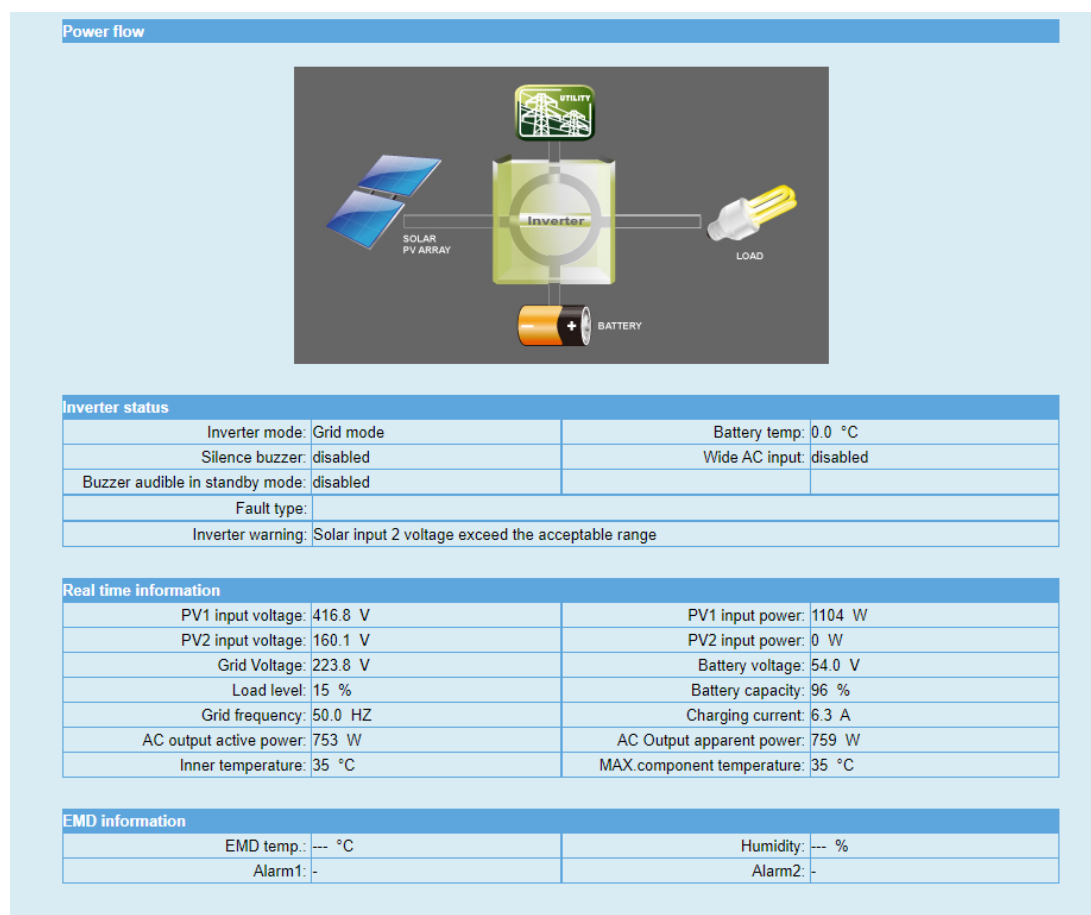
Figura 3.12. Diagrama del *hardware* (Font: Font pròpia)

### 3.5.4. Software del EMS

Coneguts tots els elements conformadors del *Hardware* del Sistema de Gestió de l'Energia, és el moment de definir el *Software* que farà possible el compliment del diagrama d'estats de la Figura 3.11, de les estratègies energètiques a implementar i de la gestió de l'energia acumulada en les bateries.

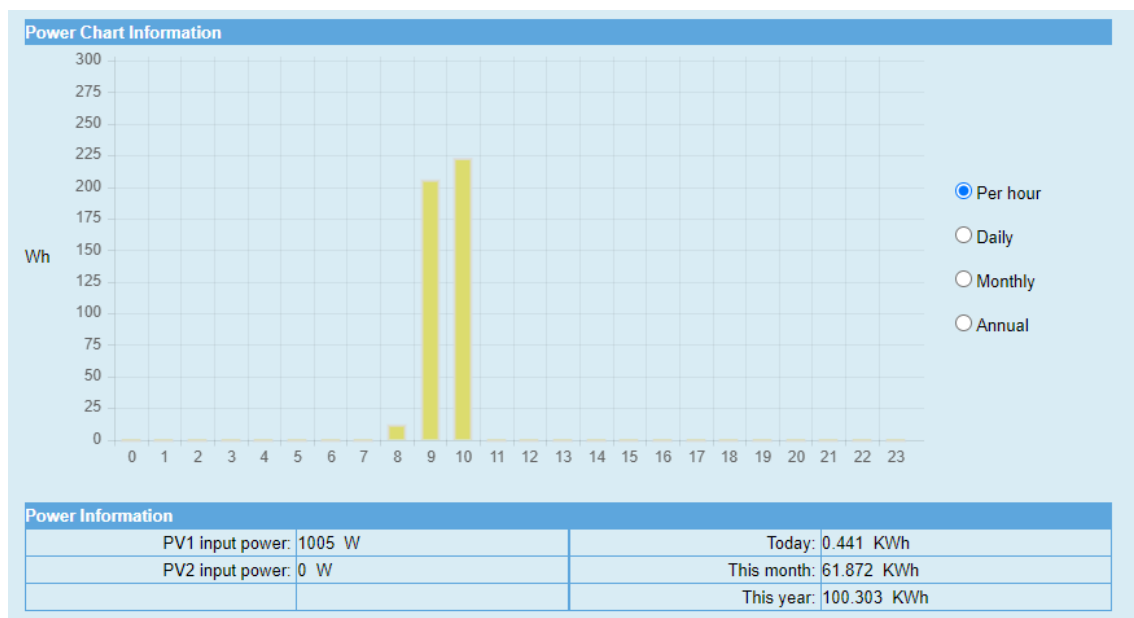
L'elecció del model *InfiniSolar Plus* simplifica molt la programació del diagrama d'estats. Aquest model d'ondulador ja té integrat un programa base per escollir tant l'ordre de la prioritat de consum d'energia elèctrica com la prioritat d'ús, i facilita la implementació de l'ordre de prioritats de la Taula 3.5 i del diagrama de la Figura 3.11. A més, també té una opció per a injectar energia a la xarxa i la possibilitat d'elecció del SOC del sistema d'emmagatzematge. Tot això és possible gràcies a l'aplicació web de la *SNMP Web Card*.

Per accedir a aquesta aplicació cal estar connectat en el navegador web amb una *IP* prèviament escollida. En la primera pàgina es veu l'estat de l'ondulador (connexió a xarxa o no, advertències del sistema, entre altres) i la informació dels fluxos de potència a temps real (voltatge i potència d'entrada de cada *tracker*, voltatge i freqüència de la xarxa, capacitat del moment de la bateria, voltatge i intensitat de la bateria, potència activa i reactiva de sortida i nivell de la càrrega de corrent altern). A més, la imatge en la part superior de la Figura 3.13 indica els fluxos d'energia a temps reals.



**Figura 3.13.** Imatge de la pantalla d'informació de la *SNMP Web Card* (Font: Laboratori E3PACS)

En la pàgina web hi ha la opció d'observar la gràfica de generacions i consums per tenir una informació detallada per hores dels fluxos de potència. El problema de la Figura 3.14 és la configuració de les dades representades en la gràfica, ja que només es poden observar les dades de generació solar fotovoltaica.



**Figura 3.14.** Imatge de les gràfiques de consum de la *SNMP Web Card* (Font: Laboratori E3PACS)

Complementària a la pantalla de les gràfiques, hi ha una altra pantalla que dona les dades de generacions i consums de cada minut. A més, en aquesta pantalla hi ha la opció d'obtenir les dades en Excel per a efectuar els càlculs de la simulació.

La configuració de l'ondulador es divideix en dues pantalles. En la primera hi ha totes les dades tècniques de l'ondulador (proporcionades per la fitxa tècnica) i configuren les alarmes de l'ondulador. La segona configura el tipus de microxarxa a implementar a partir de les opcions descrites en el manual d'instruccions de l'ondulador híbrid. En el cas del present projecte correspondria al *Grid-tie with backup* (II), només amb càrrega de les bateries mitjançant la generació fotovoltaica, amb configuració de la prioritat de càrrega de la Taula 3.5 i amb la prioritat quan la generació solar no està disponible. A més, es seleccionaria l'opció d'injecció a la xarxa de distribució en un dels requadres de la Figura 3.15.

**Figura 3.15.** Imatge de la configuració de la microxarxa de la *SNMP Web Card* (Font: Laboratori E3PACS)

L'apartat 3.5.5 exposarà amb més detall sobre els algorismes i les eleccions del SOC del sistema d'emmagatzematge.

De la implementació i compliment de les estratègies energètiques se n'encarregaran la combinació formada pel *PLC* i els contactors. Els contactors s'instal·laran intel·ligentment per a controlar el pas i tall d'energia elèctrica en certs punts de l'habitatge. Per exemple, si es tracta de la vitroceràmica o el forn el contactor s'instal·larà en un punt posterior del seu pas elèctric. En canvi, per a elements amb gran consum que utilitzin d'un endoll, aquest contactor es situarà de tal forma que es pugui decidir el pas d'energia per aquest.

L'avantatge d'utilitzar la combinació entre contactors i *PLC* és que el contactor té entrades per connectar a les sortides del *PLC* (desconnexió i connexió del tram) i elements de sortides connectades a les entrades del *PLC* (aquestes es poden utilitzar com a sensors per saber si hi arriba energia a una càrrega i a quina). A més, l'ús de polsadors ajuda per activar i desactivar elements pal·liant l'efecte *Stand by* (el qual es comentarà més endavant).

L'inconvenient d'emprar aquesta combinació és la necessitat de fer una elecció de càrregues als quals usar contactors i polsadors. L'ideal seria comptar amb contactors i polsadors per tots els endolls de l'habitatge i càrregues que no necessitin d'endolls per implementar amb més facilitat les estratègies energètiques



escollides. El problema d'aquesta idealització seria l'elevat preu en mòduls i contactors, a més de la gran quantitat de paràmetres a programar. Per sort, gràcies a que l'ondulador híbrid pot passar-li informació dels consums d'energia al PLC mitjançant la targeta *Modbus*, existeix la possibilitat d'optar per un altre camí en la programació d'estratègies.

Tenint això amb ment, és essencial fer una divisió de càrregues elèctriques per saber quines necessiten d'un contactor. La divisió de les càrregues d'un habitatge és la següent:

- Càrregues de consum constant (CCC): Consumeixen energia elèctrica durant tot el dia en un habitatge. Un exemple seria la nevera.
- Càrregues de baix consum (CBC): Consumeixen una energia relativament constant que no superen els 200 W durant el seu ús. Un exemple seria el televisor.
- Càrregues de necessitat (CN): Són necessàries per al compliment de les necessitats bàsiques d'una persona, com és l'alimentació i el sanejament. Solen tenir un consum energètic elevat. Un exemple seria la vitroceràmica.
- Càrregues elèctricament desplaçables (CED): Càrregues amb un consum energètic elevat, situades sempre en un mateix punt de l'habitatge i amb la capacitat de posposar el seu ús. Acostumen a tenir un temps de consum d'una hora o superior. Un exemple seria la rentadora.
- Càrregues volàtils (CV): Càrregues amb un consum relativament alt, provocades per electrodomèstics utilitzats regularment en el mateix punt de l'habitatge, pel que és bastant fàcil ubicar-les. Un exemple seria un assecador de cabell.

Després d'aquesta classificació, és primordial determinar les càrregues amb necessitat de contactor. Per començar, les càrregues de consum constant no necessitaran de contactor, degut a que la majoria estan relacionades en necessitats bàsiques les quals treballen en tot moment. Per les càrregues de baix consum no es considerarà l'ús de contactor, ja que la influència que tenen al consum de l'habitatge estant connectades és mínim. Les càrregues de necessitat usaran contactor i polsador, però tindran prioritat per sobre altres càrregues d'alt consum. Les càrregues elèctricament desplaçables necessitaran de contactors i polsadors per implementar estratègies energètiques. Pel que respecta a les càrregues volàtils, la majoria es desconnecten usades i, per això, aquesta opció no serà apropiada.

Per acabar, s'estima l'ús de contactors en punts de connexió en les entrades i sortides d'energia de l'ondulador. Gràcies a la informació energètica que obté el PLC de l'ondulador, aquests contactors poden ajudar als elements seccionadors.

### 3.5.5. Algoritme del sistema d'emmagatzematge

Degut a que les bateries són uns dels elements més cars en un sistema d'autoconsum pel seu poc temps útil enfront als altres elements, és important fer tot el possible per allargar-ne la seva vida útil i entendre el seu funcionament. Per aquest motiu, l'algoritme a crear allargarà la seva vida útil mitjançant les interaccions en els diferents elements de la microxarxa. Aquest allargament és un aspecte crucial del sistema d'emmagatzematge.

#### 1. Etapes de càrrega d'una bateria

Una bateria es divideix en 3 etapes de càrrega diferenciades, 4 si es pretén ser més precís. Aquestes són:

- Etapa 1: Coneguda per etapa de càrrega forta o *Bulk Stage*. Durant aquesta etapa es subministra a una intensitat de corrent constant per a que la tensió assoleixi ràpidament el seu valor màxim. Normalment es carrega fins un valor del 80% de la seva capacitat, ja que és el valor de treball que recomanen la majoria de fabricants.
- Etapa 2: A aquesta se la coneix com càrrega a tensió constant o *Absorption Stage*. Tal i com el seu nom indica, en aquesta etapa s'aplica un valor de tensió constant per recuperar l'electròlit perdut en descàrregues profundes prolongades i per a disminuir a un valor llindar el corrent. Aquest valor de tensió constant és superior al valor màxim de la bateria (sobretensió), i es situa entre un 10% i 15% del màxim.
- Etapa 3: Anomenada etapa de flotació o *Float Charge Stage*. En aquest punt la càrrega de la bateria està al seu valor prefixat i només se li proporciona el corrent necessari per compensar l'autodescàrrega mentre es manté a una tensió inferior a l'anterior.
- Etapa 4: Coneguda com etapa d'equalització. La finalitat d'aquesta etapa és aconseguir que el gas dins de l'àcid de la bateria ascendeixi, obtenint una dissolució homogènia. Això evita que la part inferior tingui una densitat major que provoqui la sulfatació de les plaques i que totes les cel·les tinguin el mateix voltatge. Aquesta etapa no es realitza cada cop que es carrega la bateria i, en la majoria de casos, es fa de forma manual.



Figura 3.16. Etapes de càrrega d'una bateria (Font: Autosolar [1])

L'ondulador a utilitzar només té en consideració les tres primeres etapes.

## 2. Confecció de l'algoritme

Per a la confecció d'aquest algoritme cal considerar 2 paràmetres molt importants (ja explicats en l'apartat 3.4.6). Aquests són l'estat de càrrega (SOC) i la profunditat de descàrrega (DOD). Amb aquests dos paràmetres es pretén elaborar l'algoritme que allargui al màxim la vida útil del sistema de bateries.

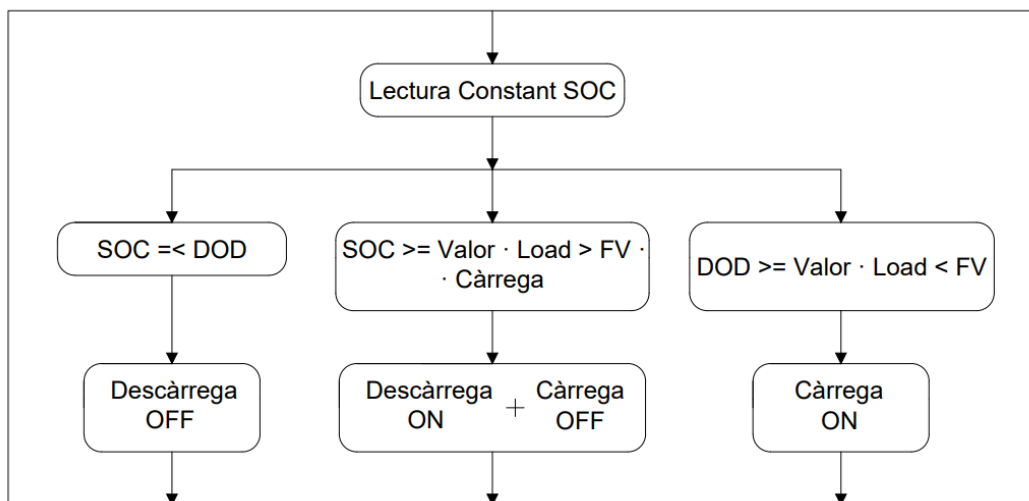


Figura 3.17. Algoritme de l'estat de càrrega del sistema d'emmagatzematge (Font: Font pròpia)

Donat que la vida útil de les bateries es defineix pel nombre de cicles de càrrega i descàrrega, l'algoritme dissenyat (Figura 3.17) afavoreix el màxim de cicles útils. Això s'aconsegueix fent que la bateria només es carregui un cop el DOD tingui un superior inferior o igual al 20% i que la càrrega sigui menor a la producció de fotovoltaica. Pel que respecta a l'ús de l'energia de la bateria, es podrà fer ús d'aquesta energia quan el valor del SOC sigui igual o superior al valor fixat en l'ondulador, la càrrega sigui major a la producció de fotovoltaica i el sistema, en mode de càrrega, hagi finalitzat. El mode de descàrrega (mode en que es fa ús

de la bateria per abastir d'energia l'habitatge) es desactivarà un cop el valor del *SOC* sigui igual o inferior al del *DOD*. Els valors del *SOC* i del *DOD* vindran determinats pel rang d'emmagatzematge de la bateria proporcionat pel fabricant d'aquesta.

### 3. Gestió del SOC

Tenint en compte l'algoritme de la Figura 3.17, l'últim que queda és conèixer com es farà aquesta gestió. L'ondulador híbrid es pot programar per a que el *SOC* no passi d'un cert valor, però no es pot programar la gestió d'energia en funció del *DOD*. Per tant, aquest tipus de funcions les haurà de fer el PLC. Per això es necessitarà que en tot moment el PLC conegui els valors de potència de les parts afectades mitjançant la transmissió *MODBUS*.

El seu funcionament queda explicat en 3 passos senzills:

- El PLC farà *RESET* a la variable de DESCÀRREGA quan el valor del *SOC* sigui igual o inferior al del *DOD*. D'aquesta manera s'evitarà danyar la bateria fent-ne ús d'aquesta quan el *SOC* es trobi en valors inferior al *DOD*, i afavorint el rang d'emmagatzematge de la bateria recomanat pel fabricant. Aquest valor del *DOD* serà del 50%. Això es farà per optimitzar la vida útil de la bateria i donar un marge d'energia suficientment elevat com per fer el mínim ús de la xarxa de distribució (Taula 3.12 per a observació del nombre de cicles depenent el *DOD*).
- Un cop aquest valor del *DOD* sigui igual o superior al 20% i la producció fotovoltaica sigui superior a la carga de l'habitatge, es farà *SET* a la variable de CÀRREGA. Amb això s'aconsegueix que la bateria es carregui fins arribar al valor del *SOC*. La Taula 3.12 ho descriu i, per tant, per a que aquesta es compleixi cal definir el *SOC* al 100%.

**Taula 3.12.** Cicles d'una bateria *OPzV* depenent la configuració del *DOD* (Font: Font pròpia)

<b>Cicles en una bateria <i>OPzV</i> depenent el <i>DOD</i></b>		
<b><i>DOD</i></b>	<b>Cicles</b>	<b>k</b>
10	13500	135000
20	7500	150000
30	5250	157500
40	3750	150000
50	2750	137500
60	1750	105000
70	1500	105000

En la Taula 3.12 cal determinar un valor *k*, que s'obté de la multiplicació entre el nombre de cicles que pot fer una bateria depenent el seu *DOD*. Major el valor de *k*, major l'energia que pot arribar a subministrar al llarg de la seva vida. Aquests valors són una aproximació de la exponencial d'un

gràfic d'una bateria *OPzV*, que s'usen d'exemple per determinar el valor òptim en el qual produir la càrrega. El canvi de valor de *k* entre els 20%, el 30% i el 40% és molt inferior als altres. Per tant, es permetrà la càrrega quan el *DOD* sigui igual o superior al 20% per optimitzar la vida útil de la bateria.

- La variable de *CÀRREGA* farà *RESET* i la de *DESCÀRREGA* farà *SET* un cop el valor del *SOC* sigui superior al recomanat pel fabricant, la càrrega de l'habitatge sigui superior a la producció fotovoltaica i la variable de *CÀRREGA* estigui activa. Això permetrà que la bateria estigui en mode de flotació amb l'estat de càrrega en el valor fixat pel fabricant, i que es comenci a usar l'energia d'aquesta un cop la producció fotovoltaica sigui insuficient per a suportar la càrrega de l'habitatge. A més, es pot utilitzar un temporitzador per a que la bateria passi de l'etapa d'absorció a la de flotació i evitar que durant aquell període la càrrega de l'habitatge no sobrepassi valors de la producció fotovoltaica fins arribar al valor del *SOC*.

Comentar que si la variable de *CÀRREGA* fa *SET*, la variable de *DESCÀRREGA* farà *RESET*.

Per acabar, afegir que la gestió feta pel *PLC* es farà mitjançant un contactor. Aquest contactor és el que decidirà quan es disposarà de la connexió Ondulador – Bateria per a que la bateria proporcioni o rebi energia sota les condicions imposades per les dos variables.

## 3.6. Auditoria energètica

Aquest apartat estudiarà els possibles canvis en els elements d'un habitatge unifamiliar on es produeixen la major quantitat de pèrdues energètiques. L'objectiu d'aquest estudi és complir els objectius de la política energètica, ja sigui mitjançant l'adquisició de nous elements, la modificació dels ja existents o els canvis en els hàbits de consum.

### 3.6.1. La instal·lació tèrmica

En un habitatge unifamiliar, comentat anteriorment, els dos elements que conformen la instal·lació tèrmica són:

1. Els elements aïllants, que busquen una diferència de temperatura màxima entre l'interior i l'exterior.

2. Els elements dedicats al manteniment d'una temperatura ambient interior còmoda per als residents de l'habitatge.

Per tant, alhora de fer un estudi en la instal·lació tèrmica d'un habitatge, els dos elements a considerar són:

- Aïllament tèrmic

Per escollir l'aïllament tèrmic adequat es seguirà el CTE. El primer a valorar és la zona climàtica de la casa (apèndix B). Seguidament, la taula de la zona climàtica (apèndix D) per saber els valors mínims de conductivitat dels murs de la façana, del terra i de la teulada.

Això servirà per conèixer quins valors a assolir en un edifici ja construït, així com per a identificar d'entre els diferents mètodes populars d'aïllament tèrmic (sistema SATE o per ventilació forçada) el que més s'adeqüi estructuralment i econòmicament en la rehabilitació, si s'escau.

- Instal·lació de calefacció

Un cop establerta la qualitat de l'aïllament, el següent pas és determinar la qualitat de la instal·lació de calefacció. D'entre els mètodes esmentats en l'apartat 2.2.4, el més comú en un habitatge unifamiliar és el de la caldera de gasoil amb radiadors pel baix cost de la instal·lació i el poc manteniment que requereix. El problema és la gran quantitat d'emissions de CO<sub>2</sub> d'aquest tipus d'instal·lacions, així com la seva antiguitat.

Per tant, per complir els objectius de la política energètica de la ISO 50001, caldrà estudiar la possible implementació d'un sol radiant (molt recomanat per a cases d'una sola planta) o un radiador de baixa temperatura. La principal avantatge d'aquests sistemes de calefacció respecte els convencionals és la baixa diferència de temperatura necessària per aconseguir escalfar un habitatge.

Afegir que aquest tipus d'instal·lacions tenen un termòstat que permet ajustar la temperatura interior de l'habitatge. Es recorre a aquest per la possibilitat de controlar la temperatura interior, disminuint el treball de la instal·lació tèrmica i, per tant, el consum d'energia.

Pel que respecta a la caldera, entre les opcions destacades estan la caldera de condensació i la caldera d'aerotèrmia:

- Caldera de condensació: La caldera de condensació pot aprofitar un sistema de calefacció amb radiadors convencionals per obtenir un 15% més d'energia que en una caldera convencional i estalviar fins un 30% del combustible. L'inconvenient és seguir utilitzant un combustible fòssil.

- Caldera d'aerotèrmia: Aquesta és una de les millors opcions si es té pensat instal·lar una gran quantitat d'energia solar en una casa de més de 100 m<sup>2</sup>. El problema és la gran quantitat d'energia elèctrica que requereix una caldera d'aquestes característiques, així com l'elevat preu de la caldera i la instal·lació (cinc cops el cost d'una caldera de condensació). A més, aquest tipus de calderes necessiten treballar amb un sistema de radiadors de baixa temperatura o de sòl radiant.

### 3.6.2. L'Efecte *Stand by* en un habitatge unifamiliar

En qualsevol habitatge unifamiliar es produeix l'efecte *Stand by* en els diferents aparells elèctrics. Aquest efecte és un consum d'un aparell que està en repòs i connectat a la xarxa. Al final de l'any el consum aproximat d'aquest efecte és entre el 7% i 11% del total del consum elèctric segons el IDAE. Tenint en compte els valors d'energia elèctrica consumida a l'any d'un habitatge (3.487 kWh) aquest efecte suposa uns valors entre 244,1 kWh/any i 383,6 kWh/any, arribant a suposar valors de més de 50 € en la factura de la llum.

És per això que no només cal plantejar l'ús de la combinació PLC, contactors i polsadors per a la implementació d'estratègies energètiques (les quals s'explicaran a continuació), si no que també cal considerar aquesta combinació per a pal·liar l'efecte *Stand by* en els elements als que s'instal·li els contactors.

Per exemple, prement un polsador al costat de la rentadora donaria una senyal a una entrada del PLC conforme es vol fer ús de la rentadora. Un cop fet aquest ús, passat una certa quantitat de temps en que el PLC no detecti un valor de potència igual o superior es desactivaria l'entrada d'energia a la rentadora, per indicar que l'aparell ja ha efectuat la seva funció i es pot desconnectar de la xarxa i així pal·liar l'efecte *Stand by* en aquest.

Això caldria emprar-ho en aquells electrodomèstics amb un consum alt, en els quals necessiten un control per implementar les estratègies energètiques que es presenten a continuació. Pel que concerneix als electrodomèstics amb un menor consum, cal utilitzar un *Stand by killer*. Això és degut a que no cal una monitorització tan exhaustiva en elements de baix consum a diferència dels d'alt consum. A més, un *Stand by killer* té un preu quatre cops menor que el d'un contactor per a PLC.

### 3.6.3. Estratègies energètiques

Per completar amb el sistema de gestió d'energia de la microxarxa cal definir les diferents estratègies energètiques en que dotar-la a nivell estratègic. La finalitat és aconseguir un control de l'energia que s'usa en el sistema i que es materialitzen a nivell operacional.

Les estratègies aplicades en el EMS, depenent de la funció, es divideixen en: estratègies orientades a la gestió directa de càrregues, orientades a la gestió indirecta de càrregues i orientades a la gestió de l'energia i els seus costos.

Entre les estratègies seleccionades, les de gestió directa de càrregues actuen directament sobre els elements que provoquen el consum energètic, i no depenen ni de la xarxa de distribució ni dels costos de l'energia. Les estratègies de gestió directa seleccionades són les següents:

- **Load Prioritization o Priorització de càrregues:** Aquesta estratègia defineix els diferents elements de l'habitatge en grups elèctrics. Un cop definits aquests grups, hi ha quatre grups de control entre els que destaquen: els no controlables (la cuina, la il·luminació, etc), els parametrizables (normalment elements de control de temperatura), elements interrompibles durant un curt període de temps (rentadora, cafetera, etc) i càrregues utilitzables en un altre període de temps.

Un grup elèctric pot tenir més d'un grup de control, donant lloc a una priorització en les càrregues. L'objectiu és aconseguir una classificació dels elements de l'habitatge per a reduir l'ús de determinats aparells, evitar l'ús simultani de càrregues que es poden emprar en diferents moments, desplaçar el consum de càrregues en estones en que el consum general d'energia de la xarxa de distribució sigui menor (i, per tant, més econòmic) o en moments en que el sistema fotovoltaic estigui en funcionament.

Per a que aquesta estratègia funcioni és imprescindible l'ús d'un element que llegeixi els consum i produccions d'energia (el qual permet conèixer la rutina de consum energètic de l'habitatge i el consum energètic), elements intel·ligents que controlin el pas d'energia (els quals ajuden a definir els diferents grups) i conèixer el mercat energètic (coneixement de les tarifes, dels preus de les hores, etc). Aquests elements donen lloc a un programa encarregat de la gestió dels diferents grups elèctrics.

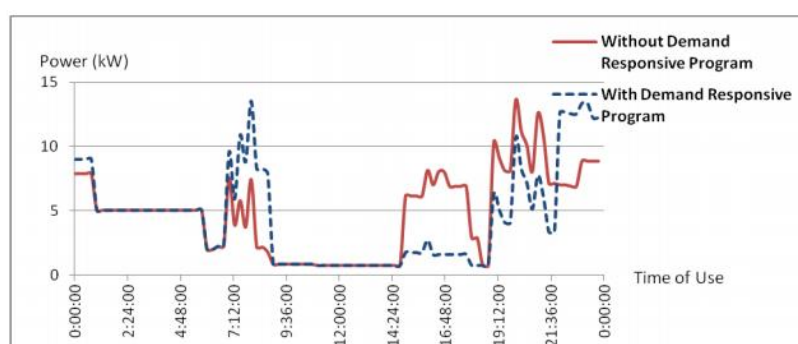


Figura 3.19. Exemple de l'efecte del Load Prioritization (Font: Walailak Journal)



- **Load Shifting o Desplaçament de Càrregues:** Aquesta estratègia correspon al “desplaçament de càrregues en el temps”, i ajuda a complementar la prioritització de càrregues. En el cas de disposar del sistema de generació d'energia solar fotovoltaic, es busca desplaçar el consum de determinats aparells durant les hores sol. En canvi, amb l'ús de la xarxa de distribució es busca el consum durant hores de baix consum o amb un cost de l'energia més baix. La meta és programar l'ús de determinades càrregues en funció de la predicció meteorològica mitjançant aparells que coneguin els nivells de producció solar i el preu de la xarxa de distribució, anomenats anteriorment. A més, aquesta estratègia també busca disminuir el màxim pic d'energia que es pugui arribar a produir en determinades hores del dia.

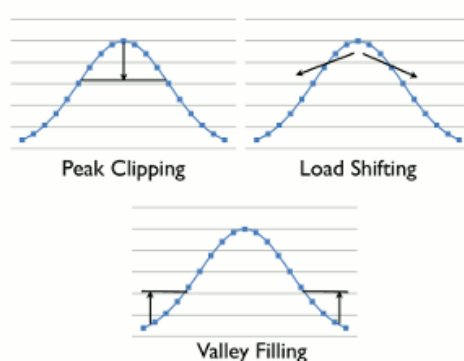


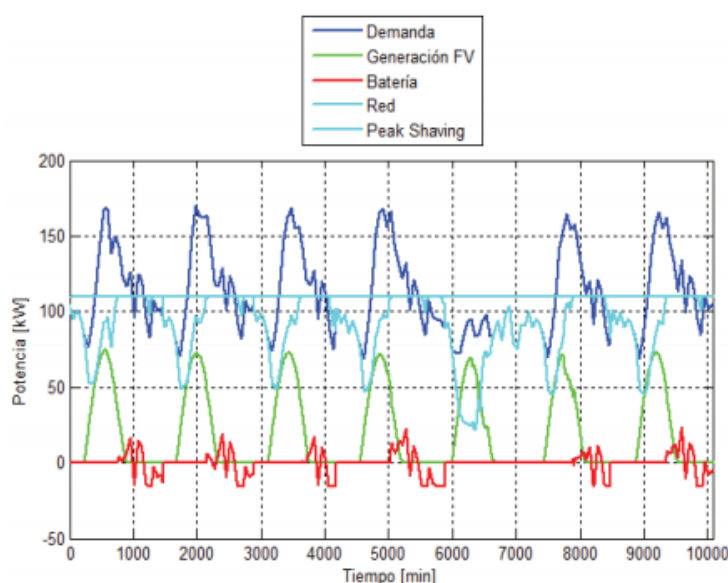
Figura 3.20. Exemple de *load shifting* (Font: *Electrical Load Management* per Katie Malone)

Per complementar les estratègies orientades a la gestió directa de càrregues, s'utilitzarà alguna estratègia indirecta de càrregues. Aquestes destaquen per la seva orientació al control de la despesa econòmica. L'estratègia seleccionada per a complir amb aquesta funció és la següent:

- **Time-of-Use Pricing o Preu del Temps d'Ús:** Es tracta d'un sistema de control de resposta de la demanda d'orientació econòmica, que complementa encara més la Priorització i el Desplaçament de Càrregues. Cada dia cal definir una quantitat d'energia consumida d'alguns dels blocs elèctrics (hi ha blocs que entren dins de les necessitats bàsiques i no es poden restringir), així com el moment de consum. D'aquesta manera serà més senzill evitar l'ús de determinats blocs durant les hores pic (hores amb cost més elevat durant les hores de major demanda d'energia) i fer més ús de les hores vall (hores amb cost més baix durant les hores de menor demanda d'energia).

Tal com el seu nom indica, les estratègies de gestió de l'energia i els seus costos destaquen pel control de l'intercanvi d'energia amb la xarxa per disminuir al màxim els costos que aquesta implica. Les seleccionades per a implementar en aquest cas són:

- **Peak Shaving o Retall de Pics:** Determinades càrregues usades diàriament necessiten una quantitat d'energia elevada en el moment d'engegar-les, també anomenat com pic d'energia. Aquesta estratègia pretén limitar el màxim d'energia extreta de la xarxa de distribució durant aquests moments, donant prioritat a la xarxa i autoritzant l'ús del sistema de bateries en cas de superar el límit establert. La tàctica és cobrir la diferència entre la potència de demanda i el límit de consum de la xarxa, produint l'efecte del *peak shaving* quan la potència de demanda superi aquest límit. Per tant, caldrà un sistema de mesura de potència per conèixer el consum al moment i la potència a aportar per les bateries.



**Figura 3.21.** Exemple de *peak shaving* (Font: Article *Peak Shaving* a Palestina Mitjançant Generació Fotovoltaica i Bateries per G. Velasco, F. Casellas, F. Guinjoan, R. Piqué i H. Martínez [70])

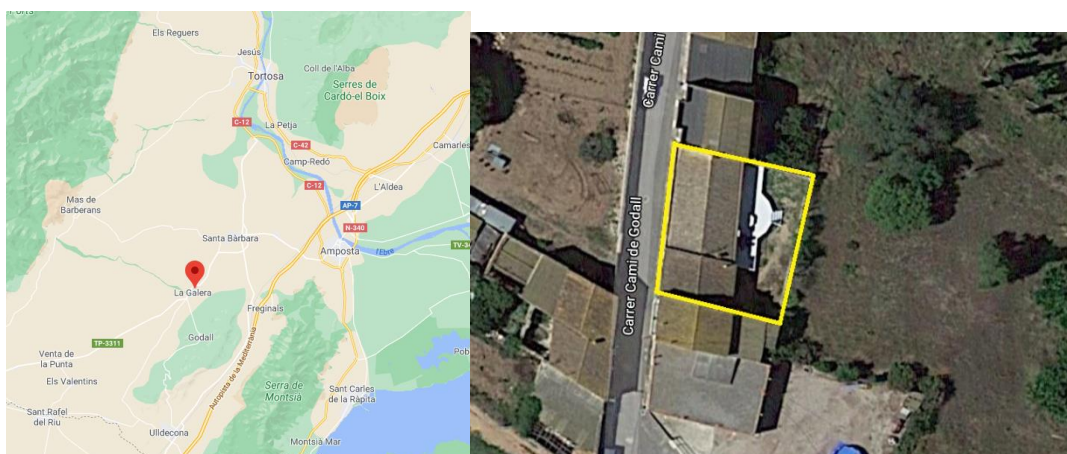
- **Net Metering o Balanç Net:** Aquesta tècnica consisteix en igualar l'energia consumida de la xarxa i l'energia excedentària del sistema fotovoltaic injectada a aquesta, mitjançant un càlcul realitzat per un comptador bidireccional. L'objectiu és aconseguir una compensació en la factura elèctrica.

El problema d'aquesta estratègia, comentat en l'apartat de normativa espanyola, és la diferència en el pagament d'energia, així com les seves restriccions. A diferència de molts països europeus, a Espanya l'energia injectada té un seguit de restriccions que comporten un preu menor respecte l'energia consumida, fent aquesta estratègia més difícil d'aplicar en molts sistemes. D'aquí la importància de consumir la menor quantitat d'energia de la xarxa durant les hores pic i d'aprofitar el cost 0 de la generació solar fotovoltaica.

## 4. Enginyeria de l'aplicació

### 4.1. Ubicació de l'habitatge unifamiliar

L'habitatge unifamiliar objecte d'estudi està situat al carrer Camí de Godall, número 21, a la població de la Galera, comarca del Montsià, amb codi postal 43515. Aquest és un habitatge d'una sola planta amb un patí i un garatge, amb una capacitat per a quatre persones i, actualment l'ocupen tres.



**Figura 4.1.** Imatge de la ubicació de localitat de l'habitatge i habitatge unifamiliar emmarcat en groc  
(Font: Google Maps)

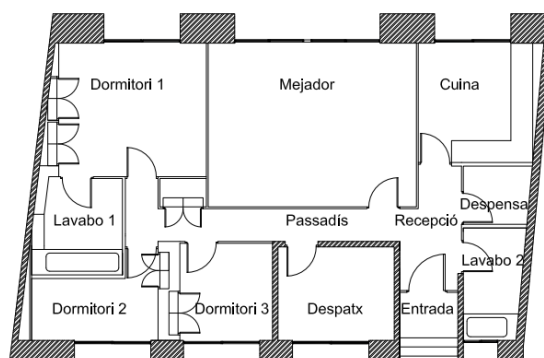
Les coordenades geogràfiques del municipi de la Galera, on es situa l'objecte d'estudi, amb el sistema de mesura angular sexagesimal són:

- Latitud: 40° 40' 56,614'' N
- Longitud: 0° 27' 49,33'' E

### 4.2. Característiques estructurals

L'habitatge unifamiliar objecte d'estudi està situat a la zona urbana del municipi de la Galera. Construït l'any 1.994 i, fins el moment, sense cap reforma. Durant el procés de construcció van produir-se petites modificacions respecte als plànols inicials. El primer és la porta d'entrada, estava al principi de les escales. El segon és la porta del despatx, amb entrada independent des del carrer i sense accés des de l'interior de l'habitatge, posteriorment és la ubicada en el rebedor. El garatge, a diferència de la casa i el patí, es va adquirir ja construït i se'n desconeix la seva data de construcció, però cal considerarl-a com a superfície útil per a posar panells solars.

A continuació, la Figura 4.2 es mostra el plànol de la casa amb tots els canvis introduïts durant el procés de construcció.



**Figura 4.2.** Plànol de l'habitatge unifamiliar (Font: Plànols de la casa passats a *Autocad*)

Observant la Figura 4.2, es troba el problema arquitectònic conegut com falsa esquadra. Això és perquè la construcció d'aquest habitatge s'efectuà entre dos edificis prèviament construïts. Afegir que els elements de doble porta situats als dormitoris i al passadís són armaris robbers. Remarcar que la falsa esquadra només afecta a l'armari rober del dormitori 1. En el Volum III es proporcionarà un plànol amb totes les mesures.

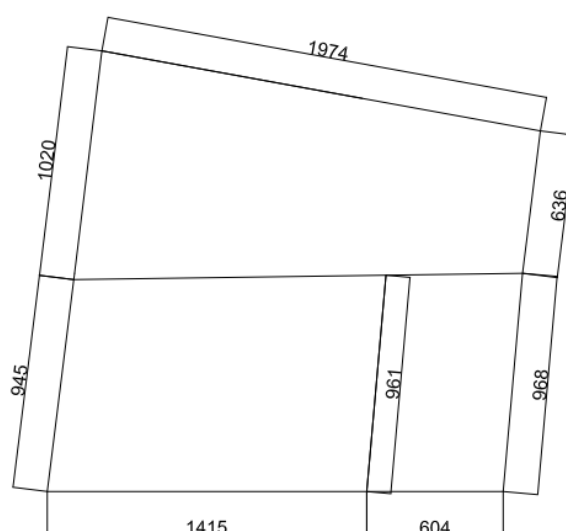
La superfície total construïda de l'habitatge és de 127,5 m<sup>2</sup>. La Taula 4.1 detallarà la superfície útil de cada habitació i de la casa. A més, també especificarà el valor de l'altura de cada habitació, així com el seu volum.

**Taula 4.1.** Superfície útil de les habitacions i la total (Font: Plànols de la casa passats a *Autocad*)

Habitació	Superfície útil (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volum útil (m <sup>3</sup> )
Menjador	24,70	2,8	69,16
Cuina	11,50	2,8	32,20
Dormitori 1	15,17	2,8	42,47
Dormitori 2	6,00	2,8	16,80
Dormitori 3	8,00	2,8	22,40
Lavabo 1	5,50	2,8	15,40
Lavabo 2	4,60	2,8	12,88
Despatx	7,70	2,8	21,56
Rebot	2,70	2,8	7,56
Recepció	4,10	2,8	11,55
Passadís	7,50	2,8	21,00
<b>Total</b>	<b>97,47</b>	<b>/</b>	<b>279,92</b>

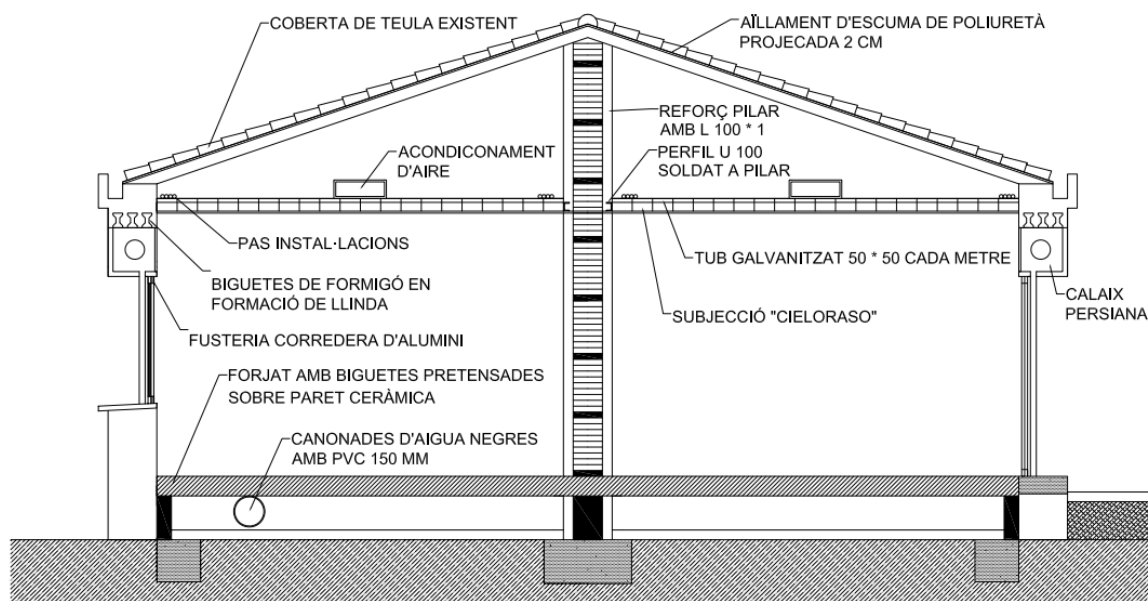
Pel que respecta a les característiques geogràfiques, usant el plànol la Figura 4.2 ubicarà la orientació geogràfica. L'Est geogràfic es situa a la part de dalt del plànol (zona compresa pel menjador, cuina i dormitori 1), el Nord geogràfic es situa a l'esquerra del plànol (zona compresa pel dormitori 1, lavabo 1 i dormitori 2), l'Oest geogràfic es situa a la zona inferior del plànol (zona compresa pel dormitori 2, el dormitori 3, el despatx, l'entrada i el lavabo 2) i el Sud geogràfic es situa a la part dreta del plànol (zona compresa pel lavabo 2, la despensa i la cuina).

La superfície del garatge és de 58,6 m<sup>2</sup>. La superfície total conformada entre l'habitatge, el patí i el garatge és de 263,4 m<sup>2</sup>. Seguidament, es mostrarà una vista dibuixada amb *Autocad*, que especifica la superfície de cada element.



**Figura 4.3.** Alçat dels elements que conformen l'habitatge (Font: Font pròpia)

Ja coneguda la superfície de cada punt de l'habitatge, és el moment de parlar sobre l'estructura de les parets, la teulada, les finestres i el terra. Aquests elements són els més importants alhora d'augmentar l'eficiència d'un habitatge, ja que un bon aïllament repercutirà en una disminució de les pèrdues tèrmiques per mantenir una temperatura a l'interior. La Figura 4.4 proporciona una secció de l'habitatge per conèixer els materials que conformen els principals elements de l'estructura.



**Figura 4.4.** Plànol de la secció de l'habitatge unifamiliar (Font: Plànols de la casa passats a *Autocad*)

Un cop coneguts tots els elements, cal procedir al càlcul de les conductivitats tèrmiques seguint les pautes marcades pel Document de Suport al Document Bàsic de la CTE, centrat en el càlcul dels paràmetres característics dels recobriments d'habitatges. A més, cal seguir els valors de conductivitats tèrmiques dels materials segons l'Institut Català d'Energia (ICAEN per obtenir els valors de conductivitat només de l'habitatge, ja que el garatge no compta amb instal·lació de calefacció i, per tant, no hi ha pèrdues de calor.

La primera conductivitat a calcular és la de les parets exteriors de l'habitatge. Aquestes tenen una profunditat de 50 cm, dels quals 44 cm formen una paret de pedra, 2 cm formen una capa aïllant d'espuma de poliuretà projectat i 4 cm són d'envà acabat. Seguidament, la Taula 4.2 mostrarà la conductivitat tèrmica d'aquest elements i els valors calculats de la resistència i la conductivitat total d'una paret exterior.

**Taula 4.2.** Càlcul resistència i conductivitat tèrmica de les parets exteriors (Font: Font pròpia)

Material	Gruix (m)	Conductivitat tèrmica (W/m·K)	Resistència tèrmica (m <sup>2</sup> ·K /W)
Paret de pedra	0,44	1,4	0,314
Aïllament d'Espuma de Poliuretà Projectat	0,02	0,028	0,714
Envà de fàbrica de maó	0,04	0,444	0,090
<b>Resistència Total (m<sup>2</sup>·K /W)</b>			<b>1,118</b>
<b>Conductivitat Total (W/m<sup>2</sup>·K)</b>			<b>0,894</b>

Pel que respecta a la part superior de les finestres, hi ha, en la seua totalitat, el calaix de les persianes. Donat que al calcular la resistència tèrmica de les finestres s'afegirà la resistència tèrmica de les persianes,

en el càlcul de la paret superior a les finestres es tindran en compte aquestes caixes com a cambres d'aire. Per tant, a la paret superior a les finestres 8 cm són d'envà, 2 cm formen un aïllament d'espuma de poliuretà projectat i 40 cm formen una capa d'aire amb ventilació feble, ja que l'aire en aquesta cambra no es ventila fàcilment gràcies a la pròpia persiana.

**Taula 4.3.** Càlcul resistència i conductivitat tèrmica de la part superior de les finestres (Font: Font pròpia)

Material	Gruix (m)	Conductivitat tèrmica (W/m·K)	Resistència tèrmica (m <sup>2</sup> ·K /W)
Aïllament d'Espuma de Poliuretà Projectat	0,02	0,028	0,714
Cambra d'aire amb ventilació feble	0,40	0,9	0,444
Envà de fàbrica de maó	0,08	0,445	0,180
<b>Resistència Total (m<sup>2</sup>·K /W)</b>			1,338
<b>Conductivitat Total (W/m<sup>2</sup>·K)</b>			0,747

Les finestres de l'habitatge les formen vidres de doble capa amb cambra d'aire (4/6/4), una fusteria d'alumini sense trencament de pont tèrmic i una persiana de plàstic. Pel que respecta al factor de la persiana, es tindrà en compte que la persiana baixada completament disminueix la conductivitat tèrmica en un 33%.

**Taula 4.4.** Conductivitat tèrmica de les finestres (Font: Font pròpia)

Material	Conductivitat tèrmica (W/m <sup>2</sup> ·K)	Conductivitat tèrmica amb persiana (W/m <sup>2</sup> ·K)
Fusteria d'alumini sense trencament de pont tèrmic	5,70	3,82
Doble capa de vidre amb cambra d'aire (4/6/4)	3,30	2,21

La teulada la conforma una coberta de teules d'argila cuita, morter de ciment, una capa aïllant de 2 cm d'espuma de poliuretà projectat i una placa d'escaiola d'aproximadament uns 15 cm. A més, abans de donar amb les habitacions de la casa, tal i com ho reflexa la Figura 4.4, hi ha una falsa teulada compresa per aire feblement ventilat horitzontal, i una subjecció *cieloraso* d'aproximadament 10 cm. No es tindrà en compte el tub galvanitzat ja que aquest no està en tota la superfície de l'habitatge. El condicionament d'aire és el de l'extractor de la cuina, pel que no es tindrà en compte.

**Taula 4.5.** Càlcul resistència i conductivitat tèrmica de la teulada (Font: Font pròpia)

Material	Gruix (m)	Conductivitat tèrmica (W/m·K)	Resistència tèrmica (m <sup>2</sup> ·K /W)
Teules d'argila cuita	0,02	1	0,020
Morter de ciment	0,04	1,3	0,031
Aïllament d'Espuma de Poliuretà Projectat	0,02	0,028	0,714

**Taula 4.5.** Càlcul resistència i conductivitat tèrmica de la teulada (Font: Font pròpia) (Continuació)

Material	Gruix (m)	Conductivitat tèrmica (W/m·K)	Resistència tèrmica (m <sup>2</sup> ·K /W)
Placa d'escaiola	0,15	0,25	0,600
Cambrà d'aire feblement ventilada horitzontal	/	/	0,160
Subjecció <i>cielorasó</i>	0,1	0,178	0,160
<b>Resistència Total (m<sup>2</sup>·K /W)</b>			<b>1,685</b>
<b>Conductivitat Total (W/m<sup>2</sup>·K)</b>			<b>0,593</b>

Pel que fa al terra, el conformen rajoles de ceràmica, sobre una capa de morter de ciment, seguit per 20 cm de formigó i 35 cm de replè compactat de grava de còdols. El que significa que no hi ha aïllament. Segons el càlcul de la CTE al Document de Suport al Document Bàsic apartat 2.1.2, es trobarà una relació entre l'àrea de les rajoles (A) i el perímetre exterior de l'habitatge (P).

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2} \cdot P} \quad (4.1)$$

El següent pas és calcular la resistència tèrmica de l'aïllant. En aquest cas, al no disposar d'un aïllant tèrmic en el terra cal obtenir el valor de la conductivitat tèrmica ( $U_s$ ) mitjançant la interpolació lineal per a valors de la resistència tèrmica aïllant ( $R_a$ ) nul a partir de la taula que s'exposa en la Figura 4.5.

B'	$R_s$	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		$R_a$ (m <sup>2</sup> ·K/W)					$R_a$ (m <sup>2</sup> ·K/W)					$R_a$ (m <sup>2</sup> ·K/W)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

**Figura 4.5.** Taula de la conductivitat tèrmica per al terra d'un habitatge (Font: Document de Suport al Document Bàsic del CTE [16])



Seguint aquests criteris es procedirà al càlcul. El primer és definir l'àrea, que és la superfície útil de la Taula 4.1 ja que l'habitatge no té una segona planta. Pel que respecta al perímetre exterior, caldrà prendre els valors de la Figura 4.3, sense considerar el perímetre de les parets exteriors, el qual dona un valor de 22,73 m. Amb aquests valors caldrà calcular un valor de  $B'$  de 8,62. Fent la corresponent interpolació amb els valors de la taula de la Figura 4.5, s'obté una conductivitat tèrmica del terra de  $0,569 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

L'estructura del garatge no cal comentar-la, ja que no necessita un sistema de calefacció dintre d'aquest si no s'hi produeixen pèrdues tèrmiques. Tot i això, els annexos proporcionaran uns plànols amb les mesures per justificar l'altura de la teulada d'aquest (necessària en el càlcul del camp fotovoltaic) i la seva superfície útil interna (ja que dintre d'aquest s'ubica la caldera de gasoil).

### 4.3. Consum energètic de l'objecte d'estudi

Per implementar un sistema de gestió d'energia que controli els diversos consums d'energia de l'habitatge, i que compleixi les pautes marcades de la ISO 50001, cal conèixer els consums d'aquest. Aquest pas és la planificació energètica mencionada en l'apartat 3.2.2. L'objectiu és observar els diversos consums energètics per elaborar un pla energètic ajustat als objectius de la política energètica i de la pròpia planificació del projecte.

Per arribar al pla energètic cal utilitzar les dades proporcionades pel monitor d'energia *Engage Efergy* i les proporcionades per l'empresa de distribució elèctrica Fecsa Endesa. També cal analitzar els diferents elements consumidors d'energia en detall, així com la seva principal font.

#### 4.3.1. Dades del monitor d'energia

Tot i que la xarxa distribuïdora elèctrica ja proporciona les dades de consum mensuals, tant en factures enviades per correu postal com en factures electròniques emmagatzemades a la seva pàgina web (amb una antiguitat màxima de cinc anys), aquestes no tenen la precisió necessària per a elaborar un pla energètic detallat. Per aquest motiu, per a una obtenció més precisa s'utilitzarà el monitor d'energia. Aquest aparell permet registrar el consum elèctric cada 15 segons com a màxim, en comparació amb els 15 minuts de la xarxa distribuïdora.

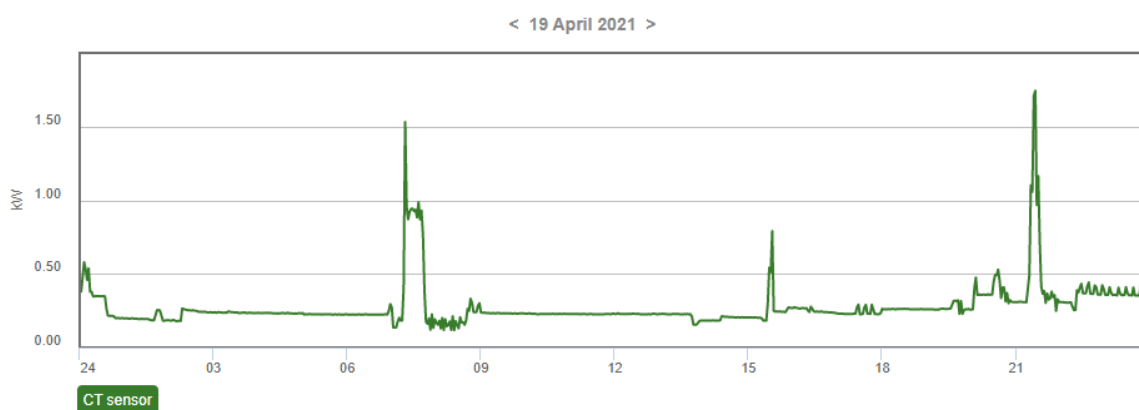
A més, la seva instal·lació és molt senzilla. Primer, s'ajunta una pinça elèctrica i un transmissor de dades (amb tres piles AA) i es pinça al cable de fase (pot ser de color negre, marró o gris; el blau és el neutre) del quadre elèctric de l'habitatge. Per fer-ho de forma segura, cal pinçar la fase a la sortida de l'IGA.

Seguidament, cal connectar el monitor d'energia al *router Wi-Fi* de manera que les dades que li arribin al monitor d'energia del transmissor quedin anotades a la pàgina web. El monitor seleccionat té tres llums:

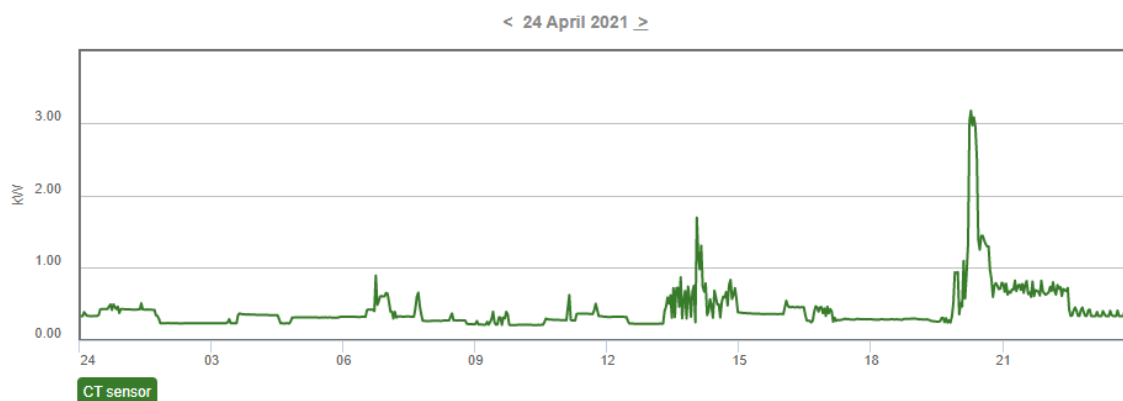
- Llum vermella: indica l'alimentació del monitor d'energia i, per tant, sempre romadrà engegada.
- Llum groga: és una llum intermitent que indica que el monitor d'energia busca un transmissor que estigui dintre del seu rang.
- Llum verda: indica la connexió del monitor d'energia a una xarxa d'Internet.

El pas final de la instal·lació és registrar-lo a la pàgina web del distribuïdor. Amb aquests senzills passos queda completada la instal·lació del monitor d'energia, i ja es podran obtenir amb més precisió les dades de consum energètic de l'habitatge.

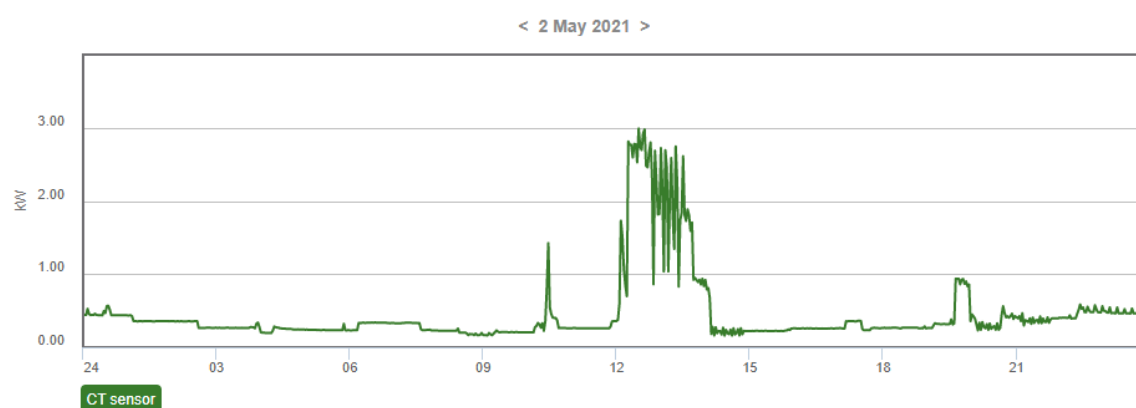
En el cas del present projecte, el monitor d'energia s'instal·là a finals de febrer de 2.021. Les dades obtingudes durant l'elaboració del projecte poden determinar el consum d'energia dels diferents elements, així com una elaboració de la rutina setmanal. En aquesta rutina es classificaran els dies com a laborables i festius.



**Figura 4.8.** Consum energètic del dilluns 19 d'abril de 2.021, dia laborable (Font: *Engage Efergy* [25])



**Figura 4.9.** Consum energètic del dissabte 24 d'abril de 2021, dia festiu (Font: Engage Efergy [25])



**Figura 4.10.** Consum energètic del diumenge 2 de maig de 2021, dia festiu (Font: Engage Efergy [25])

Gràcies a aquesta classificació, caldrà determinar l'ús dels electrodomèstics amb més pics mitjançant la rutina. Destacar el pic d'aproximadament 1,50 kW produït per la cafetera a les 7:00 hores del dilluns i el dissabte i a les 10:00 hores del diumenge, l'ús del forn entre les 12:00 hores i les 14:00 hores del diumenge amb un pic de 3 kW, el pic de 3 kW a les 20:00 hores del dissabte degut a la rentadora i la connexió simultània de la vitroceràmica i l'extractor el dissabte entre les 13:00 hores i les 14:00 hores.

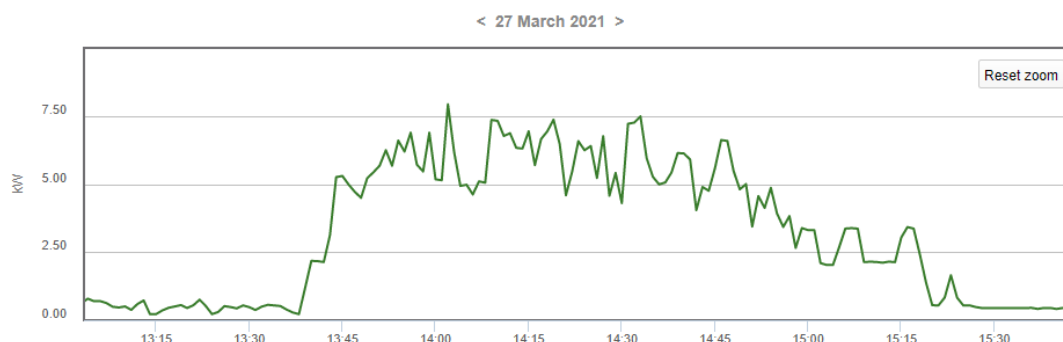
Un altre fet important gràcies al monitor d'energia és la classificació de l'energia segons l'hora d'ús. Gràcies a aquest s'obtidran les dades necessàries per comparar l'energia usada amb el preu de l'energia en el mercat elèctric, i evitar-ne l'ús durant les hores pic quan sigui possible.

El model emprat en aquest cas fa una mitjana de les dades recollides durant un minut, i elabora una gràfica del consum diari del minut a minut de cada hora. A més, té les opcions d'observar el consum total del dia i el consum mensual. Sabent això, caldrà observar els dies amb un consum més elevat per analitzar-los i comparar-los amb els resultats de la companyia elèctrica, així com per comparar el consum energètic mensual.

**Taula 4.6.** Consum elèctric mensual segons el monitor d'energia (Font: *Engage Efergy* [25])

	Any 2.021					
	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost
Consum energètic (kWh)	310,28	285,49	259,04	237,03	279,26	293,83

Per acabar, comentar que, gràcies al monitor d'energia, s'identificarà el dia en el qual es produeix el major pic de potència. Aquest (mostrat en la Figura 4.11) es produí el dia 27 de març de 2.021 com a conseqüència de l'ús simultani de la rentadora, la vitroceràmica, l'assecadora i l'extractor.

**Figura 4.11.** Pic de potència del dissabte 27 de març de 2.021 (Font: *Engage Efergy* [25])

#### 4.3.2. Dades de l'empresa distribuïdora

Les dades de l'empresa distribuïdora són imprecises, comparades amb les obtingudes amb el monitor d'energia, i fer un estudi exacte del consum anual de l'habitatge és possible, però imprecís. Tot i així, aquestes dades ajudaran a complementar una carència de l'ús del monitor d'energia, el temps de retràs d'obtenció de dades. Degut a que el monitor d'energia es començà a utilitzar a finals del febrer de 2.021 no hi ha les dades de consum anual, però es poden obtenir gràcies a les factures aconseguides a través de la pàgina web de Fecsa Endesa.

A més, les factures de la xarxa distribuïdora tenen una antiguitat de fins a cinc anys com a màxim. Això significa l'obtenció de dades del consum energètic amb una certa antiguitat, que poden servir per a comparar els consums periòdics i obtenir un estudi de l'evolució energètica. A més, en aquestes factures també s'aprecia el consum energètic en hores punta i vall.

La següent taula recopila les dades de la factura més antiga disponible, de data 20 de març de 2.017. Les factures de la companyia elèctrica, observat en cada període de pagament, es realitzen aproximadament cada 60 dies. A més, aquest període de 60 dies no ve marcat pel principi d'un mes i el principi del mes

corresponent al pas d'aquests 60 dies. Això significa que tant el consum d'aquest període com l'import econòmic no comprenen dos mesos complets, si no part de dos mesos i un mes complet.

**Taula 4.7.** Consum elèctric i import per períodes de facturació des del 18 de març de 2.017 fins el 18 de març de 2.021 (Font: Fecsa Endesa [28])

<b>Període</b>	20/03/2.017-24/05/2.017	24/05/2.017-23/07/2.017	23/07/2.017-24/09/2.017	24/09/2.017-26/11/2.017	26/11/2.017-27/01/2.018	27/01/2.018-22/03/2.018
<b>Consum del Període (kWh)</b>	712	558	586	585	715	629
<b>Import (€)</b>	168,34	156,86	167,15	166,99	191,63	169,25
<b>Període</b>	22/03/2.018-22/05/2.018	22/05/2.018-22/07/2.018	22/07/2.018-20/09/2.018	20/09/2.018-13/11/2.018	13/11/2.018-20/01/2.019	20/01/2.019-20/03/2.019
<b>Consum del Període (kWh)</b>	562	512	594	510	745	581
<b>Import (€)</b>	162,87	153,08	168,99	147,61	206,27	168,14
<b>Període</b>	20/03/2.019-19/05/2.019	19/05/2.019-17/07/2.019	17/07/2.019-21/09/2.019	21/09/2.019-19/11/2.019	19/11/2.019-21/01/2.020	21/01/2.020-18/03/2.020
<b>Consum del Període (kWh)</b>	527	485	632	486	654	596
<b>Import (€)</b>	158,47	147,38	182,07	147,55	183,56	166,81
<b>Període</b>	18/03/2.020-19/05/2.020	19/05/2.020-20/07/2.020	20/07/2.020-21/09/2.020	21/09/2.020-15/11/2.020	15/11/2.020-24/01/2.021	24/01/2.021-18/03/2.021
<b>Consum del Període (kWh)</b>	634	514	559	474	773	565
<b>Import (€)</b>	178,91	157,94	164,05	144,36	213,87	160,45
<b>Període</b>	18/03/2.021-20/05/2.021	20/05/2.021-31/05/2.021	31/05/2.021-19/07/2.021			
<b>Consum del Període (kWh)</b>	573	83	394			
<b>Import (€)</b>	170,21	29,83	108,06			

Tal i com mostra la Taula 4.7, els períodes entre els diversos anys són molt semblants, pel que és possible comparar els consums elèctrics entre factures, però no és possible comparar el consum elèctric entre mesos i, encara menys, comparar-lo amb el consum estimat pel monitor d'energia. Per fer això, caldrà sumar els consums diaris de cada mes del consum donat segons la companyia elèctrica.

**Taula 4.8.** Consum elèctric mensual des de l'abril de 2.017 fins l'abril de 2021 (Font: Fecsa Endesa [28])

<b>Any, mes i consum elèctric</b>									
<b>Any 2.017</b>									<b>Any 2.018</b>
Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Gener
338,60	321,4	273,63	333,1	288,41	272,56	282,95	287,79	370,33	381,31
<b>Any 2.018</b>									
Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre
326,90	340,89	280,88	243,04	245,74	304,11	310,70	261,29	282,68	323,97
<b>Any 2.018</b>	<b>Any 2.019</b>								
Desembre	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre
352,7	321,44	286,89	288,17	278,16	218,30	239,22	316,75	304,01	250,54
<b>Any 2.019</b>			<b>Any 2.020</b>						
Octubre	Novembre	Desembre	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol
235,18	290,11	316,50	333,08	302,13	332,97	312,01	271,83	238,37	277,86
<b>Any 2.020</b>					<b>Any 2.021</b>				
Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig
284,03	244,10	258,40	292,97	352,30	346,98	310,01	308,17	277,44	249,86

La Taula 4.8 analitza el consum mensual i la seva evolució des de l'abril de 2.017 fins el maig de 2.021. A més, hi ha la oportunitat de comparar els resultats obtinguts segons la companyia elèctrica i els resultats del monitor d'energia dels mesos en actiu .

Un altre fet important apreciat en la Taula 4.8 és la diferència de consum depenent de l'estació de l'any. Durant les estacions de primavera i tardor, al tenir una temperatura moderada el consum durant aquests mesos sol disminuir. Això és conseqüència del tipus de roba que s'utilitza, ja que durant aquestes estacions comença a disminuir l'ús de peces de tela i el seu volum veient-se reflectit en l'ús de rentadores. A l'hivern, per tant, l'elevat consum elèctric s'explica per una major utilització de la rentadora i, sobretot, l'assecadora, així com de diversos electrodomèstics tèrmics com el calefactor del lavabo. Finalment, les altes temperatures de l'estiu provoquen que el consum elèctric augmenti per l'ús de l'aire condicionat, que eclipsa la disminució de l'ús de la rentadora i el desús de l'assecadora.

Per a finalitzar amb l'apartat de la companyia elèctrica, és important conèixer el contracte d'aquesta per saber el perquè dels imports econòmics. El primer a veure és la potència contractada. En l'habitatge d'estudi la potència contractada és de 4,4 kW a 0,135713 € per kW contractat, el que vindria a ser aproximadament 0,60 € al dia. El següent és el preu de l'energia consumida. En aquest cas és de 0,151444 € per kWh d'energia consumida. A continuació es troba l'impost d'electricitat, que suposa un 5,11269632% sobre la suma de l'import entre la potència contractada i l'energia consumida, i el lloguer d'equips de mesura i control, amb un valor de 0,026604 € al dia. A la suma de tots els conceptes mencionats se'ls hi aplica el 21% de l'IVA. Finalment, a tot això se li sumen 9,66 € pels serveis de la

companyia elèctrica: 3,99 € cada mes i l'aplicació del 21% de l'IVA a cada mes ( $3,99 \text{ €/mes} \cdot 2 \text{ mesos} \cdot 1,21 = 9,66 \text{ €}$ ).

### 4.3.3. Principals càrregues energètiques de l'habitatge

Els dos anteriors apartats només parlen del consum energètic elèctric. Però en un habitatge no tota l'energia consumida és elèctrica, tal i com mostra l'estudi del consum energètic d'un habitatge en l'apartat 2.2. En aquest apartat, com en l'apartat 2.2.4, es comentaran els diversos elements que afecten al consum energètic de l'habitatge unifamiliar descrit.

- Instal·lació de calefacció i d'ACS

El sistema de calefacció utilitzat en l'habitatge unifamiliar, per mantenir una temperatura confortable durant els mesos freds, és de radiadors convencionals alimentat per una caldera de gasoil. Es comença a utilitzar a partir de finals d'octubre, i es manté actiu fins a finals d'abril. Afegir que aquest sistema compta amb un control de temperatura (termòstat), fixat amb un valor de 21 °C o 15 °C depenent l'hora.

Durant els mesos més freds, la calefacció es posa en marxa seguint la rutina de les persones que viuen en la casa. Aquest comença el seu cicle a partir de les 6:00 hores, per a obtenir una temperatura acceptable a les 7:00 hores quan es desperten els habitants de l'edifici. Com de les 8:00 hores fins les 13:00 hores la casa roman sense persones, el sistema de calefacció baixa el seu funcionament fins les 12:00 hores a temperatures de 15 °C. A partir de les 13:00 hores fins al dia següent sempre hi ha algú a l'habitatge. Per tant, el sistema de calefacció roman en 21 °C fins les 23:00 hores, ja que a partir de les 00:00 hores els residents ja dormen.

Però no tot el consum anual de gasoil és només del sistema de calefacció. La caldera de l'habitatge també s'aprofita durant tot l'any per disposar d'aigua calenta, cosa que repercuteix en el consum d'aquesta font. Afegir, que el sistema d'ACS utilitza el sistema instantani, comentat en l'apartat 2.2.4 del present treball.

El total del consum de gasoil es calcula a partir d'una aproximació efectuada per la quantitat de litres que s'adquireixen al llarg de l'any. El dipòsit, amb una capacitat de 500 litres, es plena a principis de febrer, a principis de maig i a principis de novembre. Tenint això en compte, caldrà calcular el consum aproximat per a cada mes usant la calculadora de *Mitsubishi* per al càlcul del canvi del sistema tèrmic a aerotèrmia.

Gràcies a aquesta calculadora, s'obté el consum anual d'ACS (4932 kWh) per aproximar el consum mensual d'ACS. També s'obté el consum d'energia mensual per la calefacció. Dividint els valors del consum mensual per la calefacció entre el poder calorífic (10,96 kWh/litre de gasoil segons la calculadora) s'obté el consum de litres de gasoil al mes.

La següent taula mostra una aproximació del consum de gasoil de cada mes de l'any tenint en compte cada cop que s'ompli el dipòsit.

**Taula 4.9.** Consum de litres de gasoil mensual aproximat, marcat en vermell el mes que s'ompli el dipòsit  
(Font: Font pròpia)

<b>Mes</b>	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
<b>Consum (l)</b>	300	224	188	119	72	37
<b>Mes</b>	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
<b>Consum (l)</b>	38	38	37	38	145	264

Afegir que aquest és el consum tenint considerant el tancament del pas d'aigua calenta en determinades habitacions. Aquestes són el despatx i el segon dormitori. A més, tot i que el rebost no disposi d'un radiador, la porta sempre roman tancada. En total, la superfície a escalfar és de 79,07 m<sup>2</sup>.

- Electrodomèstics

Els següents en la línia de consum energètic de l'habitatge són els electrodomèstics, contant també els elements de la cuina i de refrigeració com a electrodomèstics. A la taula presentada a continuació es citaran tots els electrodomèstics de l'habitatge més rellevants (tant per la constància d'ús com pel consum d'energia que en suposa el seu ús).

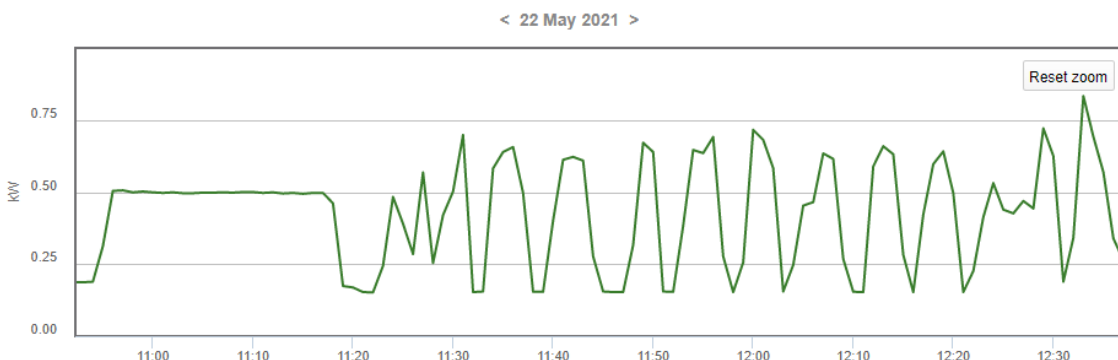
**Taula 4.10.** Llistat dels electrodomèstics de l'habitatge unifamiliar (Font: Font pròpia)

Llistat electrodomèstics			
nº	Nom	nº	Nom
1	Vitroceràmica	13	Planxa de roba
2	Extractor Cuina	14	Portàtil ASUS
3	Forn	15	Portàtil HP
4	Televisor	16	Assecador de cabells
5	Calefactor lavabo	17	Robot aspirador
6	Nevera	18	Batedora
7	Congelador	19	Router
8	Rentadora	20	Telèfon HUAWEI
9	Assecadora	21	Telèfon Samsung
10	Microones	22	Telèfon BQ
11	Cafetera	23	Aire condicionat
12	DVD	24	Descodificador digital

El següent pas és observar el consum energètic de cada electrodomèstic amb el monitor d'energia. Donat que el monitor d'energia seleccionat no disposa d'una opció que llegeixi el consum energètic depenent l'electrodomèstic que utilitzi energia, es farà manualment per als electrodomèstics emprats amb més regularitat o que suposen un consum més elevat durant el seu ús.

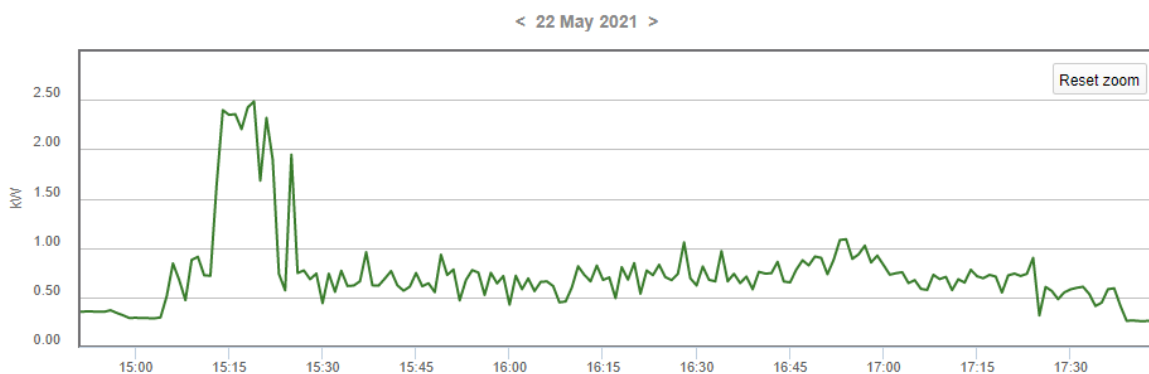


El primer a observar és la rentadora. Aquest electrodomèstic té dos tipus de consum, motivats pel programa que s'usi. El programa amb menor consum se l'anomenarà com a curt, el qual no empra aigua calenta i té una menor duració, i el programa amb major consum se l'anomenarà com a llarg, el qual empra aigua calenta i té una durada superior respecte l'anterior.



**Figura 4.12.** Consum energètic de la rentadora amb el programa curt (Font: Engage Efergy [25])

Tal i com es mostra, el programa curt (Figura 4.12) suposa una potència mitja de consum de 270 W durant un temps aproximat de 1,5 hores i una potència pic de 570 W (tenint en compte que el consum constant de 150 W no està relacionat amb la rentadora).



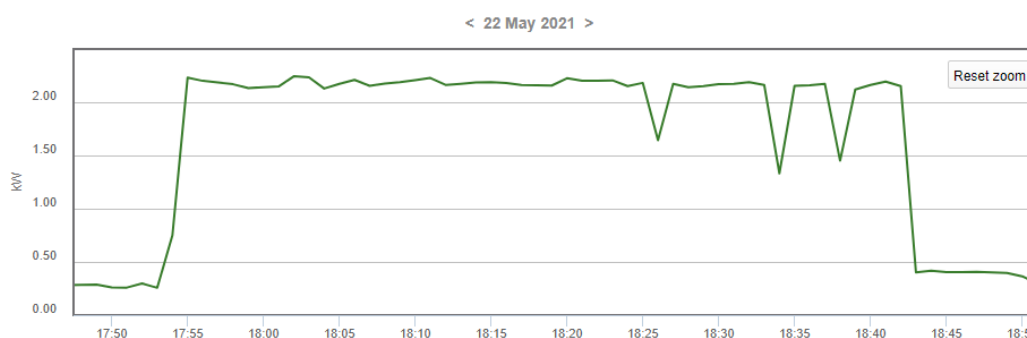
**Figura 4.13.** Consum energètic de la rentadora amb el programa llarg (Font: Engage Efergy [25])

Pel que respecta al programa llarg (Figura 4.13) la potència mitja de consum varia. Durant els primers 20 minuts, temps durant el qual la rentadora es plena d'aigua calenta, la potència necessària és major que durant la resta del rentat, sent el moment en el qual es produeix el major pic de potència amb un valor de 2.190 W (el consum constant en aquest cas era de 290 W, posterior a l'apagada de l'extractor). El consum mig d'energia durant les altres 2 hores i 10 minuts de rentat suposen uns 0,9 kWh per hora.

**Taula 4.11.** Principals diferències dels dos programes més usats de la rentadora (Font: Font pròpia)

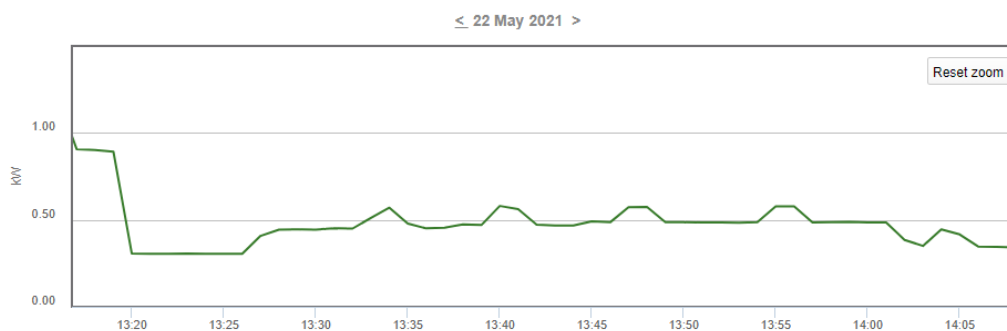
Programa	Duració (h)	Pic de Potència (kW)	Consum energètic (kWh)
Curt	1,5	0,57	0,41
Llarg	2,5	2,19	1,20

El següent electrodomèstic analitzat és l'assecadora. Aquesta, a diferència de la rentadora, només té un programa d'una duració aproximada de 50 minuts. El problema d'usar l'assecadora, mostrat a la Figura 4.14, és el gran consum constant que comporta.

**Figura 4.14.** Consum energètic de l'assecadora (Font: Engage Efergy [25])

Durant 50 minuts el rotor de l'assecadora no para de girar arribant a una potència pic de 1,93 kW. El consum energètic que deixa l'ús de l'assecadora té un valor aproximat de 1,52 kWh.

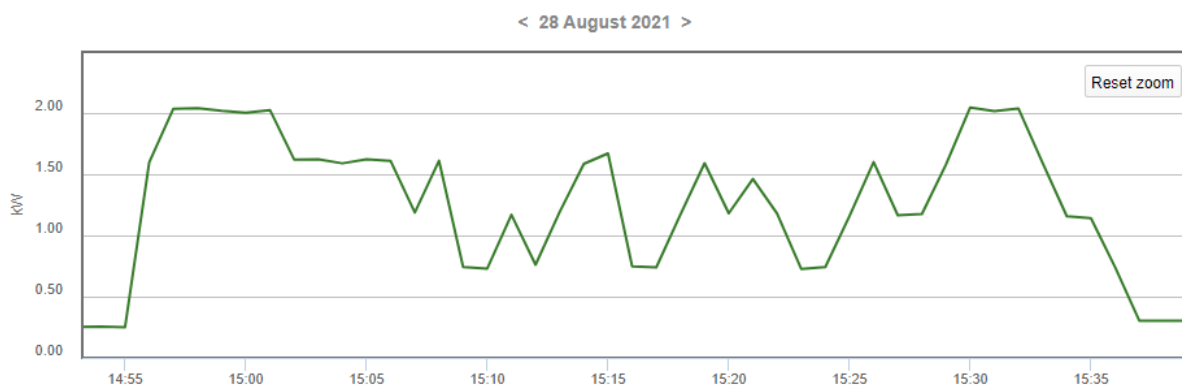
Abans d'analitzar el consum de la vitroceràmica, s'observarà el de l'extractor, ja que mentre la vitroceràmica està en funcionament, també s'activa l'extractor per evitar els diversos gasos derivats de la cocció dintre la cuina. A més, tal i com s'observa en la Figura 4.16, l'extractor no s'apaga fins aproximadament passats 40 min de l'últim ús de la vitroceràmica per assegurar que no quedi cap gas dintre la cuina.

**Figura 4.15.** Consum energètic de l'extractor tot sol (Font: Engage Efergy [25])

Pel que s'observa, a partir de la diferència de potència entre el total i la potència consumida en estabilitat (consum dels altres elements de l'habitatge) s'extreuen els valors de consum i potència pic de l'extractor.

En aquest cas, la potència en estabilitat té un valor aproximat de 340 W. Això deixa una potència pic de l'extractor d'un valor de 240 W i una potència de consum mig de 150 W (o 100 Wh de consum energètic).

Un cop conegut el consum d'energia a descomptar per part de l'extractor, s'obtenen els nombres de la vitroceràmica. L'ús d'aquesta pot variar entre aproximadament 45 minuts o 1,5 hores, depenent del que es pretengui cuinar. Per aquest motiu, com en el cas de la rentadora, s'emprarà un sistema de mesura d'energia per a un curt període de cocció (45 minuts) i un d'alt (1,5 hores).



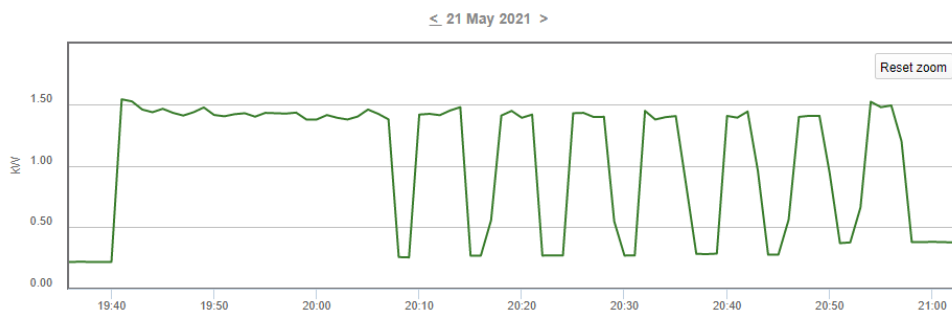
**Figura 4.16.** Consum energètic de la vitroceràmica amb l'ús d'extractor, període curt (Font: Engage Efergy [25])

Tal i com s'observa en la Figura 4.16, descomptant la potència de consum estable (en aquest cas de 300 W) i la potència de consum mig de l'extractor (150 W) s'obté un valor de 1,5 kW de potència pic de la vitroceràmica. Aquest valor es mantindrà tant per al període curt com el llarg. Pel que respecta al consum, pot calcular-se un valor mig de potència i fer-lo dependre del temps. Amb això s'obté el consum aproximat en els dos casos sense la necessitat d'analitzar-los. El valor de consum mig de potència de la vitroceràmica és d'aproximadament 1 kW.

**Taula 4.12.** Consum de la vitroceràmica depenent la duració de cocció (Font: Font pròpia)

Període	Duració (h)	Pic de Potència (kW)	Consum energètic (kWh)
Curt	0,67	1,5	0,68
Llarg	1,5	1,5	1,52

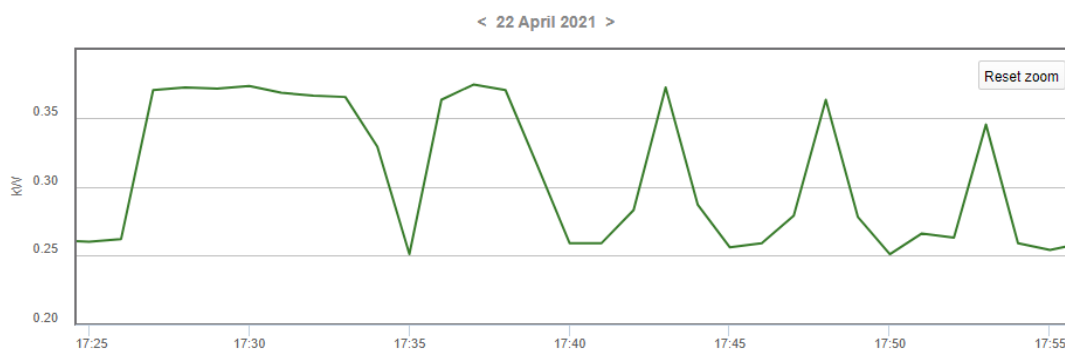
En la Figura 4.17 s'observa el consum del forn. Tal i com es mostra, l'ús aproximat d'aquest té una duració de 1 hora i 20 minuts. En aquest interval s'aprecien dos estats. El primer es produeix en els primers 30 minuts. Com les resistències del forn estan a temperatura ambient, durant els primers 30 minuts s'obté un consum per escalfar-les. Un cop escalfades, l'energia consumida per les resistències del forn és intermitent. D'aquesta manera s'evita superar la temperatura límit imposada.



**Figura 4.17.** Consum energètic del forn (Font: Engage Efergy [25])

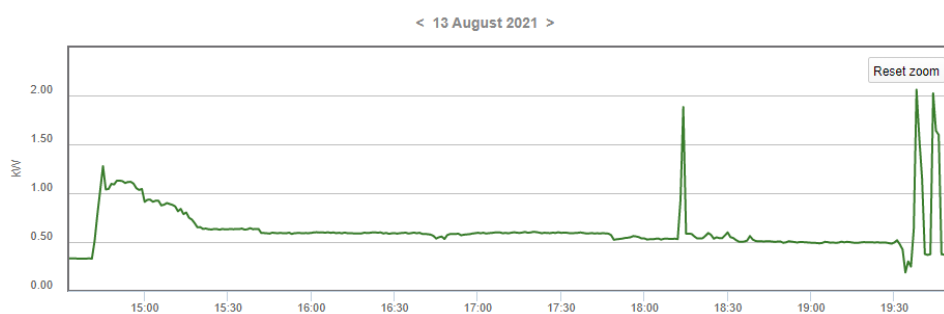
En aquest cas, el valor del pic de potència és de 0,99 kW i la potència de consum mitja és de 0,89 kW (o un consum total de 1,18 kWh).

Un cop analitzats els electrodomèstics d'ús quotidià, es passa a analitzar els electrodomèstics que el seu consum varia depenent l'estació de l'any. Entre aquests destaquen el calefactor, utilitzat per augmentar la temperatura del lavabo durant l'hivern, i l'aire condicionat.



**Figura 4.18.** Consum energètic del calefactor (Font: Engage Efergy [25])

Tal i com s'observa en la Figura 4.18, l'ús del calefactor sol tenir una duració entre 15 i 30 minuts, amb un valor de 100 W de potència de pic i de 80 W de potència mitja de consum en aquest cas. Fent un càlcul aproximat de la durada mitjana per l'ús del calefactor, s'obté que el consum mig d'aquest és de 30 Wh.



**Figura 4.19.** Consum energètic de l'aire condicionat (Font: Engage Efergy [25])

L'últim electrodomèstic a analitzar és l'aire condicionat. Aquest només s'utilitza durant l'estiu en dies que la temperatura ambient és alta. Tal i com es mostra en la Figura 4.19, la duració aproximada del seu ús és de 4 hores i 45 minuts, amb un pic d'engegada de 1 kW. Un cop la temperatura de l'habitació és l'adequada, l'aparell baixa a un consum constant de 300 W. El pic de les 18:45 hores es deu a la cafetera, pel que no correspon al consum de l'aire condicionat.

Un altre punt molt important en el consum d'energia elèctrica d'un habitatge (fruit de l'anàlisi en l'apartat 2.2.4) és l'efecte per *Stand by*. El monitor d'energia seleccionat no té una funció de desglossament per saber d'on provenen els consums d'energia. Degut a això s'emprarà la calculadora de *OCU inmobiliario* per a obtenir un valor aproximat de les pèrdues en els electrodomèstics més comuns.

Finalment, en la categoria d'altres s'engloba el consum d'electrodomèstics com la nevera, el congelador i el *router* degut a que sempre estan connectats i, per tant, és difícil determinar el consum individual de forma manual (així com el consum de la resta d'electrodomèstics esmentats en la Taula 4.6, els quals no s'analitzen individualment a causa del poc ús que se'n fa) i de la il·luminació.

Amb totes aquestes dades, caldrà fer una classificació dels electrodomèstics segons la ja esmentada en l'apartat 3.5.4.

**Taula 4.13.** Classificació de les càrregues depenent el seu consum (Font: Font pròpia)

Llistat electrodomèstics					
nº	Nom	Classificació	nº	Nom	Classificació
1	Vitroceràmica	CN	13	Planxa de roba	CV
2	Extractor Cuina	CN	14	Portàtil ASUS	CBC
3	Forn	CN	15	Portàtil HP	CBC
4	Televisor	CBC	16	Assecador de cabell	CV
5	Calefactor lavabo	CV	17	Robot aspirador	CBC
6	Nevera	CCC	18	Batedora	CV
8	Rentadora	CED	20	Telèfon HUAWEI	CBC
9	Assecadora	CED	21	Telèfon Samsung	CBC
10	Microones	CN	22	Telèfon BQ	CBC
11	Cafetera	CV	23	Aire condicionat	CED
12	DVD	CBC	24	Descodificador digital	CBC

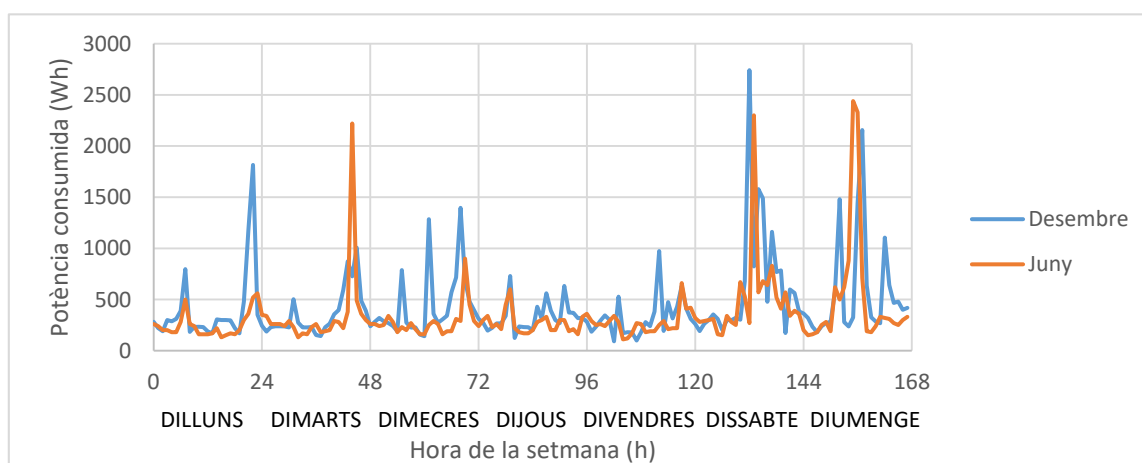
#### 4.3.4. Consum elèctric diari de cada mes de l'habitatge

En aquest apartat es dona un nombre aproximat del consum de cada dia depenent el mes de l'any. Ja comentat anteriorment, en una setmana es classifiquen els dies festius i els dies normals. Tenint això en

ment es dissenya un arxiu Excel des de la pàgina web on es recopilen les dades del monitor d'energia i de la xarxa distribuïdora del consum per hores de cada mes d'una setmana.

Els dies amb un consum superior respecte els altres dies de la setmana són els festius (ja que s'usa més la rentadora). Durant aquests el consum és aproximadament el mateix, a excepció d'alguns que sobrepassen per molt el consum mig i cal descartar-los.

Tenint tot això en compte, s'elabora una taula amb valors de consum per hores d'una setmana de consum normal de cada mes. Finalment, amb tota aquesta informació de consum mensual s'extreuen les dades en el que es situen les setmanes de major (juny) i menor producció fotovoltaica (desembre).



**Figura 4.20.** Gràfica amb el consum de cada hora per al mes de producció més favorable (juny) i desfavorable (desembre) en una setmana (Font: Font pròpia)

## 4.4. La instal·lació solar fotovoltaica

### 4.4.1. Geometria solar de la ubicació

Ja comentat en l'apartat de la geometria solar del capítol 3, primer cal determinar les diverses característiques de la ubicació. El primer valor més important i necessari en la majoria d'operacions que s'efectuaran a continuació és el de la latitud ( $\varphi$ ), ja obtingut en l'apartat 4.1. A més, es necessita que aquest valor estigui en graus ( $\varphi = 40,68239^\circ$ ).

Un cop fet això cal definir el valor del dia més desfavorable ( $n = 355$ ) i del més favorable ( $n = 172$ ), tal i com s'explicava en apartats anteriors, per obtenir el diagrama de la trajectòria solar al llarg de l'any. El següent pas serà definir les 12 hores del dia com l'angle d'incidència inicial ( $\omega = 0^\circ$ ). Tenint aquests valors caldrà determinar la declinació solar i l'angle de sortida i posta del Sol per als dos casos.

**Taula 4.14.** Dades de declinació solar i angle de sortida i posta del Sol en cas desfavorable (Font: Font pròpia)

Nom	Abreviació	Valor
Latitud	$\varphi$	40,68239 °
Dia amb clima més desfavorable	n	355
Hora base	$h_o$	12:00:00
Declinació solar	$\delta$	-23,45 °
Angle horari de sortida	$\omega_s$	-68,11 °
Angle horari de posta	$\omega_d$	68,11 °

**Taula 4.14.** Dades de declinació solar i angle de sortida i posta del Sol en cas favorable (Font: Font pròpia)

Nom	Abreviació	Valor
Latitud	$\varphi$	40,68239 °
Dia amb clima més favorable	n	172
Hora base	$h_o$	12:00:00
Declinació solar	$\delta$	23,45 °
Angle horari de sortida	$\omega_s$	-111,89 °
Angle horari de posta	$\omega_d$	111,89 °

Els angles de posta i sortida del Sol defineixen el inici i el final dels valors de l'angle d'incidència, l'azimut solar i l'alçada solar. Els valors entre aquests angles tenen una separació d'una hora respecte el migdia, que en angle horari representen 15 °. Les fórmules emprades són les presentades a l'apartat 3.4.1. Seguidament es presentaran els resultats tant per al cas desfavorable com per al favorable.

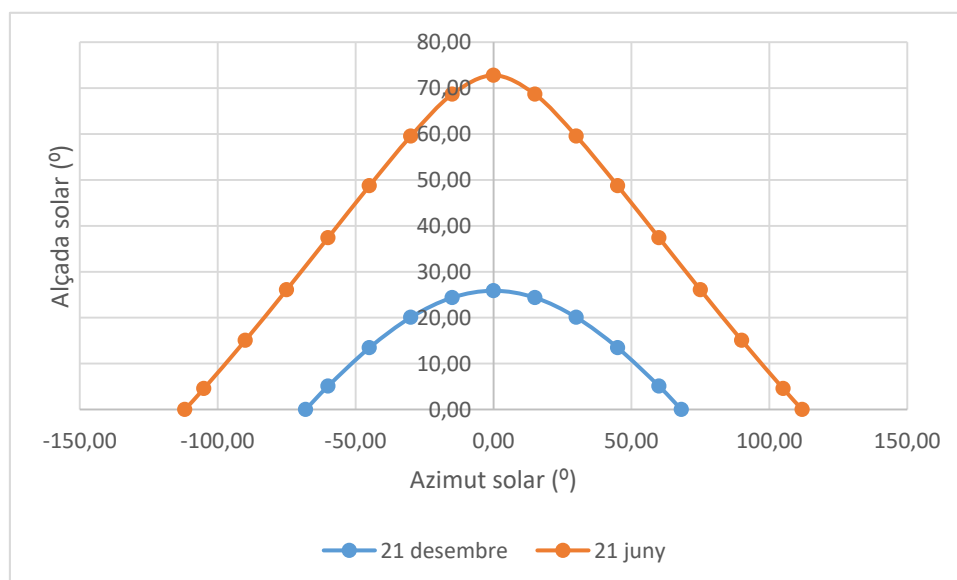
**Taula 4.15.** Dades de l'angle zenit, l'azimut solar i l'alçada solar depenent l'angle solar en cas desfavorable (Font: Font pròpia)

hora	$\omega$ (°)	$\theta_z$ (°)	$\gamma_s$ (°)	$\alpha_s$ (°)
7:27:34	-68,11	90,00	-58,35	0,00
8:00:00	-60,00	84,93	-52,90	5,07
9:00:00	-45,00	76,55	-41,84	13,45
10:00:00	-30,00	69,93	-29,23	20,07
11:00:00	-15,00	65,63	-15,11	24,37
12:00:00	0,00	64,13	0,00	25,87
13:00:00	15,00	65,63	15,11	24,37
14:00:00	30,00	69,93	29,23	20,07
15:00:00	45,00	76,55	41,84	13,45
16:00:00	60,00	84,93	52,90	5,07
16:32:26	68,11	90,00	58,35	0,00

**Taula 4.16.** Dades de l'angle zenit, l'azimut solar i l'alçada solar depenent l'angle solar en cas favorable (Font: Font pròpia)

hora	$\omega$ (°)	$\theta_z$ (°)	$\gamma_s$ (°)	$\alpha_s$ (°)
4:32:26	-111,89	90,00	-58,35	0,00
5:00:00	-105,00	85,45	-62,74	4,55
6:00:00	-90,00	74,97	-71,79	15,03
7:00:00	-75,00	63,93	-80,58	26,07
8:00:00	-60,00	52,61	-89,80	37,39
9:00:00	-45,00	41,29	-79,43	48,71
10:00:00	-30,00	30,47	-64,77	59,53
11:00:00	-15,00	21,35	-40,72	68,65
12:00:00	0,00	17,23	0,00	72,77
13:00:00	15,00	21,35	40,72	68,65
14:00:00	30,00	30,47	64,77	59,53
15:00:00	45,00	41,29	79,43	48,71
16:00:00	60,00	52,61	89,80	37,39
17:00:00	75,00	63,93	80,58	26,07
18:00:00	90,00	74,97	71,79	15,03
19:00:00	105,00	85,45	62,74	4,55
19:27:34	111,89	90,00	58,35	0,00

Gràcies a aquestes dues taules, és possible elaborar la gràfica de trajectòria solar amb els valors calculats de l'azimut solar i l'alçada solar. Aquesta gràfica és (aproximadament) la definida pel CTE, la qual s'usa en el càlcul de les pèrdues per ombres properes.



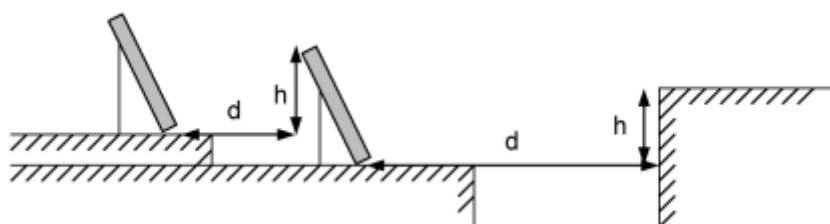
**Figura 4.21.** Taula de trajectòria solar al llarg de l'any (Font: Font pròpia)



L'últim valor que queda per definir és la inclinació a donar a les plaques. El primer valor a calcular és l'angle òptim, obtingut mitjançant el software online gratuït PVGIS. L'angle òptim que dona aquest amb les coordenades de l'habitatge d'estudi és de 37 °. El següent angle d'incidència a tenir en compte és el de la teulada. Aquest es calcula considerant que l'altura de la teulada és de 1,61 m i té una llargada de 4,73 m, donant un angle d'incidència de 19 °.

El següent pas és escollir un dels dos angles d'incidència. Per a això cal observar l'energia de producció fotovoltaica anual en els dos casos. Pel que respecta a l'angle òptim, aquesta potència té un valor de 1.579,7 kWh, mentre que al de la teula aquesta potència és de 1.514,1 kWh. Això suposa unes pèrdues del 4,15% seleccionant l'angle de la teulada.

Però, encara que sembli que l'elecció correcta sigui l'angle d'incidència òptim, cal tenir en compte que no seleccionar l'angle de la teulada pot provocar complicacions en el posicionament de les plaques solars. La selecció de l'angle òptim pot ocasionar que les files de plaques formin ombres entre elles. Tenint en compte que la teulada de l'habitatge pot no ser el suficientment gran com per a obtenir una distància de separació ideal per a que no es produeixin aquestes ombres, les pèrdues provocades per aquest fenomen poden arribar a ser més grans que el 4,15% anteriorment calculat.



**Figura 4.22.** Distància mínima de separació entre plaques depenen l'altura de la placa (Font: IDAE [39])

Aquesta distància "d" es calcula amb l'equació següent per a una coberta horitzontal:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \phi)} \quad (4.2)$$

Per determinar quin angle d'inclinació és l'adiant en aquesta situació, caldrà conèixer la dimensió de les plaques solars escollides, adaptant aquesta fórmula en el cas d'una teulada.

#### 4.4.2. Selecció de les plaques solars fotovoltaïques

A continuació, cal seleccionar el model de panell solar per determinar l'angle d'inclinació de les plaques i seguir amb l'estudi d'ombres. Però primer caldrà fer un estudi dels panells a escollir. Per a això, s'escolliran dos panells solars de la pàgina web Autosolar (dedicada a distribuir panells solars del fabricant ERA Solar) de la mateixa mida per comparar-los. La diferència serà el tipus de panell, un serà monocristal·lí i l'altre policristal·lí. Els altres tipus de panells descrits a l'enginyeria conceptual no es consideraran degut a l'elevat preu. Els criteris a seguir per a la selecció del panell seran: el que millor s'ajusti al clima de l'habitatge unifamiliar, el que tingui el millor preu per Wp i el que ocupi menys superfície. A continuació es mostrarà una taula amb característiques del panell monocristal·lí seguides de les característiques del policristal·lí.

**Taula 4.17.** Dades de selecció del panell monocristal·lí (Font: Font pròpia)

Característiques	Definició
Tipus de panell	Monocristal·lí
Dimensions	1650 x 990 x 35 mm
Potència Pic	310 Wp
Preu	137,52 €
Diferència Preu/Potència pic	0,4436 €/Wp
Panells per obtenir 5kW	16 aprox.
Afavoriment climàtic	Clima fred

**Taula 4.18.** Dades de selecció del panell policristal·lí (Font: Font pròpia)

Característiques	Definició
Tipus de panell	Policristal·lí
Dimensions	1650 x 990 x 35 mm
Potència Pic	280 Wp
Preu	95,32 €
Diferència Preu/Potència pic	0,3404 €/Wp
Panells per obtenir 5kW	18 aprox.
Afavoriment climàtic	Clima càlid

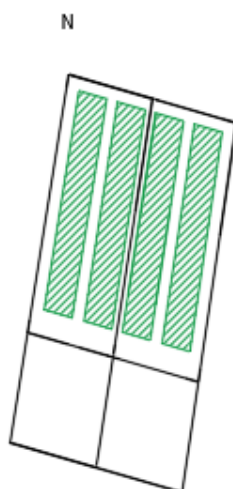
Seguidament es donarà pas a la comparació entre els dos tipus de panell per determinar quin és millor en aquesta situació:

- El primer punt a favor se l'emporta el monocristal·lí per la seva potència pic, fent que siguin necessaris menys panells per obtenir una potència pic prefixada. En aquest cas s'observa que per a obtenir aproximadament 5 kW el monocristal·lí necessita 2 plaques menys que el policristal·lí, estalviant una superfície de 3,27 m<sup>2</sup>.
- El següent és el policristal·lí pel seu cost en relació la potència pic. Comparant les taules 4.17 i 4.18, la diferència es d'aproximadament 0,10 €/Wp. Usant la referència del nombre de panells necessaris per obtenir aproximadament 5 kW s'obté que per als monocristal·lins es pagarien

2.200,32 €, mentre que els policristal·lins tindrien un cost de 1.715,76 €. Això suposa una diferència de 484,56 €.

- L'últim punt se l'emporta el policristal·lí degut al seu afavoriment de treball respecte la ubicació climàtica, ja que l'habitatge està en un punt de clima càlid de l'estat espanyol.

Fent un recompte i un anàlisi de la possible quantitat de panells que la teulada de l'habitatge pot arribar a albergar (44 panells separats horitzontalment 0,10 m i 0,60 m verticalment), es determina que els panells seran policristal·lins. Aquesta elecció es pren tenint en consideració els últims dos punts i la diferència de panells necessaris per arribar a 5 kW entre els que pot suportar la teulada.



**Figura 4.23.** Alçada de la teulada amb les possibles ubicacions de les plaques fotovoltaïques (Font: Font pròpia)

Com s'observa en la Figura 4.23, només s'estima la ubicació de plaques fotovoltaïques en la teulada de l'habitatge i no en la del garatge, ja que per a posar plaques en la teulada del garatge caldria una renovació d'aquesta, implicant una inversió extra.

A continuació, es mostraran les característiques del panell escollit:

**Taula 4.19.** Característiques del panell policristal·lí (Font: Font pròpia)

<b>Marca</b>	ERA Solar	
<b>Model</b>	ESPMC Polycrystalline Solar Module 280W	
Característiques del Panell		
Nom	Valor	Unitats
Potència pic nominal	280,14	W
Voltatge nominal	32,2	V
Intensitat nominal	8,7	A
Voltatge en circuit obert	37,8	V

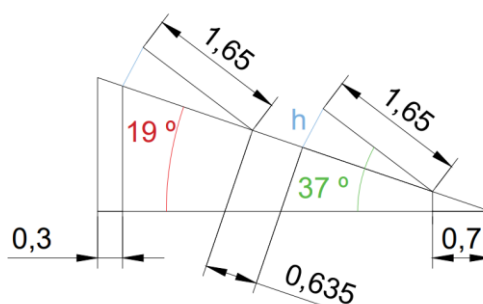
**Taula 4.19.** Característiques del panell policristal·lí (Font: Font pròpia) (Continuació)

Nom	Valor	Unitats
Coeficient de voltatge-temperatura	-0,295%	%/°C
Intensitat en curtcircuit	9,36	A
Eficiència de la cèl·lula	17,20%	-
Temperatura d'operació mínima	-40	°C
Temperatura d'operació màxima	+85	°C
Voltatge màxim del sistema	1000	VDC
Pes	17,75	Kg
Dimensions	1650·990·35	mm
NOCT	45	°C
Coeficient de voltatge-temperatura	-0,295%	%/°C
Coeficient de corrent-temperatura	0,086%	%/°C
Coeficient de potència-temperatura	-0,380%	%/°C

Finalment, el fabricant del producte assegura un 90% de la potència nominal de sortida i una garantia del producte durant els primers 10 anys de funcionament, i un 80% de la potència nominal de sortida als 25 anys de funcionament. Això suposa una degradació aproximada del 0,8%.

#### 4.4.3. Ubicació i inclinació de les plaques a partir de l'estudi d'ombres

Un cop seleccionades les plaques, cal procedir al càlcul de la determinació de l'angle d'inclinació. El primer a calcular serà la distància de separació entre les plaques. Seguint la fórmula, es substituirà  $\alpha$  pel valor de la latitud en graus ( $\alpha = 40,6824^\circ$ ) i el valor de  $h$  es determinarà a partir del triangle rectangle format en la teulada. Primer caldrà buscar la diferència entre l'angle azimut òptim ( $37^\circ$ ) i l'angle de la teulada ( $19^\circ$ ) i se l'anomenarà  $\epsilon$ . Aquest s'obindrà mitjançant la diferència dels altres dos angles esmentats ( $\epsilon = 37 - 19 = 18^\circ$ ), i el valor  $h$  de l'altura formada per les plaques tindrà en compte que la tangent d'aquest triangle serà la longitud de la placa (1,65 m).

**Figura 4.24.** Distància entre plaques amb la inclinació de l'angle azimut (Font: Font pròpia)

Tal i com s'observa en la Figura 4.24, si el càlcul de la distància entre plaques a partir de l'ús de la fórmula 4.2 té un valor superior a 0,64 m caldrà descartar l'ús de l'angle azimut degut a les ombres properes formades donant-los-hi aquest angle.

$$d = \frac{1,65 \cdot \sin(37 - 19)}{\tan(61 - 40,6824)} = 1,377 \text{ m} \tag{4.3}$$

El valor calculat de d és d'aproximadament 1,38 m, el doble del valor a superar. Això significa que l'ús de l'angle d'inclinació òptim en aquest cas causaria ombres properes, pel que l'angle d'inclinació a escollir en aquest cas és el de la teulada.

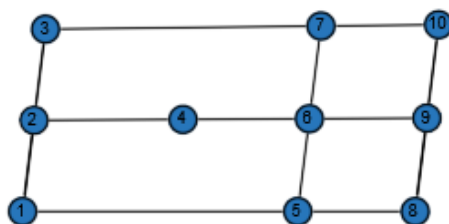
El següent pas per determinar la millor ubicació de les plaques serà observar la posició de les ombres produïdes pels edificis i objectes del voltant. Però abans d'establir l'altura i la projecció de les ombres, cal calcular l'angle azimut de la casa respecte el Sud. Per a això, s'ha usat el *Google Earth PRO*. Gràcies a aquest es precisa la latitud i la longitud de cada extrem de la teulada, obtenint obtingut un punt A i un punt B amb els quals fer un càlcul de l'angle azimut.



**Figura 4.25.** Alçada de l'habitatge amb *Google Earth PRO* amb els punt de referència (Font: *Google Earth PRO*)

El resultat és de  $8,34^\circ$  respecte el Sud geogràfic, però donat que aquest mètode pot ser bastant imprecís s'arrodoneix a  $9^\circ$  per a que els càlculs siguin més desfavorables i obtenir menys pèrdues en la realitat.

Seguidament, caldrà determinar els punts que poden arribar a formar ombres en la teulada de l'habitatge. Degut a desconeixement dels valors de l'altura dels edificis que envolten la combinació de l'habitatge unifamiliar i el garatge, calen emprar els valors d'altura proporcionats pel *Google Earth PRO*.



**Figura 4.26.** Punts amb projecció d'ombres (Font: Font pròpia)

**Taula 4.20.** Característiques dels punts amb projecció d'ombres (Font: Font pròpia)

Punt	Edifici	Diferència d'altura o h (m)
1	1	6,24
2	1	4,63
3	1	6,24
4	Teulada habitatge	1,61
5	Teulada garatge	0,7
6	Teulada garatge	0,55
7	Teulada garatge	0,7
8	2	5,52
9	2	4,06
10	2	5,52

Seguint la Taula 4.20, els punts 1, 2 i 3 pertanyen a les possibles ombres formades per l'edifici 1 (edifici al Nord de l'habitatge), el punt 4 pertany a les possibles ombres formades per la inclinació de la teulada (ombres no considerades, ja que les pèrdues formades per aquest tipus d'ombres tenen un altre càlcul), els punts 5, 6 i 7 pertanyen a les possibles ombres formades per la diferència d'altura entre la teulada de l'habitatge i el garatge, i el punt 8, 9 i 10 pertanyen a les possibles ombres formades per l'edifici 2 (edifici al Sud del garatge).

Amb l'ajuda del *Autocad* es representaran totes les projeccions d'ombres determinades per la fórmula durant les hores en les quals la irradiància solar tingui un valor rellevant ( $150 \text{ W/m}^2$ ) en el cas més desfavorable. Aquests valors s'aconseguiran a partir de l'eina PVGIS.

**Taula 4.21.** Valors d'irradiància solar (Font: PVGIS [57])

Hora	Irradiància solar ( $\text{W/m}^2$ )	Irradiància útil
7:00:00	0,00	
8:00:00	139,10	X
9:00:00	289,68	X
10:00:00	417,41	X
11:00:00	496,47	X
12:00:00	521,48	X
13:00:00	481,03	X
14:00:00	390,00	X
15:00:00	260,11	X
16:00:00	65,91	
17:00:00	0,00	

Donat que el valor d'irradiància solar a les 8:00 hores del matí és de  $139,1 \text{ W/m}^2$  i el de les 9:00 hores és de  $289,68 \text{ W/m}^2$ , també s'ha considerat com un valor d'irradiància útil, donat que fent una extrapolació

entre aquests dos valors s'estima que aproximadament a les 8 hores i 5 minuts del matí el valor d'irradiància serà d'aproximadament 150 W/m<sup>2</sup>.

A continuació, es realitzaran les ja esmentades projeccions d'ombres mitjançant l'Autocad de cada una de les hores amb irradiància útil.

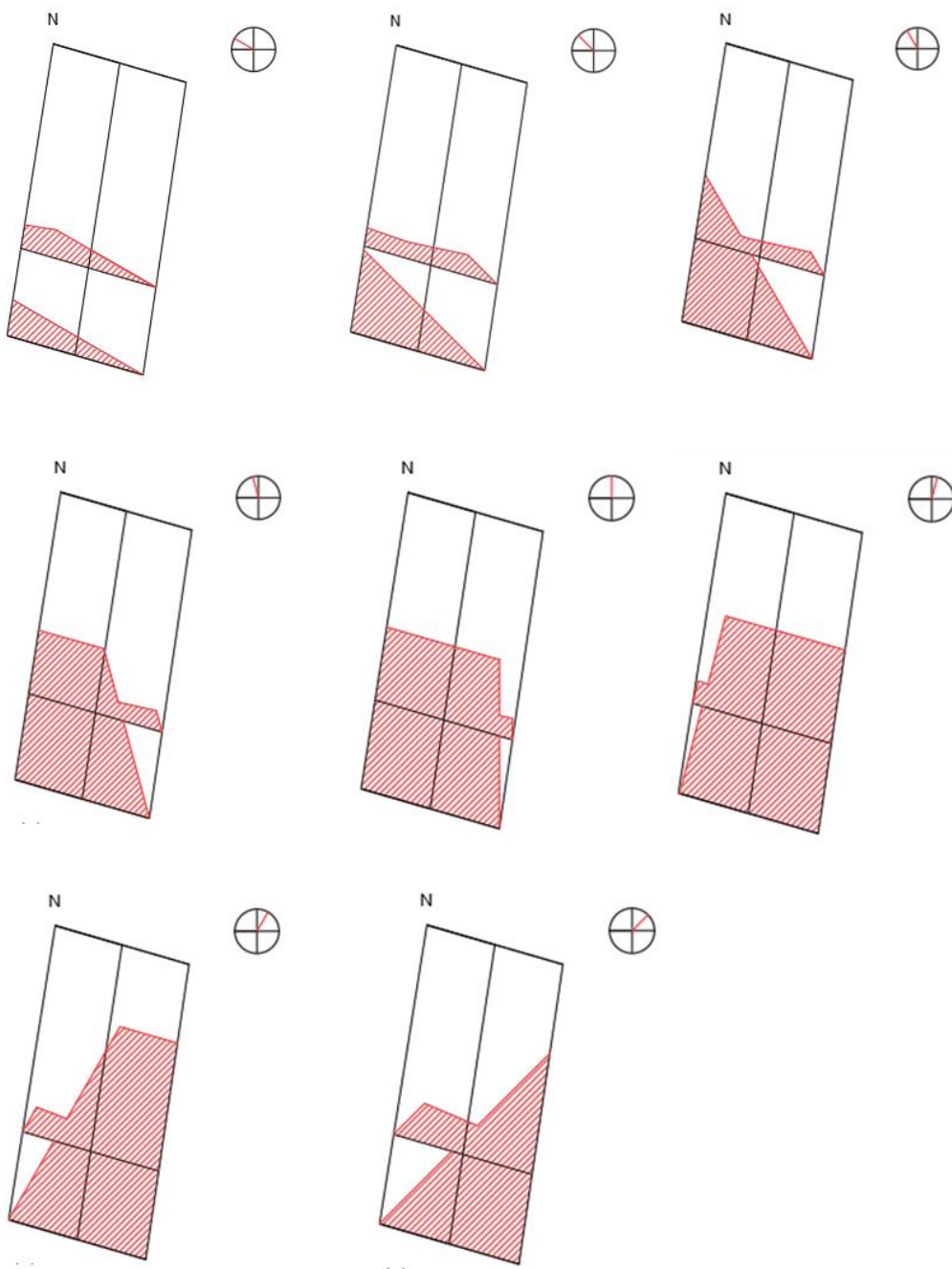
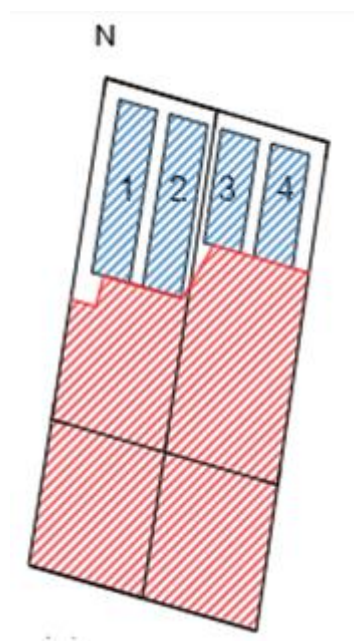


Figura 4.27. Projecció d'ombres (en vermell) ordenades per l'hora del dia més desfavorable (Font: Font pròpia)

Un cop obtingudes totes les projeccions (Figura 4.27), caldrà observar la suma total d'aquestes per vuere l'àrea exempta d'ombres de la possible ubicació de plaques de la Figura 4.23.



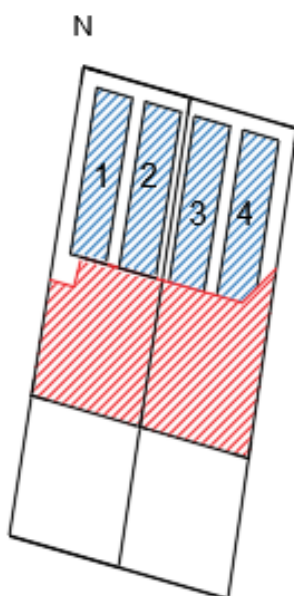
**Figura 4.28.** Projecció total d'ombres (en vermell) i ubicacions de plaques exemptes d'ombres (en blau)  
(Font: Font pròpia)

Amb això, queden dues files a la part esquerra de la teulada de  $11,20 \text{ m}^2$  (6 plaques separades horitzontalment  $0,10 \text{ m}$ ) i dues files a la part dreta de la teulada de  $7,33 \text{ m}^2$  (4 plaques separades  $0,10 \text{ m}$ ). El que dona un nombre total de 20 plaques i, per tant, una potència pic de producció de  $5,6 \text{ kWp}$ .

El problema que sorgeix d'aquesta elecció en el posicionament de plaques és la desigualtat en el número de plaques en cada part de la teulada. Per temes de producció d'energia caldrà considerar cada part de la teulada com una rama. Això és degut a que en la sortida del Sol només la part dreta de la teulada rebrà la irradiació del Sol, mentre que a la posta del Sol la que rebrà la irradiació serà la part esquerra. Per tant, si en una rama es combinen plaques de dues parts de la teulada pot arribar a provocar descompensacions en la tensió d'entrada a un MPPT de l'ondulador.

Observant amb més atenció la Figura 4.27, s'aprecia que l'angle horari de  $30^\circ$  (tercera fila, primera columna) és el que provoca que apareguin ombres en la part dreta de la teulada, fent que el nombre de plaques en cada part de la teulada sigui desigual. Per tant, es considera la possibilitat d'obviar les ombres d'aquest angle horari per aconseguir el mateix nombre de plaques en les dues parts i calcular les pèrdues que provoquen en la comprovació del mètode del CTE.





**Figura 4.29.** Projecció total d'ombres (en vermell) i ubicacions de plaques exemptes d'ombres (en blau) sense tenir en compte l'angle de 30° (Font: Font pròpia)

Per tant, tenint en compte la Figura 4.29, el nou possible nombre total de plaques a implementar és de 24, amb una potència pic de producció de 6.723,4 Wp.

#### 4.4.4. Selecció de l'ondulador híbrid

Un cop calculada la potència pic de producció, es passa a l'elecció de l'ondulador híbrid. Esmentat anteriorment, l'ondulador híbrid serà el de la marca *InfiniSolar*, en concret el model *InfiniSolar Plus*. Tenint això en compte cal calcular el rang òptim en el qual trobar la potència alterna de sortida de l'ondulador a partir de la potència pic de generació.

$$P_{N, Ond AC} = \frac{P_{FV, STC} \cdot n_{total, plaques}}{R_s} = \frac{280,14 \cdot 24}{1 \div 1,2} = 6.723,4 \div 5.602,8 Wp \quad (4.4)$$

El següent és observar la potència alterna de sortida de cada model d'ondulador, i la potència de sortida que s'ajusti més als anteriors valors.

MODEL	InfiniSolar 2KW	InfiniSolar Plus II 3KW	InfiniSolar Plus 5KW	InfiniSolar 3P 10KW	InfiniSolar 3P 15KW
PHASE	1-phase in / 1-phase out			3-phase in / 3-phase out	
MAXIMUM PV INPUT POWER	2250 W	4500 W	10000 W	14850 W	22500 W
RATED OUTPUT POWER	2000 W	3000 W	5000 W	10000 W	15000 W
MAXIMUM CHARGING POWER	1200 W	2880W	4800 W	9600 W	15000 W

**Figura 4.30.** Informació de potències per a la gamma d'onduladors híbrids de *InfiniSolar Plus*  
(Font: Fitxa Tècnica *InfiniSolar DS VERD*)

L'ondulador que més s'ajusta a aquest rang és el de la potència nominal de sortida de 5 kW. El problema és que no es situa dintre del rang de valors calculat anteriorment. Per aquest motiu, caldrà ajustar el nombre de plaques per trobar el rang òptim en aquest ondulador. Per tant, en aquest cas caldrà adaptar el rang del nombre de plaques per a l'ondulador en 5 kW de potència de sortida, tenint en compte que el nombre màxim de plaques que surti d'aquest rang no pot superar l'utilitzat anteriorment.

$$n_{rang,plaques} = \frac{R_s \cdot P_{N,Ond AC}}{P_{FV,STC}} = \frac{1 \div 1,2 \cdot 5.000}{280,14} \approx 18 \div 21 \text{ plaques} \quad (4.5)$$

El nou valor màxim de plaques del rang calculat és inferior al possible nombre de plaques màxim (24 plaques) calculat en l'estudi d'ombres. Per tant, compleix i és un rang possible. Abans de passar a la comprovació del rang de  $R_s$ , caldrà disminuir el nombre màxim de plaques a 20. Això es fa per que en cada part de la teulada hi hagin el mateix nombre de plaques, i igualar els valors del potencial i el corrent en cada rama. El següent serà calcular si els nous valors de plaques realment s'ajusten al rang del valor  $R_s$  que es vol aconseguir.

$$R_s = \frac{n_{rang,plaques} \cdot P_{FV,STC}}{P_{N,Ond AC}} = \frac{18 \div 20 \cdot 280,14}{5.000} \approx 1,01 \div 1,12; \text{ Compleix} \quad (4.6)$$

Per tant, seleccionant aquest ondulador el rang de plaques amb una potència pic de 280,14 Wp per placa anirà entre 18 i 20 per situar-se dintre dels valors de  $R_s$ .

Per acabar amb l'apartat de selecció de l'ondulador híbrid, en la següent taula mostrarà les característiques d'aquest ondulador, considerant que l'opció seleccionada en el EMS és la de *Grid-Tie with backup (II)* la qual dona prioritat primer a la càrrega, després a la bateria i finalment a la xarxa.

**Taula 4.22.** Característiques de l'ondulador híbrid *InfiniSolar Plus 5kW* (Font: Fitxa Tècnica *InfiniSolar DS VERD*)

Model	InfiniSolar Plus 5kW
Fases	1 fase / 1 fase de sortida
Potència màxima d'entrada PV	10.000 W
Potència Nominal de sortida	5.000 W
Potència màxima de càrrega	4.800 W

**Taula 4.22.** Característiques de l'ondulador híbrid *InfiniSolar Plus 5kW* (Font: Fitxa Tècnica *InfiniSolar DS VERD*)  
(Continuació)

<b>Característiques d'operació de <i>Hybrid Operation</i></b>	
<b>Entrada PV (DC)</b>	
Tensió nominal DC	720 VDC
Màxima tensió nominal DC	900 VDC
Tensió d'engegada	225 VDC
Tensió d'alimentació inicial	250 VDC
Rang de tensió MPP	250 VDC - 850 VDC
Nombre de <i>trackers</i>	2
Corrent d'entrada màxim per <i>tracker</i>	10 A
<b>Sortida a la xarxa (AC)</b>	
Tensió nominal de sortida	208/220/230/240 VAC
Rang de tensió de sortida	184 -265 VAC
Corrent nominal de sortida	21 A
<b>Entrada AC</b>	
Tensió AC de posta en marxa	120 – 140 VAC
Tensió d'auto reinici	180 VAC
Rang d'entrada de tensió acceptable	170 – 280 VAC
Corrent d'entrada AC màxim	40 A
<b>Sortida del mode de bateria (AC)</b>	
Tensió nominal de sortida	202/208/220/230/240 VAC
Eficiència (DC a AC)	93%
<b>Bateria i carregador</b>	
Tensió nominal DC	48 VDC
Màxim corrent de càrrega	Per defecte 60A, 5 – 100 A

#### 4.4.5. Comprovació per mètode CTE

Un cop determinades el nombre de possibles plaques en cada part de la teulada, caldrà fer la comprovació de pèrdues d'ombres properes i per inclinació mitjançant el mètode descrit al Codi Tècnic d'Edificació.

En primer lloc caldrà calcular les pèrdues que es produeixen per inclinació amb l'angle azimut ( $\alpha$ ) de cada part de la teulada (part esquerra amb un angle azimut de  $99^\circ$  i part dreta amb un angle azimut de  $-81^\circ$ ), d'inclinació ( $\beta$ ) de  $19^\circ$ , escollit en l'apartat 4.4.3, i de latitud ( $\phi$ ) de  $40,68^\circ$  mitjançant la fórmula proporcionada en el CTE.

$$\begin{aligned} \text{Pèrdues (\%)} &= 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (19 - 40,68 + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 99^2] = \\ &= 35,94\% \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Pèrdues (\%)} &= 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (19 - 40,68 + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot (-81)^2] = & (4.8) \\ &= 24,60\% \end{aligned}$$

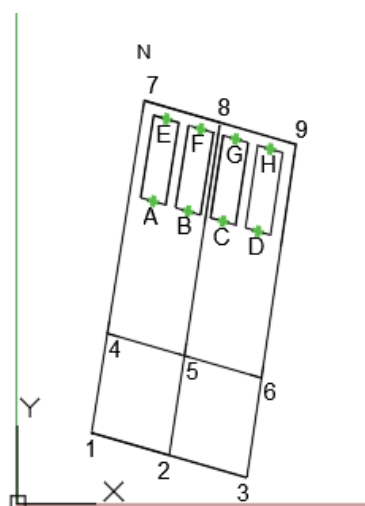
Calculades aquestes pèrdues, s'observa que els valors no entren dins el rang de la Figura 3.3 del CTE, on indica el % de pèrdues depenent la inclinació (Figura 3.9 en el present treball). Segons aquesta figura, els valors de les pèrdues es situen entre el 10% i el 20%. Per això, abans d'arribar a la conclusió que les pèrdues calculades són les correctes, caldrà fer una comprovació amb la pàgina de PVGIS. Aquesta comprovació s'efectuarà a partir de la irradiació total a l'any.

Primer, caldrà calcular la irradiació anual amb l'angle d'inclinació òptim ( $37^\circ$ ) i l'angle azimut òptim ( $0^\circ$ ). Segons el PVGIS, s'obté un valor de  $1.986,36 \text{ kWh/m}^2$ . El següent, és simular la irradiació anual amb l'angle d'inclinació de la teulada ( $18^\circ$ ) i els dos angles azimut ( $99^\circ$  i  $-81^\circ$ ). Els resultats obtinguts són de  $1.673,25 \text{ kWh/m}^2$  per a l'angle de  $-81^\circ$  i de  $1.605,04 \text{ kWh/m}^2$  per a l'angle de  $99^\circ$ .

A continuació, caldrà fer una mitja aritmètica dels dos angles azimut, ja que en cas de posar plaques a les dues parts de la teulada el nombre de plaques seria el mateix. El resultat és de  $1.639,15 \text{ kWh/m}^2$ .

Per acabar, caldrà calcular les pèrdues entre els angles òptims i els de l'habitatge, i es divideix el resultat per a obtenir el percentatge de pèrdues. El valor obtingut d'aquesta operació és de  $347,22 \text{ kWh/m}^2$  pel que respecta a les pèrdues, el que representa un 17,48% de pèrdues respecte el major nombre possible d'irradiació.

Per al càlcul de pèrdues per ombres, primer caldrà definir un seguit de punts que poden provocar ombres a les plaques (nombres) i un altre seguit de punts en localitzacions on es situen les plaques (lletres).



**Figura 4.31.** Punts dels càlculs d'ombres properes (Font: Font pròpia)

Després, caldrà definir dues matrius tenint com a valor de referència el punt 1 per a les coordenades de X i Y. En la primera matriu s'assignaran els punts en projecció d'ombres (nombres). En aquesta es definiran els valors de longitud ( $O_x$ ), latitud ( $O_y$ ) i altura ( $O_z$ ) en aquest ordre. En la segona matriu es definiran novament els valors de longitud ( $R_x$ ), latitud ( $R_y$ ) i altura ( $R_z$ ), però en aquest cas per a les localitzacions de les plaques (lletres). Tots els valors s'obtidran a través de l'Autocad.

Mitjançant aquesta matriu, caldrà elaborar una tercera matriu, que es repetirà en cada punt de la zona de plaques (lletra). Aquesta matriu es construirà per a calcular la distància de cada punt de possible projecció d'ombra (nombre) i el punt d'una placa (lletra). Immediatament, es mostrarà la matriu descrita.

$$Lletra (A \dots H) = \begin{bmatrix} Lletra_{x1} = O_{x1} - R_x lletra & Lletra_{y1} = O_{y1} - R_y lletra & Lletra_{z1} = O_{z1} - R_z lletra \\ \dots & \dots & \dots \\ Lletra_{x8} = O_{x8} - R_x lletra & Lletra_{y8} = O_{y8} - R_y lletra & Lletra_{z8} = O_{z8} - R_z lletra \end{bmatrix}$$

Amb aquesta tercera matriu caldrà confeccionar la última matriu per a obtenir el gràfic del cas més desfavorable que permet obtenir el càlcul de pèrdues. Aquesta constarà de tres columnes i del mateix nombre de files que aquesta tercera matriu. La primera columna definirà el valor de la distància entre el punt de projecció (nombre) i el punt de la placa (lletra), la segona el valor de l'angle azimut i la tercera el valor de l'angle d'elevació.

$$Distància_n = \sqrt{Lletra_{xn}^2 + Lletra_{yn}^2}; \quad n = 1 \dots 8 \tag{4.9}$$

$$\alpha_n = \tan^{-1} \frac{Lletra_{xn}}{Lletra_{yn}}; \quad n = 1 \dots 8 \tag{4.10}$$

$$\gamma_n = \tan^{-1} \frac{Lletra_{zn}}{Distància_n}; \quad n = 1 \dots 8 \tag{4.11}$$

Amb els anteriors passos i seleccionant els punts s'obtidrà una gràfica amb el cas més desfavorable.

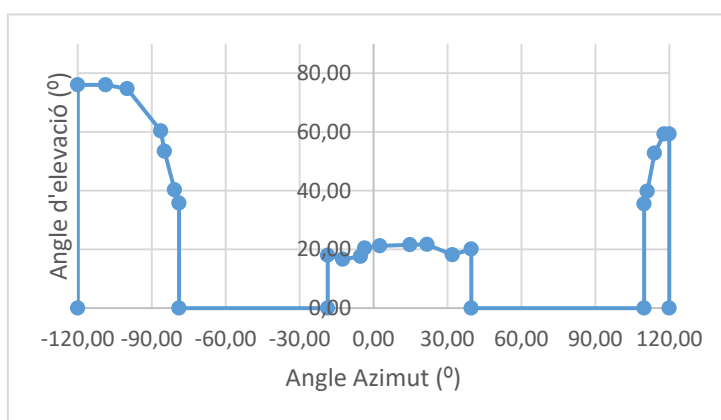
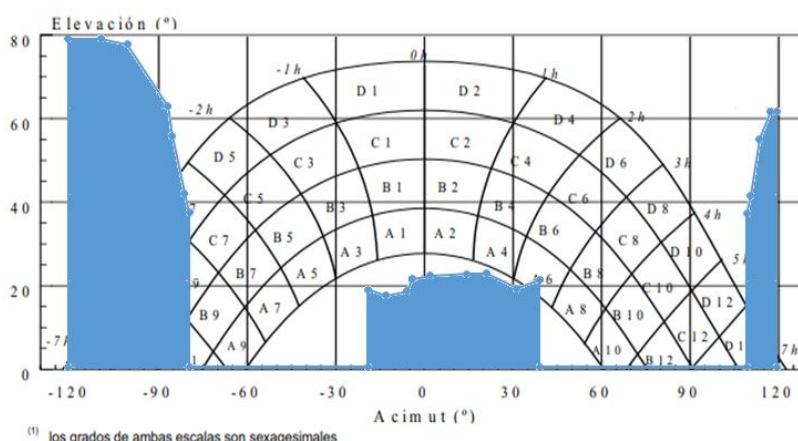


Figura 4.32. Gràfica del cas més desfavorable (Font: Font pròpia)

Aquesta es combinarà amb la gràfica del diagrama de projecció solar del CTE.



**Figura 4.33.** Diagrama de projecció solar amb el cas més desfavorable (Font: Font pròpia)

Per determinar el valor de les pèrdues per ombres properes, es multiplicaran els diferents valors proporcionats per la taula C.1 del CTE (Figura 4.34) pels valors que es poden determinar a partir de la Figura 4.33. Aquests valors són 0 (en cas que la projecció d'ombres no afecti al quadrant de projecció solar del diagrama), 0,25 (en cas que la projecció d'ombres tingui un petit efecte sobre el quadrant de projecció solar del diagrama), 0,5 (en cas que la projecció d'ombres afecti a la meitat del quadrant de projecció solar del diagrama), 0,75 (en cas que la projecció d'ombres tingui un gran efecte sobre el quadrant de projecció solar del diagrama) i 1 (en cas que la projecció d'ombres afecti completament el quadrant de projecció solar del diagrama).

**Taula C.1**

	$\beta=35^\circ; \alpha=0^\circ$				$\beta=0^\circ; \alpha=0^\circ$				$\beta=90^\circ; \alpha=0^\circ$				$\beta=35^\circ; \alpha=30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
<b>13</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,10
<b>11</b>	0,00	0,01	0,12	0,44	0,00	0,01	0,18	1,05	0,00	0,01	0,02	0,15	0,00	0,00	0,03	0,06
<b>9</b>	0,13	0,41	0,62	1,49	0,05	0,32	0,70	2,23	0,23	0,50	0,37	0,10	0,02	0,10	0,19	0,56
<b>7</b>	1,00	0,95	1,27	2,76	0,52	0,77	1,32	3,56	1,66	1,06	0,93	0,78	0,54	0,55	0,78	1,80
<b>5</b>	1,84	1,50	1,83	3,87	1,11	1,26	1,85	4,66	2,76	1,62	1,43	1,68	1,32	1,12	1,40	3,06
<b>3</b>	2,70	1,88	2,21	4,67	1,75	1,60	2,20	5,44	3,83	2,00	1,77	2,36	2,24	1,60	1,92	4,14
<b>1</b>	3,17	2,12	2,43	5,04	2,10	1,81	2,40	5,78	4,36	2,23	1,98	2,69	2,89	1,98	2,31	4,87
<b>2</b>	3,17	2,12	2,33	4,99	2,11	1,80	2,30	5,73	4,40	2,23	1,91	2,66	3,16	2,15	2,40	5,20
<b>4</b>	2,70	1,89	2,01	4,46	1,75	1,61	2,00	5,19	3,82	2,01	1,62	2,26	2,93	2,08	2,23	5,02
<b>6</b>	1,79	1,51	1,65	3,63	1,09	1,26	1,65	4,37	2,68	1,62	1,30	1,58	2,14	1,82	2,00	4,46
<b>8</b>	0,98	0,99	1,08	2,55	0,51	0,82	1,11	3,28	1,62	1,09	0,79	0,74	1,33	1,36	1,48	3,54
<b>10</b>	0,11	0,42	0,52	1,33	0,05	0,33	0,57	1,98	0,19	0,49	0,32	0,10	0,18	0,71	0,88	2,26
<b>12</b>	0,00	0,02	0,10	0,40	0,00	0,02	0,15	0,96	0,00	0,02	0,02	0,13	0,00	0,06	0,32	1,17
<b>14</b>	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,22

**Figura 4.34.** Taula de pèrdues per projecció d'ombres del diagrama de projecció solar (Font: Document Bàsic HE 5

[17])

Per a aquest cas, caldrà seleccionar els valors de  $\beta = 35^\circ$  i  $\alpha = 0^\circ$ , ja que tenen els valors més alts per al càlcul de pèrdues. El valor de pèrdues obtingut per la projecció d'ombres properes és del 4,20%. Aquest valor s'apropa a les pèrdues per ombres properes calculat a la simulació amb PVsyst (3,82%) usada en el càlcul de les pèrdues per orientació i inclinació.

Finalment, resta comprovar que els valors de pèrdues entren dins el rang acceptable segons la taula de pèrdues límit proporcionada pel CTE.

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

Figura 4.35. Taula de pèrdues límit (Font: Document Bàsic HE 5 [17])

Donat que es tracta d'un cas per superposició, el màxim valor de pèrdues permès per inclinació és del 20%, el màxim valor de pèrdues d'ombres és del 15 % i el màxim valor de pèrdues total és del 30%. El valor de pèrdues per inclinació és del 17,48%, el valor de pèrdues per ombres és del 4,20% i el valor de pèrdues total és del 21,68%. Per tant, es compleixen les condicions.

#### 4.4.6. Dimensionament del camp fotovoltaic

Un cop comprovat que les pèrdues totals es troben en el rang acceptable segons el CTE i tenint les dades de l'ondulador, és el moment de calcular el nombre de plaques en sèrie i rames del camp fotovoltaic.

Seguint els passos i les fórmules de l'apartat 3.4.6, primer caldrà calcular el rang de plaques en sèrie del camp fotovoltaic que pot suportar l'ondulador seleccionat. En aquests càlculs es tindrà en compte la zona climàtica a la qual es situa l'habitatge, definint el rang de temperatures per a aquest càlcul de  $-10^\circ\text{C}$  a  $70^\circ\text{C}$ .

$$N_{\text{serie},\text{min}} = \frac{V_{\text{Ond AC},\text{min}}}{V_{\text{MPP},\text{placa}} (@70^\circ\text{C})} = \frac{250}{32,2 \cdot [1 - 0,00295 \cdot (70 - 25)]} = 9 \text{ plaques en sèrie} \quad (4.12)$$

$$N_{\text{serie},\text{max}} = \frac{V_{\text{Ond AC},\text{max}}}{V_{\text{OC},\text{placa}} (@-10^\circ\text{C})} = \frac{850}{32,2 \cdot [1 - 0,00295 \cdot (-10 - 25)]} = 25 \text{ plaques en sèrie} \quad (4.13)$$

Ja calculat el rang de plaques en sèrie, el següent pas serà calcular el nombre de rames. En aquest cas, caldrà fer-ho seguint el màxim de rames possibles, ja que aquest serà el valor que es fixarà per determinar el nombre de plaques en sèrie de cada rama.

$$N_{rames,max} = \frac{I_{Ond AC,max}}{I_{MPP,placa}} = \frac{2 Trackers \cdot 10 A}{9,36 A} = 2 rames \quad (4.14)$$

$$N_{rames,max} = \frac{I_{Ond AC,max}}{I_{STC,placa}} = \frac{2 Trackers \cdot 10 A}{8,70 A} = 2 rames \quad (4.15)$$

Comentat anteriorment, per delimitar el valor de plaques en sèrie s'ha fixat el nombre de rames en el seu valor màxim que, en aquest cas, és 2. Tal i com s'observa, el valor de rames coincideix amb el de *trackers* de l'ondulador, que a més coincideix en el valor de divisions fetes en la teulada. Tenint aquest valor, es pot concretar el nombre de plaques en sèrie mitjançant el màxim valor de potència obtingut en el rang de  $R_s$ .

$$N_{serie} = \frac{P_{max,R_s}}{V_{placa,nom} \cdot I_{placa,nom} \cdot N_{rames}} = \frac{5.602,8}{32,2 \cdot 8,7 \cdot 2} = 10 \text{ plaques en sèrie} \quad (4.16)$$

Tal i com es mostra, el valor de plaques en sèrie determinat es troba dintre del rang de plaques calculat prèviament amb el nombre de rames assignat. El següent pas serà precisar la operativitat de cada *tracker* en STC i a 10 °C de temperatura, per observar que els valors es situen dintre dels rangs de l'ondulador.

**Taula 4.23.** Característiques del camp fotovoltaic calculat (Font: Font pròpia)

	Operativitat MPPT (STC)	Operativitat a 10 °C	Unitats
<b>Voltatge, 1 tracker</b>	322	336,3	V
<b>Intensitat, 1 tracker</b>	8,7	8,59	A
<b>Potència, 1 tracker</b>	2.801,4	2.887,8	W
<b>Nombre de trackers en ús</b>	2	2	unitats
<b>Potència Total</b>	5.602,8	5.775,7	W
<b><math>R_s</math></b>	1,12	1,16	adim.

Tal i com s'aprecia en la Taula 4.18, el valor del voltatge en un *tracker* es troba dintre el rang de voltatge d'entrada fotovoltaica de l'ondulador. A més, el valor de la corrent en cada rama es situa per sota del valor màxim de l'entrada fotovoltaica de l'ondulador. Finalment, el valor de  $R_s$  es troba dintre el rang en les dues condicions d'operativitat calculades.

#### 4.4.7. Selecció del sistema d'emmagatzematge d'energia

Pel que respecta al sistema d'emmagatzematge, els valors de potència i voltatge es defineixen pel mateix ondulador. L'ondulador admet una potència de càrrega màxima de 4.800 W a una tensió de treball de 48V. Això significa que la bateria escollida tindrà una tensió nominal fixada per l'ondulador.



Un altre punt a tenir en consideració alhora de seleccionar una bateria és saber quin tipus admet l'ondulador. Pel que respecta a l'ondulador elegit, admet bateries AGM, bateries estacionàries, bateries de gel i bateries de liti. Per escollir la bateria adient en aquest cas es necessitarà comparar aquests quatre tipus.

**Taula 4.24.** Característiques dels tipus de bateries acceptades per l'ondulador (Font: Font pròpia)

Tipus de bateria	AGM	Gel	Estacionària	Liti
Tecnologia	Plom-Àcid regulada per vàlvula	Plom-Àcid regulada per vàlvula	Plom-Àcid segellat / obert	Ió-Liti
Principals avantatges	Manteniment nul, Compacte	Manteniment nul, Compacte	Alts processos de descàrrega, Vida útil elevada, Suporta pics de potència elevats	Compacte, Vida útil elevada, Profunditat de descàrrega elevada
Tensió	6 - 12 V	6 - 12 V	2 V	12 - 48 V
Capacitat	Baixa	Baixa	Mitja - Alta	Alta
Cicles de vida	900 al 50 %	1.200 al 50 %	3.500 al 50 %	6.000 al 90%
Tipus de bateria	AGM	Gel	Estacionària	Liti
Vida del producte	4 anys	5 anys	15+ anys	15+ anys
Entorns	Elements de baixa potència	Elements de baixa potència	Elements de mitja-alta potència, Entorns amb pics de potència	Elements d'alta potència
Preu	Mig - Baix	Mig - Baix	Mig - Alt	Alt

Un cop conegudes les característiques dels diferents tipus possibles de bateries (Taula 4.24) és el moment de fer una elecció. Donades les funcions que s'assignaran al sistema d'emmagatzematge, les bateries de gel i AGM queden descartades, ja que aquestes estan més orientades a la il·luminació i suport d'electrodomèstics de refrigeració com una nevera. Per tant, les opcions restants són les bateries estacionàries i les de Liti.

L'elecció més fàcil seria una bateria de liti. Aquest tipus de bateries poden complir amb les funcions de l'algoritme en el sistema d'emmagatzematge dissenyat i abastir elements d'alta potència. A més, aquest tipus de bateries ocupen molt poc espai i poden arribar a una profunditat de descàrrega (DOD) del 90% mantenint uns 6.000 cicles. Però no tot és positiu en aquestes bateries, ja que tenen problemes per a donar pics de potència. Les bateries de liti poden donar com a màxim el 50% de la seva potència màxima per a mantenir la seva vida útil. Aquest fet es soluciona connectant en paral·lel dos bateries d'aquest tipus. Però fent això sorgeix un problema econòmic, ja que una bateria de liti per si sola ja és cara i posar-ne una

altra provoca un gran encariment en el sistema d'emmagatzematge. Malauradament, per ara es descarta aquesta opció, ja que actualment les bateries de liti són una tecnologia en desenvolupament a la qual encara li queden uns anys per assolir una maduresa en el mercat.

Tenint els anteriors fets en compte, les bateries escollides seran les estacionàries. Aquest tipus potser no poden oferir una profunditat de descarrega igual que les de liti ni són tan compactes, però les prestacions que ofereixen les fan perfectes per a formar part del sistema d'emmagatzematge dissenyat. A més, tot i necessitar una quantitat elevada d'aquestes bateries per arribar a la tensió desitjada, són més barates.

Existeixen dos tipus de bateries estacionàries. Les primeres són les *OPzS*. Aquest tipus de bateries són translúcides, ja que necessiten un manteniment d'aigua destil·lada quan el nivell de líquid disminueix un cert nivell per a que no es produeixi l'efecte de la sulfatació. L'altre tipus de bateries són les *OPzV*. Aquest tipus tenen un envasatge de polipropilè, degut a que utilitzen una tecnologia similar a les bateries de gel que no requereixen de cap manteniment. A més, aquestes bateries són més barates que les del tipus *OPzS*. L'únic problema que tenen és la deformació en l'envasatge, però es pot solucionar fàcilment posant-les en una bancada.



**Figura 4.36.** Bateria estacionària *OPzS* (esquerra) i *OPzV* (dreta) (Font: Autosolar)

Per tant, el tipus de bateria estacionària seleccionada és la *OPzV* per no tenir necessitat de manteniment i ser més econòmiques.

Després de tenir feta l'elecció, resta calcular la capacitat requerida de les bateries i el nombre necessari. El primer pas serà seleccionar el model de bateries que s'encarregarà d'emmagatzemar energia. Aquest serà el de les bateries estacionàries de gel de la marca BAE model *Solar Gel PVV*.

Un cop feta la selecció, el següent pas és calcular, tal i com s'explica en l'enginyeria conceptual, el rendiment del sistema d'emmagatzematge. Per a això, es tindrà en consideració que el rendiment d'una

bateria OPzV es situa entre el 90% i el 95% (es fixarà en 90% per a tenir els càlculs en el cas més desfavorable), el rendiment de l'ondulador pel que respecta a les bateries és del 93% i les pèrdues en els cables es fixaran en un valor del 1,5% en cada tram (valors de caiguda de tensió permesos). Pel que respecta a les pèrdues per autodescàrrega, les bateries seleccionades tenen una pèrdua del 2% a 20 °C cada mes (0,067% cada dia). Tenint en consideració que aquestes pèrdues es veuen afectades pel DOD i el temps d'autonomia, serà indispensable determinar els dos valors. Pel que comporta al DOD, per a que les bateries puguin arribar a 3.500 cicles caldrà fixar-la a un valor del 50%. Del temps d'autonomia de les bateries, s'aspira que puguin alimentar la càrrega per un temps aproximat de 0,8 dies. Amb aquest temps es pretén donar una autonomia suficient com per a poder abastir la càrrega de l'habitatge en dies en que les condicions meteorològiques no siguin favorables.

Fent el càlcul s'obté un rendiment del 80% amb el qual calcular la capacitat de les bateries. Per a això es necessitarà tenir el valor de l'energia consumida en el pitjor mes de generació, el desembre. Tenint en compte que s'han obtingut dades de 4 anys, es pot fer una mitja per obtenir un valor mig. A més, es essencial dividir el valor d'aquest consum per 31 i obtenir una aproximació del consum diari. El següent és conèixer la tensió que les bateries han de proporcionar, fixat en 48 V ja que és el valor de la tensió nominal segons la fitxa tècnica de l'ondulador.

Type	$C_{1h}$ Ah	$C_{10h}$ Ah	$C_{20h}$ Ah	$C_{72h}$ Ah	$C_{100h}$ Ah	$C_{120h}$ Ah	$C_{240h}$ Ah	$R_1$ 1)	$I_k$ 2)	Length (L) mm	Width (W) mm	Height (H) mm	Weight kg
2 PVV 140	71	121	134	153	157	158	165	1.65	1.30	105	208	420	12.4
3 PVV 210	107	182	202	229	236	238	247	1.15	1.86	105	208	420	17.1
4 PVV 280	143	243	268	306	314	318	331	0.89	2.40	105	208	420	19.4
5 PVV 350	179	304	336	383	393	397	412	0.73	2.91	126	208	420	23.3
6 PVV 420	215	364	404	460	472	477	496	0.63	3.39	147	208	420	27.4

Figura 4.37. Característiques d'alguns dels models de les bateries BAE (Font: Autosolar)

Determinada una capacitat d'aproximadament 457 Ah, es procedirà a elegir el model de la bateria amb una capacitat igual o superior. Aquest és el 6 PVV 420, amb una capacitat de 472 Ah.

La fitxa tècnica d'aquesta bateria dona la fórmula per calcular el valor de corrent de càrrega màxima a partir de la  $C_{10}$ , el qual té un valor de 5,46 A. Per al valor màxim de càrrega es té en compte que les bateries OPzV accepten un 30% del valor de  $C_{10}$  com a corrent màxim de càrrega, que en aquest cas és de 109,2 A.

El següent és determinar el nombre de bateries necessàries. Com el valor de tensió en l'ondulador està predeterminat a 48 V, només caldrà fer un càlcul per establir el nombre de bateries en sèrie. Pel que respecta al nombre de bateries en paral·lel, s'ha escollit un model de bateria que no requereix bateries en paral·lel. Per tant, sabent que cada bateria és de 2 V i es necessiten 48 V, es necessitaran 24 bateries en sèrie dividides en 4 grups de 6 bateries, on cada grup formarà una agrupació de 12 V.

Pel que respecta al corrent de càrrega, l'ondulador admet un valor entre 5 A i 100 A, el qual es troba dins del rang de les bateries. El valor de càrrega màxim caldrà fixar-lo al normalment recomanar, el qual és el 10% de la seva capacitat (47,2 A). Tenint això en compte i que el *DOD* és del 50%, s'espera carregar el sistema de bateries en 5 hores a 47,2 A.

#### 4.4.8. Selecció del sistema de distribució

Ja tenint tots els elements de la instal·lació solar fotovoltaica, ara és el torn de connectar-los segons la normativa de la ITC i la exigida per la companyia elèctrica. El cable escollit és el de polietilè reticulat (*XLPE*), un tipus de cable de major qualitat que el de clorur de polivinil (*PVC*). Un altre fet a tenir en compte serà el mètode d'instal·lació, que afectarà a la màxima intensitat admissible pel cable, així com els diferents mètodes de correcció.

- Cablejat entre el camp fotovoltaic i l'ondulador

Com l'ondulador disposa de entrades i el nombre de rames del camp fotovoltaic és de dos, primer es calcularà el cablejat per a cada rama i es tindrà en compte la caiguda de tensió total que formen les dues rames per als càlculs posteriors. Un altre fet molt important a tenir en compte és la secció de cable mínim imposat. Segons la normativa la secció mínima del cable serà de 6 mm<sup>2</sup>.

Un cop conegut això, el següent es tenir en compte les característiques del cable. Aquest tindrà una longitud aproximada de 35 m per rama, una naturalesa d'aïllament B1 (conductors aïllats en tubs en muntatge superficial) i seran monofàsics del tipus RV-K amb aïllant de polietilè reticulat (2x *XLPE*).

$$S_{Rama} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 10,9 \cdot 0,0172}{322 \cdot 0,0075} = 5,42 \text{ mm}^2 \quad (4.17)$$

Feta la corresponent comprovació, la secció de cable que surt és de 6mm<sup>2</sup> per cada rama donant una caiguda de tensió del 0,68%, provocant que el càlcul total de rames de la caiguda de tensió sigui quasi igual al 1,5% per normativa (o el que seria igual a un màxim del 0,75% per rama). Per tant, es seleccionarà el cable de 10mm<sup>2</sup> de secció, que té un caiguda de tensió de 0,41%, un total de 0,82% i permet donar un marge per al següent tram.

$$e_{Rama} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 10,9 \cdot 0,0172}{322 \cdot 10} = 0,41\% \quad (4.18)$$

En aquestes condicions, el corrent màxim admissible té un valor de 65 A. Aquest valor es redueix a un valor de 43,9 A aplicant els factors de correcció d'exposició solar (0,9) i per agrupació de cables (0,75), el qual segueix sent inferior al corrent de 10,9 A per superar.

$$I_{\text{corregida}} = 65 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 43,9 \text{ A} \quad (4.19)$$

- Cablejat entre la caixa de connexions i l'ondulador

El següent tram és el de la caixa de connexions i l'ondulador. Tenint en compte que la caixa de connexions i l'ondulador estan situats en el mateix punt, s'espera que com a màxim la longitud del cable sigui de 2 m i tingui la mateixa naturalesa que en l'anterior cas.

$$S_{\text{Rama}} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 10,9 \cdot 0,0172}{322 \cdot 0,0034} = 2,0 \text{ mm}^2 \quad (4.20)$$

Elaborant els càlculs, el cable podria tenir la secció mínima de 6mm<sup>2</sup> per normativa, però donat que el cablejat en l'anterior tram era de 10 mm<sup>2</sup> aquest també ho serà. D'aquesta manera, la caiguda de tensió presenta un valor proper al 0 (0,07% per rama) i un corrent de correcció de 48,8 A (només s'aplica el 0,75 de factor de correcció per agrupació) inferior al corrent admissible per normativa de 10,9 A.

$$e_{\text{Rama}} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 10,9 \cdot 0,0172}{322 \cdot 10} = 0,07\% \quad (4.21)$$

$$I_{\text{corregida}} = 65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 48,8 \text{ A} \quad (4.22)$$

- Cablejat entre l'ondulador i CGBT

En aquest cablejat, el primer és conèixer quin dels dos valors de corrent és superior, si el de la potència del ICP o el de la sortida AC de l'ondulador. Donat que en un habitatge un ICP està calculat per a sostenir un corrent de 25 A (5.750 W) independentment de la potència contractada, i que la intensitat nominal donada per l'ondulador és de 21 A, el paràmetre de la secció del cable es calcularà a partir del valor de corrent definit pel ICP (el valor més gran dels dos).

Fent els corresponents càlculs i tenint en compte que el cable de l'ondulador al CGBT serà d'aproximadament 15 m, i les característiques dels cables seran les mateixes (la naturalesa d'aïllament es manté en B1, però aquest cop els conductors s'aïllaran encastats en paret d'obra).

$$S_{\text{Ond-CGBT}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 31,3 \cdot 0,0172}{230 \cdot 0,015} = 4,05 \text{ mm}^2 \quad (4.23)$$

Per normativa, el cable mínim seria de 10 mm<sup>2</sup>, però per a donar un marge superior, s'escull un cable amb 16 mm<sup>2</sup>. Aplicant el factor de correcció per agrupació de cables (0,89) als 87 A de la intensitat màxima admissible pel cable, s'obté un corrent de correcció de 77,4 A. Al ser inferior al corrent admissible de 31,3 A, es comprova que aquesta secció és l'adient.

$$e_{Ond-CGBT} = \frac{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 31.3 \cdot 0,0172}{230 \cdot 16} = 0,38\% \quad (4.24)$$

$$I_{corregida} = 87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 = 77,43 \text{ A} \quad (4.25)$$

- Cablejat entre l'ondulador i el sistema d'emmagatzematge

Per a aquest cable, cal considerar la corrent màxima de carrega i descàrrega de l'ondulador (100 A). A partir d'aquest, caldrà realitzar els càlculs del cablejat, tenint en compte que la longitud del cable entre l'ondulador i les bateries s'espera que com a màxim tingui una longitud de 6 m (es conta el pas del cable per la caixa de connexions per a que el sistema passi per les respectives proteccions) i presenti les mateixes característiques de cablejat que en els casos anteriors.

$$S_{Ond-Bat} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 125 \cdot 0,0172}{48 \cdot 0,015} = 35,8 \text{ mm}^2 \quad (4.26)$$

Tenint en compte el valor d'intensitat mínima el cable tindrà uns valors d'aproximadament 50 mm<sup>2</sup> de secció. Al aplicar el factor de correcció per agrupació de cables (0,89), el corrent inicial de 175 A queda en un corrent de correcció de 155,8 A que és major al marge de 125 A.

$$e_{Rama} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 125 \cdot 0,0172}{48 \cdot 50} = 0,72\% \quad (4.27)$$

$$I_{corregida} = 175 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 = 155,8 \text{ A} \quad (4.28)$$

#### 4.4.9. Selecció del sistema de protecció

Un cop seleccionat el cablejat, el pas següent és determinar quins elements de protecció es necessiten en la instal·lació proposada. Aquests són els següents:

- Fusible de cada *tracker* del camp fotovoltaic

En la caixa de connexions en la qual arriben els cables que connectarà el camp fotovoltaic i l'ondulador es posarà un fusible per cada *tracker*. Com el corrent nominal de les plaques és de 8,7 A, el fusible seleccionat serà de 10 A. A més, tenint en compte que el màxim de corrent admissible del cable és de 65 A es compleix la primera condició en la selecció de fusibles.

$$8,7 \text{ A} \leq 10 \text{ A} \leq 65 \text{ A} \quad (4.29)$$

A continuació, cal conèixer si el corrent de sobrecàrrega del fusible és menor o igual a la segona condició. D'aquesta manera es sabrà si el cablejat seleccionat és l'adient.

$$I_s \leq 16 A \quad (4.30)$$

$$I_2 \leq 94,25 A \quad (4.31)$$

Donat que el valor de sobrecàrrega es inferior al de la segona condició totes les restriccions es compleixen i, per tant, tant el fusible de 10 A com el cablejat són els adients.

- Fusible de les bateries

El corrent d'aquest fusible es calcularà a partir de la corrent màxima de carrega de l'ondulador, amb un valor de 100 A. Sabent això, s'escull un fusible de 100 A, el qual és igual a aquesta corrent màxima i compleix amb la primera condició.

$$100 A \leq 100 A \leq 175 A \quad (4.32)$$

Com en el càlcul de l'anterior fusible, es calcularà el valor del corrent de sobrecàrrega i el de la segona condició imposada al cablejat. Si el corrent de sobrecàrrega és inferior al de la segona condició no es necessitarà seleccionar un altre cable.

$$I_s \leq 160 A \quad (4.33)$$

$$I_2 \leq 253,8 A \quad (4.34)$$

La condició es compleix i, per tant, el cablejat és l'adient.

- Seccionador del camp fotovoltaic i l'ondulador

Per tenir una protecció entre el camp fotovoltaic i l'ondulador, s'utilitzarà un interruptor magnetotèrmic per seccionar el pas de corrent en cas d'una anomalia. El procés de càlcul és el mateix que en el càlcul del fusible entre el camp fotovoltaic i l'ondulador, amb la lleugera diferència que en el corrent de sobrecàrrega el coeficient varia a un valor de 1,45.

$$8,7 A \leq 10 A \leq 65 A \quad (4.35)$$

$$I_s \leq 14,5 A \quad (4.36)$$

$$I_2 \leq 94,25 A \quad (4.37)$$

Com en el cas del fusible, un interruptor magnetotèrmic de 10 A compleix amb totes les condicions establertes per normativa, així com el cable seleccionat.

- Seccionador de l'ondulador i el CGBT

El següent magnetotèrmic que actuarà com a seccionador servirà per protegir la sortida AC de l'ondulador. Donat que el corrent nominal d'aquest és de 21 A, el seccionador triat serà de 25 A.

$$21 A \leq 25 A \leq 87 A \quad (4.38)$$

Seguidament, es calcularan el corrent per sobrecàrrega i la segona condició.

$$I_s \leq 30,5 A \quad (4.39)$$

$$I_2 \leq 126,2 A \quad (4.40)$$

Tal i com es mostra, el corrent per sobrecàrrega és inferior al corrent calculat a partir del cable seleccionat. Per tant, tant el cable com l'aparell de protecció escollits són els adequats.

- Interruptor de control de potència entre ondulador i CGBT

Per al càlcul d'aquest, el valor màxim del ICP ha de ser 1,3 cops la intensitat nominal de sortida en AC de l'ondulador. En aquest cas, ha de ser un valor inferior a 28,26 A, pel que s'elegeix un ICP de 25 A.

- Interruptor diferencial entre ondulador i CGBT

Pel que respecta al interruptor diferencial, la normativa deixa ben clares les mesures: 40A de corrent nominal, 2 pols i 30mA de sensibilitat.

- Seccionador entre l'ondulador i les bateries

Al igual que en el càlcul del fusible, el corrent del seccionador vindrà definit pel màxim corrent de càrrega i descàrrega que pot proporcionar l'ondulador. D'igual manera, es selecciona un corrent nominal de l'aparell de protecció de 100 A per complir amb la primera condició.

$$100 A \leq 100 A \leq 175 A \quad (4.41)$$

Seguidament, es passa a la segona comprovació per saber si el cable és realment l'ídoni.

$$I_s \leq 145 A \quad (4.42)$$



$$I_2 \leq 253,8 \text{ A} \quad (4.43)$$

El corrent de sobrecàrrega amb un valor de 145 A és inferior al corrent de la segona condició calculada a partir del màxim corrent admissible pel cable. Per tant, la secció del cable del tram ondulador-bateria és l'adient.

- Interruptor de control de potència

El següent és determinar si l'interruptor de control de potència instal·lat actualment és l'apropiat. El corrent màxim d'aquest aparell no pot ser 1,3 vegades major al corrent nominal de sortida de l'ondulador (21 A). Per tant, el corrent màxim tindrà un valor màxim de 27,3 A. Tenint en compte que el ICP actual té un corrent nominal de 25 A, no s'haurà de canviar.

#### 4.4.10. Generació de la instal·lació solar fotovoltaica

Per tancar l'apartat del càlcul de la instal·lació solar fotovoltaica, es farà una aproximació de la generació elèctrica mensual amb les dades de la base de dades de PVGIS i la simulació del programa PVSyst. En les dades de PVGIS es troba el valor de la irradiació global, l'altura solar, la temperatura ambient i la velocitat del vent per a intervals d'una hora durant tots els dies de l'any. D'aquestes es poden calcular la generació per a totes les hores de tots els dies de l'any, elaborant una simulació en els càlculs amb dies de baixa generació per factors meteorològics. En el cas d'aquest projecte s'agafen valors dels dos angles azimut de les plaques, i es calcula l'energia generada per a cada rama respecte les dades proporcionades.

El primer càlcul és el de la temperatura a la qual es trobaria la placa. En el cas que no hi hagi irradiació, la temperatura de la placa serà la de la temperatura ambient, però si n'hi ha es calcularà la temperatura de la placa mitjançant la fórmula que es presenta a continuació.

$$T_{placa} = T_{ambient} + G_{global} \cdot \frac{T_{NOCT,placa} - T_{STC,placa}}{800} \quad (4.44)$$

Un cop obtinguts els valors mitjos d'irradiació global, la temperatura ambient i la temperatura de la placa per a totes les hores de tots els dies, caldrà calcular el valor del corrent i la tensió de la placa per a totes les hores. Com en el cas de la temperatura de la placa, la tensió de la placa només es calcula en moments en que la irradiació solar sigui superior a 0. Aquests es calculen a partir de les següent fórmules.

$$I_{placa} = I_{SC,placa} \cdot \frac{G_{global}}{H_{placa}} \cdot [1 + \alpha_{placa} \cdot (T_{placa} - T_{STC,placa})] \quad (4.45)$$

$$V_{placa} = V_{OC,placa} \cdot [1 + \beta_{placa} \cdot (T_{placa} - T_{STC,placa})] \cdot \left[ 1 + \gamma_{placa} \cdot \left( \frac{\ln G_{global}}{H_{placa}} \right)^2 \right] \quad (4.46)$$

A partir dels diferents valors de tensió i corrent s'obté l'energia generada de cada placa amb els valors de corrent de curtcircuit i tensió en circuit obert. El motiu del càlcul directe d'energia generada es deu a que els valors que s'usen per a aquest càlcul són en intervals d'una hora.

$$E_{placa} = \frac{P_{STC} \cdot V_{placa} \cdot I_{placa}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \quad (4.47)$$

Després, aquest valor es multiplica pel nombre de plaques que conformen una rama per obtenir l'energia generada ens els dos casos, sent 10 en aquest cas. Després, es multiplica pel rendiment proporcionat per la simulació del programa *PVSyst*.

Per acabar amb els càlculs mitjançant les dades del PVGIS, cal efectuar una suma de totes les hores d'un mateix mes per obtenir la generació d'energia d'un mes concret.

Un cop aconseguits tots aquests valors, es comparen amb els de la simulació. Seguidament, es fa una mitja d'aquests per trobar un punt mig entre els valors calculats i els de la simulació.

**Taula 4.25.** Valors d'energia generada mensual del càlcul, la simulació i la mitja (Font: Font pròpia)

Mes	Energia generada (kWh/mes)			
	Càlcul <i>Excel</i>	Simulació <i>PVSyst</i>	Valor mig	k
Gener	318,2	325	296,8	1,105
Febrer	402,5	324	363,2	0,903
Març	607,3	564	585,6	0,964
Abril	715,0	634	674,5	0,943
Maig	852,3	943	897,7	1,053
Juny	930,8	976	953,4	1,024
Juliol	966,6	961	963,8	0,997
Agost	871,7	883	877,3	1,007
Setembre	635,6	698	666,8	1,049
Octubre	433,7	512	472,9	1,090
Novembre	279,3	293	286,2	1,025
Desembre	177,0	269	223,0	1,260
<b>Total</b>	<b>7140,4 (kWh/any)</b>	<b>7382,0 (kWh/any)</b>	<b>7261,2 (kWh/any)</b>	<b>0,967</b>

Tal i com s'observa en la Taula 4.25, els valors de generació en alguns mesos són bastant diferents. Això es degut a que en el càlcul amb *Excel* s'utilitzen valors de la base de dades de l'any 2.016, i en el *PVSyst* d'un any diferent. Això és una avantatja, ja que dona valors per a dos anys diferents, donant lloc a més possibilitats.

Observant la diferència entre els valors calculats i els de la simulació amb *PVSyst*, es considera el valor mig com a un resultat correcte, permetent calcular un valor k per a cada mes (resultat de la divisió del valor mig entre el càlcul del *Excel*). Amb aquest últim valor es confeccionarà una nova taula de generació fotovoltaica per a aconseguir la generació total del valor mig.

## 4.5. Auditoria energètica

Aquest apartat determinarà si és necessari efectuar algun canvi en una instal·lació concreta i el canvi que suposa aquest.

### 4.5.1. Renovació de la instal·lació tèrmica

Primer caldrà valorar la possibilitat d'efectuar canvis en la instal·lació tèrmica. Explicat en l'apartat de l'enginyeria conceptual, aquesta instal·lació es divideix en dos elements importants. Aquest apartat determinarà si es justifica la necessitat de canvi en l'aïllament tèrmic de l'estructura de l'habitatge o la instal·lació de calefacció.

- Aïllament tèrmic

L'apartat 4.2 dona les dades estructurals de l'habitatge de la transmitància tèrmica. Aquestes caldrà comparar-les amb els límits de transmitància fixats en el document del CTE en l'annex D de la secció HE 1.

Per saber els límits que pertocuen per zona, primer cal delimitar la zona climàtica a la qual pertany l'habitatge. Donat que la població de la Galera és una zona rural i no té una zona climàtica definida, es definirà mitjançant la zona climàtica de la província. Per tant, la zona climàtica de Tarragona segons l'annex B és la B3.

**Taula 4.26.** Valors de transmitància tèrmica de l'habitatge objecte d'estudi i els límits segons el CTE (Font: Font pròpia)

	Conductivitat tèrmica ( W/m <sup>2</sup> ·°K )		
	Parets	Teulada	Sòl
Habitatge	0,894	0,593	0,569
CTE	0,82	0,45	0,52

Tal i com s'observa a la Taula 4.26, els valors de l'habitatge respecte els límits imposats pel CTE són quasi iguals. Donat que l'habitatge no s'ha reformat des de la seva construcció (any 1.994) i la diferència amb la normativa no ha variat gaire, actualment no és necessari efectuar cap reforma en l'aïllament de l'estructura

- Instal·lació de calefacció

Pel que respecta a la instal·lació de calefacció actual, l'habitatge disposa d'una caldera mixta de gasoil amb una antiguitat de més de 20 anys. La vida mitja per una d'aquestes calderes segons els seus fabricants és d'aproximadament entre 10 i 15 anys. Per tant, aquesta caldera té quasi el doble de la vida atribuïda. A més, cada any es preveuen unes pèrdues en el rendiment. Tenint en compte la seva antiguitat les pèrdues poden arribar a ser d'un 10% com a mínim. Per tant, el canvi de caldera és una opció a considerar.

D'entre les alternatives ja destacades en l'apartat 3.6.1, caldrà fer un estudi de rendibilitat econòmica de les dues opcions per saber quina és la idònia. A més, es sumarà a aquest estudi la possibilitat de canviar els radiadors convencionals de la instal·lació actual per uns de baixa temperatura. L'opció del sòl radiant no es considera degut a les obres necessàries.

Una caldera de condensació mixta instantània de 36,3 kW de potència té un cost aproximat de 2.200 €. Els radiadors de baixa temperatura tenen un cost aproximat de 102 € per radiador. Tenint en compte que seria necessari canviar tots els radiadors de l'habitatge per aquests, seria un cost total de 1.020 € (l'habitatge compta amb 10 radiadors convencionals). A més, es tenen en consideració les despeses per la mà d'obra i altres (benefici industrial, despeses generals, IVA, etc).

Els guanys es produiran a partir de l'estalvi en el consum de gasoil, el seu preu és de 1,269 €/litres de gasoil actualment. Tenint en compte que el preu del gasoil era de 1,038 €/litres de gasoil l'any 2.016, de 1,120 €/litres de gasoil l'any 2.017 i de 1,218 €/litres de gasoil l'any 2.018 (no s'avalua el preu del gasoil de la temporada 2.019 – 2.020 per la caiguda del preu durant la pandèmia), la taxa d'increment en el preu del gasoil fou del 8% cada any respecte l'anterior. Per deixar un marge d'error, aquesta taxa s'ha baixat a un 5%.

L'estalvi de gasoil serà d'un 40% només instal·lant la caldera de condensació (un 10% a causa d'un major consum de combustible per l'antiguitat de la caldera i un estalvi del 30% per la caldera de condensació) i d'un 50% també instal·lant els radiadors (un 10% superior que en el cas anterior per l'eficiència dels radiadors). Per acabar, caldrà calcular els retorns de les inversions en un període de 15 anys (temps per reconsiderar el canvi de la caldera). Els càlculs no tindran en compte les pèrdues anuals en el rendiment pel desgast del material, ja que aquestes pèrdues són similars en els tres sistemes.

**Taula 4.27.** Estalvi de la instal·lació de la caldera de condensació (Font: Font pròpia)

Estalvi de gasoil instal·lant la caldera de condensació								
Any	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gasoil (L)</b>	600	600	600	600	600	600	600	600
<b>Preu del gasoil (€/L)</b>	1,268	1,331	1,398	1,468	1,541	1,618	1,699	1,784
<b>Estalvi / Inversió (€)</b>	-3.010	799	839	881	925	971	1.019	1.070
<b>Cost Acumulat (€)</b>	-3.010	-2.212	-1.373	-492	433	1.404	2.423	3.493
<b>Any</b>	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Gasoil (L)</b>	600	600	600	600	600	600	600	600
<b>Preu del gasoil (€/L)</b>	1,873	1,967	2,065	2,169	2,277	2,391	2,511	2,636
<b>Estalvi / Inversió (€)</b>	1.124	1.180	1.239	1.301	1.366	1.434	1.506	1.581
<b>Cost Acumulat (€)</b>	4.617	5.797	7.036	8.337	9.703	11.138	12.643	14.225

**Taula 4.28.** Estalvi de la instal·lació de la caldera de condensació i els radiadors de baixa temperatura (Font: Font pròpia)

Estalvi de gasoil instal·lant la caldera de condensació i els radiadors de baixa temperatura								
Any	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gasoil (L)</b>	750	750	750	750	750	750	750	750
<b>Preu del gasoil (€/L)</b>	1,268	1,331	1,398	1,468	1,541	1,618	1,699	1,784
<b>Estalvi / Inversió (€)</b>	-4.494	999	1.048	1.101	1.156	1.214	1.274	1.338
<b>Cost Acumulat (€)</b>	-4.494	-3.496	-2.447	-1.346	-191	1.023	2.297	3.635
<b>Any</b>	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Gasoil (L)</b>	750	750	750	750	750	750	750	750
<b>Preu del gasoil (€/L)</b>	1,873	1,967	2,065	2,169	2,277	2,391	2,511	2,636
<b>Estalvi / Inversió (€)</b>	1.405	1.475	1.549	1.626	1.707	1.793	1.882	1.976
<b>Cost Acumulat (€)</b>	5.040	6.515	8.064	9.690	11.398	13.191	15.073	17.049

Tal i com s'observa, tant si només es canvia la caldera (Taula 4.27) com si es canvia la caldera i els radiadors (Taula 4.28) s'obtenen beneficis. La diferència en aquests del cost acumulat és de 2.800 €, però la inversió inicial si s'instal·len els radiadors de baixa temperatura és més elevada.

Per determinar quina de les dues inversions és l'adient, caldrà calcular el VAN amb una taxa d'interès del 5%, el TIR i el PRI.

**Taula 4.29.** Càlcul del VAN, TIR i el PRI per a la instal·lació de la caldera de condensació i la caldera de condensació i els radiadors de baixa temperatura (Font: Font pròpia)

	Caldera	Caldera + Radiadors
<b>VAN</b>	8.400 €	9.769 €
<b>TIR</b>	31%	26%
<b>PRI</b>	3 anys i 7 mesos	4 anys i 2 mesos

Pel que respecta a la substitució a una caldera d'aerotèrmia, el preu de tots els elements que conformen aquesta instal·lació tenen un cost d'aproximadament 11.000 €. Dintre d'aquest import es té en compte la inversió en els radiadors de baixa temperatura, així com les últimes despeses comentades en el cas de la caldera de condensació.

El poder calorífic del gasoil és de 10,96 kWh/litres de gasoil i, tenint en compte un consum de 1.500 litres de gasoil, suposa un consum d'energia de 16.440 kWh. L'estalvi de la instal·lació d'aerotèrmia és aproximadament quatre cops superior a un sistema de gasoil. Per tant, es passaria d'un consum de 1.500 litres de gasoil anual a una aproximació de 3.084 kWh elèctrics anuals, tenint en compte la deficiència del rendiment de la caldera actual.

Pel que respecta a les eficiències dels sistemes, el consum de gasoil augmenta en un 0,5% mantenint el sistema actual i el de kWh elèctrics anuals augmenta també en un 0,5% per la degradació dels sistemes. El següent a considerar és l'increment del preu de l'energia elèctrica en un 3% (preu actual de 0,1514 €/kWh, extret de la factura de la xarxa distribuïdora). El preu del gasoil serà el mateix que en el cas de la caldera de condensació.

**Taula 4.30.** Estalvi de la instal·lació d'aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Any	Estalvi per canvi a una instal·lació d'aerotèrmia							
	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gasoil (L)</b>	1.500	1.508	1.515	1.523	1.530	1.538	1.546	1.553
<b>Preu del gasoil (€/L)</b>	1,268	1,331	1,398	1,468	1,541	1,618	1,699	1,784
<b>Cost Consum gasoil (€)</b>	1.902	2.007	2.118	2.235	2.358	2.489	2.626	2.771
<b>Preu kWh elèctric (€/kWh)</b>	0,1514	0,1559	0,1606	0,1654	0,1704	0,1755	0,1808	0,1862
<b>Consum elèctric (kWh)</b>	3.552	3.540	3.558	3.575	3.593	3.611	3.629	3.647
<b>Cost consum elèctric (€)</b>	-533	-552	-571	-592	-612	-634	-656	-679
<b>Inversió / Estalvi</b>	-9.477	1.455	1.547	1.644	1.746	1.855	1.970	2.092
<b>Cost Acumulat (€)</b>	-9.477	-8.021	-6.475	-4.831	-3.085	-1.230	741	2.833

**Taula 4.30.** Estalvi de la instal·lació d'aerotèrmia (Font: Font pròpia) (Continuació)

Any	Estalvi per canvi a una instal·lació d'aerotèrmia							
	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Gasoil (L)</b>	1.561	1.569	1.577	1.585	1.593	1.600	1.608	1.617
<b>Preu del gasoil (€/L)</b>	1,873	1,967	2,065	2,169	2,277	2,391	2,511	2.636
<b>Cost Consum gasoil (€)</b>	2.925	3.086	3.257	3.437	3.626	3.827	4.038	4.262
<b>Preu kWh elèctric (€/kWh)</b>	0,1918	0,1975	0,2035	0,2096	0,2159	0,2223	0,2290	0,2359
<b>Consum elèctric (kWh)</b>	3.666	3.684	3.702	3.721	3.740	3.758	3.777	3.796
<b>Cost consum elèctric (€)</b>	-703	-728	-753	-780	-807	-836	-865	-895
<b>Inversió / Estalvi</b>	2.222	2.359	2.503	2.657	2.819	2.991	3.173	3.366
<b>Cost Acumulat (€)</b>	5.055	7.413	9.917	12.574	15.393	18.384	21.558	24.924

Tal i com es mostra en la Taula 4.30, es preveu una recuperació similar que amb les instal·lacions amb les calderes de condensació. Per determinar si aquesta és la inversió adient, caldrà calcular el VAN, el TIR i el PRI amb les mateixes condicions que en els sistemes tèrmics anteriors.

**Taula 4.31.** Càlcul del VAN, TIR i el PRI per a la instal·lació d'aerotèrmia (Font: Font pròpia)

	Aerotèrmia
<b>VAN</b>	13.072 €
<b>TIR</b>	19%
<b>PRI</b>	5 anys i 7 mesos

Pel que s'observa, l'aerotèrmia és una inversió igual de bona o més que les altres dues opcions de la caldera de condensació, ja que l'aerotèrmia pot tenir una vida útil de fins a 25 anys. A més, aquest tipus de sistema combina a la perfecció amb una instal·lació solar fotovoltaica.

Tot i això, abans de fer l'elecció del nou sistema tèrmic caldrà valorar aquestes tres alternatives amb la complementació de la instal·lació solar fotovoltaica i la microxarxa.

#### 4.5.2. Introducció del *Stand by killer*

Una font de consum d'energia elèctrica en l'habitatge és l'efecte *Stand by*. La funció d'aquest apartat és trobar una solució per reduir-ne les pèrdues per aquest efecte.

Actualment, hi ha productes al mercat orientats a eliminar aquest efecte, anomenats *Stand by killers*, que poden funcionar mitjançant un polsador, incorporat en el mateix endoll, per una aplicació des del mòbil o per infrarojos. D'aquesta manera si, per exemple, per usar la televisió tan sols s'ha de polsar el botó de

l'endoll. Seguidament, quan aquesta es deixi d'usar, el propi endoll desconnectarà de la xarxa l'aparell per a que no es quedi en mode *Stand by* i segueixi consumint.

Per eliminar aquest efecte, es pretén utilitzar la combinació de *PLC* – Contactors – Polsadors. La majoria d'aparells amb alt consum, que es vulguin controlar, disposaran d'un contactor per l'aplicació d'estratègies energètiques. A aquests caldrà incorporar un senyal d'un polsador per a millorar el seu control. Amb això es pretén elaborar un *Stand by killer* afegint un polsador a la zona on estigui un aparell amb contactor.

L'únic que resta és tenir un control de l'aparell a utilitzar mitjançant la programació en el *PLC*. Una programació simple que consisteixi en obtenir un senyal d'un polsador en una entrada designada del *PLC*, i així activar l'entrada d'energia a l'aparell designat. Però, per no omplir tot l'habitatge de polsadors, també es poden usar passos d'energia com a polsadors. Per exemple, es pot usar l'extractor d'aire de la cuina com un element activador de la vitroceràmica o la il·luminació del lavabo com l'element activador dels endolls d'aquest. El següent és programar un temporitzador per desactivar aquesta entrada d'energia quan no es detecti un % de la potència nominal de l'aparell.

Això pel que respecta a elements d'alt consum d'energia, on ja estava previst usar aquest mètode per aplicar les estratègies energètiques. Pel que respecta a les càrregues volàtils (CV) o les càrregues de baix consum (CBC) caldrà usar un *Stand by killer* convencional, sempre i quan sigui necessari.

- Selecció dels elements amb necessitat de pal·liar l'efecte *Stand by*

Ja sabent com abolir l'efecte *Stand by*, és el moment de determinar quins elements necessiten contactor i polsador i quins necessiten d'un *Stand by killer*. Aquesta determinació es pot fer a partir de la classificació feta en la Taula 4.10.

Per començar, es poden englobar diferents electrodomèstics que poden usar un contactor. L'únic grup que compleix amb les característiques és el de la vitroceràmica, el forn i l'extractor, ja que si s'utilitza l'extractor també s'activarà el forn o la vitroceràmica.

Seguidament, els altres elements que necessitaran de contactors són totes les altres càrregues englobades en les categories de càrregues de necessitat (CN) i càrregues elèctricament desplaçables (CED). Aquestes últimes portaran contactors per a aplicar-los les estratègies energètiques, però no es contarà el seu consum en *Stand by* ja que cada cop que s'usen s'apaguen.

D'entre les càrregues de baix consum (CBC) es posarà un *Stand by killer* per infrarojos al televisor (hi ha connectat al mateix endoll el descodificador i el *DVD*) i un *Stand by killer* amb polsador i per infrarojos al robot de neteja, ja que el seu punt d'alimentació no varia.





**Figura 4.38.** *Stand by killer* per infrarojos (esquerra) i *Stand by killer* per infrarojos i amb polsador (dreta)  
(Font: Ochawisa i Manomano)

Per acabar, els altres tipus de càrregues no necessiten d'un element de control de *Stand by*. Pel que respecta a les càrregues volàtils (CV), caldrà desconnectar-les dels endolls complida la seva funció. Les càrregues de consum constant (CCC) no cal que disposin de contactor, ja que estan en ús constant i no es produeix l'efecte *Stand by*. Pel que respecta a les altres càrregues de baix consum (CBC) no nombrades, no serà necessari l'ús d'un *Stand by killer* ja que aquests electrodomèstics es poden desconnectar després del seu ús. El *router*, una de les càrregues de baix consum que més pèrdues té a l'any per aquest efecte, té un fàcil desconnexió manual i, per aquest motiu, no necessita de cap element de control de *Stand by*.

- Estalvi esperat dels elements seleccionats

Abans de començar a calcular l'estalvi esperat dels elements que tindran algun element per a pal·liar l'efecte *Stand by*, és necessari reiterar que no es tindran en compte en aquest apartat els elements controlats amb polsador i contactor. La justificació és perquè si només es considerés l'ús de contactor i PLC en aquests elements per a eliminar el *Stand by* no es produiria estalvi i, a més, perquè l'ús de contactor més polsador està més orientat a l'aplicació de les estratègies energètiques.

Els primers elements a tenir en compte són aquells que normalment no es desconnecten, però que no necessiten d'un *Stand by killer*. Aquests són la cafetera i el *router*. Donat que el monitor d'energia seleccionat no proporciona les dades de les pèrdues per aquest efecte, s'ha utilitzat la calculadora de *OCU inmobiliario* que proporciona unes dades mitges tant del consum anual com del cost de les pèrdues.

Pel que respecta a la cafetera, la calculadora dona unes pèrdues per *Stand by* anual de 44 kWh i un cost de 7,45 €. Pel que respecta al *router*, les pèrdues anuals són de 70 kWh i suposen un cost de 11,91 €. Tan sols desconnectant aquests aparells del seu endoll i tenint en compte una taxa d'interès del 3% en el cost de l'energia elèctrica, es poden obtenir uns beneficis de fins a 222 € al llarg de 10 anys.

Aquest exemple també s'aplica als ordinadors portàtils, on després de fer-ne el seu ús es poden apagar i desconnectar del corrent.

El següent electrodomèstic a analitzar és el grup format pel televisor (*LCD*), el *DVD* i el descodificador digital. Cal analitzar Aquests elements de forma grupal ja que la seva connexió està en el mateix endoll, interconnectats amb una regleta. Segons la calculadora de *OCU inmobiliario*, el grup té unes pèrdues aproximades de 96 kWh, que suposen un cost anual de 16 €.

El televisor emprarà un *Stand by killer* per infrarojos que desactivarà el pas complet de corrent entre 5 i 10 minuts després que el televisor s'apagui i es connectarà prement dos cops al polsador de *On* del comandament del televisor. La Taula 4.31 mostra el càlcul de la inversió efectuada, així com el punt en el qual es recuperarà la inversió (cost de l'aparell de 18,95 €), tenint en copte l'afegit del 3% en el cost de l'energia elèctrica i la vida útil del producte (10 anys).

**Taula 4.31.** Estalvi de les pèrdues per *Stand by* en el grup del televisor, *DVD* i descodificador digital (Font: Font pròpia)

Estalvi de les pèrdues per <i>Stand by</i> en el grup del televisor, <i>DVD</i> i descodificador digital (€)											
Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Inversió / Estalvi</b>	-18,95	16,00	16,48	16,97	17,48	18,01	18,55	19,10	19,68	20,27	20,88
<b>Cost acumulat</b>	-18,95	-2,95	13,53	30,50	47,99	66,00	84,54	103,65	123,33	143,60	164,47

Seguint amb el model de càlcul econòmic implementat en l'apartat 3.2.2 de la planificació energètica, caldrà calcular els diversos factors econòmics per determinar que la inversió sigui viable, considerant una taxa interna de descompte del 5%.

**Taula 4.32.** Càlcul del VAN, TIR i el PRI per al grup del televisor, *DVD* i descodificador digital (Font: Font pròpia)

	Estalvi <i>Stand by</i> televisor, <i>DVD</i> i descodificador
<b>VAN</b>	158,91 €
<b>TIR</b>	87%
<b>PRI</b>	1 any i 2 mesos

Finalment, pel que respecta al robot de neteja no hi cap dada en la calculadora de pèrdues per *Stand by* anual. Tot i així, es pot considerar que les pèrdues d'aquest electrodomèstic són les mateixes que es produïrien en un portàtil en respòs, ja que en els dos casos s'utilitza una bateria de capacitat similar. Per tant, s'intueix que les pèrdues pel robot seran d'aproximadament 35 kWh (segons *OCU*) que suposen un cost de 5,96 €.

Reproduint el mateix càlcul que en el grup del televisor, però tenint en compte que en aquest cas s'usa un *Stand by killer* per infrarojos i amb polsador (18,99 €), es calcularà l'estalvi de l'eliminació d'aquestes pèrdues.

**Taula 4.33.** Estalvi de les pèrdues per *Stand by* en el robot de neteja (Font: Font pròpia)

Any	Estalvi de les pèrdues per <i>Stand by</i> en el robot de neteja (€)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Inversió / Estalvi</b>	-18,99	5,78	5,95	6,13	6,32	6,51	6,70	6,90	7,11	7,32	7,54
<b>Preu acumulat</b>	-18,99	-13,17	-7,22	-1,08	5,23	11,74	18,44	25,34	32,45	39,77	47,31

Per acabar, caldrà calcular el VAN, el TIR i el PRI amb les mateixes condicions que en el cas anterior per de determinar si la inversió en aquest cas és rendible.

**Taula 4.35.** Càlcul del VAN, TIR i el PRI per al robot de neteja (Font: Font pròpia)

	Estalvi <i>Stand by</i> robot de neteja
<b>VAN</b>	31,57 €
<b>TIR</b>	31%
<b>PRI</b>	3 anys i 2 mesos

### 4.5.3. Aplicació d'estratègies energètiques

Pel que respecta a les estratègies energètiques, l'estratègia a aplicar és la prioritització de càrregues (*Load Prioritization*). Amb aquesta es pretén tenir un control de l'ús de les càrregues, i del pic de potència en la instal·lació elèctrica de l'habitatge. D'aquesta manera, s'aconsegueix una reducció de la potència de contractació de la xarxa distribuïdora i de la potència pic de la instal·lació solar fotovoltaica (en el cas d'instal·lar-la).

Seguidament, a partir de la Taula 4.10 que classificava els electrodomèstics segons les categories esmentades en l'apartat 3.5.5, caldrà elaborar una taula de simultaneïtat amb els elements que disposaran de contactor més polsador. En aquesta taula es tindrà en compte que el pic màxim a superar és el format per la vitroceràmica i l'extractor de 3.070 W.

**Taula 4.36.** Possible simultaneïtat entre electrodomèstics d'alt consum, els quals faran ús de contactor i polsador  
(Font: Font pròpia)

	Vitro + + Extractor	Forn	Rentadora	Assecadora	Microones	Aire condicionat
Vitro + + Extractor	Si	No	No	No	No	No
Forn	No	Si	No	No	Si	Si
Rentadora	No	No	Si	No	No	Si
Assecadora	No	No	No	Si	Si	Si
Microones	No	Si	No	Si	Si	Si
Aire condicionat	No	Si	Si	Si	Si	Si

Pel que respecta a les càrregues seleccionades en la Taula 4.36, s'engloben tant les càrregues de necessitat com les elèctricament desplaçables. Això no significa que totes les càrregues tinguin la mateixa prioritat. Les càrregues de necessitat tindran un rang de prioritat superior a les elèctricament desplaçables. Per exemple, si la rentadora està en funcionament i entra en la càrrega de l'habitatge la vitroceràmica, es tallarà el subministrament d'energia a la rentadora. Un cop la vitro acabi la seva funció, passat un temps es tornarà a donar energia a la rentadora, sota el criteri que quan la rentadora torni a tenir subministrament d'energia tornarà al punt on havia deixat el rentat. Això es produirà sempre que una càrrega de necessitat hagi de menester energia i una elèctricament desplaçable, que no pugui actuar simultàniament, estigui consumint.

El pic de consum màxim es situarà pels 3.500 W de potència, per deixar un marge per als diferents electrodomèstics de consum menor quan es faci ús de la vitroceràmica, així com els que es solen connectar al lavabo (calefactor, assecador de cabell, etc).

Pel que respecta a l'aire condicionat, excepte amb la vitroceràmica, s'usarà simultàniament amb els altres electrodomèstics de la Taula 4.36 passats aproximadament uns 30 minuts (temps amb el qual el consum s'estabilitza a 300 W).

El microones també caldrà utilitzar-lo de forma simultània amb l'assecadora i el forn, donat que el consum total d'aquests aparells no supera els 3 kW de la vitroceràmica més l'extractor. A més, l'ús del microones no sòl ser superior a 5 minuts.

Tots els altres usos simultanis dels electrodomèstics de la Taula 4.36 queden descartats, ja que el consum sobrepassaria el pic de potència proposat. Amb això s'aconsegueix reduir fins a 3,45 kW la potència contractada sense l'aerotèrmia, suposant un estalvi de 47 € anuals en la factura de la llum. Pel que

respecta al sistema amb aerotèrmia, s'augmentaria el consum elèctric anual a aproximadament el doble mantenint els actuals 4,4 kW de potència contractada. Aquest mètode permet disminuir els costos en la factura de la llum disminuint 1 kW la potència contractada en els dos casos (ja que sense aquest sistema caldria augmentar la potència contractada amb el sistema amb aerotèrmia).

Pel que respecta a les hores d'ús, el comportament serà diferent segons el tipus de càrrega. En les càrregues de necessitat, sempre que es premi el polsador s'activaran. En les càrregues elèctricament desplaçables dependrà del tipus de dia, però sempre es deixarà d'un minut de programació del cicle d'ús per a que l'electrodomèstic s'activi. Aquest es desactivarà un cop el PLC registri un increment en el consum elèctric d'aquell instant. Les hores d'ús dependran de:

- Dia de baixa producció fotovoltaica: es procurarà que s'usi l'energia generada per les plaques fotovoltaiques, però res assegura una suficient generació. Per a aquells dies en que es necessiti l'ús de la xarxa de distribució (la bateria no es troba en condicions de descàrrega òptimes), caldrà desplaçar el funcionament d'aquests aparells durant hores vall. Per exemple, si es programa una rentadora, aquesta s'activarà a les 5:00 per assegurar que a les 7:00 (hora d'activitat) finalitzi per tal de recollir la roba.
- Dia d'alta producció fotovoltaica: durant aquest tipus de dies es procurarà emprar al màxim la xarxa fotovoltaica. Es tindran en compte les hores de producció mitjana/alta de la instal·lació solar fotovoltaica, sense considerar les hores vall/pic de consum de la xarxa de distribució (seguint la jerarquia de la Taula 4.36).

## 4.6. Implementació i verificació

### 4.6.1. Simulació del sistema

Abans de donar pas a un anàlisi per a seleccionar el millor sistema, primer cal dissenyar una simulació. En aquesta simulació cal considerar les següents premisses:

- Prioritat en augmentar el màxim possible la vida útil del sistema d'emmagatzematge, tal i com es comenta en l'apartat 3.5.5. Això significa que es prioritzarà el consum d'energia de la xarxa si les bateries es troben en mode de CÀRREGA.
- Assegurar que el corrent de càrrega i descàrrega màxim de les bateries no superin el límit recomanat o el màxim de l'ondulador híbrid, així com no es permet la càrrega de les bateries quan el corrent no arribi al mínim recomanat pel fabricant.
- Les bateries només es carregaran per energia solar fotovoltaica.

- En condicions de disponibilitat de totes les fonts d'energia, la prioritat en el consum d'energia segueix la Taula 3.5.

A partir d'aquestes premisses caldrà elaborar una simulació amb Excel mitjançant les dades d'irradiació i temperatura ambient de totes les hores de l'any proporcionades pel *PVGIS* i per les dades de consum de totes les hores de l'any de la xarxa de distribució. A més, en el cas de l'aerotèrmia, al consum de la càrrega de l'habitatge s'afegeix un consum constant, que representa el consum pel sistema d'aerotèrmia.

#### 4.6.2. Inversió de les possibles opcions

Prèviament a la selecció de les possibles opcions, primer cal fer una estimació de la inversió que suposa per a cada opció. Aquestes es troben recollides en la Taula 4.37.

**Taula 4.37.** Numeració de les possibles opcions (Font: Font pròpia)

Nombre	Opció
1	Canvi de caldera de gasoil a caldera de condensació
2	Canvi de caldera de gasoil a caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura
3	Canvi de caldera de gasoil a aerotèrmia i radiadors de baixa temperatura
4	Canvi de caldera de gasoil a caldera de condensació i instal·lació de xarxa solar fotovoltaica
5	Canvi de caldera de gasoil a caldera de condensació, radiadors de baixa temperatura i instal·lació de xarxa solar fotovoltaica
6	Canvi de caldera de gasoil a aerotèrmia, radiadors de baixa temperatura i instal·lació de xarxa solar fotovoltaica

Conegudes totes les possibles opcions, caldrà determinar els costos materials a partir de tres blocs. El primer serà el material invertit en la instal·lació solar fotovoltaica, el segon el material destinat al sistema de gestió d'energia, el tercer el cost del material de la instal·lació tèrmica i l'últim el cost de la mà d'obra de l'opció.

Depenent de l'opció, els costos dels blocs variaran, com és el cas de l'opció amb el canvi de caldera de condensació on només tindrà el bloc de la instal·lació tèrmica i la mà d'obra. Pel que respecta al contingut de cada bloc depenent la opció (material, unitats del material, preu unitari del material i import respectiu a cada material) es pot localitzar als annexos.

**Taula 4.38.** Cost material de cada bloc dependent de la opció i subtotal seguint la numeració de la Taula 4.37 (Font: Font pròpia)

Opció	Cost del Bloc				Suma parcial
	Instal·lació Solar Fotovoltaica	Sistema de Gestió d'Energia	Instal·lació Tèrmica	Mà d'obra	
1	0	0	2.533,92 €	332,00 €	<b>2.533,92 €</b>
2	0	0	3.214,82 €	444,00 €	<b>3.658,82 €</b>
3	0	0	6.191,11 €	1.096,00 €	<b>7.287,11 €</b>
4	12.239,19 €	1.560,67 €	2.201,92 €	4.868,00 €	<b>20.869,78 €</b>
5	12.239,19 €	1.560,67 €	3.214,82 €	4.980,00 €	<b>21.994,68 €</b>
6	18.328,23	1.560,67 €	6.191,11 €	5.632,00 €	<b>31.712,01 €</b>

Les sumes parcials de cada bloc de la Taula 4.38 apliquen els percentatges corresponents per seguretat i salut (2%), despeses generals (13%) i benefici industrial (6%).

**Taula 4.39.** Aplicació de percentatge a la suma parcial seguint la numeració de la Taula 4.37 (Font: Font pròpia)

Opció	Suma parcial	Seguretat i salut (2%)	Despeses generals (13%)	Benefici industrial (6%)	Total sense IVA
1	2.533,92 €	50,68 €	329,41 €	152,04 €	<b>3.066,04 €</b>
2	3.658,82 €	73,18 €	475,65 €	219,53 €	<b>4.427,17 €</b>
3	7.287,11 €	145,74 €	947,32 €	437,23 €	<b>8.817,40 €</b>
4	20.869,78 €	417,40 €	2.713,07 €	1.252,19 €	<b>25.252,43 €</b>
5	21.994,68 €	439,89 €	2.859,31 €	1.319,68 €	<b>26.613,56 €</b>
6	31.712,01 €	634,24 €	4.122,56 €	1.902,72 €	<b>38.371,53 €</b>

Els totals obtinguts a la Taula 4.39 són els valors sense l'aplicació de l'IVA. Per tant, s'afegirà el 21% de l'IVA i un addicional del 2% corresponent al pagament del permís d'obres segons la normativa del municipi de la Galera a aquests valors obtinguts.

Els totals obtinguts a la taula 4.39 són els valors sense l'aplicació de l'IVA. Per tant, caldrà afegir a aquests valors el 21% de l'IVA i un addicional del 2% corresponent al pagament del permís d'obres, segons les ordenances del municipi de la Galera.

**Taula 4.40.** Aplicació de l'IVA i el permís d'obres (Font: Font pròpia)

Opció	Suma parcial	IVA (21%)	Permís d'obres (2%)	Total
<b>Caldera de condensació</b>	3.066,04 €	643,87 €	61,32 €	<b>3.771,23 €</b>
<b>Caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura</b>	4.427,17 €	929,71 €	88,54 €	<b>5.445,42 €</b>
<b>Aerotèrmia i radiadors de baixa temperatura</b>	8.817,40 €	1.851,65 €	176,35 €	<b>10.845,41 €</b>
<b>Caldera de condensació i instal·lació fotovoltaica</b>	25.252,43 €	5.303,01 €	505,05 €	<b>31.060,49 €</b>
<b>Caldera de condensació, radiadors de baixa temperatura i instal·lació fotovoltaica</b>	26.613,56 €	5.588,85 €	532,27 €	<b>32.734,68 €</b>
<b>Aerotèrmia, radiadors de baixa temperatura i instal·lació fotovoltaica</b>	38.371,53 €	8.058,02 €	767,43 €	<b>47.196,98 €</b>

### 4.6.3. Selecció de les possibles opcions

Seguint la Taula 4.37, caldrà valorar les possibles opcions per a seleccionar-ne la millor.

Les tres primeres opcions queden descartades. Això és degut a que en les valoracions efectuades en l'apartat 4.5.1 no es contemplava la implementació de la instal·lació solar fotovoltaica, imprescindible per a la integració de la microxarxa desitjada. Això deixa l'elecció amb les tres altres opcions.

L'opció de la instal·lació solar amb caldera de condensació (tant amb radiadors convencionals com els de baixa temperatura) aconseguix una quota d'autoconsum del 22,51% (es té en compte l'energia del gasoil). A més, aproxima uns 210 cicles anuals a un 30,1% del *DOD* de les bateries, fent possible allargar la vida útil de la instal·lació a aproximadament 25 anys. El problema d'aquesta opció és la necessitat de canviar un altre cop la caldera passats uns 15 anys.

Amb el canvi a l'aerotèrmia, la quota d'autoconsum augmenta a un 60,94%. El problema que sorgeix en aquest sistema és l'increment en el consum d'energia elèctrica anual, que provoca la necessitat d'augmentar la capacitat de les bateries de 472 Ah a 1280 Ah. Tot i això, aquest canvi en la capacitat provoca una disminució a 92 cicles anuals al 27,45% del *DOD*, augmentant la vida útil de les bateries. A més, gran part de l'increment de l'energia consumida en la xarxa elèctrica es produeix majoritàriament en el Tram 1, que comparat al preu del consum de gasoil és molt inferior.

A partir d'aquestes tres opcions cal efectuar les respectives valoracions tenint en compte:

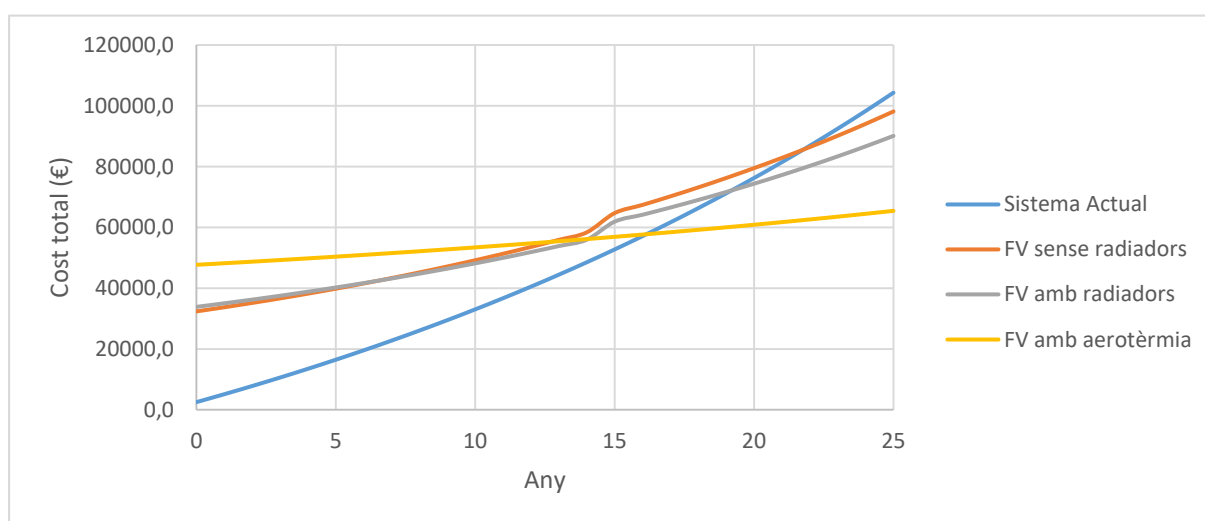
- Una taxa d'interès del 4%.
- Una taxa de degradació de la instal·lació solar del 0,8%.



- El cost total que representen aquestes inversions durant la vida útil de la instal·lació solar fotovoltaica (inversió d'una nova caldera de condensació als 15 anys en la opció 4 i 5).
- Els canvis en els costos de la factura de la llum.
- Un cost de manteniment del 0,5% respecte el total de la inversió i un augment del 1% anual.
- Un augment del 5% en el preu del gasoil.
- Un augment del 3% en el preu l'energia elèctrica.

**Taula 4.41.** VAN, TIR i PRI de les diferents opcions del canvi de sistema tèrmica amb la instal·lació solar fotovoltaica (Font: Font pròpia)

	Opció		
	Caldera de condensació i instal·lació fotovoltaica	Caldera de condensació, radiadors de baixa temperatura i instal·lació fotovoltaica	Aerotèrmia, radiadors de baixa temperatura i instal·lació fotovoltaica
<b>VAN</b>	-147 €	3.758 €	11.435 €
<b>TIR</b>	4,0%	4,9%	6%
<b>PRI</b>	18 anys	16 anys i 9 mesos	15 anys



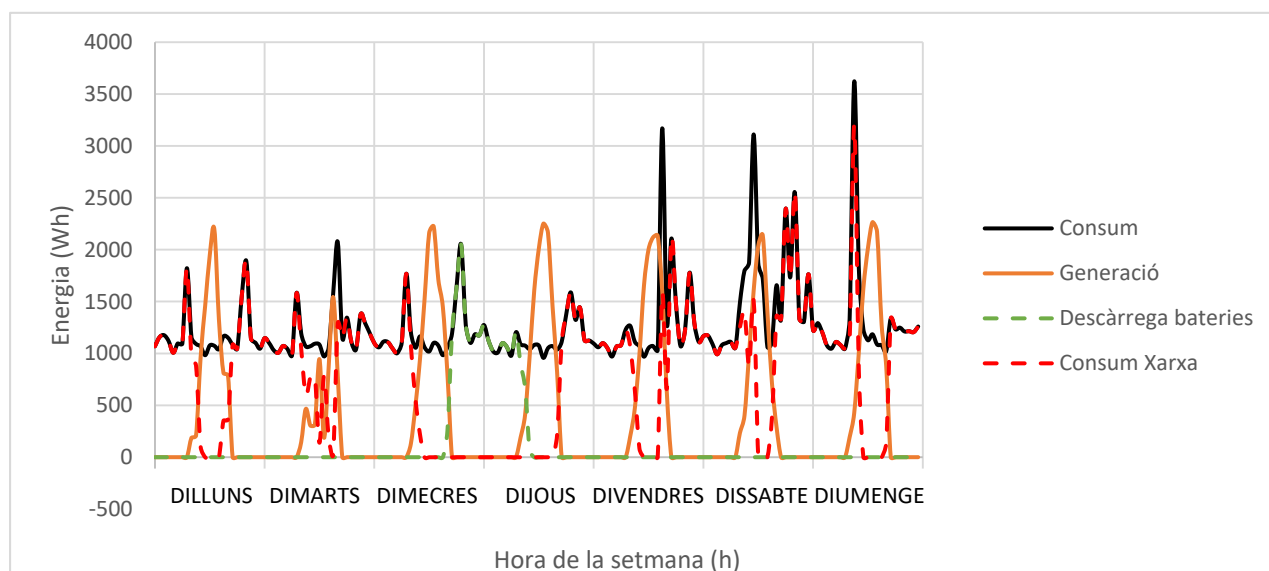
**Figura 4.39.** Costos totals de les diferents opcions de canvi del sistema tèrmic en els 25 anys de vida útil de la instal·lació solar (Font: Font pròpia)

Pel que respecta a l'àmbit econòmic (Taula 4.37 i Figura 4.39) i energètic (22,51% d'autoconsum amb la caldera de condensació i 60,94% amb l'aerotèrmia), l'opció adient és la de la instal·lació solar amb aerotèrmia i radiadors de baixa temperatura. Aquesta aconseguix que més d'un 50% de l'energia consumida en l'habitatge sigui d'autoconsum i renovable, al mateix temps que disminueix els costos totals al llarg dels 25 anys de la instal·lació en aproximadament 39.000 €.

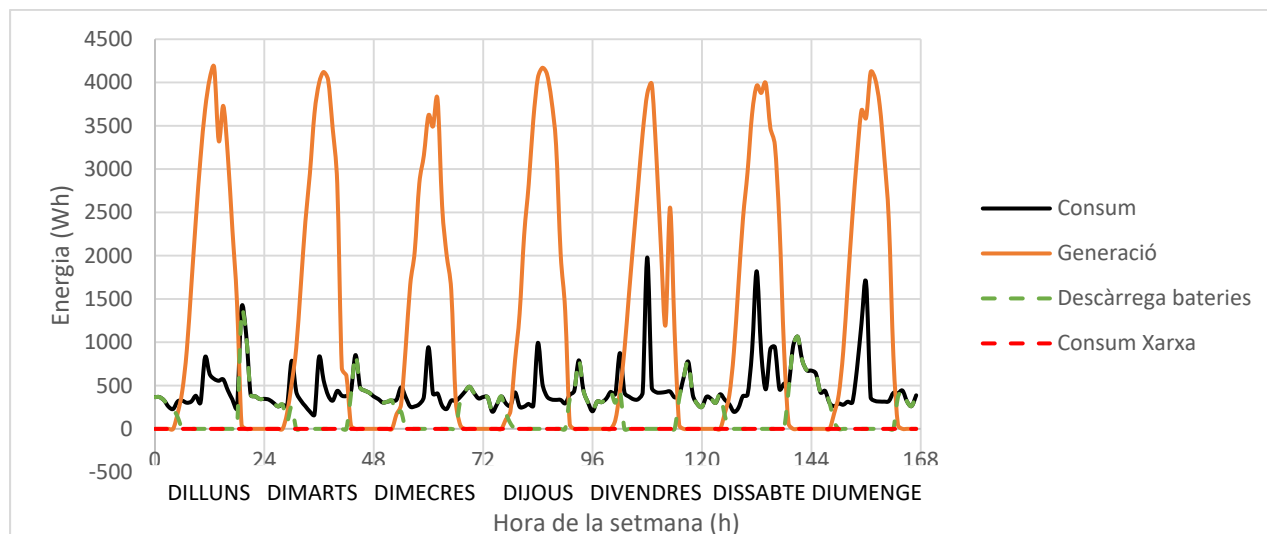
El següent a valorar és la compra dels *Stand by killers*. Degut als resultats obtinguts en l'apartat 4.5.2 (tant econòmics com energètics), la compra d'un d'aquests elements per a l'endoll del grup de la televisió i un per al robot de neteja queda justificada.

#### 4.6.4. Resultats de la simulació: instal·lació solar amb aerotèrmia

A partir de la selecció, es mostrarà una gràfica del flux d'energia setmanal per al pitjor mes de generació de l'any (desembre) i una altra per al millor mes de generació de l'any (juny). La setmana començarà un dilluns a les 00:00:00, i finalitzarà al següent dilluns a les 00:00:00, d'aquesta manera s'observarà el consum en una setmana per al cas més desfavorable i el més favorable de l'any respectivament.



**Figura 4.40.** Flux d'energia durant el mes de desembre del dia 7 al 14 (Font: Font pròpia)

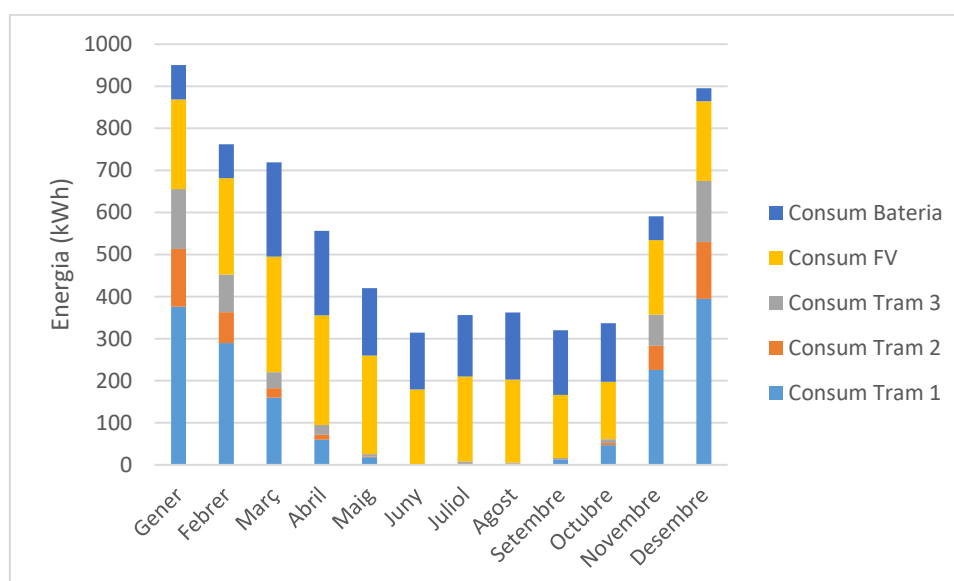


**Figura 4.41.** Flux d'energia durant el mes de juny del dia 8 al 15 (Font: Font pròpia)

Tal i com s'observa en les dos gràfiques, queden representats els principals fluxos de consum de l'habitatge (energia consumida per l'habitatge, energia generada per la planta solar, energia consumida de les bateries i energia consumida de la xarxa) enfront l'hora que representa en la setmana (dimecres a les 12:00:00 representada per l'hora 60).

La representació dels fluxos d'energia és molt dispar per als dos casos. Al mes de desembre (Figura 4.40) s'aprecia com rarament s'utilitza el sistema d'emmagatzematge, ja que resulta molt difícil la càrrega de les bateries. A això es suma el consum mínim de quasi 1 kWh degut a la necessitat de mantenir la calefacció activa i la baixa producció d'energia solar. Tot això provoca que en alguns cops calgui complementar l'energia solar amb la de la xarxa i que en hores de producció zero sigui necessari el consum de la xarxa.

El consum de la setmana del mes de juny (Figura 4.41) és molt diferent. En aquesta setmana, el sistema de calefacció no té un impacte tan elevat. A més, l'aire condicionat no presenta uns valors tan elevats com el sistema de calefacció del mes de desembre ni en el consum (el consum d'aerotèrmia al desembre és 729 Wh cada hora del dia i el de l'aire de 300 Wh cada hora en estabilitat) ni en les hores d'ús (l'ús d'aerotèrmia és de tot el dia mentre que el de l'aire és de les hores més caloroses, que solen representar unes 4 h). També cal sumar l'alta generació fotovoltaica, que permet fer un ple ús del sistema de bateries durant tota la setmana i no necessitar en cap moment la xarxa de distribució.



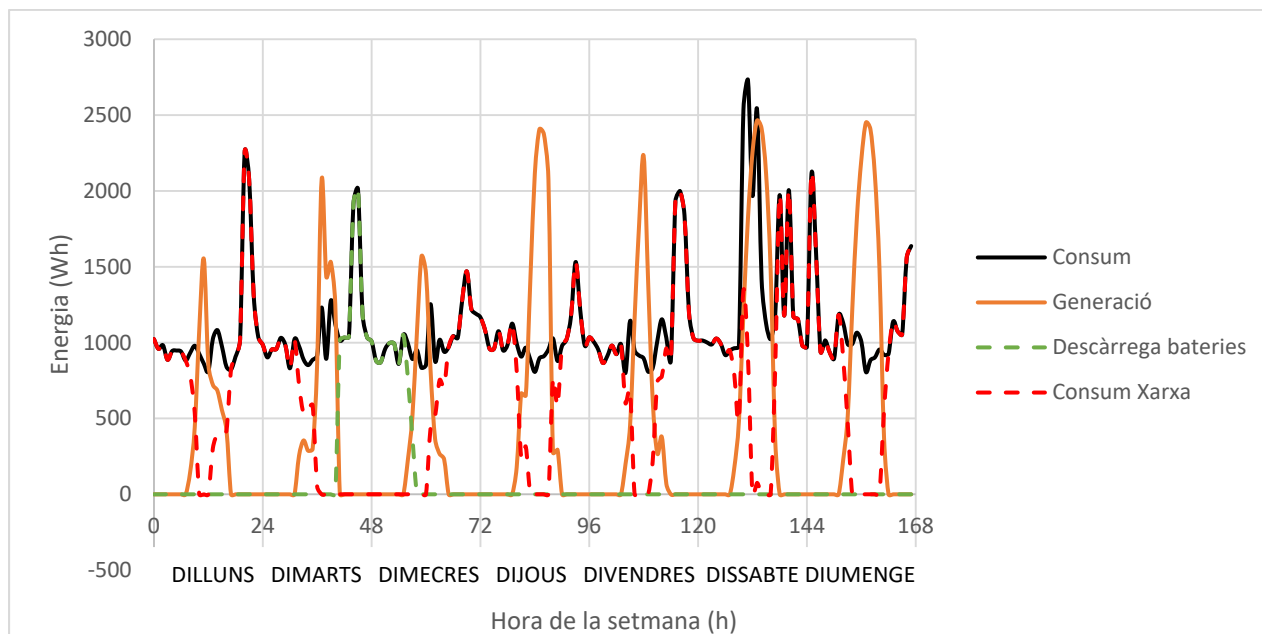
**Figura 4.42.** Origen de la font de consum de cada mes del sistema amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Tal i com mostra en la Figura 4.42, el consum de la xarxa en cada mes té una relació amb l'ús de la calefacció. Els mesos amb major ús de calefacció coincideix en aquells amb un ús més elevat de la xarxa de distribució. Tot i això, el 61,8% del consum anual provinent de la xarxa de producció correspon amb el tram 1.

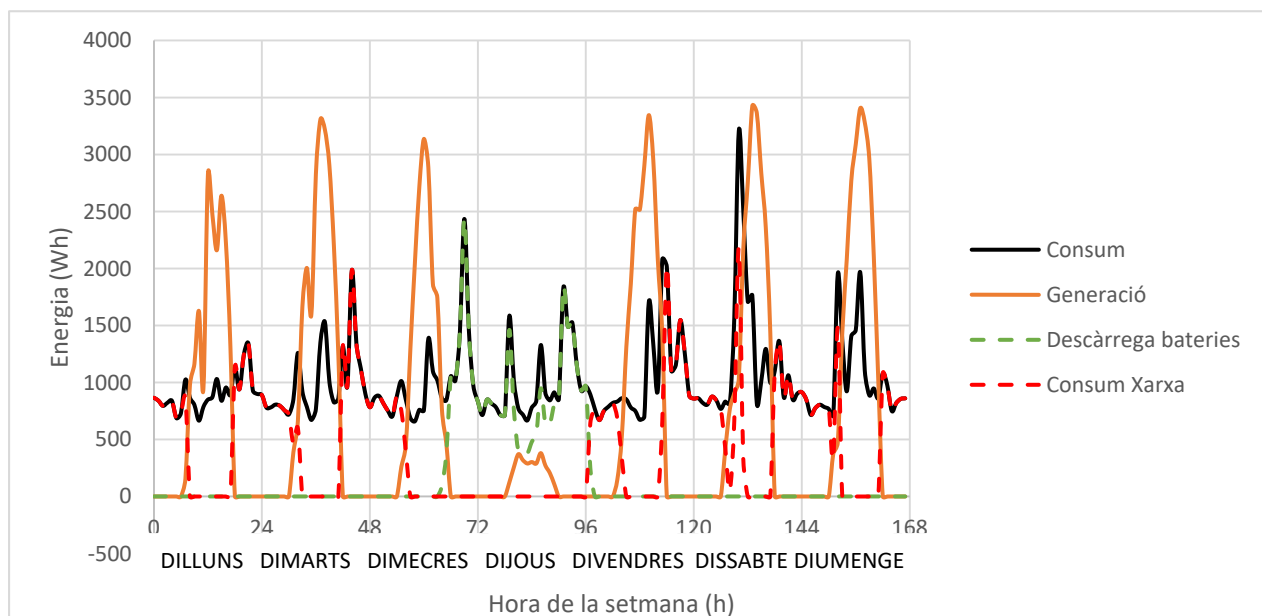
**Taula 4.42.** Nombre de cicles mensuals i DOD mig de les bateries (Font: Font pròpia)

	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
<b>Cicles mensuals (Aprox.)</b>	3	5	12	10	10	10
<b>DOD mig</b>	44,33	29,83	30,72	31,49	26,00	22,83
	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
<b>Cicles mensuals (Aprox.)</b>	10	11	9	9	3	1
<b>DOD mig</b>	23,57	23,03	27,89	27,45	30,80	50,00

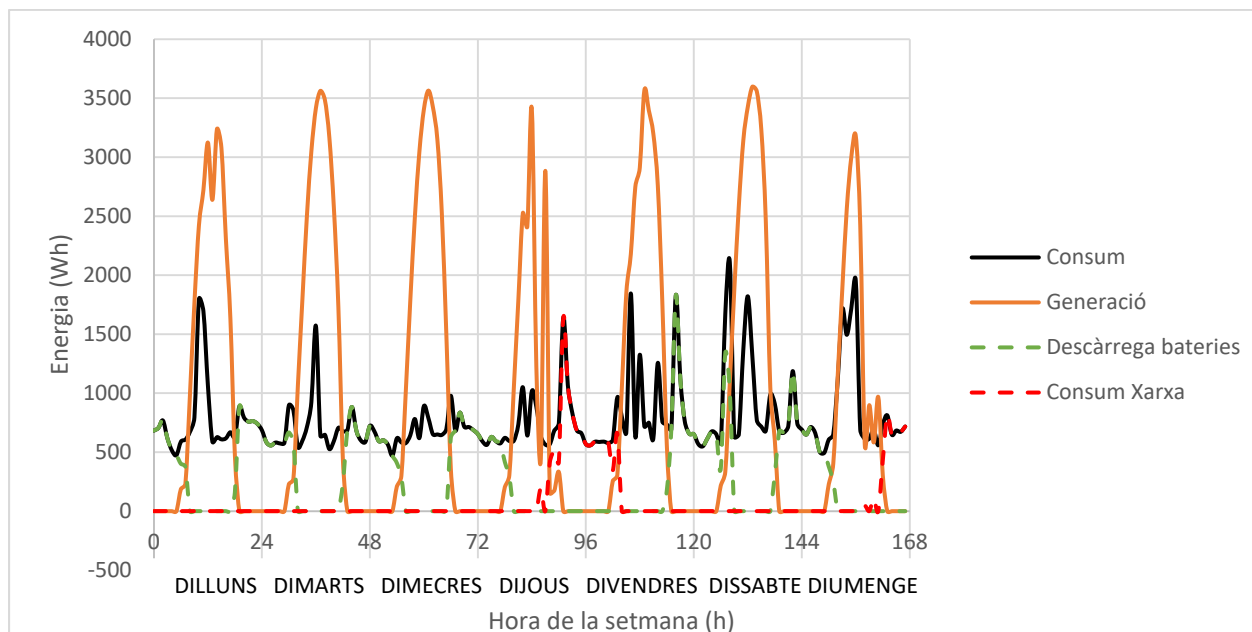
Una altra dada important proporcionada en la Taula 4.42 és el nombre de cicles mensuals de les bateries. Durant els mesos de menor generació solar fotovoltaica el màxim de cicles en les bateries és de 5 (mes de febrer), mentre que amb els mesos amb una generació mitjana-alta el nombre de cicles mig de les bateries és de 10. Això es deu a que els mesos amb aproximadament 10 cicles de càrrega i descàrrega les bateries i l'energia solar són la principal font d'energia. Seguidament s'observaran algunes de les gràfiques on es produeix aquest canvi.



**Figura 4.43.** Flux d'energia durant el mes de febrer del dia 10 al 17 (Font: Font pròpia)



**Figura 4.44.** Flux d'energia durant el mes de març del dia 16 al 23 (Font: Font pròpia)



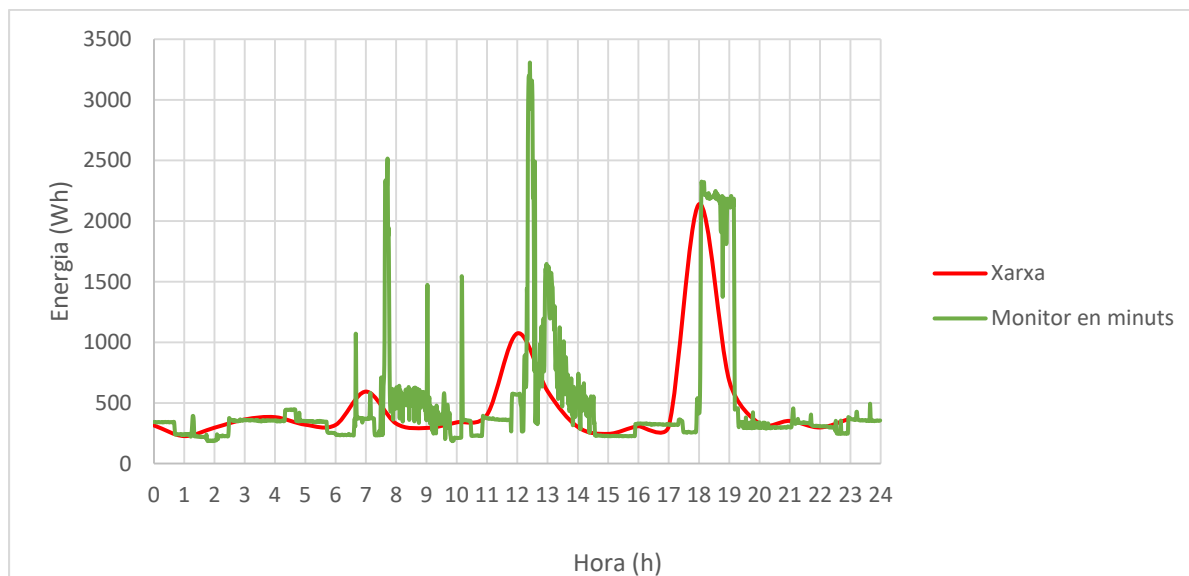
**Figura 4.45.** Flux d'energia durant el mes d'abril del dia 13 al 20 (Font: Font pròpia)

S'observa el canvi d'ús d'energia gràcies a les anteriors gràfiques. Al mes de febrer (Figura 4.43) la majoria del consum prové de la xarxa de distribució, ja que l'energia sobrant en la majoria dels dies no compleix amb el requisit del corrent de càrrega mínim en les bateries. Al mes de març (Figura 4.44) s'aprecia com l'energia solar comença a prendre més protagonisme, però encara és necessari un gran ús de la xarxa de distribució. Per acabar, el consum del mes d'abril (4.45) només depèn de la xarxa de distribució durant la nit del dijous-divendres i diumenge-dilluns. Això significa que a partir d'aquest mes la instal·lació comença tenir un autoconsum superior al consum de la xarxa.

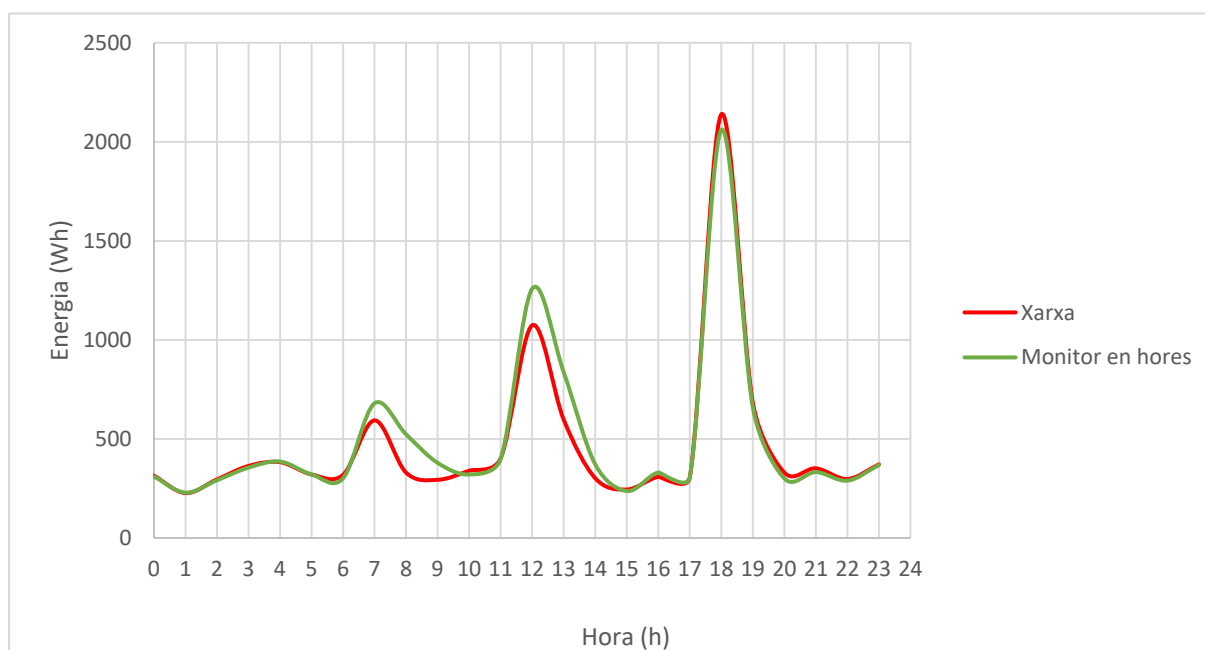
El procés a la inversa es podria observar durant les gràfiques dels mesos d'octubre i novembre, on el sistema d'emmagatzematge i la instal·lació solar perden el seu protagonisme i la majoria de l'energia consumida prové de la xarxa de distribució.

#### 4.6.5. Comparativa amb temps real

A partir de les dades obtingudes amb la xarxa de distribució i el monitor d'energia caldrà realitzar una comparativa a temps real dels valors obtinguts amb alguns dies festius registrats durant l'ús del monitor d'energia. Aquesta comparativa es realitzarà per tal d'estudiar la veracitat de la xarxa de distribució.



**Figura 4.46.** Comparativa del consum d'energia segons la xarxa de distribució (per hora) i el monitor d'energia (per minut) del 5 de maig de 2021 (Font: Font pròpia)



**Figura 4.47.** Comparativa del consum d'energia segons la xarxa de distribució (per hora) i el monitor d'energia (per hora) del 5 de maig de 2021 (Font: Font pròpia)

Tal i com es mostra, la diferència entre el monitor d'energia i la xarxa de distribuïdora és el temps en que queden registrades les dades. La xarxa distribuïdora fa una mitjana del consum d'energia cada 15 minuts, mentre que el monitor d'energia fa aquesta mitjana amb les dades de consum d'un minut. Això causa una pèrdua en la precisió del valor de consum enregistrat (Figura 4.47), provocant una petita diferència. Tot i

això, en cas de no disposar de les dades del monitor és possible realitzar la simulació de l'apartat 4.6.1, però tenint en consideració que hi ha un error de precisió respecte les dades amb el monitor.

Un altre fet curiós, tal i com s'observa en la Figura 4.46, és l'enregistrament de dades amb una hora de retràs respecte el consum a temps real. A les 12:00:00 hores del diumenge 5 de maig, la xarxa distribuïdora enregistra les dades del consum entre les 12 hores i les 13 hores. Tot i això, al calcular el nombre mig de consum enregistrat pel monitor s'obté un resultat semblant al de la xarxa distribuïdora. Sumat a això, a diferència de la xarxa de distribució, amb les dades per minuts del monitor d'energia es poden apreciar perfectament tant els pics d'energia com el valor d'aquest.

Pel que respecta al total d'energia calculada en els dos casos, la xarxa de distribució estima un valor de consum aproximat de 11.193 W, mentre que el monitor d'energia en calcula uns 11.858 W. Això suposa un error de càlcul per part de la xarxa del 5,61%, ja que el càlcul del monitor d'energia té una major precisió.

#### 4.6.6. Efectes de la selecció

- Canvis en el consum d'energia de l'habitatge

El pas de la instal·lació tèrmica de gasoil a una d'aerotèrmia és un canvi molt important a comentar. Aquest comporta que els 1.500 litres anuals de gasoil passin a ser 3.084 kWh d'energia elèctrica. Tenint en compte que per cada litre de gasoil s'extreuen aproximadament 10,96 kWh, la instal·lació tèrmica passa de consumir 16.440 kWh a 3.084 kWh, comportant un estalvi del 81,24% de l'energia consumida en la instal·lació tèrmica.

Tenint en compte el canvi en el sistema tèrmic i el consum elèctric anual de l'any 2.020 (any estudiat en la simulació) de 3.500 kWh, s'aproxima un consum anual de 6.584 kWh elèctric de l'habitatge per la instal·lació d'aerotèrmia.

El següent canvi destacable és la implementació de la instal·lació solar fotovoltaica, amb una generació anual aproximada de 7.261 kWh. Gràcies a aquesta s'aconsegueix passa del consum energètic anual de 19.940 kWh (consum actual d'energia de la instal·lació elèctrica i la tèrmica) a consumir 2.571 kWh de la xarxa elèctrica (segons la simulació), dels qual 1.589 kWh són del Tram 1.



**Taula 4.43.** Diferència en el consum i les despeses d'energia actual i amb aerotèrmia per trams (Font: Font pròpia)

	Consum actual (kWh)	Consum aerotèrmia (kWh)	Preu del tram (€/kWh)	Despesa actual (€)	Despesa aerotèrmia (€)
<b>Tram 1</b>	1.805	1.589	0,012548	22,66	19,94
<b>Tram 2</b>	682	447	0,049602	33,84	22,19
<b>Tram 3</b>	1.012	535	0,143398	145,17	76,69
<b>Total</b>	<b>3.500</b>	<b>2.571</b>	<b>/</b>	<b>201,66</b>	<b>118,83</b>

Aquesta energia de la xarxa pot arribar a ser inclús menor, ja que en la simulació no es considera l'estalvi total de 245 kWh produïts per l'efecte *Stand by* ni l'efecte del desplaçament energètic de la prioritització de càrregues.

- Canvis en la factura de la xarxa distribuïdora

Gràcies a la instal·lació solar fotovoltaica, al llarg de l'any existeix la possibilitat d'injectar aproximadament uns 3.262 kWh d'energia elèctrica a la xarxa. Això obliga a modificar el contracte actual amb la xarxa distribuïdora per poder injectar energia, pagada aproximadament entre 0,05 €/kWh i 0,06 €/kWh en aquests casos. Tenint en compte que les instal·lacions inferiors als 15 kWp (5,6 kWp la calculada) no paguen peatge, i que gràcies a l'estratègia energètica no es necessitarà augmentar la potència contractada, només caldrà modificar el contracte per a obtenir els beneficis de la injecció d'energia (179,40 € per la injecció de 3.262 kWh tenint en compte un abonament de 0,055 €/kWh).

- Diferència en els imports anuals

Gràcies als canvis de la instal·lació tèrmica i en la xarxa distribuïdora, es passa de pagar els 1.902 € anuals en gasoil i els 595 € anuals en la factura de la llum a 262 € anuals per la factura de la llum anual i uns 236 € estimats pel manteniment, obtenint un benefici anual de 1.999 €.

- Canvi de la instal·lació tèrmica

Un altre efecte important a comentar és el canvi de la caldera de gasoil al sistema d'aerotèrmia. Al passar al sistema d'aerotèrmia caldrà dimensionar el sistema de distribució i el de protecció de la nova instal·lació tèrmica.

L'aerotèrmia utilitza dues bombes de calor. Una bomba de calor de corrent màxim de 9 A, que es col·locarà a l'interior del garatge on està actualment la caldera de gasoil, i una altra bomba de calor de corrent màxim de 22 A, que s'instal·larà a l'exterior del garatge. Les ubicacions de les bombes de calor tenen en consideració mantenir el sistema de distribució de l'aigua.

Aplicant els càlculs dels apartats 4.4.8 i 4.4.9, caldrà determinar l'ús d'un interruptor magnetotèrmic de 9 A i un cable de secció de 6 mm<sup>2</sup> per a la bomba de calor interior, i l'ús d'un interruptor magnetotèrmic de 25 A i un cable de secció de 6 mm<sup>2</sup> per a la bomba de calor exterior. A més, necessitarà d'un interruptor diferencial de 40 A, 2 pols i 30 mA de sensibilitat per a cada bomba.

## 5. Anàlisi de l'impacte ambiental

Per acabar amb l'estudi del projecte, cal fer un estudi de l'impacte ambiental de la opció seleccionada en l'enginyeria d'aplicació. Aquest consistirà en un anàlisi de les diferències entre les emissions actuals de l'habitatge unifamiliar i les possibles emissions amb el sistema de la microxarxa híbrida amb generació fotovoltaica i instal·lació tèrmica d'aerotèrmia.

Abans de començar amb aquest anàlisi, és necessari definir una sèrie de factors. Si només es consideres l'efecte d'emissions per consum energètic, el de la generació de la instal·lació solar fotovoltaica seria 0. Però, cal valorar:

- L'obtenció de materials: el primer factor a avaluar al moment d'adquirir qualsevol aparell és l'obtenció dels materials que el conformen. L'extracció de determinats materials pot arribar a ser altament contaminant per la seva dificultat d'obtenció.
- La manipulació: el següent factor a estimar és el procés de manipulació. Per aconseguir que els materials arribin a ser el producte final, primer és necessari passar per un procés de transformació. Molts dels materials de les bateries són altament contaminants durant el procés de manipulació.
- El ransport: aquest factor contaminant afecta durant diferents etapes d'un producte. El primer és un cop obtinguts els materials, cal transportar-los a les fàbriques. Un cop rebut el producte final, aquest es transporta al seu lloc de destí. En definitiva, cada etapa del procés de transport contamina.
- L'ús: molts dels objectes produïts tenen un efecte contaminant durant el seu ús. L'exemple més clar és el dels motors de combustió, que contamina per la combustió del combustible fòssil. A més, hi ha exemples no tant visibles com són l'ús d'un portàtil. Al usar energia elèctrica de la xarxa de distribució es contamina depenent de l'origen d'aquesta energia.
- L'expiració: a tot objecte li arriba el seu moment. Aquest és el final de la seva vida útil. Un cop arribat aquest punt, cal substituir-lo. Això també significa que es necessari reciclar els materials d'aquest objecte, procés que té un efecte contaminat. Tot i així, no tenen un efecte tant contaminant com alguns materials que necessiten d'un tractament especial degut a que és impossible reciclar-los.

Per tant, sota aquests factors es poden calcular les emissions de CO<sub>2</sub> respectives a cada apartat. El problema és que no es disposa d'un valor pel fabricant de les emissions totals del producte per a efectuar una mitja de les emissions de CO<sub>2</sub> per kWh. És per això que s'empraran les dades d'emissió per kWh de la pàgina *electricityMAP* i les proporcionades pel *IDAE* per a calcular els valors d'emissions en la situació actual i la opció seleccionada de l'apartat 4.6.2.

**Taula 5.1.** Comparativa de la contaminació total anual del sistema actual amb el seleccionat de la simulació (Font: Font pròpia)

Procedència de l'energia	Emissions (g CO <sub>2</sub> /kWh)	Consum actual (kWh)	Contaminació actual (kg CO <sub>2</sub> )	Consum simulació (kWh)	Contaminació simulació (kg CO <sub>2</sub> )
<b>Xarxa elèctrica</b>	357	3.522	1.257,4	2571	917,8
<b>Solar FV</b>	45	0	0	4012	180,5
<b>Gasoil</b>	311	16.440	5.112,8	0	0
<b>Total</b>		<b>19.962 kWh</b>	<b>6.370,2 kg CO<sub>2</sub></b>	<b>6455 kWh</b>	<b>1.098,3 kg CO<sub>2</sub></b>

Comentat anteriorment, no es disposa dels valors reals de contaminació per la fabricació dels objectes que conformen el sistema d'aerotèrmia ni la instal·lació solar. Per aquest motiu al consum de la simulació de l'energia procedent de la solar fotovoltaica se li ha afegit l'energia procedent de les bateries, ja que aquestes es carregaran exclusivament pel sistema fotovoltaic.

Tal i com mostra la Taula 5.1, la diferència d'emissions per canviar el sistema actual és de 5.271,9 kg CO<sub>2</sub>. Això suposa una reducció del 82,76% en les emissions de CO<sub>2</sub> i representa un estalvi de 131,80 T CO<sub>2</sub> al llarg dels 25 anys de vida útil de la instal·lació solar (sense tenir en compte els efectes per la seva degradació).

Finalment, afegir que es necessari portar als punts corresponents de reciclatge tant els panells solars com les bateries. La majoria de materials que conformen aquests aparells són altament contaminants i necessiten d'un tractament especial.

## 6. Conclusions

Durant el transcurs de l'elaboració del projecte s'han anat complint els objectius fixats a l'inici d'aquest.

El primer objectiu fou la incorporació de la ISO 50001 al model energètic d'un habitatge unifamiliar. A partir del cicle de millora contínua (Planificar – Fer – Comprovar – Actuar) s'aconsegueixen establir unes bases per assolir una millora de l'eficiència energètica i econòmica. A més, es defineixen les principals directius del projecte per complementar el tercer objectiu: disminuir al màxim el consum elèctric de la xarxa de distribució o disminuir el consum energètic general sense augmentar excessivament el consum de la xarxa ni les despeses econòmiques.

El següent objectiu que es definia era el disseny d'una microxarxa híbrida. El disseny d'aquesta utilitza com a font principal l'energia solar fotovoltaica amb el suport d'un sistema d'emmagatzematge, i fa ús de la xarxa de distribució com a font auxiliar.

A més, mitjançant la combinació de la ISO 50001 i la microxarxa híbrida es defineix un Sistema de Gestió d'Energia (SGEn o EMS) previst en els objectius. Al principi de la gestió d'aquest sistema la intenció era aprofitar al màxim l'energia de les bateries i de la instal·lació solar per minimitzar l'ús de la xarxa de distribució, però al llarg de l'elaboració del treball la prioritat recau en el cicle de vida útil de les bateries per les despeses econòmiques que comporta una substitució d'aquestes a la meitat de la vida útil de la instal·lació solar.

El tercer i últim objectiu fixat era disminuir l'ús d'energia i l'impacte econòmic i ambiental de l'habitatge a partir d'un canvi en el sistema energètic actual. L'auditoria energètica defineix aquest canvi, influenciat per l'estudi energètic del sector residencial de l'IDAE. Aquest identificava com a font principal de consum la calefacció, com a font principal de desaprofitament energètic les pèrdues per *Stand by* i la necessitat d'establir unes estratègies energètiques per a complementar la microxarxa, tots tractats en l'apartat 4.5.

Respecte la simulació efectuada per a complir amb els anteriors objectius, el primer punt a abordar és la instal·lació solar fotovoltaica. En el cas d'aquest projecte implementar la microxarxa híbrida amb la instal·lació solar surt completament inviable. Això es deu a que la majoria del consum energètic de l'habitatge prové de la instal·lació tèrmica, que usa un combustible fòssil (concretament gasoil). Aquest fet provoca la necessitat d'un canvi en el model energètic, tal i com es promovia en el tercer objectiu.

Aquest es compleix a partir de la substitució de la caldera de gasoil pel sistema d'aerotèrmia i radiadors de baixa temperatura. Aquesta substitució permet implementar el sistema de la microxarxa híbrida i la instal·lació de la generació solar fotovoltaica. Gràcies a això el consum de la xarxa de distribució es veu

reduït un 27,00%. La opció del sòl radiant es descarta per les despeses econòmiques que suposaria, la necessitat d'obres i el desaprofitament de la instal·lació de calefacció actual.

Tot i que aquesta reducció en el consum de la xarxa pot suposar una millora a petita escala, cal tenir en compte que s'està passant d'un model energètic basat principalment en el consum de gasoil a un model que el seu consum és completament elèctric. Gràcies a aquest canvi es produeix una reducció de més de 5 tones de CO<sub>2</sub> al llarg d'un any, una reducció del 87,11% del consum energètic de l'habitatge i una quota d'autoconsum del 60,95%.

A més, s'eliminen les despeses econòmiques per valors d'aproximadament 1902 € pel consum de gasoil i es disminueixen uns 333€ la factura de la llum (reducció del 55,97% del valor actual) cada any. El canvi produeix un estalvi anual de 1.999€ i un estalvi d'aproximadament 39.000 € al final de la vida útil de la instal·lació solar, tenint en compte que les despeses anuals en manteniment són d'aproximadament 236 €.

Considerant que la simulació no preveu el desplaçament de càrregues per l'estratègia energètica ni l'estalvi per les pèrdues per *Stand by* (sumades suposen un 6,96% del consum actual en la instal·lació elèctrica), els beneficis anteriors poden arribar a tenir un valor més elevat. Aquest benefici vindria de la disminució en el consum general de la instal·lació (eliminació de l'efecte *Stand by* en alguns aparells) i del desplaçament del consum elèctric de les càrregues que ho permetin (definides en l'apartat 4.5.3). Per exemple, moure el consum elèctric en moments d'aprofitament de la instal·lació solar o que el preu de la xarxa distribuïdora sigui menor (desplaçar el consum d'aparells definits com a desplaçables en l'apartat 4.5.3 del tram 2 de les 22:00 hores fins les 00:00 hores al tram 1 de les 00:00 hores fins les 8:00 hores o els dies festius).

La majoria dels objectius es compleixen a partir dels càlculs i simulacions teòriques, però no existeixen unes simulacions al laboratori que confirmen les teòriques per falta de temps. A més, la configuració de la pàgina web per a observar les dades de l'ondulador encara es troba en procés. És per això que quedaria com a feina a curt termini la manipulació del material del laboratori per representar la microxarxa dissenyada al llarg del treball i la validació dels resultats (confirmar que amb els *Stand by killers* i desendollar els aparells comentats es redueixen les pèrdues i que l'estratègia energètica seleccionada té una influència positiva en el sistema).

Pel que respecta a llarg termini, caldria observar els fluxos d'energia un cop implementada la instal·lació i comparar els beneficis reals i els teòrics per a plantejar canvis en el sistema que puguin millorar-ne el funcionament (cicle de millora contínua de la ISO 50001). A més, en aquest cas es podria usar el monitor d'energia per a comparar-ne les dades amb les de l'ondulador i obtenir una simulació més precisa.

Pel que respecta al futur de l'energia solar fotovoltaica, encara queda un camí molt gran per recórrer. Les polítiques de consum-injecció a la xarxa afavoreixen a les empreses distribuïdores amb l'excusa que l'autoconsum en un habitatge no ha de ser una font d'ingressos. Aquest fet provoca, tal i com es mostra, que adaptar una llar al consum d'energia solar fotovoltaica en alguns casos sigui inviable. En conseqüència, es necessita d'una nova legislació que benefici tant a l'empresa distribuïdora com al consumidor.

## Bibliografia

- [1] AUTOSOLAR. *“Etapas de càrrega de una bateria.”*. Darrer accés: 16 d’agost de 2.021. <https://autosolar.es/blog/baterias-placas-solares/etapas-de-carga-de-una-bateria>
- [2] AUTOSOLAR-YOUTUBE. *“Baterías Solares, diferencias y tipos: litio, monoblock y estacionarias”*. Darrer accés: 17 d’agost de 2.021. <https://www.youtube.com/watch?v=cYoSx9M9Ce8>
- [3] BOE. *“Código de la Energía Eléctrica”*. Darrer accés: 7 d’abril de 2.021. [https://www.boe.es/biblioteca\\_juridica/codigos/codigo.php?id=14&modo=2&nota=0&tab=2](https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?id=14&modo=2&nota=0&tab=2)
- [4] CAMBIOENERGETICO. *“¿PUEDO DESCONECTARME COMPLETAMENTE DE LA RED ELÉCTRICA USANDO PLACAS SOLARES?”*. Darrer accés: 1 d’abril de 2.021. <https://www.cambioenergetico.com/blog/puedo-desconectarme-completamente-de-la-red-electrica-usando-placas-solares/>
- [5] CarpinteriaLAU. *“LA PERSIANA POR LA NOCHE, EL GRAN ALIADO CONTRA EL FRÍO”*. Darrer accés: 19 de maig de 2.021. <https://www.carpinterialau.com/la-persiana-por-la-noche-el-gran-aliado-contra-el-frio/>
- [6] CE. *“DIRECTIVA 2.010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2.010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)”*. Darrer accés: 5 d’abril de 2.021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32010L0031>
- [7] CE. *“DIRECTIVA 2.012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2.012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2.009/125/CE y 2.010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2.004/8/CE y 2.006/32/CE”*. Darrer accés: 5 d’abril de 2.021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32012L0027>
- [8] CE. *“DIRECTIVA (UE) 2.018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2.018 por la que se modifica la Directiva 2.010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2.012/27/UE relativa de la eficiencia energética”*. Darrer accés: 5 d’abril de 2.021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32018L0844>
- [9] CHOVA. *“SATE”*. Darrer accés: 12 d’abril de 2.021. <https://chova.com/sistema/sate/>
- [10] CLIMALIT. *“Tipos de Cristales. Cómo elegir el mejor cristal para tu ventana”*. Darrer accés: 12 d’abril de 2.021. <https://climalit.es/blog/tipos-de-cristales-como-elegir-el-mejor-cristal-para-tu-ventana/>



- [11] CocinasTPC. "La nueva etiqueta energética llega en marzo de 2.021". Darrer accés: 16 d'abril de 2.021. <https://cocinas-tpc.com/la-nueva-etiqueta-energetica-llega-en-marzo-de-2021/>
- [12] CompradorLuz. "Etiqueta Energética. Qué es, Cómo entenderla y Dónde aparece". Darrer accés: 12 d'abril de 2.021. <https://compradorluz.com/faq/etiqueta-eficiencia-energetica>
- [13] CompraTuLed. "Guía básica de compra de bombillas LED". Darrer accés: 17 d'abril de 2.021. <https://blog.compratuled.es/como-elegir-bombilla-led-comprar/>
- [14] CONSTRUIBLE. "Los edificios de viviendas de los años 70, propuesta de rehabilitación de fachadas de ladrillo". Darrer accés: 12 d'abril de 2.021. <https://www.construible.es/comunicaciones/edificios-viviendas-anos-70-propuesta-rehabilitacion-fachadas-ladrillo>
- [15] CTE. "Documento Básico HE. Ahorro de energía". Darrer accés: . [https://www.apabcn.cat/Documentacio/areatecnica/legislacio/CTE\\_DB\\_HE.pdf](https://www.apabcn.cat/Documentacio/areatecnica/legislacio/CTE_DB_HE.pdf)
- [16] CTE. "Documento de Apoyo al Documento Básico HE. Ahorro de energía". Darrer accés: 21 d'agost de 2.021. [https://www.cgate.es/hit/Hit2015-1/DA-DB-HE-1-Calculo\\_de\\_parametros\\_caracteristicos.pdf](https://www.cgate.es/hit/Hit2015-1/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf)
- [17] CTE. "Sección HE 5. Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica". Darrer accés: 26 d'agost de 2.021. [https://www.coit.es/system/files/link\\_group/he\\_5\\_contribucion\\_fotovoltaica\\_minima\\_de\\_energia\\_elec\\_trica\\_77f479a7.pdf](https://www.coit.es/system/files/link_group/he_5_contribucion_fotovoltaica_minima_de_energia_elec_trica_77f479a7.pdf)
- [18] CUPAPIZARRAS. "Qué es una fachada ventilada y cuáles son sus ventajas". Darrer accés: 10 d'abril de 2.021. [https://www.cupapizarras.com/es/actualidad/fachada-ventilada-funcionamiento-ventajas/#Ventajas\\_del\\_sistema\\_de\\_fachada\\_ventilada](https://www.cupapizarras.com/es/actualidad/fachada-ventilada-funcionamiento-ventajas/#Ventajas_del_sistema_de_fachada_ventilada)
- [19] ECOInventos. "Microgrids, "islas de energía" que garantizan la fiabilidad y eficiencia del suministro". Darrer accés: 31 de març de 2.021. <https://ecoinventos.com/microgrid/>
- [20] ECOInventos. "¿Cuáles son las mejores baterías para sistemas solares fotovoltaicos?". Darrer accés: 1 d'abril de 2.021. <https://ecoinventos.com/baterias-para-sistemas-solares-fotovoltaicos/>
- [21] ELECTRICITYMAP. Mapa del mon amb l'energia generada de cada país per al seu abastiment, l'origen de la generació, contaminació pel tipus d'energia i capacitat màxima de generació de cada energia. Darrer accés: 16 de setembre de 2.021. <https://www.electricitymap.org/map>

- [22] *El Periódico*. “Espanya prohibirà la matriculació de cotxes de dièsel, gasolina e híbrids a partir del 2.040”. Darrer accés: 25 de març de 2.021. <https://www.elperiodico.com/es/medio-ambiente/20181113/espana-prohibira-matriculacion-coches-diesel-gasolina-hibridos-desde-2040-7143700>
- [23] ENDEF. “Tipos de paneles solares. Energía solar para principiantes”. Darrer accés: 27 d’abril de 2.021. <https://endef.com/tipos-de-paneles-solares/>
- [24] ENERDATA. “Anuario estadístico mundial de energía 2.020”. Darrer accés: 29 de març de 2.021. <https://datos.enerdata.net/electricidad/estadisticas-mundiales-produccion-electricidad.html>
- [25] ENGAGEEFERGY. Pàgina web del monitor d’energia. Darrer accés: 6 de setembre de 2.021. <https://engage.efergy.com/>
- [26] EPSECE. “PEAK SHAVING AND CAPABILITY OF HOUSEHOLD GRID-CONNECTED PV-SYSTEM WITH LOCAL STORAGE: A CASE STUDY” per Yannick Riesen, Pengcheng Ding, Samuel Monnier, Nicolas Wyrsh i Christophe Ballif. Darrer accés: 20 de juny de 2.021.
- [27] ESDMIT. “Leveraging smart meter data to recognize home appliances” per Markus Weiss, Adrian Helfenstein, Friedemann Mattern i Thorsten Staake. Darrer accés: 4 d’agost de 2.021.
- [28] FECSA. Pàgina web de la xarxa distribuïdora de Fecsa Endesa. Darrer accés: 8 de setembre de 2.021. <https://www.endesa.com/>
- [29] GESTIONAWEB. Guia per escollir una finestra de qualitat. Darrer accés: 17 de maig de 2.021. <https://docs.gestionaweb.cat/1029/guia-per-escollir-una-finestra-de-qualitat.pdf>
- [30] GET. “Optimization of Photovoltaic Power Systems” per Djamila Rekioua i Ernest Matagne. Darrer accés: 26 d’agost de 2.021.
- [31] GUIAISO500001. “Sistemas de Gestión de la Energía (SGE) basados en la ISO 50001”. Darrer accés: 21 d’abril de 2.021. <https://www.guiaiso50001.cl/>
- [32] ICAEN. Caracterització de les tipologies edificatòries. Darrer accés: 22 d’agost de 2.021. [http://icaen.gencat.cat/web/.content/10\\_ICAEN/17\\_publicacions\\_informes/04\\_coleccio\\_QuadernPractic/quadern\\_practic/arxius/10\\_rehabilitacio\\_edificis\\_Annex2.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/10_rehabilitacio_edificis_Annex2.pdf)
- [33] IDAE. “Análisis del consumo energético del Sector Residencial en España”. Darrer accés: 10 de juliol de 2.021. [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Documentacion\\_Basica\\_Residencial\\_Unido\\_c93da537.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf)

- [34] IDAE. "Consumo de Energía Final". Darrer accés: 17 de maig de 2.021. <http://sieeweb.idae.es/consumofinal/>
- [35] IDAE. "Consumo del Sector Residencial en España. Resumen de Información Básica". Darrer accés: 17 de maig de 2.021 . [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Documentacion\\_Basica\\_Residencial\\_Unido\\_c93da537.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf)
- [36] IDAE. "FACTORES DE EMISIÓN DE CO2 y COEFICIENTES DE PASO A ENERGÍA PRIMARIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA FINAL CONSUMIDA EN EL SECTOR DE EDIFICIOS EN ESPAÑA". Darrer accés: 8 d'abril de 2.021 . [https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores\\_emision\\_CO2.pdf](https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf)
- [37] IDAE. "Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas". Darrer accés: 15 d'abril de 2.021. [https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Gu%C3%ADas%20t%C3%A9cnicas/Guia\\_Instalaciones\\_Calefaccion.pdf](https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Gu%C3%ADas%20t%C3%A9cnicas/Guia_Instalaciones_Calefaccion.pdf)
- [38] IDAE. "Guía técnica. Agua caliente sanitaria central". Darrer accés: 15 d'abril de 2.021. [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_08\\_Guia\\_tecnica\\_agua\\_caliente\\_sanitaria\\_central\\_906c75b2.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_08_Guia_tecnica_agua_caliente_sanitaria_central_906c75b2.pdf)
- [39] IDAE. "Pliego de condiciones técnica de instalaciones conectadas a Red". Darrer accés: 14 de juliol de 2.021. [https://www.idae.es/sites/default/files/documentos\\_5654\\_FV\\_pliego\\_condiciones\\_tecnicas\\_instalaciones\\_conectadas\\_a\\_red\\_C20\\_Julio\\_2011\\_3498eaaf.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf)
- [40] IEEE. "Load Profiles of Selected Major Household Appliances and Their Demand Response Opportunities" per Manisa Pipattanasomporn, Murat Kuzlu, Saifur Rahman i Yonael Teklu. Darrer accés: 2 d'agost de 2.021.
- [41] IMPERMUNGI. "FACHADAS VENTILADAS; Ventajas e Inconvenientes". Darrer Accés: 12 d'abril de 2.021. <https://www.impermungi.com/%E2%96%BAfachadas-ventiladas-ventajas-e-inconvenientes/>
- [42] INARQUIA. "Todo lo que Debes Saber sobre el Sistema de Aislamiento Térmico en Exterior de Fachadas SATE". Darrer accés: 10 d'abril de 2.021. <https://inarquia.es/sistema-aislamiento-termico-exterior-fachadas-sate/>
- [43] InstalacionesyEficienciaEnergetica. "AHORRO ENERGÉTICO CON AEROTERMIA". Darrer accés: 17 d'abril de 2.021. <http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/ahorro-energetico-con-aerotermitia/>

- [44] InstalacionesyEficienciaEnergetica. "CALDERAS DE CONDENSACIÓN Y DE BAJA TEMPERATURA". Darrer accés: 17 d'abril de 2.021. <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/calderas-de-condensacion-baja-temperatura/>
- [45] InstalacionesyEficienciaEnergetica. "CALEFACCIÓN POR GEOTERMIA. LA ENERGÍA RENOVABLE DEL SUELO". Darrer accés: 17 d'abril de 2.021. <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/calefaccion-por-geotermia/>
- [46] InstalacionesyEficienciaEnergetica. "CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE: CONFORT Y AHORRO ENERGÉTICO". Darrer accés: 17 d'abril de 2.021. <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/calefaccion-suelo-radiante/>
- [47] LABRI. "Principios de la Geometría Solar". Darrer accés: 17 d'abril de 2.021. [https://www.labri.fr/perso/billaud/travaux/Helios/Helios2/resources/es03/chapter\\_3\\_ES.pdf](https://www.labri.fr/perso/billaud/travaux/Helios/Helios2/resources/es03/chapter_3_ES.pdf)
- [48] LaRazón. "España: el reto de duplicar la energía renovable en diez años". Darrer accés: 24 de març de 2.021. <https://www.larazon.es/economia/20201025/4uyvxdzx7zhghhap4ffvng4xr4.html#:~:text=Y%20por%20supuesto%20tambi%C3%A9n%20lo,renovables%20subir%C3%ADa%20hasta%20el%2074%25>
- [49] MDPI. "The Determination of Load Profiles and Power Consumption of Home Appliances" per Fatih Issi i Orhan Kaplan. Darrer accés: 2 d'agost de 2.021.
- [50] MicrogridKnowledge. "What is a Microgrid?". Darrer accés: 1 d'abril de 2.021. <https://microgridknowledge.com/microgrid-defined/>
- [51] MITSUBISHI. Calculadora del consum de gasoil en un habitatge depenent el sistema tèrmic i càlcul amb aerotèrmia. Darrer accés: 2 de setembre de 2.021. <https://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado/calculadora-ecodan/>
- [52] MU. "What is spinning reserve?" per Yann Rebours i Daniel Kirschen. Darrer accés: 7 de juny de 2.021.
- [53] MURART. "SISTEMA SATE". Darrer accés: 27 d'agost de 2.021. <https://www.murart.com/index.php/noticias-murart/94-noticias/127-rehabilitacion-energetica-sistema-sate>
- [54] NE. "UNE-EN ISO 50001; Sistema de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso". Darrer accés: 19 d'abril de 2.021.

- [55] NORMAS-ISO. "ISO 50001 *GESTIÓN DE LA ENERGÍA*". Darrer accés: 18 d'abril de 2.021. <https://www.normas-iso.com/iso-50001/>
- [56] OCU. Calculadora d'elements en *Stand by*. Darrer accés: 21 d'agost de 2.021. <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/calculadora/consumo-stand-by>
- [57] PVGIS. Pàgina web amb recopilació i simulació de dades del sector fotovoltaic. Darrer accés: 4 de setembre de 2.021. <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- [58] REDFORMAS. "*Instalación de calefacción, momento de ponerla a punto*". Darrer accés: 15 d'abril de 2.021. <https://blog.redformas.es/instalacion-de-calefaccion-radiadores/>
- [59] REE. "*Previsión de cierre 2.020*". Darrer accés: 24 de març de 2.021. [https://www.ree.es/sites/default/files/11\\_PUBLICACIONES/Documentos/ InformesSistemaElectrico/2020/Red-Elctrica-Infografia-Sector-Elctrico-Espanol-2020.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/ InformesSistemaElectrico/2020/Red-Elctrica-Infografia-Sector-Elctrico-Espanol-2020.pdf)
- [60] RESEARCHGATE. "*A Load Prioritization Model for a Smart Demand Responsive Energy Management System in the Residential Sector*". Darrer accés: 16 d'agost de 2.021 . [https://www.researchgate.net/publication/289083527\\_A\\_Load\\_Prioritization\\_Model\\_for\\_a\\_Smart\\_Demand\\_Responsive\\_Energy\\_Management\\_System\\_in\\_the\\_Residential\\_Sector](https://www.researchgate.net/publication/289083527_A_Load_Prioritization_Model_for_a_Smart_Demand_Responsive_Energy_Management_System_in_the_Residential_Sector)
- [61] SolarEnergia. Què és un regulador de càrrega?. Darrer accés: 4 de maig de 2.021. <https://ca.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/instalaciones-autonomas/reguladors-carrega>
- [62] StanfordUniversity. "*Electrical Load Management*". Darrer accés: 7 de juny de 2.021 . <http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/malone1/>
- [63] TARIFASGASLUZ. "*Cómo funciona el contador bidireccional en una instalación fotovoltaica.*" Darrer accés: 24 de juliol de 2.021. <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/componentes/contador-bidireccional>
- [64] UNFCCC. "*¿Qué es el Acuerdo de París?*". Darrer accés: 7 d'abril de 2.021. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>
- [65] UMA. "*Empirical Characterization and Modeling of Electrical Loads in Smart Homes*" per Sean Barker, Sandeep Kalra, David Irwin i Prashant Shenoy. Darrer accés: 19 d'agost de 2.021.
- [66] UPCOMMONS. Capítol 10. Control de sistemes energètics. Cas de les microxarxes per Robert Piqué. Darrer accés: 8 d'agost de 2.021.

[67] UPCOMMONS. *“Contribution to the PV-to-Inverter sizing ratio determination using a custom flexible experimental setup”* per Xavier Camps, Guillermo Velasco, Jordi de la Hoz i Helena Martín. Darrer accés: 14 de juliol de 2.021.

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78227/Article%20V9\\_FINAL%20VERSION\\_DRAC\\_DEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78227/Article%20V9_FINAL%20VERSION_DRAC_DEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[68] UPCOMMONS. *Convertidors CC-CC i CC-CA aplicats als Sistemes Fotovoltaics* per Robert Piqué. Darrer accés: 26 de juliol de 2.021.

[69] UPCOMMONS. *“Grid-PV-Diesel Hybrid System Management, Application to MED-Solar Project Scenarios”* per G. Velasco, F. Casellas, F. Guinjoan, H. Martínez i R. Piqué. Darrer accés: 25 d’agost de 2.021.

[70] UPCOMMONS. *“Peak Shaving en Palestina Mediante Generación Fotovoltaica y Baterías”* per G. Velasco, F. Casellas, F. Guinjoan, R. Piqué i H. Martínez. Darrer accés: 25 d’agost de 2.021.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/77284/1615.pdf>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Elèctrica**

**IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA  
ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS  
D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**



**Volum II**

**Anàlisi Econòmica i Annexos**

**Autor:** Aleix Valmaña Accensi  
**Director:** Robert Piqué López  
**Convocatòria:** Addicional, Setembre 2021



---

### Llicència Creative Commons.



Aquesta obra està sota una llicència 4.0 Espanya de Creative Commons del tipus **Reconeixement - No comercial - Sense obres derivades 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Per a veure una còpia d'aquesta llicència visiti <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es> **ES**.

**Vostè és lliure de copiar i redistribuir el material en qualsevol mitjà o format sota les condicions següents:**

- **Reconeixement.** Ha de reconèixer adequadament l'autoria, proporcionar un enllaç a la llicència i indicar si s'han realitzat canvis. Pot fer-ho de qualsevol manera raonable, però no d'una manera que suggereixi que té el suport del llicenciador o el rep per l'ús que fa.
- **No comercial.** No pot utilitzar el material per a una finalitat comercial.
- **Sense obres derivades.** Si remescla, transforma o crea a partir del material, no pot difondre el material modificat.





# Volum II: Anàlisi Econòmica i Annexos

## Índex

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓ</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ANÀLISIS DELS COSTOS</b>	<b>2</b>
2.1.	Costos d'enginyeria .....	2
2.2.	Costos de documentació .....	2
2.3.	Costos varis .....	3
<b>3.</b>	<b>COST TOTAL</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>ANNEXOS</b>	<b>5</b>
4.1.	Consum energètic anual.....	5
4.2.	Flux d'energia elèctrica setmanal amb la instal·lació solar .....	6
4.2.1.	Sense aerotèrmia .....	6
4.2.2.	Amb aerotèrmia.....	12
4.3.	Estudi energètic per hores d'energia elèctrica .....	18
4.4.	Altres consum d'energia elèctrica .....	19
4.5.	Factura anual de la xarxa de distribució .....	20
4.6.	Pressupost de la instal·lació .....	21
4.6.1.	Sense aerotèrmia .....	21
4.6.2.	Amb aerotèrmia.....	26
4.7.	Rendibilitat de la instal·lació .....	28
4.8.	Fitxes tècniques .....	30

## **1. Introducció**

Aquest apartat del Volum II analitzarà els costos econòmics per la realització de l'estudi del present projecte. Entre aquests caldrà diferenciar en les categories de costos d'enginyeria, costos de documentació, costos varis i costos indirectes.

Els següents apartats faran una breu descripció de cada cost i mostraran el total de cada, així com les activitats o programes que pertanyen a cada cost.

## 2. Anàlisi dels costos

Aquest apartat presentarà els tres grans blocs referents als costos d'elaboració del present projecte. El contingut de cada un d'aquests blocs representa una part de la feina elaborada durant el llarg del projecte, i cadascun d'ells representa uns continguts diferents.

### 2.1. Costos d'enginyeria

Els costos d'enginyeria corresponen a les activitats pertanyents a la recerca i adaptació de la informació. Aquí es recopilen tots els costos del treball previ al desenvolupament de la solució adoptada i el posterior càlcul - anàlisi de la simulació.

**Taula 2.1.** Activitats realitzades, preus per hora, hores invertides i costos totals de cada activitat dels costos d'enginyeria (Font: Font pròpia)

Activitat	Preu (€/h)	Temps (h)	Cost de l'activitat (€)
Supervisió del projecte	50	40	2.000,00
Recopilació d'informació	16	56	896,00
Desenvolupament del sistema	30	120	3.600,00
Procediment d'estudi d'un habitatge unifamiliar	30	32	960,00
Paquet <i>Software</i> per a simulació	30	80	2.400,00
<b>TOTAL</b>			<b>9.856,00</b>

El total d'hores referent als costos d'enginyeria en aquest apartat és de 328 hores, amb un preu total de 9.856,00 €.

### 2.2. Costos de documentació

Els costos de documentació fan referència a les activitats dedicades a l'informe dels diversos volums del projecte. Aquests costos també consideren les elaboracions de les fulles de càlcul, plànols i esquemes elèctrics, així com la revisió i correcció dels diferents volums. A més, també inclouen els costos per impressió i enquadernació.

**Taula 2.2.** Activitats realitzades, preus per hora, hores invertides i costos totals de cada activitat dels costos de documentació (Font: Font pròpia)

Activitat	Preu (€/h)	Temps (h)	Cost de l'activitat (€)
Redacció i correcció	14	150	2.100,00
Elaboració d'Excels	30	40	1.200,00
Elaboració de plànols	20	24	480,00
Elaboració d'esquemes elèctrics	20	12	240,00
Impressió i enquadernació	/	/	100,00
<b>TOTAL</b>			<b>4.120,00</b>

El total d'hores referents als costos de documentació ascendeix a 226 hores, amb uns costos totals de 4.120 €.

### 2.3. Costos varis

Els costos varis inclouen els preus de les llicències i material necessari per a la realització de les activitats dels costos d'enginyeria i de documentació. Però, donat que el projecte s'hauria d'efectuar aproximadament en 3 mesos, caldrà comptar la proporció d'aquests mesos respecte 1 any (25% del total del cost de la llicència del programa).

**Taula 2.3.** Llicències i material necessari dels costos varis (Font: Font pròpia)

Concepte	Ús	Cost del concepte (€)
<b>Autocad 2022</b>	Programari per a la realització de plànols, esquemes elèctrics i representació d'algoritmes.	585,50
<b>PVSyst</b>	Programari de càlcul d'una instal·lació solar fotovoltaica.	150,00
<b>EcoStruxure™ Automation Expert</b>	Software per a la programació de PLCs.	135,35
<b>Microsoft Office 2019</b>	Programari per a la redacció de la documentació, realització de càlculs i realització de la presentació.	37,25
<b>TOTAL</b>		<b>908,10</b>

Els costos totals de les llicències i material usat per a l'elaboració del projecte és de 908,10 €.

### 3. Cost total

Obtingut els costos de cada bloc requerirà calcular el cost total de l'estudi del projecte.

**Taula 3.1.** Total dels costos (Font: Font pròpia)

<b>Concepte</b>	<b>Cost total (€)</b>
Costos d'enginyeria	9.856,00
Costos de documentació	4.120,00
Costos varis	908,1
<b>TOTAL</b>	<b>14.884,10</b>

El cost total del present projecte ascendeix a 14.884,10 €.

## 4. Annexos

### 4.1. Consum energètic anual

	Mes												TOTAL
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Mes amb us calefacció	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	si	si	
Plena de dipòsit (l gasoil)		X			X						X		
Energia de demanda de la calefacció (kWh)	2872,52	2060,48	1644	898,72	372,64	0	0	0	0	0	1183,68	2476,96	
Consum mensual de calefacció (l gasoil)	262	188	150	82	34	0	0	0	0	0	108	226	
Consum mensual de gasoil (l gasoil)	300	224	188	119	72	37	38	38	37	38	145	264	1500,1

Figura 4.1. Consum anual de gasoil del sistema actual (Font: Font pròpia)

	Mes												TOTAL
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Consum mensual de gasoil (l gasoil)	300,21	223,66	188,11	118,89	72,11	36,89	38,11	38,11	36,89	38,11	144,89	264,11	900
Conversió a consum caldera de condensació (l gasoil)	180,1	134,2	112,9	71,3	43,3	22,1	22,9	22,9	22,1	22,9	86,9	158,5	300
Conversió a consum aerotèrmia (l gasoil)	60,0	44,7	37,6	23,8	14,4	7,4	7,6	7,6	7,4	7,6	29,0	52,8	3084
Energia consumida aerotèrmia (kWh)	617,2	459,8	386,8	244,4	148,3	75,8	78,4	78,4	75,8	78,4	297,9	543,0	3522
Consum habitatge (kWh)	340,03	306,07	321,625	285,49	259,04	239,22	304,11	296,21	255,915	270,54	291,54	352,5	6606
Consum habitatge amb aerotèrmia (kWh)	957,3	765,9	708,4	529,9	407,3	315,1	382,5	374,6	331,8	348,9	589,4	895,5	4668
Percentatge de consum de l'aerotèrmia (%)	64,48	60,04	54,60	46,13	36,40	24,07	20,49	20,92	22,86	22,46	50,54	60,64	46,68
Consum aerotèrmia (Wh/dia/h)	829,6	660,7	519,8	339,5	199,3	105,3	105,3	105,3	105,3	105,3	413,7	729,9	

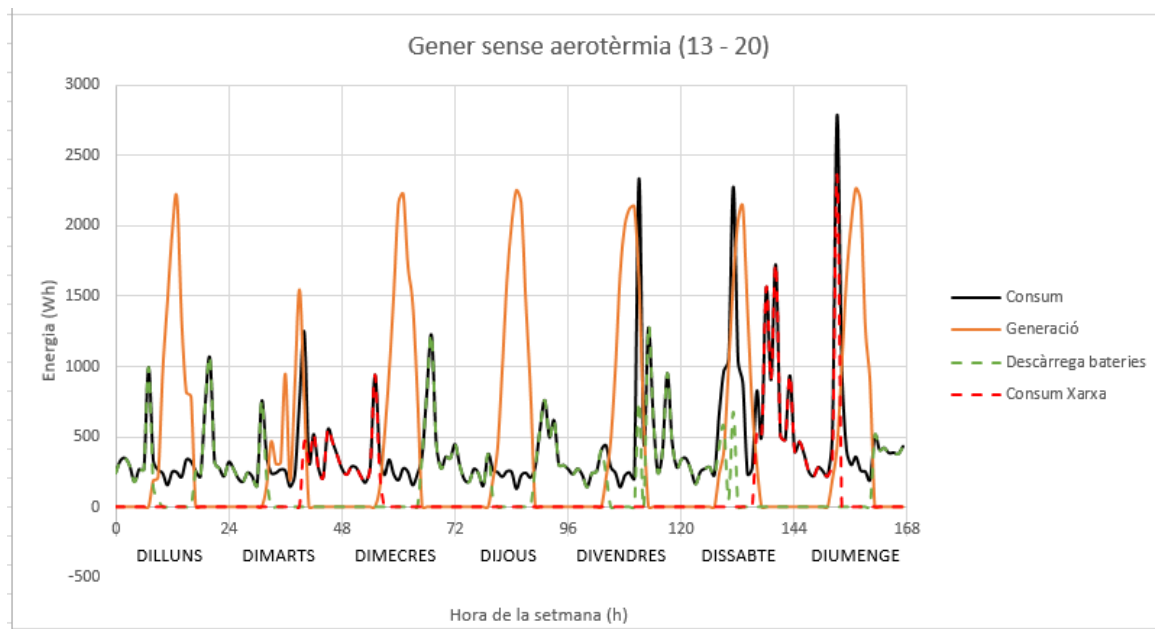
Figura 4.2. Càlcul del Consum anual de gasoil amb canvi d'instal·lació tèrmica (Font: Font pròpia)

	Hora		Mes												TOTAL
	Inici	Final	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Tram 1	0:00:00	8:00:00	163,43	168,43	174,36	143,36	137,09	116,90	132,67	141,13	126,30	149,66	166,77	185,40	1805,49
Tram 2.1	8:00:00	10:00:00	14,96	12,05	14,46	16,04	11,50	9,31	9,61	12,74	8,26	8,17	8,70	12,50	138,31
Tram 3.1	10:00:00	14:00:00	31,51	19,23	29,01	53,79	42,54	35,92	38,83	44,36	26,85	22,46	25,54	42,62	412,66
Tram 2.2	14:00:00	18:00:00	33,45	26,61	38,22	29,31	25,39	24,53	31,67	26,49	25,19	27,84	26,93	32,68	348,33
Tram 3.2	18:00:00	22:00:00	66,78	57,84	58,97	54,61	42,85	38,08	45,07	41,82	44,97	39,87	50,85	58,00	599,70
Tram 2.3	22:00:00	0:00:00	22,95	17,97	17,95	14,89	12,47	13,63	20,00	17,50	12,52	10,40	14,17	21,11	195,56
Total de consum			333,08	302,13	332,97	312,01	271,83	238,37	277,86	284,03	244,10	258,40	292,97	352,30	3500,04

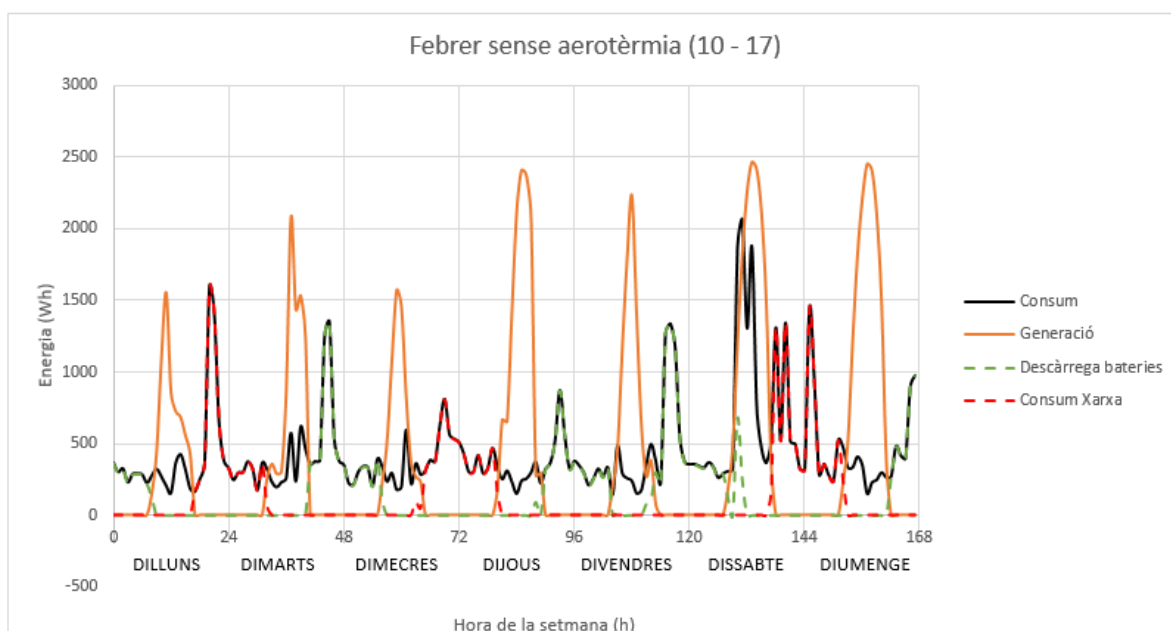
Figura 4.3. Consum de l'any 2020 d'energia elèctrica del sistema actual (Font: Font pròpia)

## 4.2. Flux d'energia elèctrica setmanal amb la instal·lació solar

### 4.2.1. Sense aerotèrmia

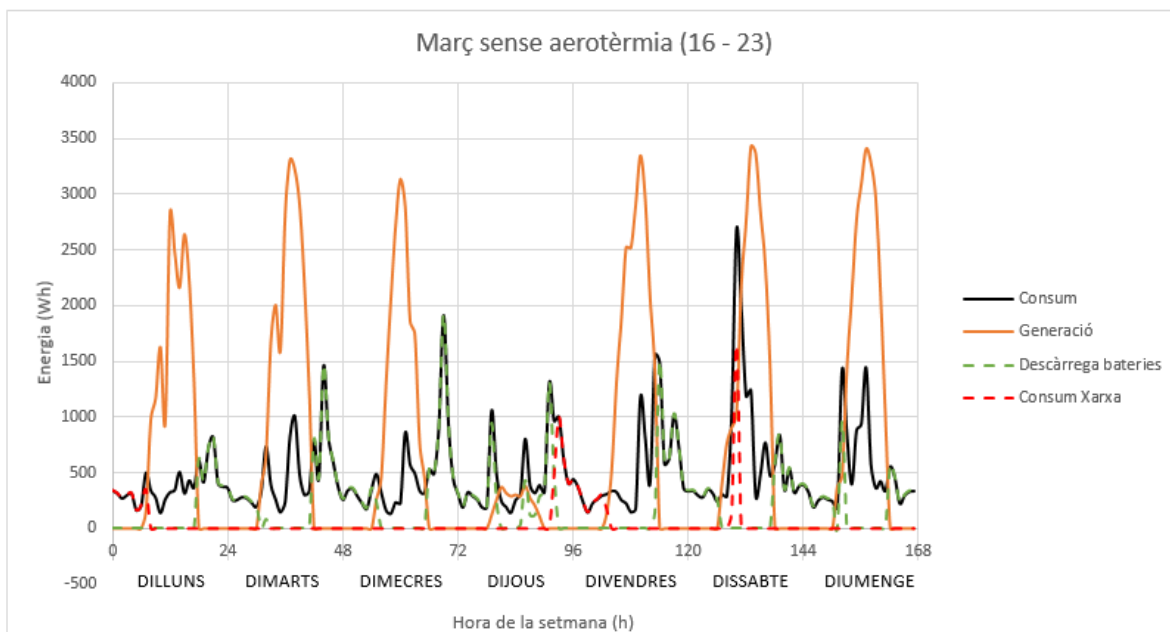


**Figura 4.4.** Flux d'energia durant el mes de gener del dia 13 al 20 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)

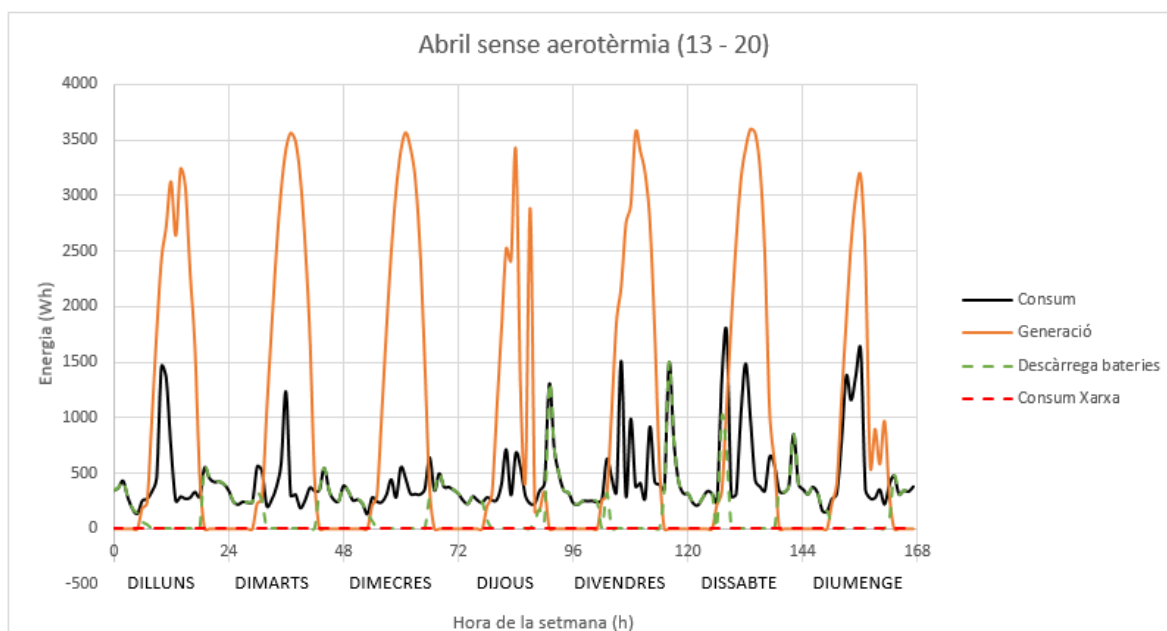


**Figura 4.5.** Flux d'energia durant el mes de febrer del dia 10 al 17 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)

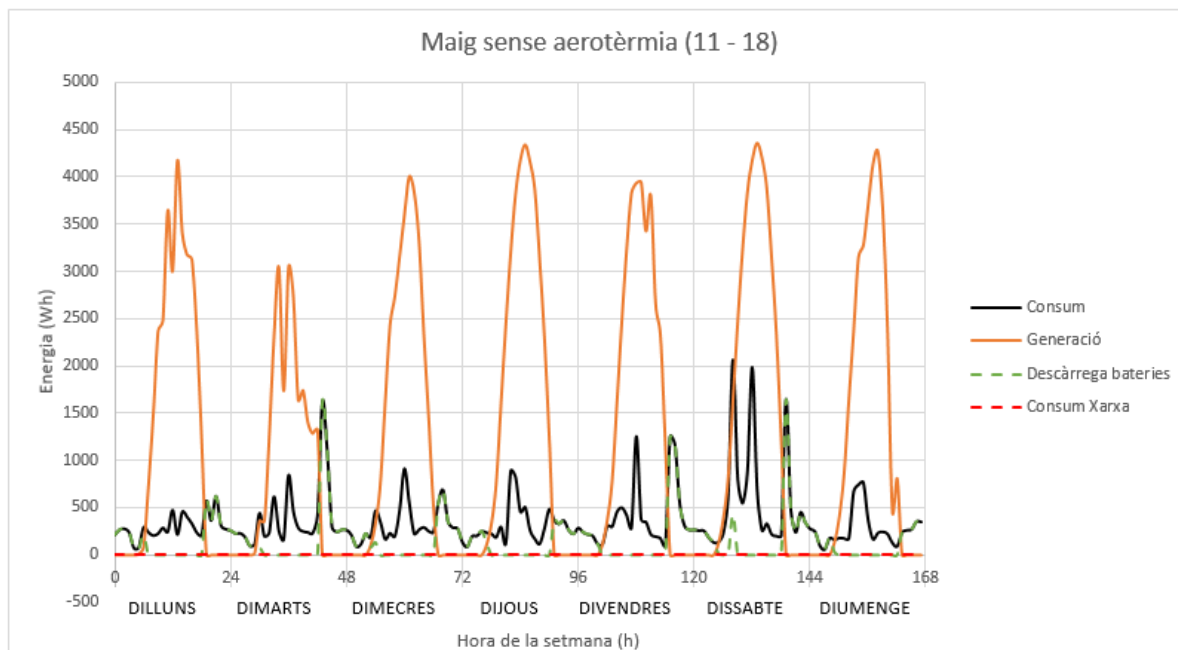




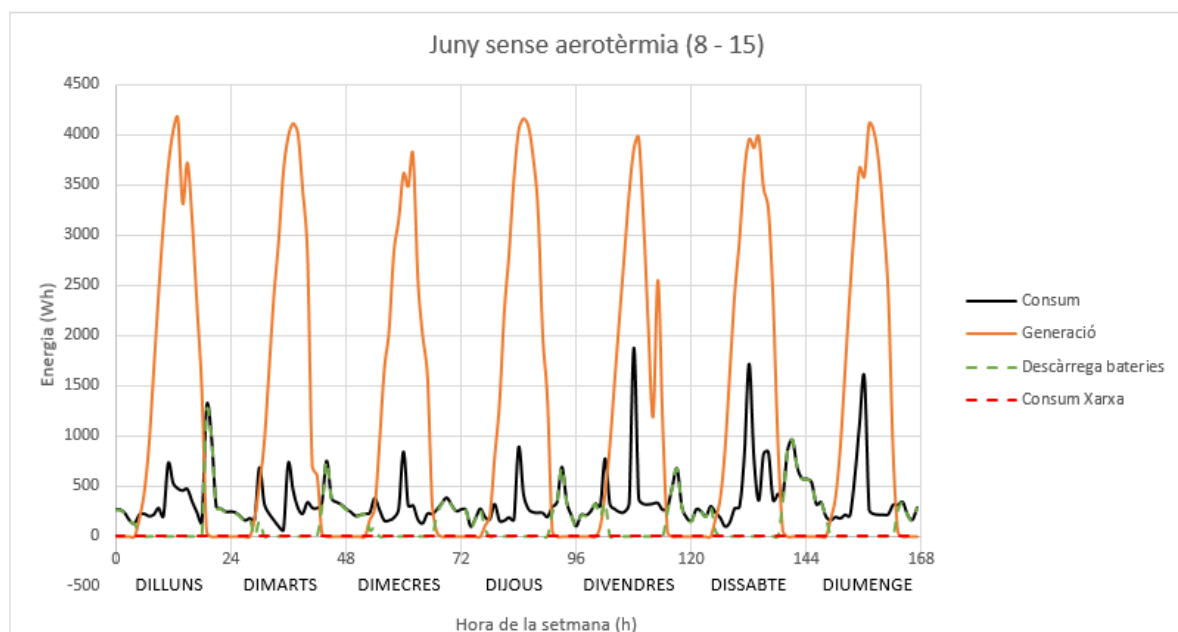
**Figura 4.6.** Flux d'energia durant el mes de març del dia 16 al 23 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)



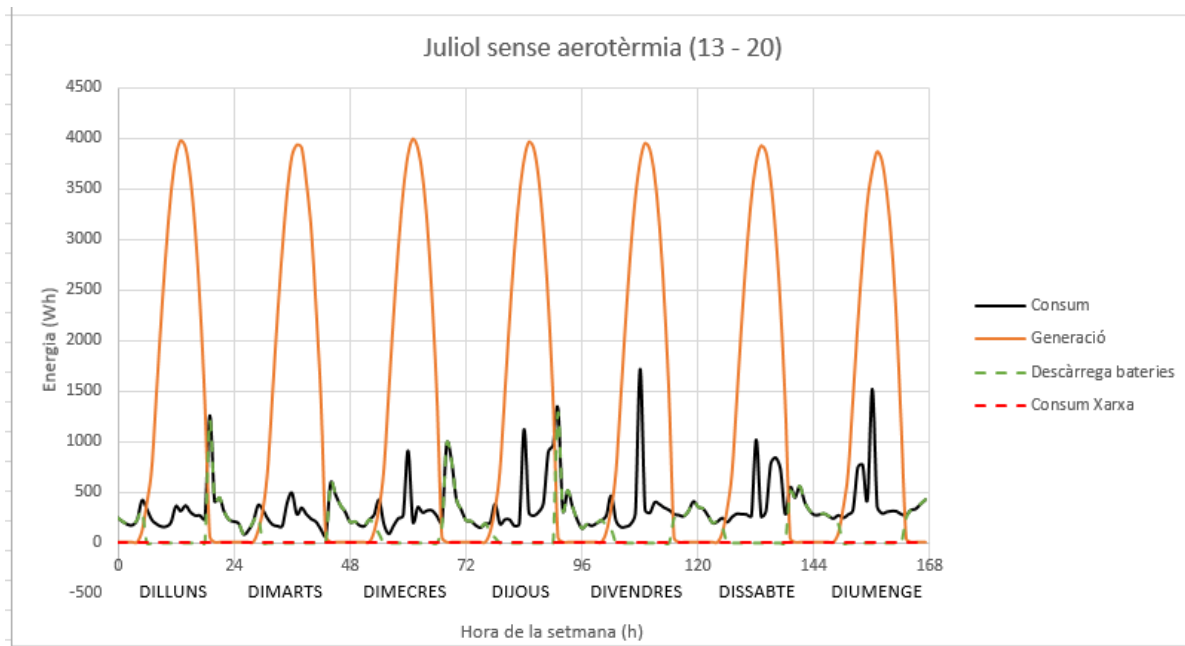
**Figura 4.7.** Flux d'energia durant el mes d'abril del dia 13 al 20 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)



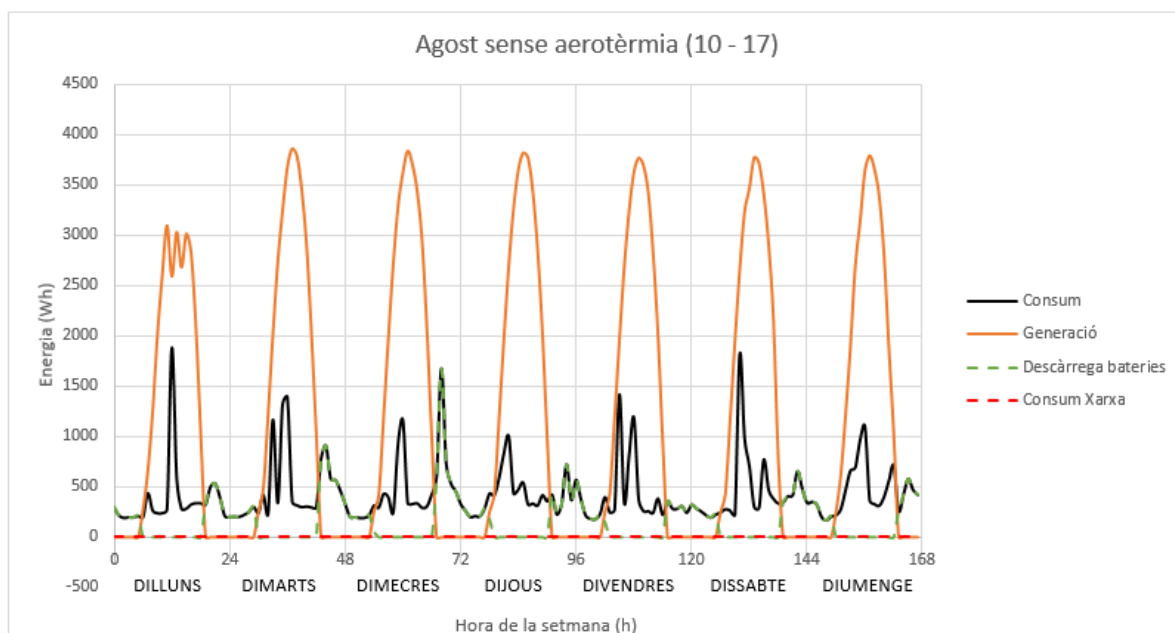
**Figura 4.8.** Flux d'energia durant el mes de maig del dia 11 al 18 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)



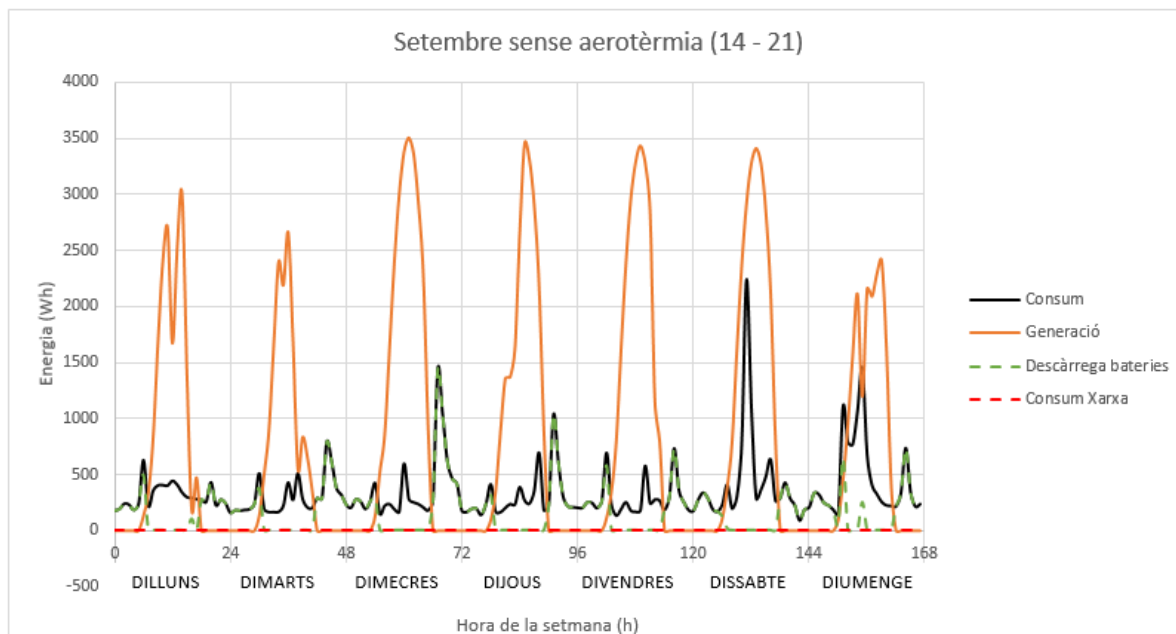
**Figura 4.9.** Flux d'energia durant el mes de juny del dia 8 al 15 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)



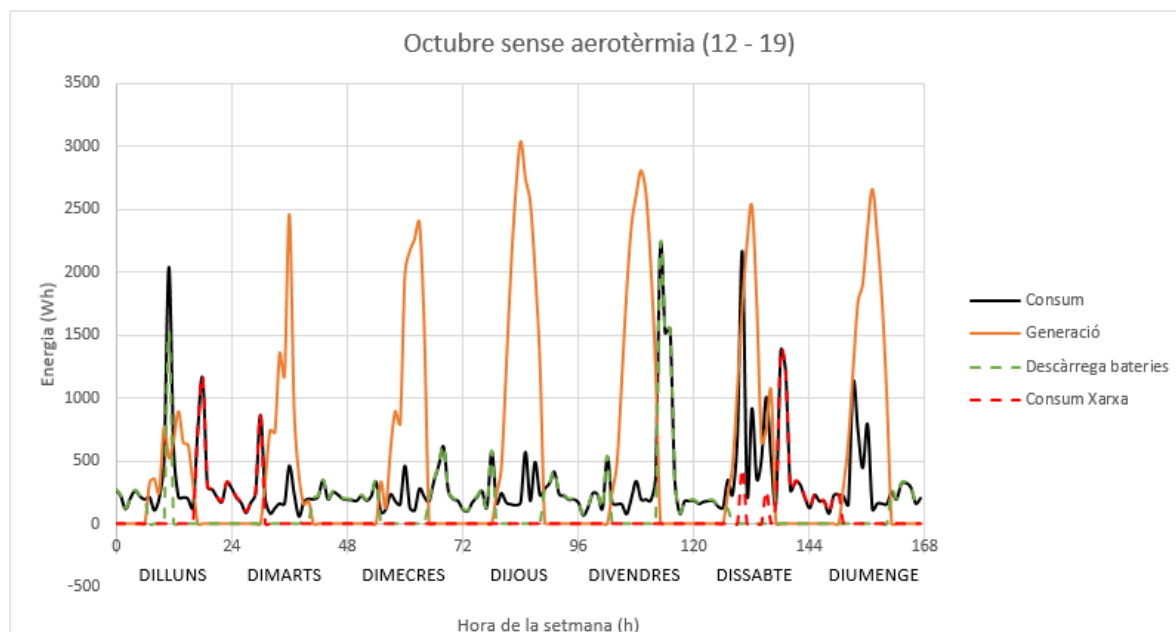
**Figura 4.10.** Flux d'energia durant el mes de juliol del dia 13 al 20 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)



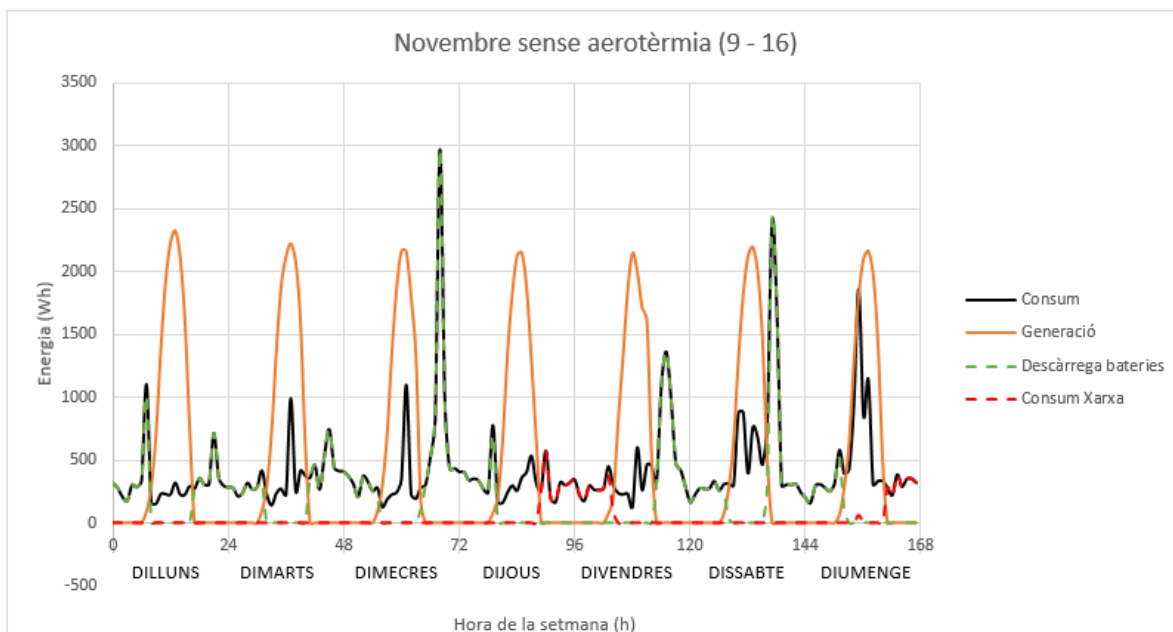
**Figura 4.11.** Flux d'energia durant el mes d'agost del dia 10 al 17 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)



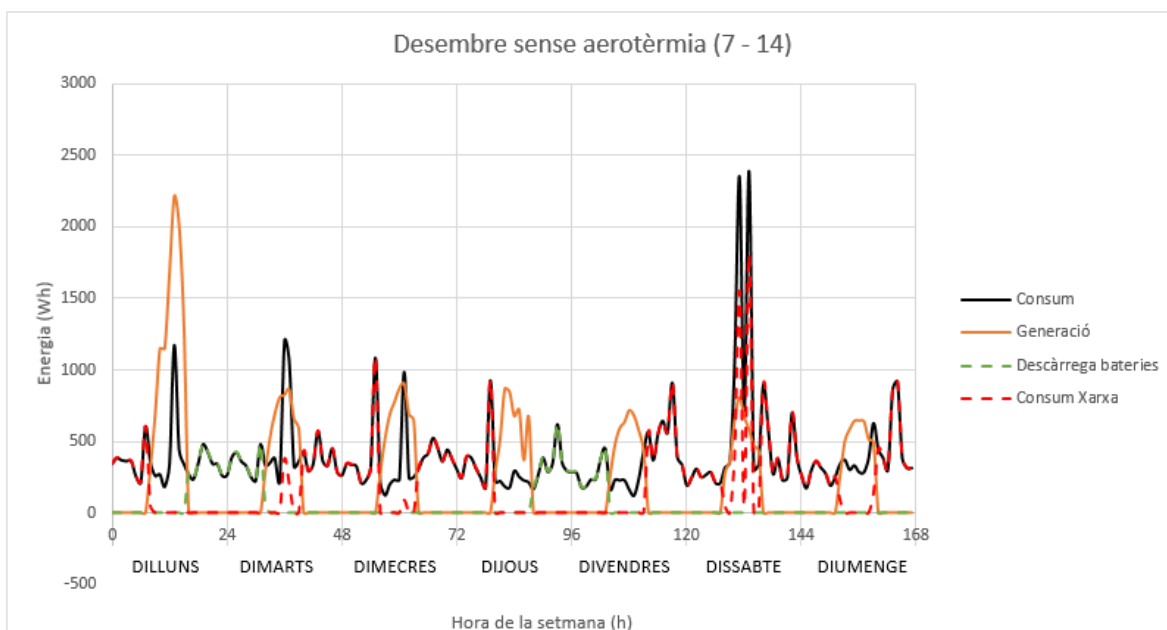
**Figura 4.12.** Flux d'energia durant el mes de setembre del dia 14 al 21 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)



**Figura 4.13.** Flux d'energia durant el mes d'octubre del dia 12 al 19 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

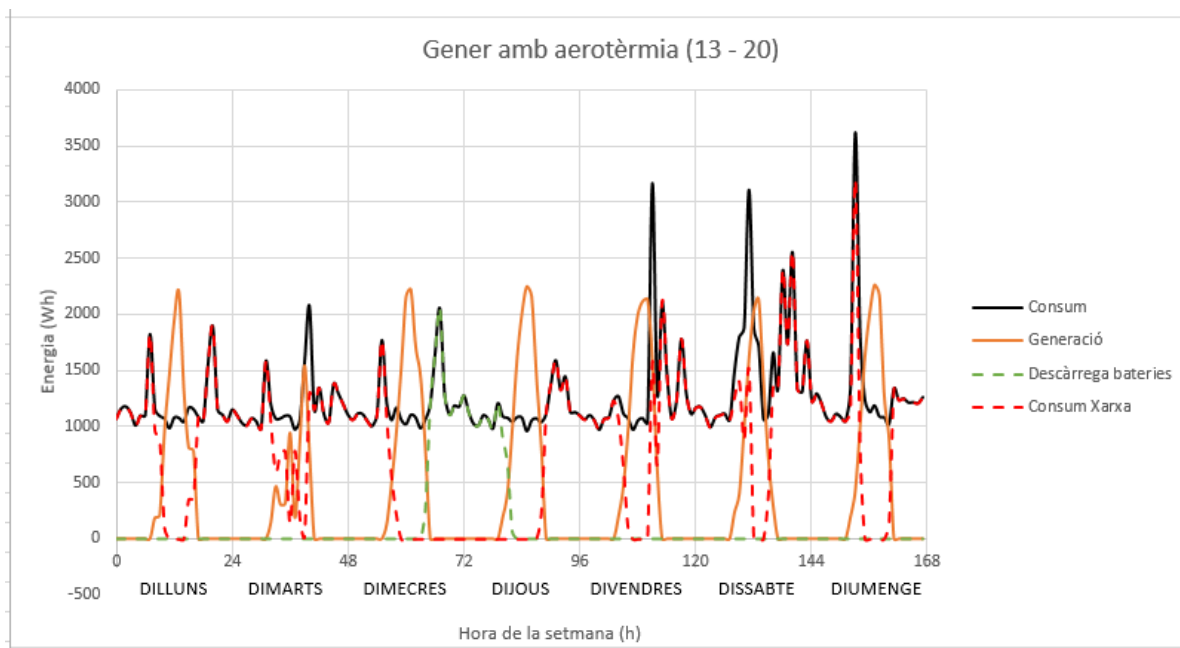


**Figura 4.14.** Flux d'energia durant el mes de novembre del dia 9 al 16 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

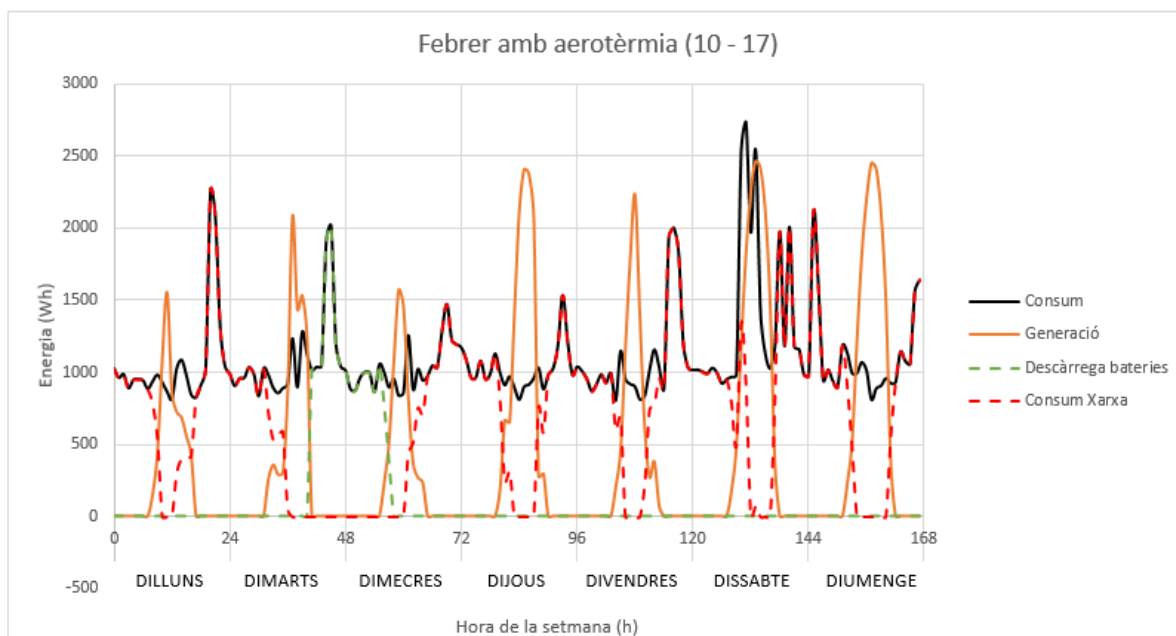


**Figura 4.15.** Flux d'energia durant el mes de gener del dia 7 al 14 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

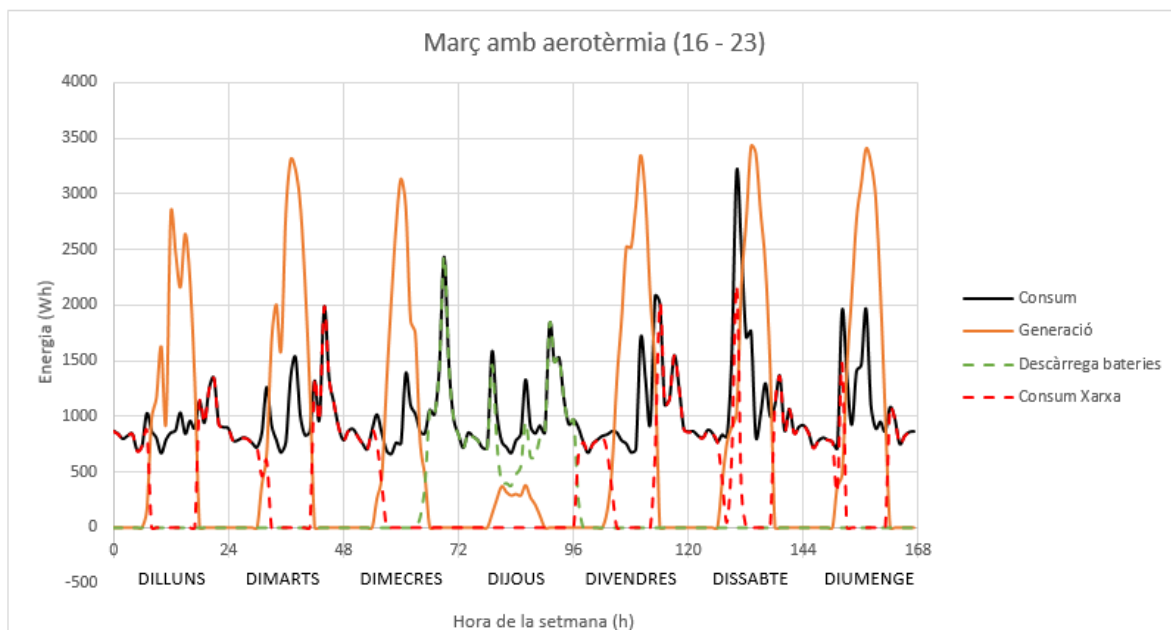
#### 4.2.2. Amb aerotèrmia



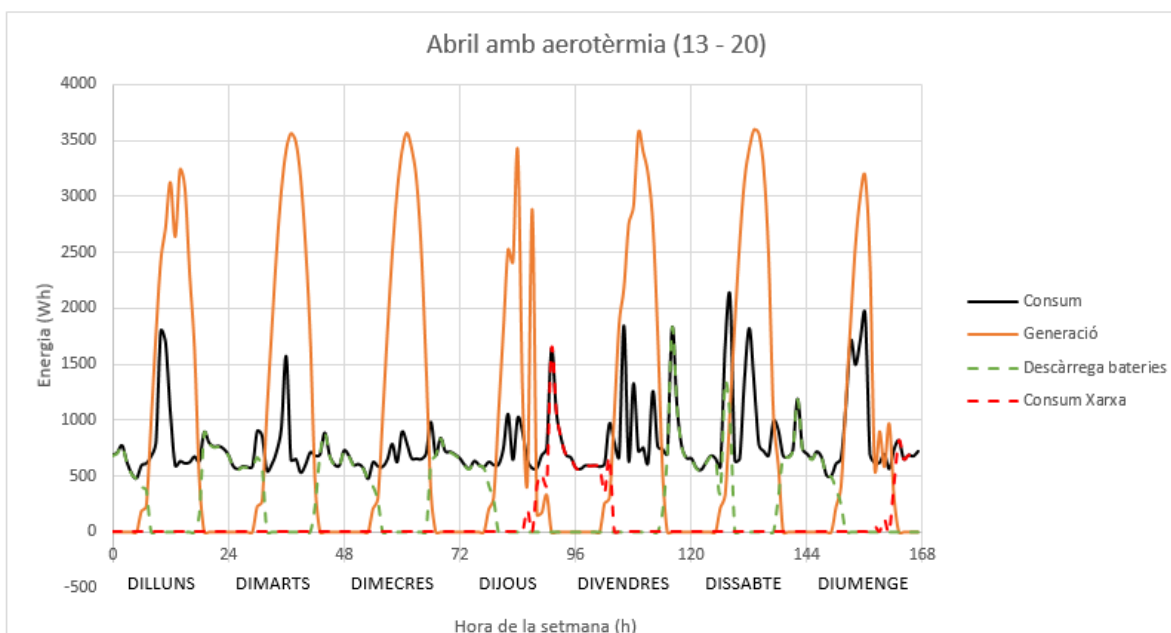
**Figura 4.16.** Flux d'energia durant el mes de gener del dia 13 al 20 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)



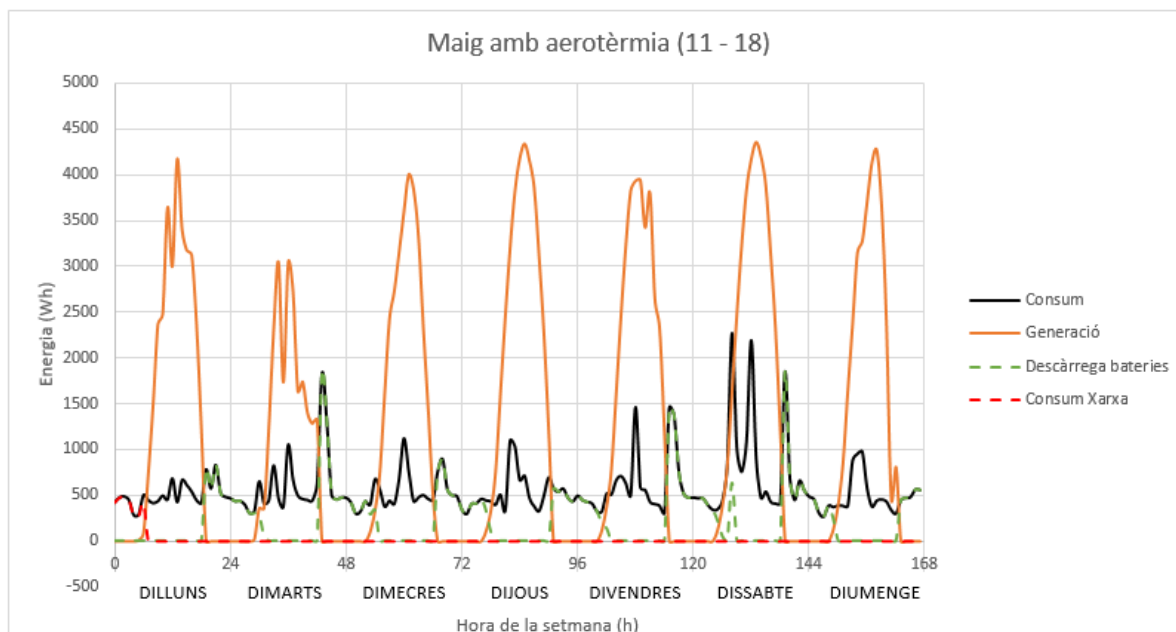
**Figura 4.17.** Flux d'energia durant el mes de febrer del dia 10 al 17 amb la instal·lació solar sense aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)



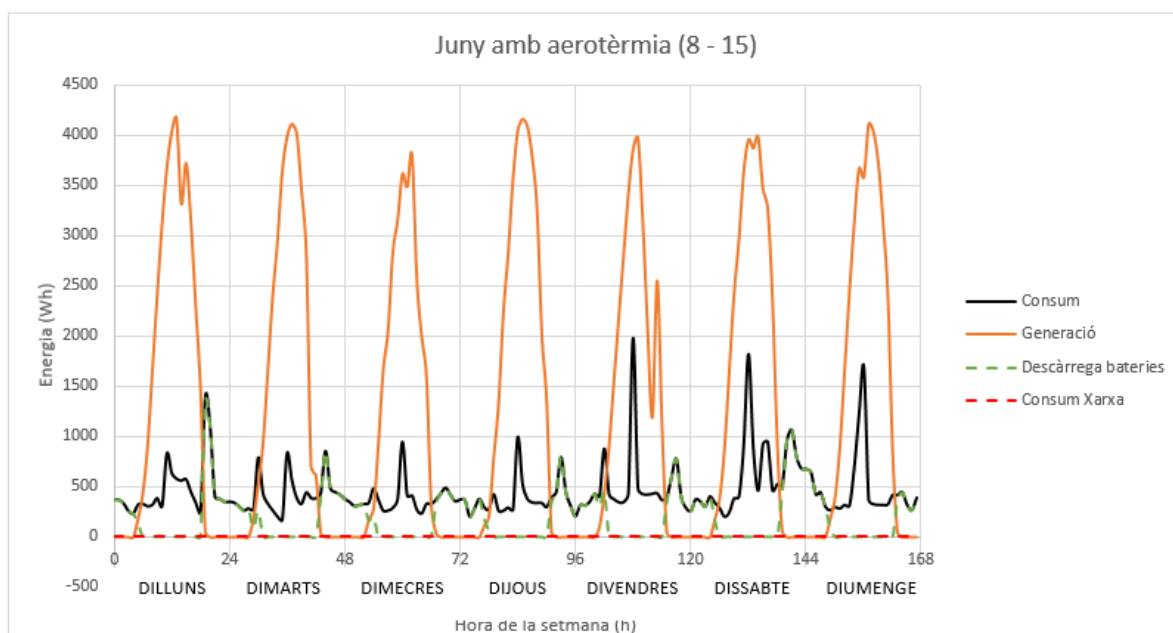
**Figura 4.18.** Flux d'energia durant el mes de març del dia 16 al 23 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)



**Figura 4.19.** Flux d'energia durant el mes d'abril del dia 13 al 20 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)

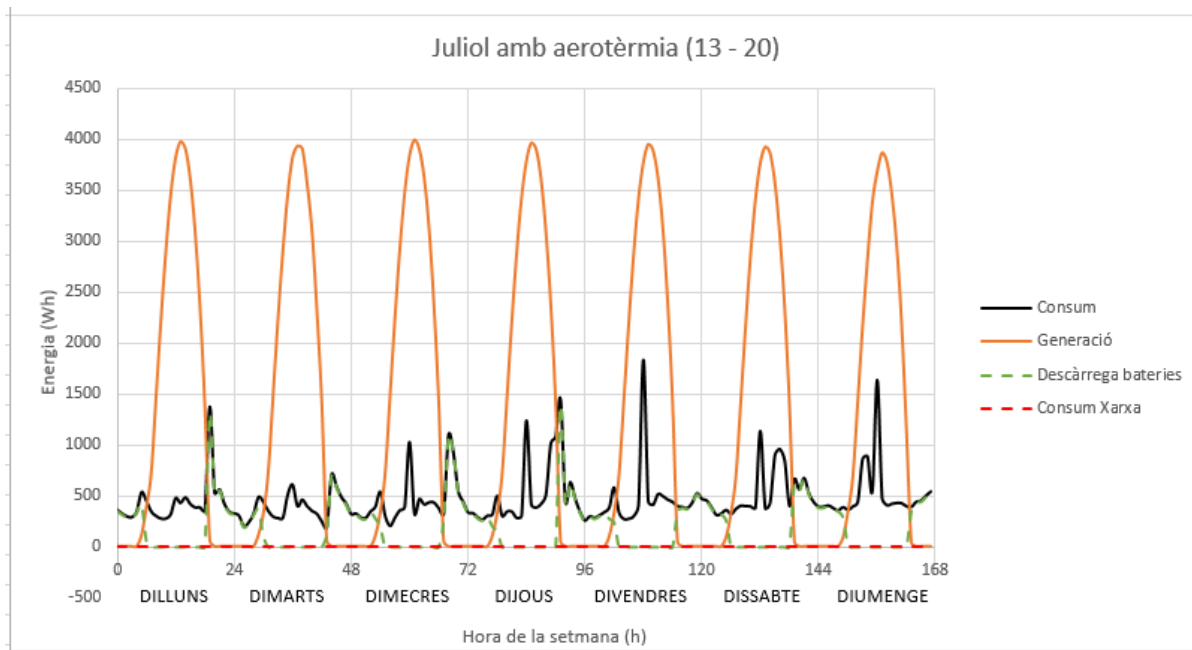


**Figura 4.20.** Flux d'energia durant el mes de maig del dia 11 al 18 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)

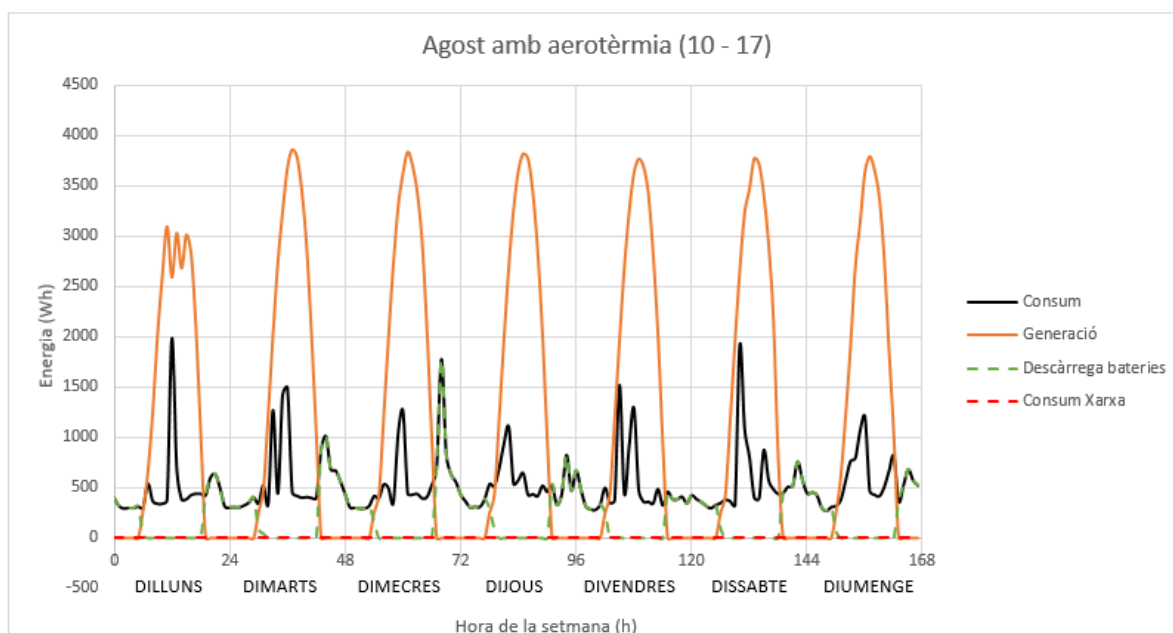


**Figura 4.21.** Flux d'energia durant el mes de juny del dia 8 al 15 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)

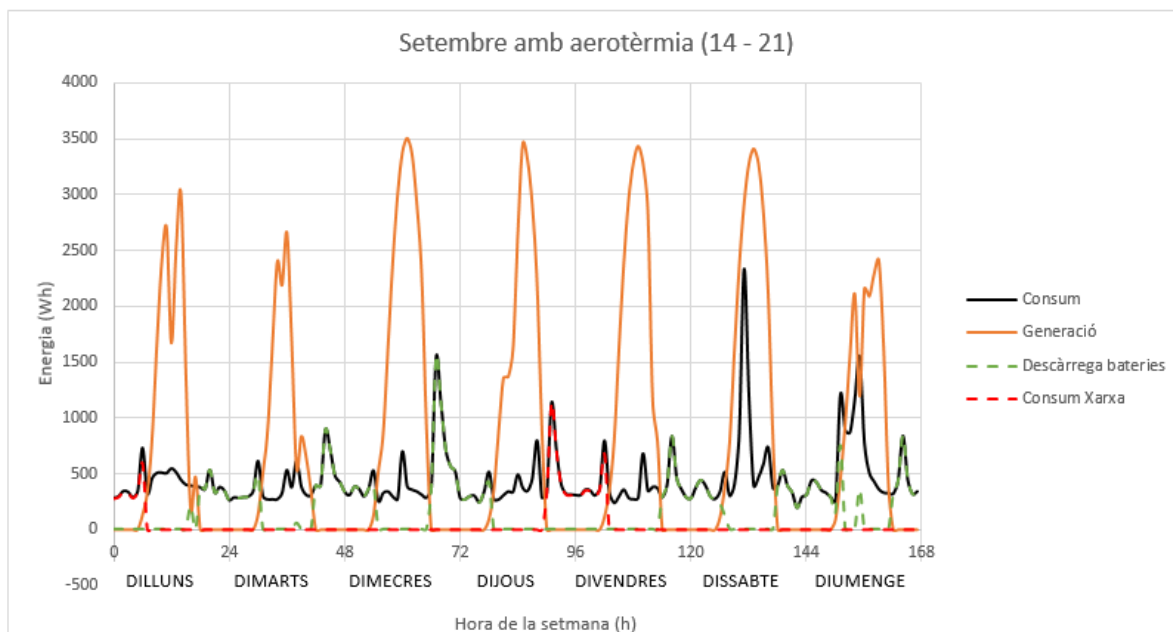




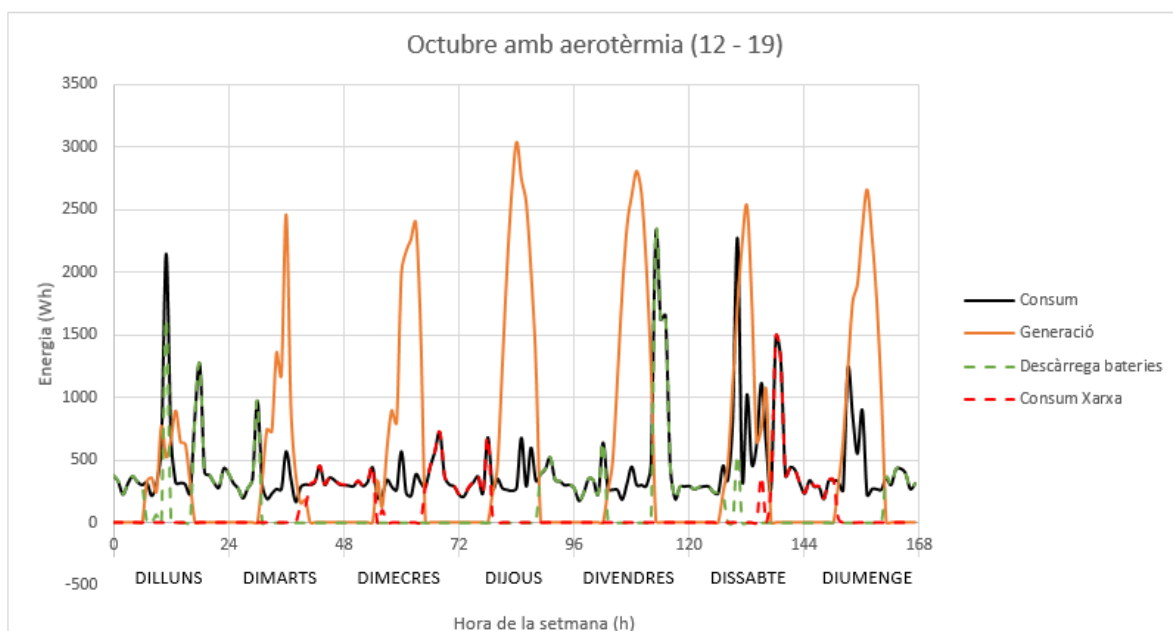
**Figura 4.22.** Flux d'energia durant el mes de juliol del dia 13 al 20 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)



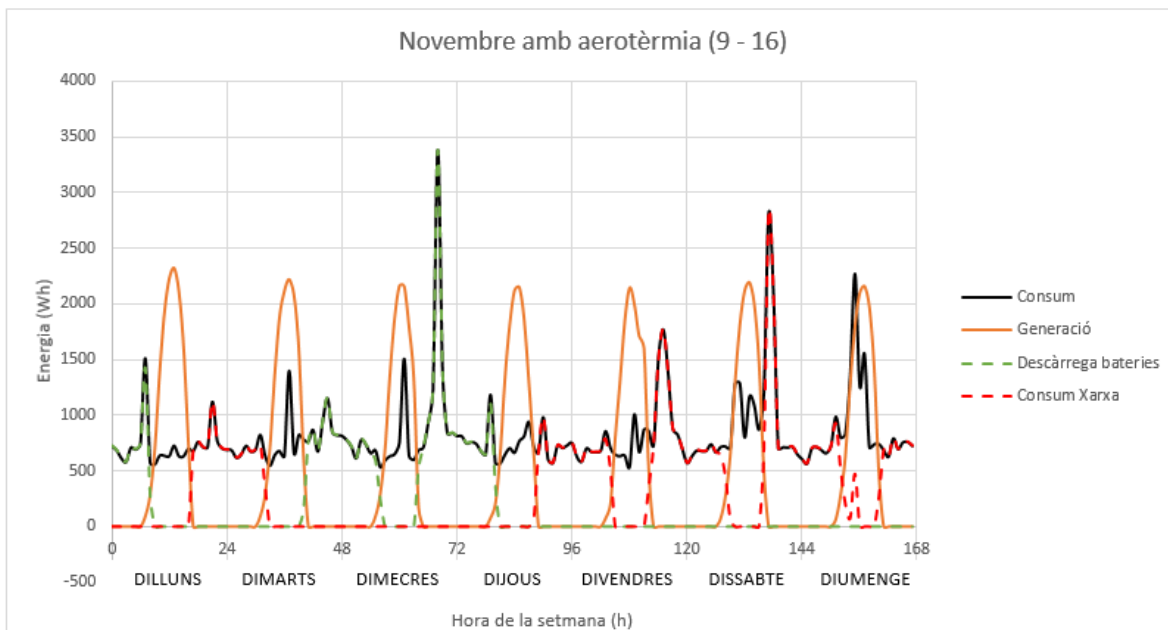
**Figura 4.23.** Flux d'energia durant el mes d'agost del dia 10 al 17 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)



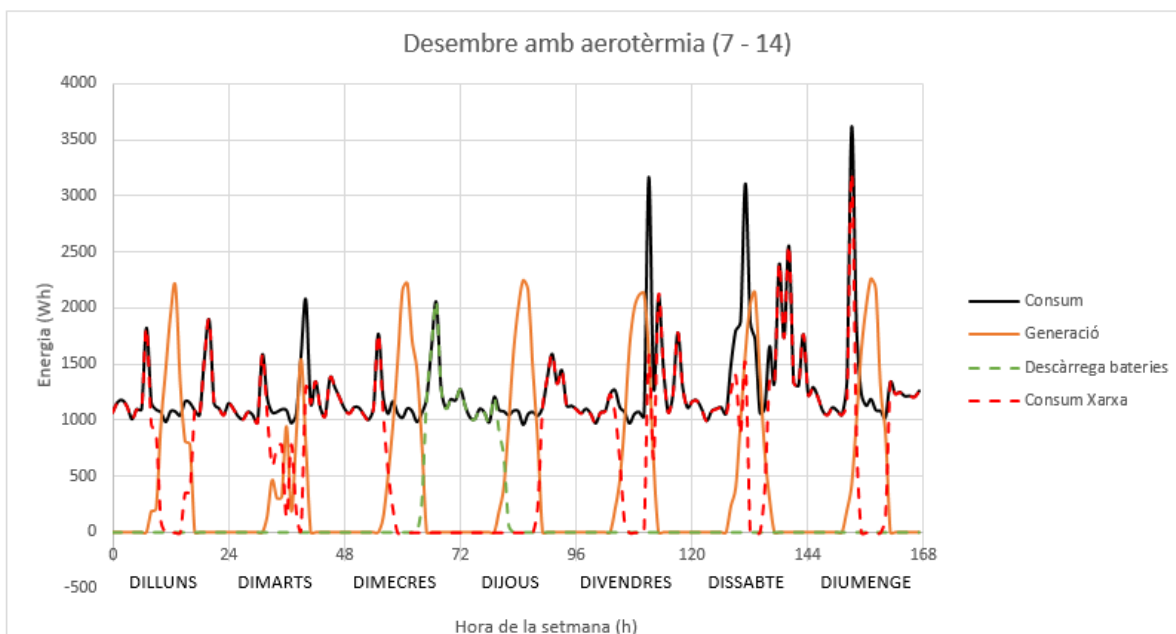
**Figura 4.24.** Flux d'energia durant el mes de setembre del dia 14 al 21 amb la instal·lació solar amb aerotèrnia  
(Font: Font pròpia)



**Figura 4.25.** Flux d'energia durant el mes d'octubre del dia 12 al 19 amb la instal·lació solar amb aerotèrnia  
(Font: Font pròpia)



**Figura 4.26.** Flux d'energia durant el mes de novembre del dia 9 al 16 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)



**Figura 4.27.** Flux d'energia durant el mes de desembre del dia 7 al 14 amb la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)

### 4.3. Estudi energètic per hores d'energia elèctrica

	Hora		Mes												TOTAL
	Inici	Final	Gener	Febrer	Març	Abril	Mai	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Tram 1	0:00:00	8:00:00	77,72	40,88	23,91	15,42	3,63	2,15	0,00	1,10	0,00	15,99	57,61	87,70	326,11
Tram 2.1	8:00:00	10:00:00	0,93	0,27	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,19	1,59	3,76
Tram 3.1	10:00:00	14:00:00	0,90	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,31	7,77	9,56
Tram 2.2	14:00:00	18:00:00	6,36	0,61	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	4,38	9,95	24,92
Tram 3.2	18:00:00	22:00:00	24,49	5,80	1,49	1,87	1,85	0,00	0,00	0,00	0,00	5,92	14,58	40,26	96,26
Tram 2.3	22:00:00	0:00:00	7,19	2,12	1,04	0,66	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	4,59	12,91	30,60
Total de consum			117,59	49,68	26,43	19,12	5,98	2,15	0,00	1,10	0,00	27,31	81,66	160,18	491,21

Figura 4.28. Consum d'energia elèctrica de la xarxa per trams horaris de la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

	Hora		Mes												TOTAL
	Inici	Final	Gener	Febrer	Març	Abril	Mai	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Tram 1	0:00:00	8:00:00	375,79	289,47	159,72	59,87	18,29	0,00	3,40	2,52	13,16	46,87	225,59	394,57	1589,24
Tram 2.1	8:00:00	10:00:00	38,14	19,40	4,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	7,91	27,41	97,34
Tram 3.1	10:00:00	14:00:00	17,94	2,80	0,55	0,11	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,05	31,28	56,80
Tram 2.2	14:00:00	18:00:00	46,62	18,27	2,70	2,37	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	2,01	22,93	57,50	152,49
Tram 3.2	18:00:00	22:00:00	124,58	86,48	37,59	23,01	4,93	0,00	3,63	1,77	2,57	9,07	70,26	114,14	478,03
Tram 2.3	22:00:00	0:00:00	52,59	35,85	15,50	9,47	2,09	0,00	0,97	0,90	0,63	2,80	26,66	50,10	197,57
Total de consum			655,66	452,27	220,43	94,84	25,37	0,00	8,00	5,28	16,35	60,86	357,40	675,00	2571,47

Figura 4.29. Consum d'energia elèctrica de la xarxa per trams horaris de la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)

	Hora		Mes												TOTAL
	Inici	Final	Gener	Febrer	Març	Abril	Mai	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Tram 1	0:00:00	8:00:00	14,89	27,67	45,94	88,91	207,67	196,01	165,85	182,78	97,25	48,74	13,59	3,76	1093,06
Tram 2.1	8:00:00	10:00:00	1,48	1,77	5,85	19,24	34,25	35,86	32,76	17,18	18,97	10,30	3,03	1,83	182,50
Tram 3.1	10:00:00	14:00:00	19,01	22,04	92,88	113,09	195,54	245,83	232,82	176,51	154,85	94,14	26,41	13,48	1386,61
Tram 2.2	14:00:00	18:00:00	47,73	60,35	133,89	157,92	183,78	221,71	237,52	211,13	147,85	92,60	29,51	18,12	1542,12
Tram 3.2	18:00:00	22:00:00	0,00	0,00	0,00	2,04	12,82	15,38	17,86	9,46	0,00	0,00	0,00	0,00	57,56
Tram 2.3	22:00:00	0:00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total de injecció			83,11	111,84	278,56	381,20	634,06	714,80	686,81	597,05	418,91	245,78	72,54	37,19	4261,86

Figura 4.30. Injecció d'energia elèctrica de la xarxa per trams horaris de la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

	Hora		Mes												TOTAL
	Inici	Final	Gener	Febrer	Març	Abril	Mai	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Tram 1	0:00:00	8:00:00	3,49	5,85	4,61	53,27	182,29	173,32	162,79	150,15	95,65	22,14	10,61	2,10	866,28
Tram 2.1	8:00:00	10:00:00	0,00	0,00	6,63	15,28	33,88	49,77	42,37	32,65	27,40	15,47	0,81	0,00	224,27
Tram 3.1	10:00:00	14:00:00	13,47	18,00	34,76	68,20	126,79	193,53	178,19	148,80	133,06	101,33	13,03	8,54	1037,72
Tram 2.2	14:00:00	18:00:00	8,37	13,75	38,53	83,26	150,73	203,78	217,96	185,09	106,51	69,46	6,10	2,99	1086,53
Tram 3.2	18:00:00	22:00:00	0,00	0,00	0,00	0,55	9,74	13,55	15,65	7,54	0,00	0,00	0,00	0,00	47,03
Tram 2.3	22:00:00	0:00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total de injecció			25,33	37,60	84,53	220,56	503,44	633,95	616,97	524,23	362,62	208,40	30,56	13,63	3261,82

Figura 4.31. Injecció d'energia elèctrica de la xarxa per trams horaris de la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)

#### 4.4. Altres consum d'energia elèctrica

	Mes												TOTAL
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Consum d'energia solar fotovoltaica (kWh)	87,04	102,86	145,40	163,79	161,52	139,66	162,21	158,87	116,19	108,00	101,74	106,44	1553,72
Consum d'energia emmagatzemada (kWh)	128,45	149,59	161,13	129,09	104,33	96,55	115,65	124,05	127,91	123,09	109,57	85,69	1455,11

**Figura 4.32.** Consum d'energia elèctrica solar i emmagatzemada de la instal·lació solar sense aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)

	Mes												TOTAL
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Consum d'energia solar fotovoltaica (kWh)	212,93	229,15	274,62	260,45	234,46	179,17	201,99	197,45	149,93	136,84	176,69	189,60	2443,29
Consum d'energia emmagatzemada (kWh)	81,71	80,55	224,16	201,14	160,27	135,03	146,23	159,66	153,65	139,17	56,76	30,72	1569,05

**Figura 4.33.** Consum d'energia elèctrica solar i emmagatzemada de la instal·lació solar amb aerotèrmia  
(Font: Font pròpia)

Sistema sense aerotèrmia													
	Mes												ANUAL
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Cicles mensuals (Aprox)	18	21	22	17	15	16	17	19	18	18	17	13	210
DDD mig	31,50	32,39	32,44	33,62	30,04	27,29	29,80	28,20	32,29	29,21	29,05	30,17	30,10
Sistema amb aerotèrmia													
	Mes												ANUAL
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	
Cicles mensuals (Aprox)	3	5	12	10	10	10	10	11	9	9	3	1	92
DDD mig	44,33	29,83	30,72	31,49	26,00	22,83	23,57	23,03	27,89	27,45	30,80	50,00	27,45

**Figura 4.34.** Cicles i valors de les profunditats de descàrrega mensuals de la instal·lació solar amb els dos tipus d'instal·lació tèrmica (Font: Font pròpia)

## 4.5. Factura anual de la xarxa de distribució

Consum energètic sense instal·lació solar fotovoltaica		
Nom	Valor	Unitat
Potència contractada	4,4	kW
Energia consumida	3500	kWh
Consum Tram 1	1805	kWh
Consum Tram 2	682	kWh
Consum Tram 3	1012	kWh
Import per potència contractada	0,5954347	€/dia
Import per consum Tram 1	0,012548	€/kWh
Import per consum Tram 2	0,049602	€/kWh
Import per consum Tram 3	0,143398	€/kWh
Lloger d'equips	9,71	€/any
Impost de l'electricitat	5,112696	%
IVA	21	%
Import serveis assistència (IVA inclòs)	5,13	€/mes
TOTAL ANUAL		
Nom	Valor	Unitat
Import potència contractada	217,93	€
Import energètic	201,66	€
Import per impost de l'electricitat	21,45	€
Subtotal	441,05	€
IVA	92,62	€
<b>Import total</b>	<b>595,22</b>	<b>€</b>

Figura 4.35. Factura de la llum anual de la situació actual (Font: Font pròpia)

Consum energètic amb instal·lació solar fotovoltaica sense aerotèrmia		
Nom	Valor	Unitat
Potència contractada	3,45	kW
Energia consumida	491	kWh
Consum Tram 1	326	kWh
Consum Tram 2	59	kWh
Consum Tram 3	106	kWh
Import per potència contractada	0,5954347	€/dia
Import per consum Tram 1	0,012548	€/kWh
Import per consum Tram 2	0,049602	€/kWh
Import per consum Tram 3	0,143398	€/kWh
Energia injectada	4262	kWh
Import per injecció	0,055	€/kWh
Lloger d'equips	9,71	€/any
Impost de l'electricitat	5,112696	%
IVA	21	%
Import serveis assistència (IVA inclòs)	5,13	€/mes
TOTAL ANUAL		
Nom	Valor	Unitat
Import potència contractada	170,88	€
Import energètic	-212,20	€
Import per impost de l'electricitat	-2,11	€
Subtotal	-43,43	€
IVA	-9,12	€
<b>Import total</b>	<b>9,01</b>	<b>€</b>

Figura 4.36. Factura de la llum anual de la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Consum energètic amb instal·lació solar fotovoltaica i aerotèrmia		
Nom	Valor	Unitat
Potència contractada	4,4	kW
Energia consumida	2571	kWh
Consum Tram 1	1589	kWh
Consum Tram 2	447	kWh
Consum Tram 3	534,83	kWh
Import per potència contractada	0,5954347	€/dia
Import per consum Tram 1	0,012548	€/kWh
Import per consum Tram 2	0,049602	€/kWh
Import per consum Tram 3	0,143398	€/kWh
Energia injectada	3262	kWh
Import per injecció	0,055	€/kWh
Lloger d'equips	9,71	€/any
Impost de l'electricitat	5,112696	%
IVA	21	%
Import serveis assistència (IVA inclòs)	5,13	€/mes
<b>TOTAL ANUAL</b>		
Nom	Valor	Unitat
Import potència contractada	217,93	€
Import energètic	-60,57	€
Import per impost de l'electricitat	8,05	€
Subtotal	165,40	€
IVA	34,73	€
<b>Import total</b>	<b>261,70</b>	<b>€</b>

Figura 4.37. Factura de la llum anual de la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)

## 4.6. Pressupost de la instal·lació

### 4.6.1. Sense aerotèrmia

Bloc 1: Instal·lació Solar Fotovoltaica			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Panell solar ESPMC 280W	95,35	20	1907,00
Estructura Coberta Teules 1 Panell Solar amb varilla	67,11	20	1342,20
Ondulador InfiniSolar Plus 5kW	2014,65	1	2014,65
Bateria Estacionaria BAE Solar GEL 6 PVV 420 2V 472Ah en C100	212,05	24	5089,20
Portafusibles MAXGE 10x38 690V DC	3,15	2	6,30
Fusible MAXGE gM 10x38mm Max 1000V DC (10A)	3,95	10	39,50
Base portafusibles cilíndrics seccionable 22x58 100A BSC	7,56	1	7,56
Fusible cilíndric ceràmic 22x58mm 100A sense indicador Mersen	1,45	5	7,25
Interruptor Automàtic Magnetotèrmic 2P iC60N 6KA Schneider Electric de 10A	13,90	2	27,80
Interruptor Automàtic Magnetotèrmic 2P iC60N 6KA Schneider Electric de 25A	20,45	2	40,90
Interruptor Automàtic Magnetotèrmic 2P C120H 6kA Schneider Electric de 100A	180,78	1	180,78
Protecció sobretensions transitòries MAXGE 2P - classe II - 30 kA - 15 kA - 1,5 V	44,95	2	89,90
Interruptor diferencia 2P 30mA 40A Schneider Electric	39,93	2	79,86
Interruptor Automàtic de Control de Potència C60N 2P 25A Schneider Electric	18,61	1	18,61
Cofret KAEDRA 2 Files, 36 Mòduls	73,16	2	146,32
Cable Manguera flexible RZ1-K 1kV 3x10 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	4,94	100	494,00
Cable Manguera flexible RZ1-K 1kV 3x16 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	7,60	30	228,00
Cable flexible RZ1-K 1kV 1x50 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	7,56	25	189,00
Connectors MC4 Panell solar	5,93	2	11,86
Connector PV de diodo 10A	1,85	25	46,25
Canaleta per a cables 2m x 30mm x 15 mm (Longitud x Amplada x Altura)	4,95	55	272,25
<b>SUMA PARCIAL INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA</b>			<b>12239,19</b>

Figura 4.38. Bloc de la instal·lació solar sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Bloc 2: Sistema de Gestió d'Energia			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Controlador M221 c/ Ethernet 40 ES de tipo relé	330,44	1	330,44
Contactador modular GC - 16A AC1 2P 220/240VCA	61,54	6	369,24
Contactador modular GC - 25A AC1 3P 220/240VCA	78,87	1	78,87
Contactador modular GC - 100A AC1 2P 220/240VCA	378,78	1	378,78
Interrupctor Simple Pulsador con Marco PC Modern	1,65	6	9,90
Placa Modbus per a mesurar l'energia	66,70	1	66,70
SNMP Web card	104,25	1	104,25
Monitor d'energia Engage Efergy	98,99	1	98,99
Cable Manguera flexible RZ1-K 1kV 2x6 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	2,47	50	123,50
<b>SUMA PARCIAL MICROXARXA</b>			<b>1560,67</b>

**Figura 4.39.** Bloc del sistema de gestió d'energia sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Només canvi de caldera de condensació			
Bloc 3: Instal·lació tèrmica			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Caldera de condensació de Gasoil Lasian Climadens 40 C Lasian	2201,92	1	2201,92
<b>SUMA PARCIAL INSTAL·LACIÓ TÈRMICA</b>			<b>2201,92</b>
Canvi de caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura			
Bloc 3: Instal·lació tèrmica			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Caldera de condensació de Gasoil Lasian Climadens 40 C Lasian	2201,92	1	2201,92
Radiador Aluminió FERROLI XIAN 450 N 12 elementos	101,29	10	1012,90
<b>SUMA PARCIAL INSTAL·LACIÓ TÈRMICA</b>			<b>3214,82</b>

**Figura 4.40.** Bloc de la instal·lació tèrmica amb caldera de condensació sense radiadors de baixa temperatura (dalt) i amb radiadors de baixa temperatura (baix) sense aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Bloc 3: Ma d'obra			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Director de projecte	40,00	24	960,00
Enginyer	25,00	56	1400,00
Programador	20,00	24	480,00
Delineant	18,00	16	288,00
Electricista	14,00	32	448,00
Instal·lador solar	14,00	48	672,00
Administratiu	12,00	24	288,00
<b>SUMA PARCIAL MA D'OBRA</b>			<b>4536,00</b>

**Figura 4.41.** Bloc de la mà d'obra per a la instal·lació solar sense aerotèrmia ni canvi d'instal·lació tèrmica (Font: Font pròpia)



Bloc 4: Ma d'obra			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Director de projecte	40,00	26	1040,00
Enginyer	25,00	60	1500,00
Programador	20,00	20	400,00
Delineant	18,00	20	360,00
Fontaner	14,00	8	112,00
Electricista	14,00	32	448,00
Instal·lador solar	14,00	48	672,00
Administratiu	12,00	28	336,00
<b>SUMA PARCIAL MA D'OBRA</b>			<b>4868,00</b>

**Figura 4.42.** Bloc de la mà d'obra per a la instal·lació solar sense aerotèrmia i canvi a caldera de condensació (Font: Font pròpia)

Bloc 4: Ma d'obra			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Director de projecte	40,00	26	1040,00
Enginyer	25,00	60	1500,00
Programador	20,00	20	400,00
Delineant	18,00	20	360,00
Fontaner	14,00	16	224,00
Electricista	14,00	32	448,00
Instal·lador solar	14,00	48	672,00
Administratiu	12,00	28	336,00
<b>SUMA PARCIAL MA D'OBRA</b>			<b>4980,00</b>

**Figura 4.43.** Bloc de la mà d'obra per a la instal·lació solar sense aerotèrmia i canvi a caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura (Font: Font pròpia)

Pressupost canvi a caldera de condensació			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Bloc 1: Instal·lació tèrmica	2201,92	1	2201,92
Bloc 2: Ma d'obra	332,00	1	332
SUMA PARCIAL			2533,92
Nom	Percentatge	Import (€)	
Seguretat i salut	2%	50,68	
Despeses generals	13%	329,41	
Benefici industrial	6%	152,04	
<b>TOTAL SENSE IVA</b>			<b>3066,04</b>
IVA	21%	643,87	
Permis d'obres	2%	61,32	
<b>TOTAL</b>			<b>3771,23</b>

**Figura 4.44.** Costos totals per al canvi de la caldera de condensació (Font: Font pròpia)

Pressupost canvi a caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Bloc 1: Instal·lació tèrmica	3214,82	1	3214,82
Bloc 2: Ma d'obra	444,00	1	444
SUMA PARCIAL			3658,82
Nom	Percentatge	Import (€)	
Seguretat i salut	2%	73,18	
Despeses generals	13%	475,65	
Benefici industrial	6%	219,53	
TOTAL SENSE IVA			4427,17
IVA	21%	929,71	
Permís d'obres	2%	88,54	
TOTAL			5445,42

**Figura 4.45.** Costos totals per al canvi de la caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura (Font: Font pròpia)

Pressupost Instal·lació Solar Fotovoltaica			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Bloc 1: Instal·lació Solar Fotovoltaica	12239,19	1	12239,19
Bloc 2: Sistema de Gestió d'Energia	1560,67	1	1560,67
Bloc 3: Ma d'obra	4536,00	1	4536
SUMA PARCIAL			18335,86
Nom	Percentatge	Import (€)	
Seguretat i salut	2%	366,72	
Despeses generals	13%	2383,66	
Benefici industrial	6%	1100,15	
TOTAL SENSE IVA			22186,39
IVA	21%	4659,14	
Permís d'obres	2%	443,73	
TOTAL			27289,26

**Figura 4.46.** Costos totals per a la instal·lació solar fotovoltaica (Font: Font pròpia)

Pressupost Instal·lació Solar Fotovoltaica i canvi a caldera de condensació			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Bloc 1: Instal·lació Solar Fotovoltaica	12239,19	1	12239,19
Bloc 2: Sistema de Gestió d'Energia	1560,67	1	1560,67
Bloc 3: Instal·lació tèrmica	2201,92	1	2201,92
Bloc 4: Ma d'obra	4868,00	1	4868
SUMA PARCIAL			20869,78
Nom	Percentatge	Import (€)	
Seguretat i salut	2%	417,40	
Despeses generals	13%	2713,07	
Benefici industrial	6%	1252,19	
TOTAL SENSE IVA			25252,43
IVA	21%	5303,01	
Permís d'obres	2%	505,05	
TOTAL			31060,49

Figura 4.47. Costos totals per a la instal·lació solar fotovoltaica i canvi a caldera de condensació (Font: Font pròpia)

Pressupost Instal·lació Solar Fotovoltaica i canvi a caldera de condensació i radiadors			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Bloc 1: Instal·lació Solar Fotovoltaica	12239,19	1	12239,19
Bloc 2: Sistema de Gestió d'Energia	1560,67	1	1560,67
Bloc 3: Instal·lació tèrmica	3214,82	1	3214,82
Bloc 4: Ma d'obra	4980,00	1	4980
SUMA PARCIAL			21994,68
Nom	Percentatge	Import (€)	
Seguretat i salut	2%	439,89	
Despeses generals	13%	2859,31	
Benefici industrial	6%	1319,68	
TOTAL SENSE IVA			26613,56
IVA	21%	5588,85	
Permís d'obres	2%	532,27	
TOTAL			32734,68

Figura 4.48. Costos totals per a la instal·lació solar fotovoltaica i canvi a caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura (Font: Font pròpia)

#### 4.6.2. Amb aerotèrmia

Bloc 1: Instal·lació Solar Fotovoltaica			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Panell solar ESPMC 280W	95,35	20	1907,00
Estructura Coberta Teules 1 Panell Solar amb varilla	67,11	20	1342,20
Ondulador InfiniSolar Plus 5kW	2014,65	1	2014,65
Bateria Estacionaria BAE Solar GEL 8 PVV 1200 2V 1280Ah en C100	465,76	24	11178,24
Portafusibles MAXGE 10x38 690V DC	3,15	2	6,30
Fusible MAXGE gM 10x38mm Max 1000V DC (10A)	3,95	10	39,50
Base portafusibles cilíndrics seccionable 22x58 100A BSC	7,56	1	7,56
Fusible cilíndric ceràmic 22x58mm 100A sense indicador Mersen	1,45	5	7,25
Interruptor Automàtic Magnetotèrmic 2P iC60N 6KA Schneider Electric de 10A	13,90	2	27,80
Interruptor Automàtic Magnetotèrmic 2P iC60N 6KA Schneider Electric de 25A	20,45	2	40,90
Interruptor Automàtic Magnetotèrmic 2P C120H 6KA Schneider Electric de 100A	180,78	1	180,78
Protecció sobretensions transitòries MAXGE 2P - classe II - 30 kA - 15 kA - 1,5 V	44,95	2	89,90
Interruptor diferencia 2P 30mA 40A Schneider Electric	39,93	2	79,86
Interruptor Automàtic de Control de Potència C60N 2P 25A Schneider Electric	18,61	1	18,61
Cofret KAEDRA 2 Files, 36 Mòduls	73,16	2	146,32
Cable Manguera flexible RZ1-K 1kV 3x10 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	4,94	100	494,00
Cable Manguera flexible RZ1-K 1kV 3x16 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	7,60	30	228,00
Cable flexible RZ1-K 1kV 1x50 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	7,56	25	189,00
Connectors MC4 Panell solar	5,93	2	11,86
Connector PV de diodo 10A	1,85	25	46,25
Canaleta per a cables 2m x 30mm x 15 mm (Longitud x Amplada x Altura)	4,95	55	272,25
SUMA PARCIAL INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA			18328,23

Figura 4.49. Bloc de la instal·lació solar amb instal·lació solar i aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Bloc 2: Sistema de Gestió d'Energia			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Controlador M221 c/ Ethernet 40 ES de tipo relé	330,44	1	330,44
Contactador modular GC - 16A AC1 2P 220/240VCA	61,54	6	369,24
Contactador modular GC - 25A AC1 3P 220/240VCA	78,87	1	78,87
Contactador modular GC - 100A AC1 2P 220/240VCA	378,78	1	378,78
Interruptor Simple Pulsador con Marco PC Modern	1,65	6	9,90
Placa Modbus per a mesurar l'energia	66,70	1	66,70
SNMP Web card	104,25	1	104,25
Monitor d'energia Engage Efergy	98,99	1	98,99
Cable Manguera flexible RZ1-K 1kV 2x6 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	2,47	50	123,50
SUMA PARCIAL MICROXARXA			1560,67

Figura 4.50. Bloc del sistema de gestió d'energia amb instal·lació solar i aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Bloc 3: Instal·lació tèrmica			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Bomba de calor Mitsubishi Ecodan Hidrobox Duo (Gen-D) PUHZ-SW75VAA + ERST20D-VM2D	4940,00	1	4940,00
Radiador Aluminió FERROLI XIAN 450 N 12 elementos	101,29	10	1012,90
Interruptor diferencia 2P 30mA 40A Schneider Electric	39,93	2	79,86
Interruptor Automàtic Magnetotèrmic 2P iC60N 6KA Schneider Electric de 16A	14,40	1	14,40
Interruptor Automàtic Magnetotèrmic 2P iC60N 6KA Schneider Electric de 25A	20,45	1	20,45
Cable Manguera flexible RZ1-K 1kV 2x6 mm2 EXZHELLENT GENERAL CABLE	2,47	50	123,50
SUMA PARCIAL INSTAL·LACIÓ TÈRMICA			6191,11

Figura 4.51. Bloc de la instal·lació tèrmica amb instal·lació solar i aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Bloc 4: Ma d'obra			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Director de projecte	40,00	32	1280,00
Enginyer	25,00	64	1600,00
Programador	20,00	32	640,00
Delineant	18,00	24	432,00
Fontaner	14,00	8	112,00
Electricista	14,00	40	560,00
Instal·lador solar	14,00	48	672,00
Administratiu	12,00	28	336,00
<b>SUMA PARCIAL MA D'OBRA</b>			<b>5632,00</b>

Figura 4.52. Bloc de la mà d'obra amb instal·lació solar i aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Pressupost canvi a aerotèrmia i radiadors de baixa temperatura			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Bloc 1: Instal·lació tèrmica	6191,11	1	6191,11
Bloc 2: Ma d'obra	1096,00	1	1096
SUMA PARCIAL			7287,11
Nom	Percentatge	Import (€)	
Seguretat i salut	2%	145,74	
Despeses generals	13%	947,32	
Benefici industrial	6%	437,23	
<b>TOTAL SENSE IVA</b>			<b>8817,40</b>
IVA	21%	1851,65	
Permís d'obres	2%	176,35	
<b>TOTAL</b>			<b>10845,41</b>

Figura 4.53. Costos totals per al canvi a aerotèrmia (Font: Font pròpia)

Pressupost Instal·lació Solar Fotovoltaica i canvi a aerotèrmia			
Nom	Preu unitari (€/unitat)	Quantitat (unitat)	Import (€)
Bloc 1: Instal·lació Solar Fotovoltaica	18328,23	1	18328,23
Bloc 2: Sistema de Gestió d'Energia	1560,67	1	1560,67
Bloc 3: Instal·lació tèrmica	6191,11	1	6191,11
Bloc 4: Ma d'obra	5632,00	1	5632
SUMA PARCIAL			31712,01
Nom	Percentatge	Import (€)	
Seguretat i salut	2%	634,24	
Despeses generals	13%	4122,56	
Benefici industrial	6%	1902,72	
<b>TOTAL SENSE IVA</b>			<b>38371,53</b>
IVA	21%	8058,02	
Permís d'obres	2%	767,43	
<b>TOTAL</b>			<b>47196,98</b>

Figura 4.54. Costos totals per a la instal·lació solar amb aerotèrmia (Font: Font pròpia)

## 4.7. Rendibilitat de la instal·lació

	Any												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversió (€)	27289,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos manteniment (€)	136,4	137,8	139,2	140,6	142,0	143,4	144,8	146,3	147,8	149,2	150,7	152,2	153,8
Estalvi (€)	586,2	603,7	621,8	640,3	659,5	679,2	699,5	720,4	741,9	764,0	786,9	810,4	834,6
Estalvi anual Net (€)	-26839,5	465,9	482,6	499,8	517,5	535,8	554,6	574,1	594,1	614,8	636,1	658,1	680,8
Cost acumulat (€)	-26839,5	-26373,6	-25891,0	-25391,2	-24873,7	-24338,0	-23783,3	-23209,3	-22615,2	-22000,3	-21364,2	-20706,1	-20025,3
	Any												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversió (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos manteniment (€)	155,3	156,8	158,4	160,0	161,6	163,2	164,8	166,5	168,2	169,8	171,5	173,3	175,0
Estalvi (€)	859,5	885,1	911,6	938,8	966,8	995,7	1025,4	1056,1	1087,6	1120,1	1153,5	1187,9	1223,4
Estalvi anual Net (€)	704,2	728,3	753,2	778,8	805,2	832,5	860,6	889,6	919,4	950,2	982,0	1014,7	1048,4
Cost acumulat (€)	-19321,1	-18592,8	-17839,6	-17060,8	-16255,6	-15423,1	-14562,5	-13672,9	-12753,5	-11803,3	-10821,3	-9806,6	-8758,2

Figura 4.55. Valor acumulat només de la inversió de la instal·lació solar (Font: Font pròpia)

VAN	-16.287 €	
TIR	-3%	
PRI	33,35	anys
	4,2	mesos

Figura 4.56. Càlcul del VAN, TIR i PRI només de la inversió de la instal·lació solar (Font: Font pròpia)

	Any												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversió (€)	31060,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos manteniment (€)	155,3	156,9	158,4	160,0	161,6	163,2	164,9	166,5	168,2	169,9	171,6	173,3	175,0
Estalvi (€)	1347,1	1402,6	1460,6	1521,1	1584,3	1650,2	1719,1	1790,9	1866,0	1944,4	2026,2	2111,7	2200,9
Estalvi anual Net (€)	-29868,7	1245,8	1302,2	1361,1	1422,7	1487,0	1554,2	1624,4	1697,8	1774,5	1854,6	1938,4	2025,9
Cost acumulat (€)	-29868,7	-28623,0	-27320,8	-25959,7	-24537,0	-23050,0	-21495,8	-19871,3	-18173,5	-16399,0	-14544,4	-12606,0	-10580,1
	Any												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversió (€)	0	0	3771,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos manteniment (€)	176,7	178,5	180,3	182,1	183,9	185,8	187,6	189,5	191,4	193,3	195,2	197,2	199,2
Estalvi (€)	2294,2	2391,6	2493,3	2599,6	2710,7	2826,8	2948,1	3074,8	3207,3	3345,7	3490,4	3641,7	3799,9
Estalvi anual Net (€)	2117,4	2213,1	-1458,2	2417,5	2526,8	2641,0	2760,4	2885,3	3015,9	3152,4	3295,2	3444,5	3600,7
Cost acumulat (€)	-8462,6	-6249,6	-7707,8	-5290,3	-2763,5	-122,5	2638,0	5523,3	8539,2	11691,6	14986,8	18431,3	22032,0

Figura 4.57. Valor acumulat de la inversió de la instal·lació solar i només canvi de caldera de condensació (Font: Font pròpia)

VAN	-147 €	
TIR	4,0%	
PRI	18,04	anys
	0,5	mesos

Figura 4.58. Càlcul del VAN, TIR i PRI de la inversió de la instal·lació solar i només canvi de caldera de condensació (Font: Font pròpia)

	Any												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversió (€)	32734,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos manteniment (€)	163,7	156,9	158,4	160,0	161,6	163,2	164,9	166,5	168,2	169,9	171,6	173,3	175,0
Estalvi (€)	1537,3	1602,3	1670,3	1741,3	1815,5	1893,0	1974,0	2058,6	2147,0	2239,4	2336,0	2437,0	2542,5
Estalvi anual Net (€)	-31361,1	1445,5	1511,9	1581,3	1653,9	1729,8	1809,1	1892,1	1978,8	2069,6	2164,5	2263,7	2367,5
Cost acumulat (€)	-31361,1	-29915,6	-28403,7	-26822,4	-25168,5	-23438,8	-21629,6	-19737,5	-17758,7	-15689,1	-13524,6	-11260,9	-8893,4
	Any												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversió (€)	0	0	3771,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos manteniment (€)	176,7	178,5	180,3	182,1	183,9	185,8	187,6	189,5	191,4	193,3	195,2	197,2	199,2
Estalvi (€)	2652,8	2768,2	2888,8	3014,8	3146,7	3284,5	3428,7	3579,5	3737,2	3902,1	4074,7	4255,2	4444,0
Estalvi anual Net (€)	2476,1	2589,7	-1062,8	2832,7	2962,8	3098,8	3241,1	3390,0	3545,8	3708,8	3879,4	4058,0	4244,8
Cost acumulat (€)	-6417,3	-3827,6	-4890,4	-2057,7	905,1	4003,8	7244,9	10634,9	14180,7	17889,6	21769,0	25827,0	30071,8

Figura 4.59. Valor acumulat de la inversió de la instal·lació solar i canvi de caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura (Font: Font pròpia)

VAN	3.758 €	
TIR	4,9%	
PRI	16,73	anys
	8,7	mesos

Figura 4.60. Càlcul del VAN, TIR i PRI de la instal·lació solar i canvi de caldera de condensació i radiadors de baixa temperatura (Font: Font pròpia)

	Any												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversió (€)	47197,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos manteniment (€)	236,0	238,3	240,7	243,1	245,6	248,0	250,5	253,0	255,5	258,1	260,7	263,3	265,9
Estalvi (€)	2235,6	2338,7	2446,6	2559,7	2678,2	2802,3	2932,4	3068,8	3211,6	3361,4	3518,3	3682,8	3855,2
Estalvi anual Net (€)	-45197,3	2100,3	2205,9	2316,5	2432,6	2554,3	2681,9	2815,7	2956,1	3103,3	3257,6	3419,5	3589,2
Cost acumulat (€)	-45197,3	-43097,0	-40891,1	-38574,6	-36142,0	-33587,7	-30905,8	-28090,0	-25134,0	-22030,7	-18773,1	-15353,6	-11764,3
	Any												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversió (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos manteniment (€)	268,6	271,3	274,0	276,7	279,5	282,3	285,1	287,9	290,8	293,7	296,7	299,6	302,6
Estalvi (€)	4035,9	4225,3	4423,8	4632,0	4850,2	5078,9	5318,7	5570,2	5833,8	6110,2	6400,0	6704,0	7022,6
Estalvi anual Net (€)	3767,3	3954,0	4149,8	4355,2	4570,7	4796,6	5033,6	5282,2	5543,0	5816,5	6103,4	6404,3	6720,0
Cost acumulat (€)	-7997,1	-4043,1	106,8	4462,0	9032,7	13829,3	18863,0	24145,2	29688,2	35504,7	41608,0	48012,3	54732,4

Figura 4.61. Valor acumulat de la inversió de la instal·lació solar i canvi a aerotèrmia (Font: Font pròpia)

VAN	11.435 €	
TIR	6%	
PRI	14,97	anys
	11,7	mesos

Figura 4.62. Càlcul del VAN, TIR i PRI de la inversió de la instal·lació solar i canvi a aerotèrmia (Font: Font pròpia)

## 4.8. Fitxes tècniques



### Sistemas split de 4 a 8 kW

Combinaciones con Hydrobox Duo (Gen-D)



#### Kits Recomendados

NOMBRE KIT		ATW-P4M-T20D	ATW-P6M-T20D	ATW-P8M-T20D
Unidad exterior	Modelo	SUZ-SWM40VA	SUZ-SWM60VA	SUZ-SWM80VA
	<b>PVR</b>	<b>€ 1.773 €</b>	<b>€ 1.990 €</b>	<b>€ 2.533 €</b>
Unidad Interior	Modelo	ERST20D-VM2D	ERST20D-VM2D	ERST20D-VM2D
	<b>PVR</b>	<b>€ 4.223 €</b>	<b>€ 4.223 €</b>	<b>€ 4.223 €</b>
Interfaz Wifi	Modelo	MAC-567IF-E	MAC-567IF-E	MAC-567IF-E
	<b>PVR</b>	<b>€ 99 €</b>	<b>€ 99 €</b>	<b>€ 99 €</b>
<b>PVR Kit</b>		<b>€ 6.095 €</b>	<b>€ 6.312 €</b>	<b>€ 6.855 €</b>

4,00 kW  
5,60 kW



6,00 kW  
6,00 kW



7,50 kW  
6,30 kW



#### Unidades exteriores

MODELO		SUZ-SWM40VA	SUZ-SWM60VA	SUZ-SWM80VA
Dimensiones	Al. x An. X Fo.	mm 880 x 840 x 330	880 x 840 x 330	880 x 840 x 330
	Peso neto	kg 54	54	54
Tuberías frigoríficas	Ø Líquido / Gas	mm 6,35 (¼") / 12,7 (½")	6,35 (¼") / 12,7 (½")	6,35 (¼") / 12,7 (½")
	L. máx. / Altura máx.	m 30 / 30	30 / 30	30 / 30
Nivel sonoro	SPL (Calor/Frío)	dB 44 / 49	45 / 49	46 / 49
	PWL (Calor)	dB 58	60	62
Gas refrigerante R32 (GWP 675)	Precarga (kg / m / t CO2 Eq.)	1,2 / 10 / 0,81	1,2 / 10 / 0,81	1,2 / 10 / 0,81
	Carga máx (kg / m / t CO2 Eq.)	1,6 / 30 / 1,08	1,6 / 30 / 1,08	1,6 / 30 / 1,08
Rango de funcionamiento	Calor	°C -20 — +24	-20 — +24	-20 — +24
	ACS	°C -20 — +35	-20 — +35	-20 — +35
	Frío	°C +10 — +46	+10 — +46	+10 — +46
Salida de agua	máx calor / mín frío	°C +60 / +5	+60 / +5	+60 / +5
	<b>PVR</b>	<b>€ 1.773 €</b>	<b>€ 1.990 €</b>	<b>€ 2.533 €</b>

No compatibles con unidades interiores generación "C".

170L



200L



300L



#### Unidades interiores

MODELO		ERST17D-VM2D	ERST20D-VM2D	ERST30D-VM2ED
Dimensiones	Al. x An. X Fo.	mm 1400 x 595 x 680	1600 x 595 x 680	2050 x 595 x 680
	Peso vacío/lleño	kg 93 / 269	104 / 310	114 / 421
Nivel sonoro (PWL)		dB(A) 41	41	41
Vaso expansión	Vol. / Presión carga	12L / 0,1MPa	12L / 0,1MPa	--
Conexión tubería de agua	Circuito primario	mm Ø28 mm	Ø28 mm	Ø28 mm
	Circuito ACS	mm Ø22 mm	Ø22 mm	Ø22 mm
Tuberías refrig.	Ø Líquido / Gas	mm 6,35 (¼") / 12,7 (½")	6,35 (¼") / 12,7 (½")	6,35 (¼") / 12,7 (½")
Bomba	Modelo	Grundfos UPM3K 15-75 130	Grundfos UPM3K 15-75 130	Grundfos UPM3K 15-75 130
Resist. apoyo	Fase / Potencia / Corriente (PIA)	1~ / 2kW / 9A (PIA: 16A)	1~ / 2kW / 9A (PIA: 16A)	1~ / 2kW / 9A (PIA: 16A)
Tanque ACS	Volumen	L 170	200	300
	Material	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable
<b>PVR</b>		<b>€ 4.139 €</b>	<b>€ 4.223 €</b>	<b>€ 4.434 €</b>

Modelos de 170L y 300L: Consultar disponibilidad.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



## BAE SECURA PVV SOLAR

### Technical Specification for Valve Regulated Lead-Acid Batteries (VRLA-GEL)

#### 1. Application

BAE SECURA PVV SOLAR batteries are the ideal solution for storage of regenerative energy in home systems and in the industrial sectors. Robustness and reliability are characteristic for BAE SECURA PVV SOLAR batteries. In addition, they do not require any refilling of water during the whole battery life time and are maintenance-free.

The special electrode design with tubular electrodes and the fixed gel electrolyte distinguish the BAE SECURA PVV SOLAR batteries and lead to high security and reliability as well as high cycle life time.



Similar to the illustration

#### 2. Technical data (Reference temperature 20 °C)

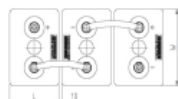
Type	$C_{1h}$ Ah	$C_{10h}$ Ah	$C_{20h}$ Ah	$C_{72h}$ Ah	$C_{100h}$ Ah	$C_{120h}$ Ah	$C_{240h}$ Ah	$R_i$ 1)	$I_k$ 2)	Length (L) mm	Width (W) mm	Height (H) mm	Weight kg
$U_b$ V/cell	1.67	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	mΩ	kA				
2 PVV 140	71	121	134	153	157	158	165	1.65	1.30	105	208	420	12.4
3 PVV 210	107	182	202	229	236	238	247	1.15	1.86	105	208	420	17.1
4 PVV 280	143	243	268	306	314	318	331	0.89	2.40	105	208	420	19.4
5 PVV 350	179	304	336	383	393	397	412	0.73	2.91	126	208	420	23.3
6 PVV 420	215	364	404	460	472	477	496	0.63	3.39	147	208	420	27.4
5 PVV 550	254	447	506	570	583	589	609	0.68	3.14	126	208	535	31.4
6 PVV 660	302	529	598	671	686	693	715	0.58	3.64	147	208	535	36.9
7 PVV 770	350	610	688	770	788	795	820	0.52	4.12	168	208	535	42.4
6 PVV 900	417	729	834	943	968	978	1,012	0.46	4.63	147	208	710	49.5
7 PVV 1050	492	858	980	1,116	1,140	1,154	1,195	0.36	5.81	215	193	710	60.4
8 PVV 1200	559	970	1,106	1,252	1,280	1,296	1,344	0.32	6.54	215	193	710	67.3
9 PVV 1350	616	1,090	1,252	1,418	1,450	1,464	1,524	0.34	6.29	215	235	710	75.5
10 PVV 1500	691	1,200	1,382	1,562	1,600	1,620	1,675	0.28	7.50	215	235	710	82.5
11 PVV 1650	748	1,320	1,512	1,713	1,750	1,764	1,836	0.28	7.56	215	277	710	90.8
12 PVV 1800	822	1,440	1,644	1,857	1,900	1,920	1,989	0.24	8.63	215	277	710	97.7
11 PVV 2090	839	1,570	1,772	2,023	2,070	2,088	2,169	0.27	7.86	215	277	855	108.2
12 PVV 2280	927	1,710	1,918	2,181	2,230	2,256	2,337	0.23	9.18	215	277	855	116.5
13 PVV 2470	1,040	1,890	2,120	2,426	2,490	2,508	2,592	0.18	11.91	215	400	815	131.4
14 PVV 2660	1,125	2,070	2,320	2,678	2,740	2,772	2,880	0.17	12.63	215	400	815	141.2
15 PVV 2850	1,191	2,170	2,420	2,772	2,840	2,868	2,976	0.16	13.25	215	400	815	147.9
16 PVV 3040	1,265	2,300	2,580	2,937	3,000	3,036	3,144	0.15	13.94	215	400	815	156.2
17 PVV 3230	1,358	2,480	2,780	3,182	3,260	3,300	3,408	0.14	15.32	215	490	815	173.6
18 PVV 3420	1,433	2,610	2,920	3,348	3,420	3,468	3,576	0.13	16.03	215	490	815	181.4
19 PVV 3610	1,507	2,740	3,080	3,506	3,590	3,624	3,744	0.12	16.70	215	490	815	189.6
20 PVV 3800	1,581	2,870	3,220	3,664	3,750	3,792	3,912	0.12	17.37	215	490	815	197.8
22 PVV 4180	1,740	3,210	3,600	4,118	4,220	4,272	4,416	0.11	18.43	215	580	815	219.1
24 PVV 4560	1,887	3,470	3,900	4,442	4,550	4,596	4,752	0.10	19.76	215	580	815	235.4
26 PVV 4940	2,014	3,650	4,060	4,608	4,710	4,764	4,920	0.10	21.02	215	580	815	248.4

1, 2) Internal resistance  $R_i$  and short circuit current  $I_k$  according to IEC 60896-21

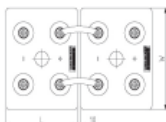
Height (H) is the maximum height between container bottom and top of the bolts in assembled condition.

All values published in the table correspond to 100 % discharge of current depending capacity without voltage drop of connectors. Please consider item 7.

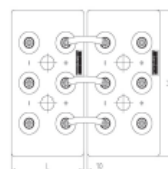
#### 3. Terminal positions



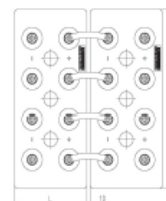
2 PVV 140 to 6 PVV 900



7 PVV 1050 to 12 PVV 2280



13 PVV 2470 to 16 PVV 3040



17 PVV 3230 to 26 PVV 4940

Terminals are designed as female poles with brass inlay M10 for flexible insulated copper cables with cross-section 25, 35, 50, 70, 95 or 120 mm<sup>2</sup> or insulated solid copper connectors with cross-section 90, 150 or 300 mm<sup>2</sup>.



## Technical Specification for BAE SECURA PVV SOLAR



### 4. Design

Positive electrode	Tubular-plate with woven polyester gauntlet and solid grids in a corrosion-resistant PbCaSn-alloy
Negative electrode	Grid-plate in PbCaSn-alloy with long-life expander material
Separation	Microporous separator
Electrolyte	Sulphuric acid with a density of 1.24 kg/l (20 °C), fixed as GEL by fumed silica
Container and lid	High impact ABS (Acrylonitrile butadiene styrene), grey coloured (colour may vary slightly from given image), UL-94 rating: HB, on request also in UL-94 rating: V-0
Valve	Valve with flame arrestor, opening pressure approx. 120 mbar
Pole bushing	100 % gas- and electrolyte-tight, sliding, plastic coated "Panzerpol"
Kind of protection	IP 25 regarding EN 60529, touch protected according to BGV A3
Horizontal operation	Please use BAE special type PVV "horizontal".

### 5. Installation

BAE SECURA PVV SOLAR batteries are designed for indoor applications. For outdoor applications please contact BAE.

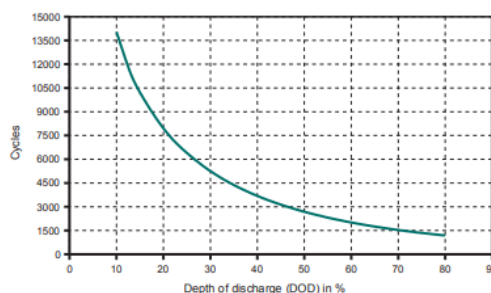
### 6. Maintenance

Every 6 months	Check battery voltage, pilot cell voltages and temperatures
Every 12 months	Check connections, record battery voltage, cell voltages and temperatures

### 7. Operational data

Depth of discharge (DOD)	Max. 80 % ( $U_E = 1.91$ V/cell for discharge times >10 h; 1.74 V/cell for 1 h), deep discharges of more than 80 % DOD have to be avoided
Initial charge current (I or bulk phase)	Unlimited, the minimal charge current has to be 1.5 A/100 Ah $C_{10}$
Charge voltage at cyclic operation	Restricted from 2.30 V to 2.40 V per cell, operating instruction is to be observed
Float voltage/non cyclic operation	2.25 V/cell
Adjustment of charge voltage	No adjustment necessary if battery temperature is kept between 10 °C and 45 °C (50 °F and 113 °F) in the monthly average, $\Delta U/\Delta T = -0.003$ V/cell per K below 10 °C (50 °F)
Recharge to 100 %	Within a period of 1 up to 4 weeks
Battery temperature	-20 °C to 45 °C (-4 °F to 113 °F), recommended temperature range 10 °C to 30 °C (50 °F to 86 °F)
Self-discharge	Approx. 2 % per month at 20 °C (68 °F)
IEC 61427 cycles	>3,000 (A+B) at 40 °C (104 °F)
IEC 60896-21 cycles	>1,500 at 20 °C (68 °F)

### 8. Number of cycles as function of Depth of discharge



### 9. Transport

Batteries are not subject to ADR (road transport), if the conditions of Special Provisions 598 and 238 (Chapter 3.3) are observed. BAE cells/batteries are conform to the IMDG-Code, therefore these products are no dangerous goods on sea transport.

### 10. Standards

Test standards	IEC 60896-21, IEC 61427
Safety standard, ventilation	IEC 62485-2

BAE Batterien GmbH  
Wilhelminenhofstraße 69/70  
12459 Berlin  
Germany


Tel.: +49 (0)30 53001-661  
Fax: +49 (0)30 53001-667  
E-Mail: info@bae-berlin.de  
www.bae-berlin.de




UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

RECERCA


# Remote Monitoring & Management




SNMP Web Card



SNMP Web Pro



Modbus Card



Modbus Box

**SNMP Web Card**

- Allow control and monitoring of multiple inverters through RJ-45 network connection
- Real-time dynamic graphs of inverter data
- Warning notifications via audible alarm, broadcast, mobile messenger, e-mail and SNMP traps
- Historic data log stored in centralized PC database
- Simple firmware upgrade with one click
- Password security protection and remote access management
- Support optional environmental monitoring detector for temperature, humidity and smoke

**SNMP Web Pro**

- Built-in web server to control and monitoring of multiple inverters through LAN or Internet
- Built-in 32MB flash memory to save more than 2 million threads
- Set with real-time clock to record log by date and keep running up to 7 days even without power connection.
- Support EMD monitoring and SMS service

**Modbus Card**

- Real-time control and monitoring of multiple inverters via RS-485 communication port
- Supports Modbus RTU protocol
- Provide MODBUS functions including read Holding Registers and write Registers
- Provide surge protection

**Modbus Box**

- Support to monitor off-grid inverter through modbus interface
- Implement MODBUS RTU protocol
- Integrated with WatchPower software
- Support Axpert series inverter

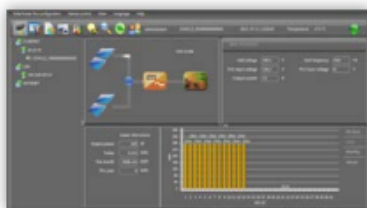
## Monitoring Software

SolarPower



SolarPower is a solar inverter monitoring software. It can monitor multiple devices via **USB and Serial port** at the same time. The major functions of SolarPower monitoring software include data log for devices, power generation statistics, alarm messages, fault messages and parameter setting for devices.

SolarPower Pro



SolarPower Pro is a solar inverter monitoring software to monitor up to 247 devices via **modbus or SNMP** interface. It allows web browsing in a networking environment. The major functions of SolarPower Pro monitoring software include data log for devices, power generation statistics, alarm messages, fault messages, and parameter setting for devices.

WatchPower



WatchPower is an off-grid inverter monitoring software which can monitor multiple Axpert devices via serial port at the same time. The major functions include data log for devices, alarm and fault recording. Besides, it also can configure advanced parameters such as charger source priority, output source priority, AC input range and battery type based on diverse applications.



Ficha técnica del producto  
Características

TM221CE40R

Controlador M221 c/ Ethernet 40 ES de tipo relé -  
24 entradas digitales - 16 salidas relé



Principal

Gama de producto	Modicon M221
Tipo de producto o componente	Autómata programable
[Us] tensión de alimentación asignada	100...240 V CA
De pie conducto	24, entrada discreta acorde a IEC 61131-2 tipo 1
Número de entrada analógica	2 at 0...10 V
Tipo de salida digital	Relé normalmente abierto
Número de salidas discretas	16 relé
Tensión de salida	5...125 V CC 5...250 V CA
Montado en la pared del conducto	2 A

Complementario

Número de E/S digitales	40
Numero de E/S del módulo de expansión	7 for relay output
Límites tensión alimentación	85...264 V
Frecuencia de red	50/60 Hz
Corriente de entrada	40 A
Consumo de potencia en VA	70 VA en 100...240 V módulo de expansión con número máximo de E/S 41 VA en 100...240 V sin módulo de expansión E/S
Corriente de salida fuente de alimentación	0.52 A 5 V for expansion bus 0.24 A 24 V para bus de expansión
Entrada lógica	Sink or source (positive/negative)
Tensión de entrada digital	24 V
Tipo de voltaje entrada discreto	CC
Resolución de entrada analógica	10 bits
Valor LSB	10 mV

17/09/2021



1

Descarga de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios





Tiempo conversión	1 ms per channel + 1 controller cycle time for analogue input analog input
Sobrecarga permitida em entradas	+/- 30 V DC for 5 min (maximum) for analog input +/- 13 V DC (permanent) for analog input
Estado de tensión 1 garantizado	>= 15 V para entrada
Estado de tensión 0 garantizado	<= 5 V para entrada
Corriente de entrada discreta	7 mA for discrete input 5 mA for fast input
Tapa de conexiones trasero	3.4 kOhm for discrete input 100 kOhm for analog input 4.9 kOhm for fast input
Tiempo respuesta	35 µs turn-off, I2...I5 terminal(s) for input 10 ms turn-on para salida 10 ms turn-off para salida 5 µs turn-on, I0, I1, I6, I7 terminal(s) for fast input 35 µs turn-on, other terminals terminal(s) for input 5 µs turn-off, I0, I1, I6, I7 terminal(s) for fast input 100 µs turn-off, other terminals terminal(s) for input
Tiempo filtro configurable	0 ms para entrada 3 ms for input 12 ms para entrada
Límites de tensión de salida	125 V DC 277 V CA
Elevación	7 A
Error de precisión absoluta	+/- 1 % of full scale for analog input
Durabilidad eléctrica	100000 ciclos AC-12, 120 v, 240 VA, resistivo 100000 ciclos AC-12, 240 V, 480 VA, resistivo 300000 ciclos AC-12, 120 v, 80 VA, resistivo 300000 ciclos AC-12, 240 V, 160 VA, resistivo 100000 ciclos AC-15, cos phi = 0.35, 120 v, 60 VA, inductivo 100000 ciclos AC-15, cos phi = 0.35, 240 V, 120 VA, inductivo 300000 ciclos AC-15, cos phi = 0.35, 120 v, 18 VA, inductivo 300000 ciclos AC-15, cos phi = 0.35, 240 V, 36 VA, inductivo 100000 ciclos AC-14, cos phi = 0.7, 120 v, 120 VA, inductivo 100000 ciclos AC-14, cos phi = 0.7, 240 V, 240 VA, inductivo 300000 ciclos AC-14, cos phi = 0.7, 120 v, 36 VA, inductivo 300000 ciclos AC-14, cos phi = 0.7, 240 V, 72 VA, inductivo 100000 ciclos DC-12, 24 V, 48 W, resistivo 300000 ciclos DC-12, 24 V, 16 W, resistivo 100000 ciclos DC-13, 24 V, 24 W, inductivo (L/R = 7 ms) 300000 ciclos DC-13, 24 V, 7.2 W, inductivo (L/R = 7 ms)
Frecuencia de conmutación	20 operaciones de conmutación/minuto con carga máxima
Durabilidad mecánica	20000000 ciclos para salida del relé
Carga mínima	1 mA en 5 V CC para salida del relé
Tipo de protección	Sin protección en 5 A
Tiempo de rearme	1 s
Capacidad de memoria	256 kB for user application and data RAM with 10000 instructions 256 kB for internal variables RAM
Orejas terminales de anillo	256 kB built-in flash memory for backup of application and data
Mantenido Ti24	2 GB SD card (optional)
Tipo de batería	BR2032 litio no-recargable, vida batería: 4 yr
Tiempo de backup	1 year at 25 °C (by interruption of power supply)
Tiempo de ejecución para 1 Kinstrucción	0.3 ms para evento y tarea periódica
Execution time per instruction	0.2 µs Boolean
Exct time for event task	60 µs response time
Tamaño máximo de las áreas de objeto	8000 %MW palabras de memoria 255 %TM temporizadores 512 %KW palabras constantes 255 %C contadores 512 %M bits de memoria
Reloj en tiempo real	Donde
Deriv. reloj	<= 30 s/month at 25 °C
Lazo de regulación	Adjustable PID regulator up to 14 simultaneous loops

Número de entrada de contaje	4 fast input (HSC mode) at 100 kHz 32 bits
Counter function	Monofásico A/B Impulso/dirección
Tipo de conexión integrada	Porta USB con capacidad de sujeción: USB 2.0 mini B conector Enlace serie sin aislar serie 1 con capacidad de sujeción: RJ45 conector y L/R = RS232/RS485 interface Ethernet with RJ45 connector
Suministro	- tipo de cable: serie/fuente de alimentación de enlace serie, estado 1 5 V, <200 mA
Velocidad de transmisión	1,2-115,2 kbit/s (115,2 kbit/s por defecto) para long bus de 15 m para RS485 1,2-115,2 kbit/s (115,2 kbit/s por defecto) para long bus de 3 m para RS232 480 Mbit/s for USB
Protocolo de puerto de comunicaciones	Porta USB, estado 1 USB protocolo - SoMachine-Red Enlace serie sin aislar, estado 1 Modbus protocolo maestro/esclavo - RTU/ASCII o Red SoMachine Ethernet
Puerto Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX 1 port with 100 m copper cable
Servicio de comunicación	Cliente DHCP Cliente Modbus TCP Ethernet/adaptador IP Servidor Modbus TCP Dispositivo esclavo Modbus TCP
Señalizaciones en local	1 LED (green) for PWR RUN, estado 1 1 LED - tipo de cable: verde) Error de módulo (ERR), estado 1 1 LED - tipo de cable: rojo) Tarjeta SD de acceso (SD), estado 1 1 LED - tipo de cable: verde) BAT, estado 1 1 LED - tipo de cable: rojo) Estado de E/S, estado 1 1 LED por canal - tipo de cable: verde) SL, estado 1 1 LED - tipo de cable: verde) Ethernet network activity (green) for ACT Ethernet network link (yellow) for Link (Link Status)
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	removable screw terminal block for inputs removable screw terminal block for outputs terminal block, 3 terminal(s) for connecting the 24 V DC power supply connector, 4 terminal(s) for analogue inputs Mini B USB 2.0 connector for a programming terminal
Maximum cable distance between devices	Cable apantallado, estado 1 <10 m para entrada rápida Unshielded cable: <30 m for output Unshielded cable: <30 m for digital input Unshielded cable: <1 m for analog input
Aislamiento	Between input and internal logic at 500 V AC Non-insulated between analogue input and internal logic Non-insulated between analogue inputs Entre el suministro y la tierra en 1500 V CA Entre alimentación y masa del sensor en 500 V CA Entre la entrada y la tierra en 500 V CA Entre la salida y la tierra en 1500 V CA Entre el suministro y la lógica interna en 2300 V CA Entre alimentación del sensores y la lógica interna en 500 V CA Entre la salida y la lógica interna en 2300 V CA Entre el terminal Ethernet y la lógica interna en 500 V CA Entre el suministro y la fuente de alimentación del sensor en 2300 V CA
Marcado	CE
Fuente de alimentación de detector	24 V CC en 250 mA suministrado por el controlador
Soporte de montaje	Top hat type TH35-15 rail conforming to IEC 60715 Top hat type TH35-7.5 rail conforming to IEC 60715 plate or panel with fixing kit
Altura	90 mm
Profundidad	70 mm
Anchura	160 mm
Peso del producto	0.456 kg

## Entorno

Normas	EN/IEC 60664-1 EN/IEC 61131-2 EN/IEC 61010-2-201
Certificaciones de producto	DNV-GL

	EAC ABS cULus LR RCM CSA IACS E10
Características ambientales	Ubicación peligrosa y ordinaria
Resistencia a descargas electroestáticas	8 kV in air conforming to EN/IEC 61000-4-2 4 kV on contact conforming to EN/IEC 61000-4-2
Resistencia a campos electromagnéticos	10 V/m 80 MHz...1 GHz conforming to EN/IEC 61000-4-3 3 V/m 1.4 GHz...2 GHz conforming to EN/IEC 61000-4-3 1 V/m 2...2.7 GHz conforming to EN/IEC 61000-4-3
Resistencia a campos magnéticos	30 A/m 50/60 Hz conforming to EN/IEC 61000-4-8
Resistencia a transitorios rápidos	2 kV (power lines) conforming to EN/IEC 61000-4-4 2 kV (relay output) conforming to EN/IEC 61000-4-4 1 kV (I/O) conforming to EN/IEC 61000-4-4 1 kV acorde a EN/IEC 61000-4-4 - tipo de cable: línea Ethernet) 1 kV acorde a EN/IEC 61000-4-4 - tipo de cable: enlace serie)
Resistencia a sobretensiones	2 kV power lines (AC) common mode conforming to EN/IEC 61000-4-5 2 kV relay output common mode conforming to EN/IEC 61000-4-5 1 kV I/O common mode conforming to EN/IEC 61000-4-5 1 kV cable apantallado modo común acorde a EN/IEC 61000-4-5 0.5 kV líneas de potencia (DC) modo diferencial acorde a EN/IEC 61000-4-5 1 kV power lines (AC) differential mode conforming to EN/IEC 61000-4-5 1 kV salida relé modo diferencial acorde a EN/IEC 61000-4-5 0.5 kV power lines (DC) common mode conforming to EN/IEC 61000-4-5
Resistance to conducted disturbances, induced by radio frequency fields	10 V 0.15...80 MHz conforming to EN/IEC 61000-4-6 3 V 0.1...80 MHz acorde a especificación Marina (LR, ABS, DNV, GL) 10 V frecuencia de punto (2, 3, 4, 6.2, 8.2, 12.6, 16.5, 18.8, 22, 25 MHz) acorde a especificación Marina (LR, ABS, DNV, GL)
Soporte de sujeción de cables	Conducted emissions - test level: 79 dBµV/m QP/66 dBµV/m AV ( power lines (AC)) at 0.15...0.5 MHz conforming to EN/IEC 55011 Conducted emissions - test level: 73 dBµV/m QP/60 dBµV/m AV ( power lines (AC)) at 0.5...300 MHz conforming to EN/IEC 55011 Emisiones conducidas 120...69 dBµV/m QP líneas de alimentación) en 10...150 kHz acorde a EN/IEC 55011 Emisiones conducidas 63 dBµV/m QP líneas de alimentación) en 1.5...30 MHz acorde a EN/IEC 55011 Radiated emissions - test level: 40 dBµV/m QP class A ( 10 m) at 30...230 MHz conforming to EN/IEC 55011 Emisiones conducidas 79...63 dBµV/m QP líneas de alimentación) en 150...1500 kHz acorde a EN/IEC 55011 Radiated emissions - test level: 47 dBµV/m QP class A ( 10 m) at 200...1000 MHz conforming to EN/IEC 55011
Inmunidad a microcortes	10 ms
Temperatura ambiente de funcionamiento	-10...55 °C - tipo de cable: instalación horizontal) -10...35 °C - tipo de cable: instalación vertical)
Temperatura ambiente de almacenamiento	-25...70 °C
Humedad relativa	10...95 %, without condensation (in operation) 10...95 %, without condensation (in storage)
Grado de protección IP	IP20 con cub. protec. colocada
Grado de contaminación	<= 2
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Altitud de almacenamiento	0...3000 m
Resistencia a las vibraciones	3.5 mm en 5...8.4 Hz en carril simétrico 3.5 mm en 5...8.4 Hz en montaje de panel 1 gn at 8.4...150 Hz on symmetrical rail 1 gn at 8.4...150 Hz on panel mounting
Resistencia a los choques	98 m/s <sup>2</sup> para 11 ms

### Packing Units

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1

Paquete 1 Peso	830 g
Paquete 1 Altura	11.09 cm
Paquete 1 ancho	14.183 cm
Paquete 1 Largo	21.085 cm

### Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a>
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
Perfil de circularidad	<a href="#">Información de fin de vida útil</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Sin PVC	Sí

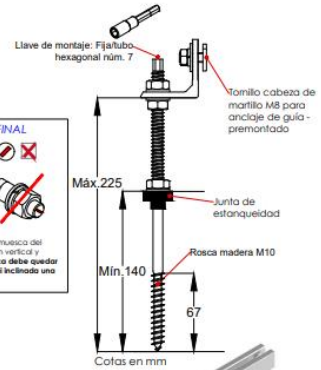
### Contractual warranty

Periodo de garantía	18 meses
---------------------	----------





Broca para hormigón N°12  
Broca para madera N°9



- Soporte coplanar para anclaje a losa de hormigón y/o madera.
- Válido para todo tipo de tejas, excepto pizarra.
- Sin necesidad de desmontar la cubierta.
- La fijación incluye junta de estanqueidad.
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Kits disponibles de 1 a 6 módulos.

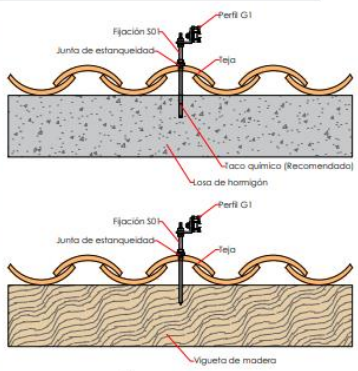
Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)  
Materiales: Perfilera de aluminio EN AW 6005A T6  
Tornillería de acero inoxidable A2-70  
Comprobar el buen estado y la capacidad portante de la cubierta antes de cualquier instalación.  
Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.

- Dos opciones:**
- Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema KIL (Ver página 2)
  - Para módulos de hasta 2400x1350 - Sistema PS (Ver página 3)

Carga de nieve: 40 kg/m²



**Nota**  
La fijación L no se debe montar hasta haber fijado el anclaje.  
\*Para losa de hormigón, se recomienda utilizar taco químico.  
\*Para anclaje a madera se recomienda un pretaladro con una broca del núm. 9



**Par de apriete:**  
Tornillo Presor 7 Nm  
Tornillo M8 Hexagonal 20 Nm  
Tornillo M10 Hexagonal 40 Nm  
Tornillo M6.3 Hexagonal 10 Nm

- Herramientas necesarias:
- 17mm Hex key
  - 13mm Wrench
  - 6mm Hex key
  - Drill

- Seguridad:
- Hard hat
  - Gloves
  - Work boots
  - High-visibility vest
  - Safety glasses
  - Fall protection



100% Reciclable  
Marcado ES19/86524 CE

Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.



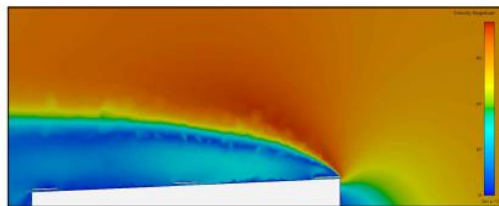
Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

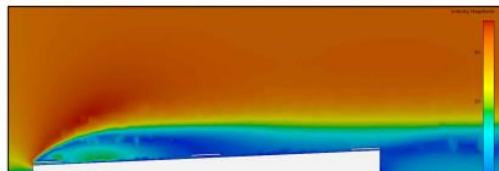
Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento							
Tamaño del módulo 	1	2	3	4	5	6	nº de módulos
2000x1000	150	150	150	150	150	150	Velocidad de viento km/h
2279x1150	150	150	150	150	150	150	

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados.



Flujo viento norte - En estructura coplanar.



Flujo viento sur - En estructura coplanar.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje.  
Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

Marcado   
ES19/86524



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Elèctrica**

**IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA  
ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS  
D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**



**Volum III**

**Plànols i Esquemes Elèctrics**

**Autor:** Aleix Valmaña Accensi  
**Director:** Robert Piqué López  
**Convocatòria:** Addicional, Setembre 2.021



---

### Llicència Creative Commons.



Aquesta obra està sota una llicència 4.0 Espanya de Creative Commons del tipus **Reconeixement - No comercial - Sense obres derivades 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Per a veure una còpia d'aquesta llicència visiti <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es> **ES**.

**Vostè és lliure de copiar i redistribuir el material en qualsevol mitjà o format sota les condicions següents:**

- **Reconeixement.** Ha de reconèixer adequadament l'autoria, proporcionar un enllaç a la llicència i indicar si s'han realitzat canvis. Pot fer-ho de qualsevol manera raonable, però no d'una manera que suggereixi que té el suport del llicenciador o el rep per l'ús que fa.
- **No comercial.** No pot utilitzar el material per a una finalitat comercial.
- **Sense obres derivades.** Si remescla, transforma o crea a partir del material, no pot difondre el material modificat.

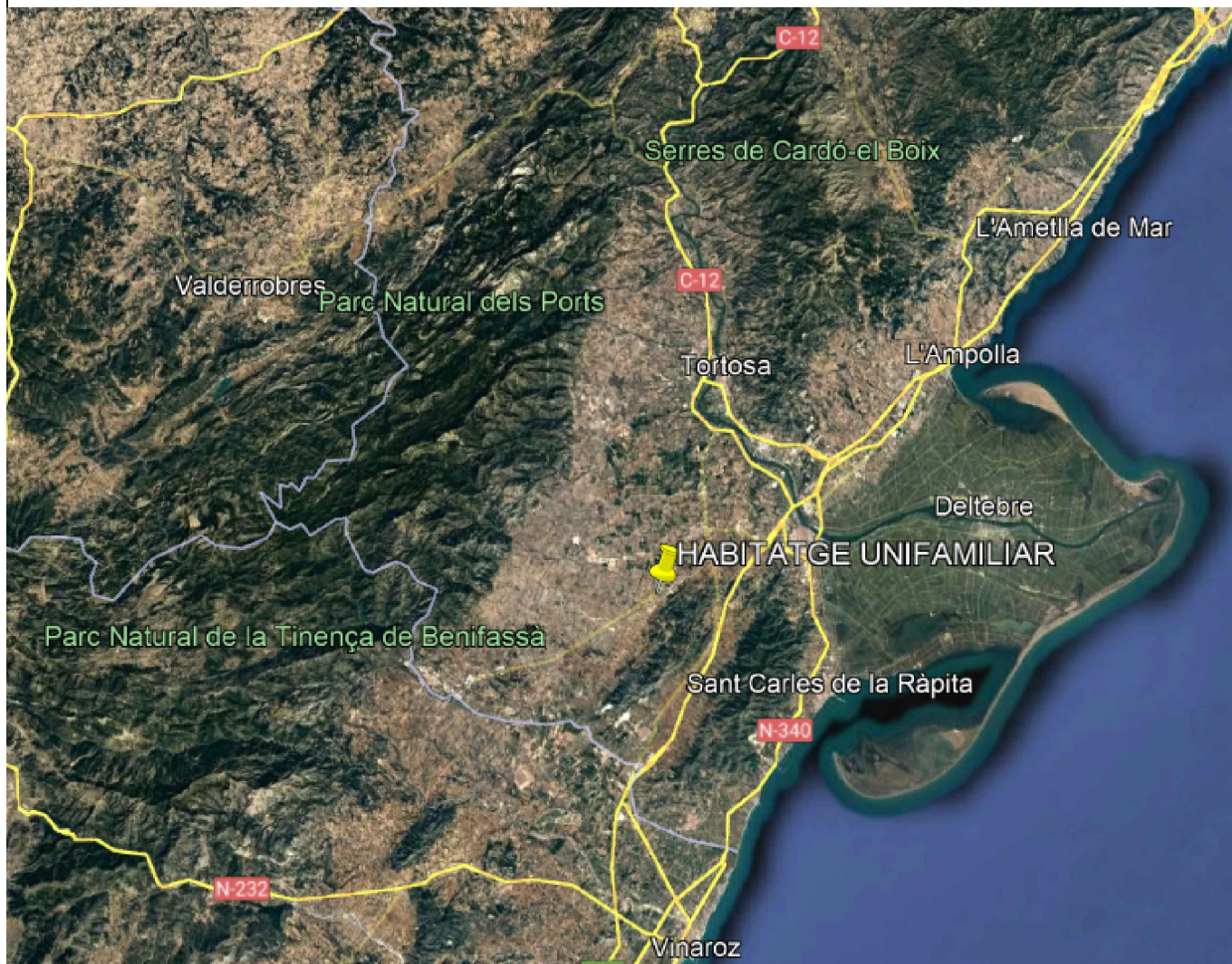



## Volum III: Plànols i Esquemes Elèctrics

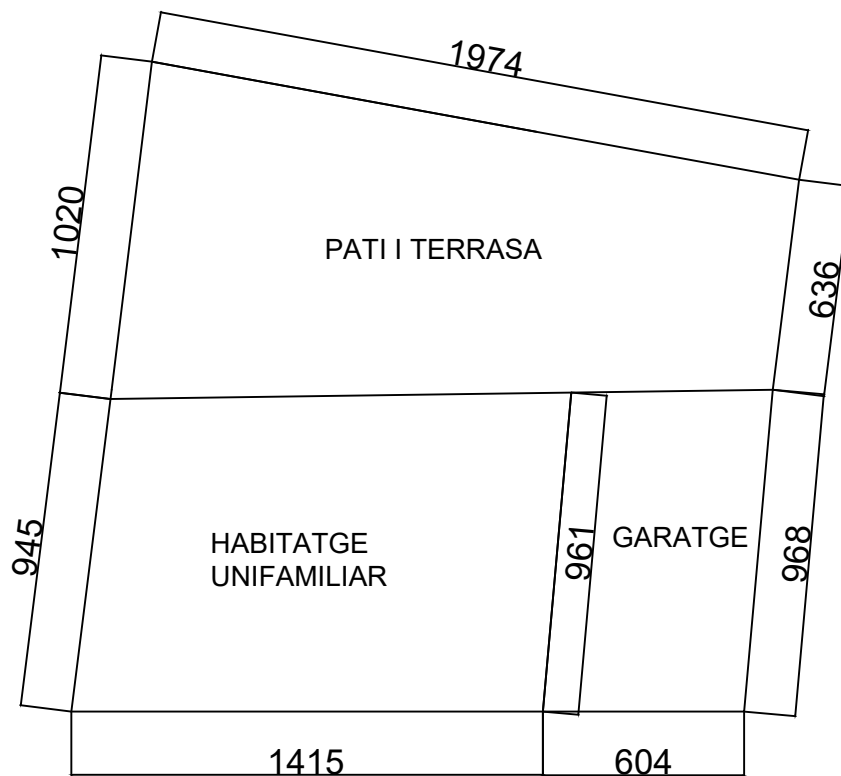
### Índex

1. Ubicació de l'habitatge al mapamundi
2. Mesures de l'habitatge unifamiliar, el garatge i el patí
3. Mesures de l'habitatge unifamiliar i el garatge
4. Plànol de l'habitatge unifamiliar
5. Plànol del garatge
6. Plànol de l'estructura de l'habitatge unifamiliar
7. Ubicació dels panells solars i distribució del cablejat entre els panells i la caixa de connexions
8. Distribució de la instal·lació solar i d'aerotèrmia
9. Esquema unifilar de la instal·lació elèctrica
10. Esquema de connexions del PLC





 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATÈCH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	PROJECTE: IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA		PLÀNOL: <b>1</b>
DATA: 10/09/2021	AUTOR: ALEIX VALMAÑA ACCENSI	OBSERVACIONS: FONT: GOOGLE EARTH PRO	ESCALA:
COMPROVACIÓ: 14/09/2021		<b>1:200.000</b>	
TÍTOL: UBICACIÓ DE L'HABITATGE UNIFAMILIAR AL MAPAMUNDI			



PROJECTE:  
IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

PLÀNOL:

2

DATA: 10/09/2021

AUTOR:  
ALEIX VALMAÑA ACCENSI

OBSERVACIONS:  
ACOTACIONS EN CM

COMPROVACIÓ: 14/09/2021

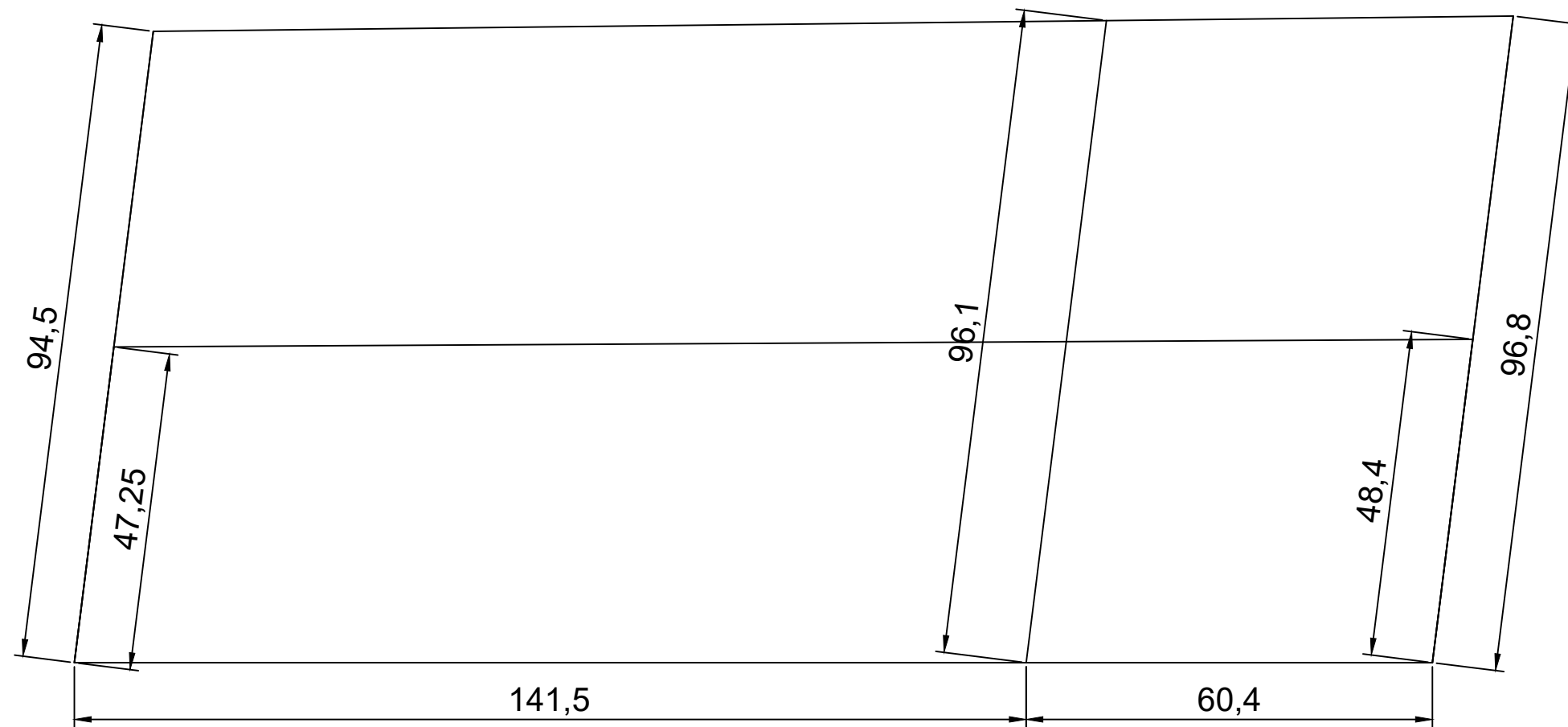
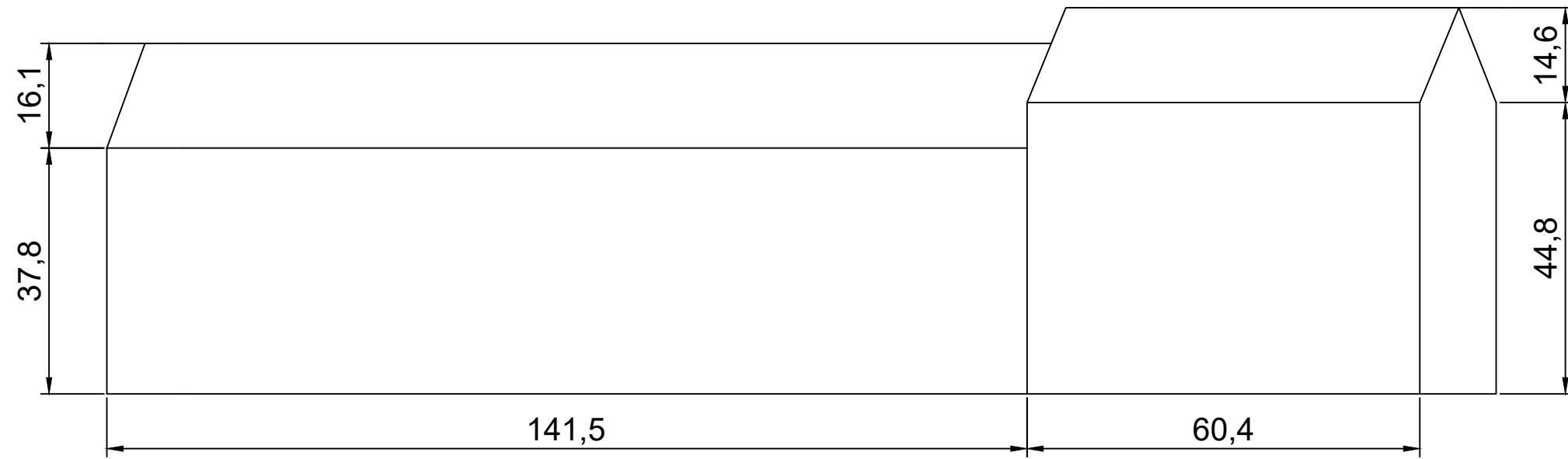
ESCALA:

1:200

TÍTOL:

MESURES DE L'HABITATGE UNIFAMILIAR, EL GARATGE I EL PATÍ





PROJECTE:  
 IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

PLÀNOL:  
**3**

DATA: 10/09/2021

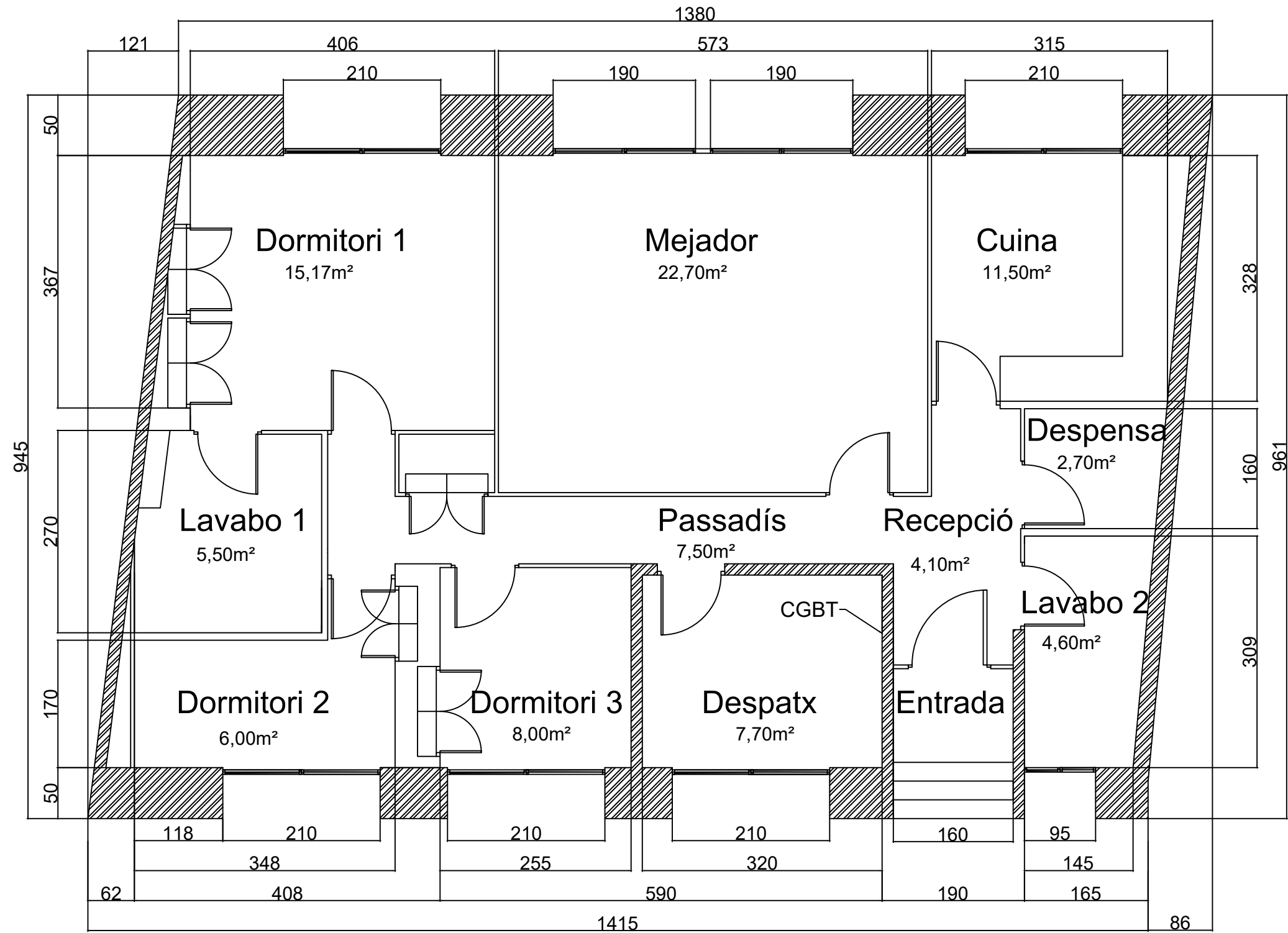
AUTOR:  
 ALEIX VALMAÑA ACCENSI

OBSERVACIONS:  
 MESURES EN DM

COMPROVACIÓ: 14/09/2021

ESCALA:  
**1:100**

TÍTOL:  
 MESURES DE L'HABITATGE UNIFAMILIAR I EL GARATGE



PROJECTE:  
 IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

PLÀNOL:  
**4**

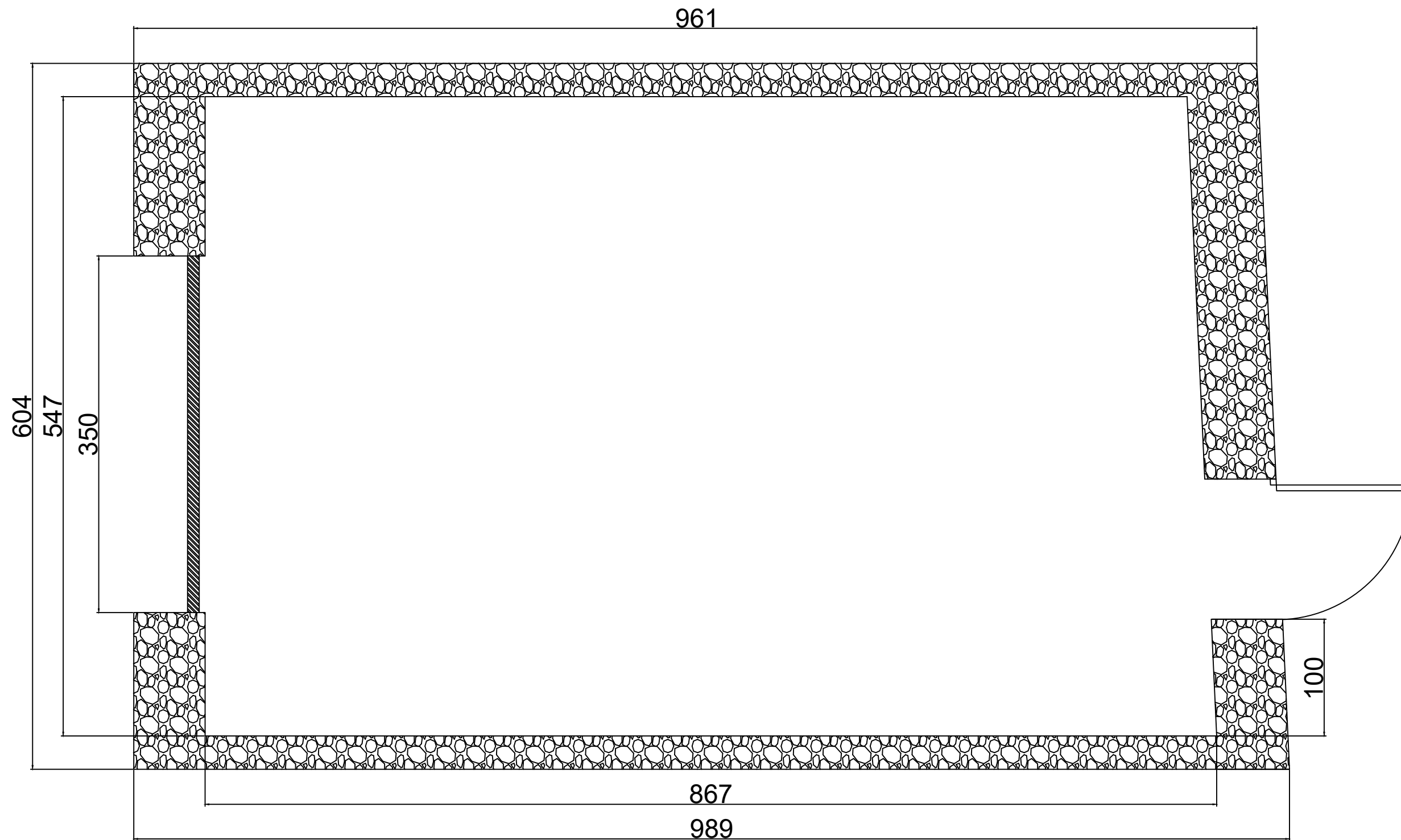
DATA: 10/09/2021  
 COMPROVACIÓ: 14/09/2021


AUTOR:  
 ALEIX VALMAÑA ACCENSI

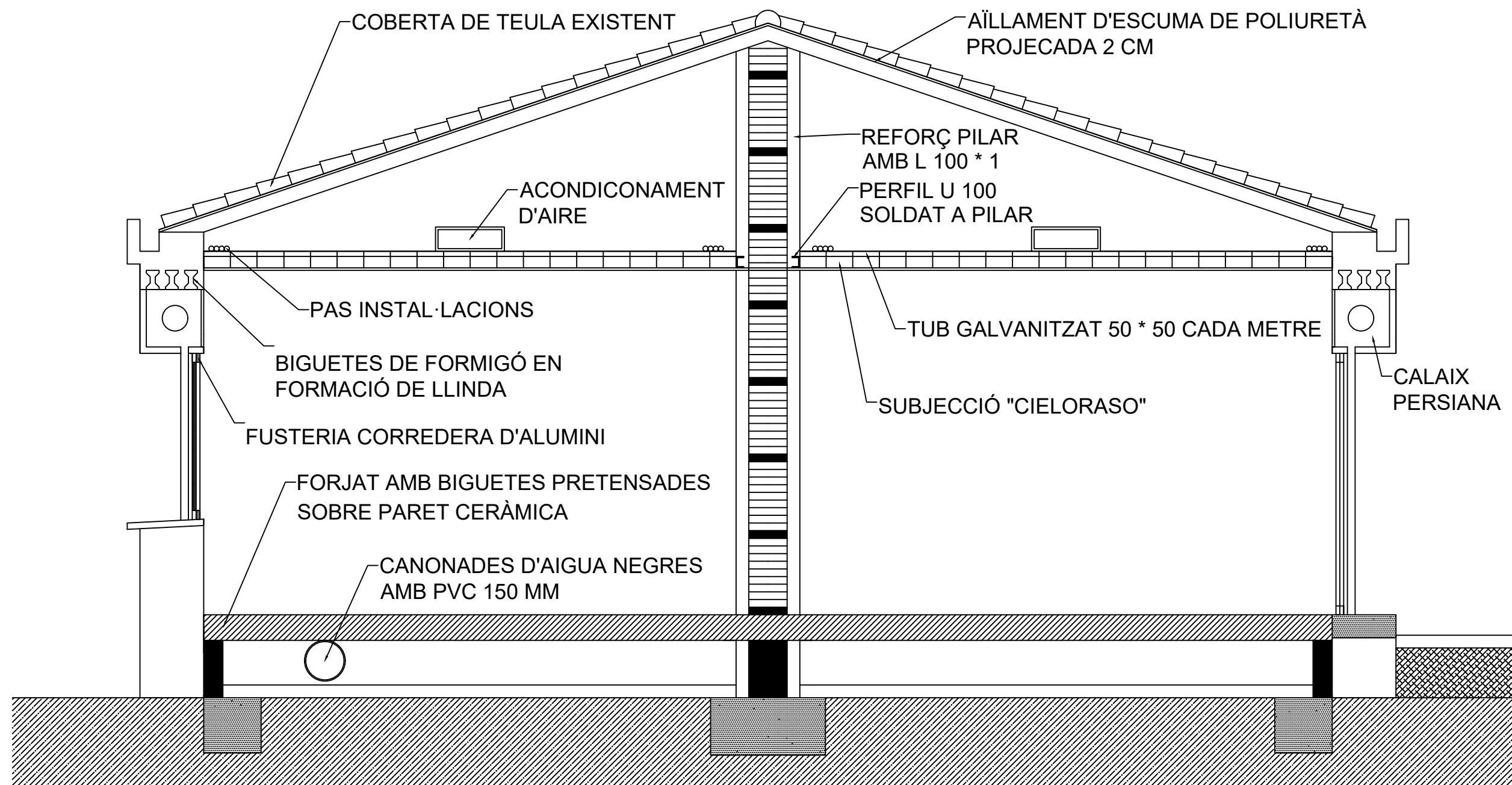
OBSERVACIONS:  
 ACOTACIONS EN CM


ESCALA:  
**1:100**

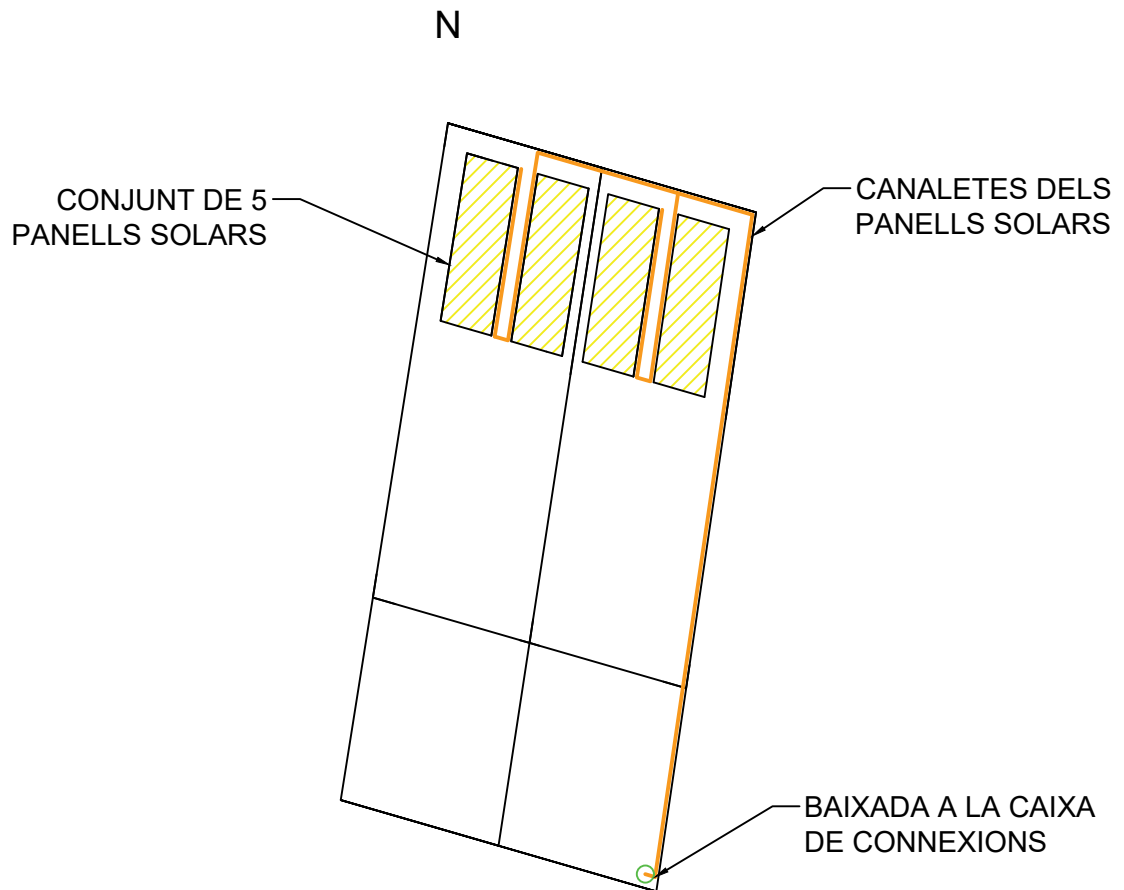
TÍTOL:  
 PLÀNOL DE L'HABITATGE UNIFAMILIAR

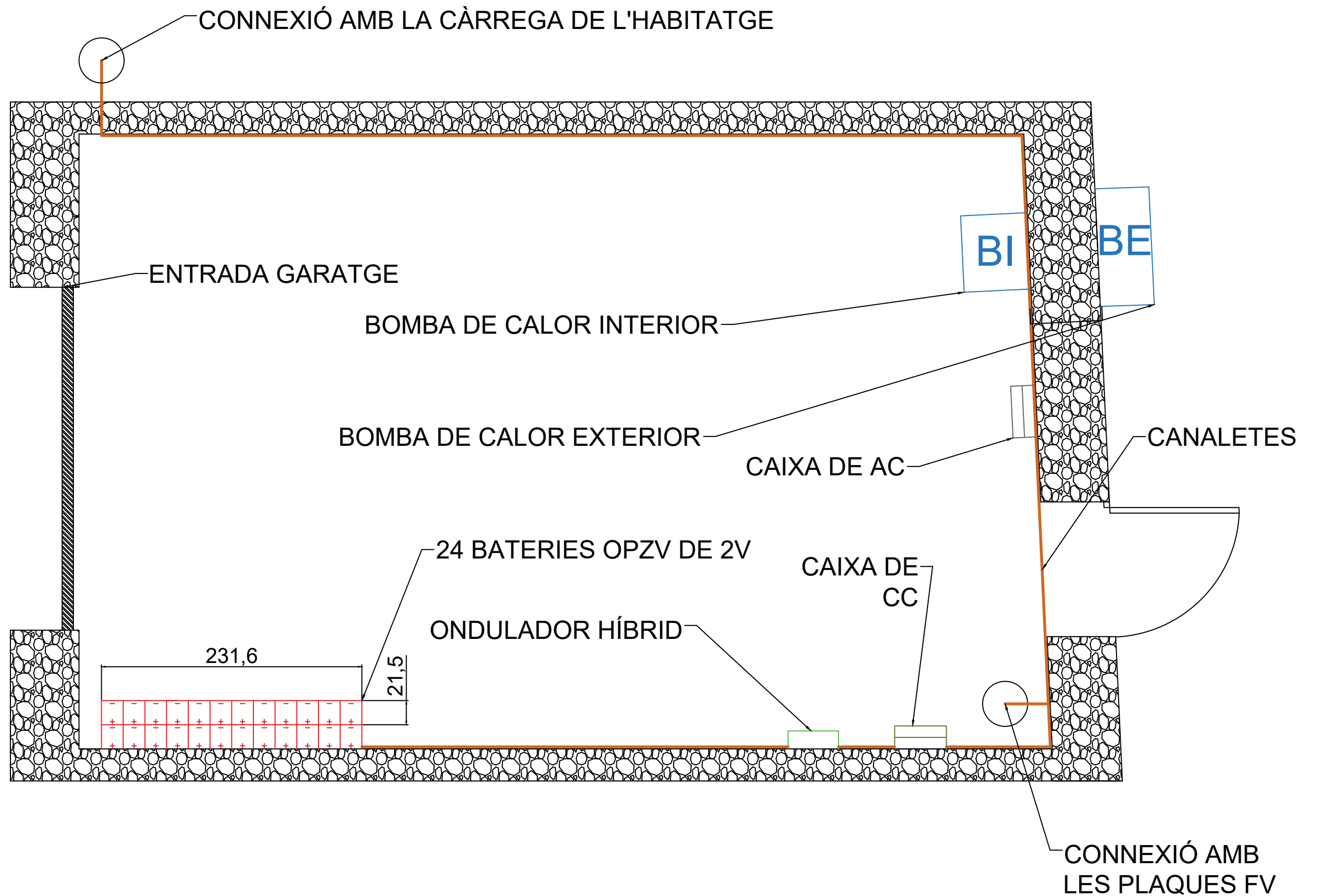



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH <small>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</small>	PROJECTE: IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA		PLÀNOL: <b>5</b>
	DATA: 10/09/2021 COMPROVACIÓ: 14/09/2021	AUTOR: ALEIX VALMAÑA ACCENSI	OBSERVACIONS: ACOTACIONS EN CM
TÍTOL: PLÀNOL DEL GARATGE			



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	PROJECTE: IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA		PLÀNOL: <b>6</b>
	DATA: 10/09/2021	AUTOR: ALEIX VALMAÑA ACCENSI	OBSERVACIONS: PART DRETA DIRECCIÓ PATÍ
TÍTOL: PLÀNOL DE L'ESTRUCTURA DE L'HABITATGE UNIFAMILIAR			





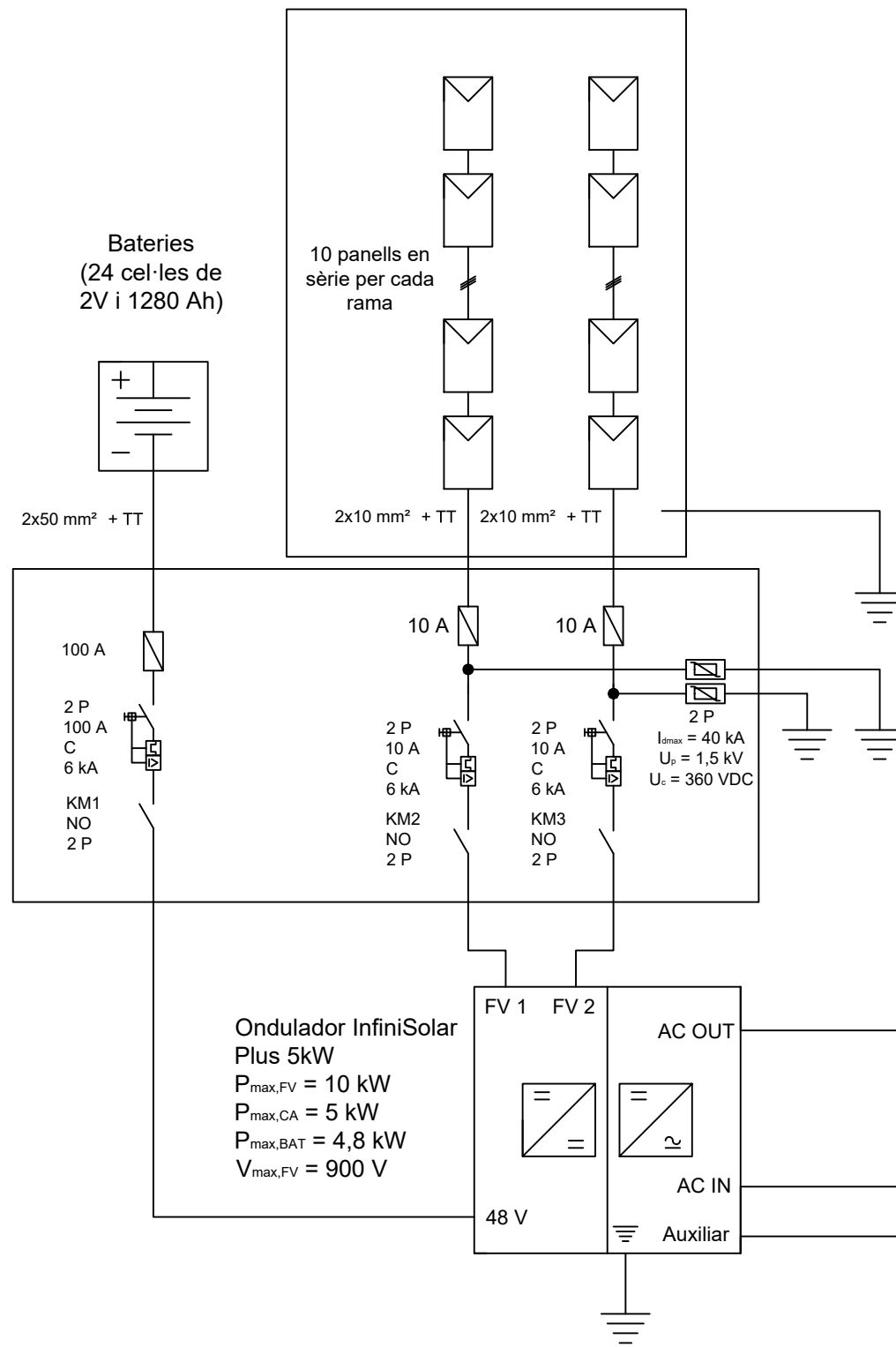
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH <small>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</small>	PROJECTE: IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA		PLÀNOL: <b>8</b>
	DATA: 10/09/2021 COMPROVACIÓ: 14/09/2021	AUTOR: ALEIX VALMAÑA ACCENSI	OBSERVACIONS: ACOTACIONS EN CM
TÍTOL: DISTRIBUCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR I D'AEROTÈRMIA			

Panell solars sobre teulada

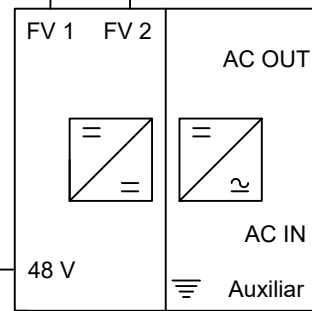
n = 20 mòduls  
 $P_u = 280 W_p$   
 $P_t = 5,6k W_p$   
 $I_n = 8,7 A$   
 $V_{oc} = 37,8 V$

Bateries  
 (24 cel·les de 2V i 1280 Ah)

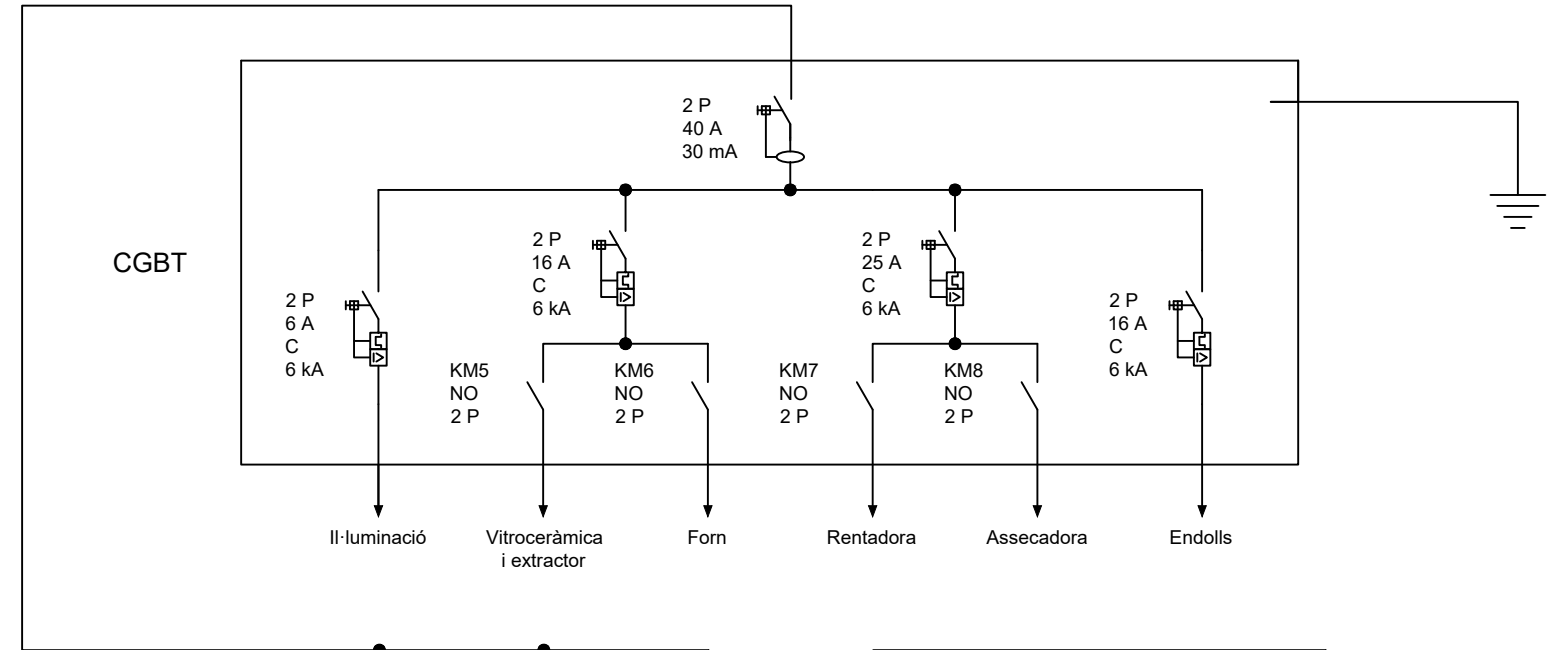
10 panells en sèrie per cada rama



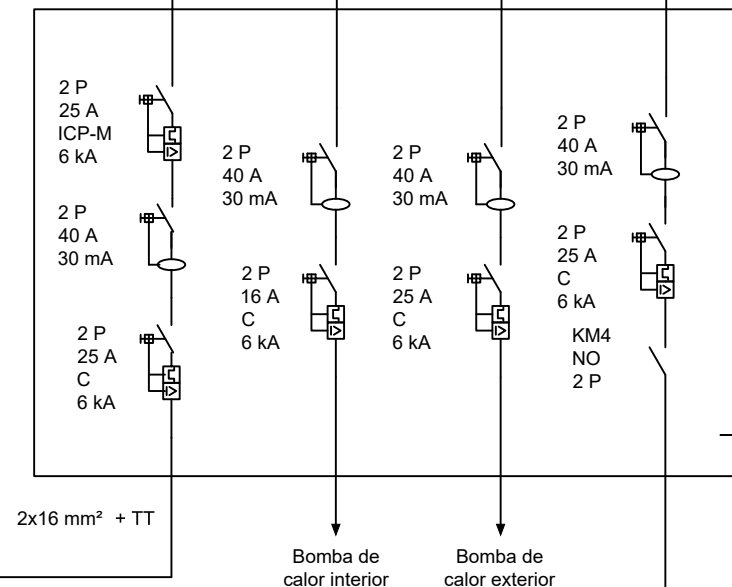
Ondulador InfiSolar Plus 5kW  
 $P_{max,FV} = 10 kW$   
 $P_{max,CA} = 5 kW$   
 $P_{max,BAT} = 4,8 kW$   
 $V_{max,FV} = 900 V$



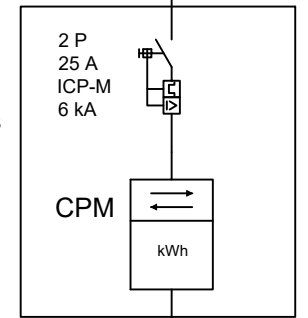
CGBT



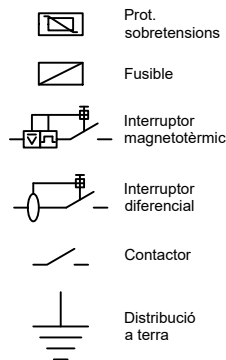
Quadre de distribució de CA



Quadre de comptadors



Xarxa de distribució



Informació interruptor magnetotèrmic  
 Nombre de pols  
 Corrent nominal  
 Corba d'actuació  
 Poder de tall



PROJECTE:  
 IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

PLÀNOL:  
**9**

DATA: 21/09/2021

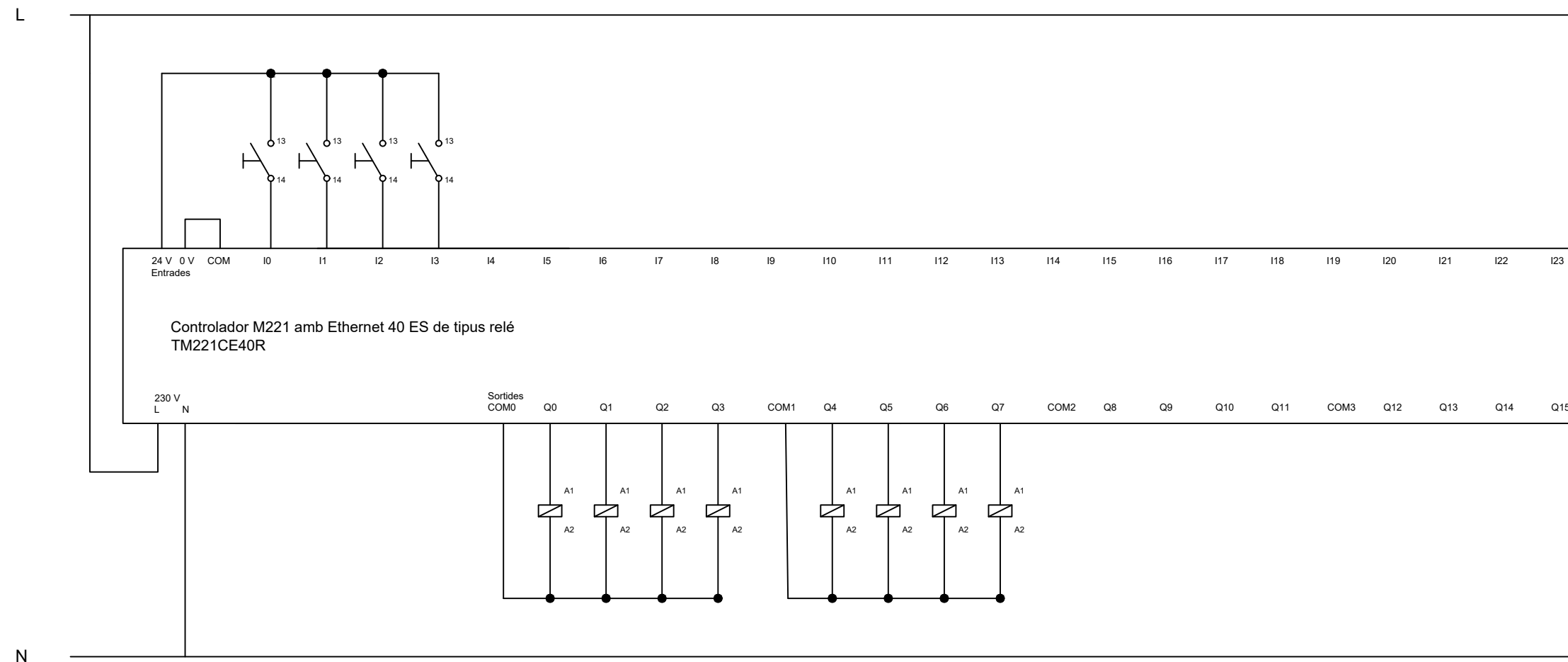
AUTOR:  
 ALEIX VALMAÑA ACCENSI

OBSERVACIONS:  
 EL PLC ES TROBARÀ AL QUADRE DE CA

ESCALA:  
**S/E**

COMPROVACIÓ: 23/09/2021

TÍTOL:  
 ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA



### Llegenda d'entrades

Entrada	Polsador	Aparell
I0	P1	Vitro i extractor
I1	P2	Forn
I2	P3	Rentadora
I3	P4	Assecadora

### Llegenda de sortides

Sortida	Contador	Aparell
Q0	KM1	Bateries
Q1	KM2	Fila FV 1
Q2	KM3	Fila FV 2
Q3	KM4	Xarxa elèctrica
Q4	KM5	Vitro i extractor
Q5	KM6	Forn
Q6	KM7	Rentadora
Q7	KM8	Assecadora



PROJECTE:  
IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'UTILITZACIÓ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA EN HABITATGE UNIFAMILIAR, CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

PLÀNOL:

10

DATA: 21/09/2021

AUTOR:  
ALEIX VALMAÑA ACCENSI

OBSERVACIONS:  
EL PLC ES TROBARÀ A LA CAIXA AC

ESCALA:

S/E

COMPROVACIÓ: 23/09/2021

TÍTOL:  
ESQUEMA DE CONNEXIONS DEL PLC