

## **Treball final de grau**

**Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica**

**Títol: Instal·lació fotovoltaica per un grup d'habitatges aïllats**

**Document: I. Memòria**

**Alumne: Marc Comas Clariana**

**Tutor: Albert Figueras Coma**

**Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica**

**Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica**

**Convocatòria (mes/any): setembre/2017**

## ÍNDEX

1	INTRODUCCIÓ .....	6
1.1	Antecedents .....	6
1.2	Objecte.....	7
1.3	Abast.....	7
2	EVOLUCIÓ COSTOS DIRECTES DE LES INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES.....	9
3	ELEMENTS PRINCIPALS .....	16
3.1	Captació Solar fotovoltaica.....	16
3.2	Inversors .....	22
3.3	Acumuladors .....	25
3.3.1	AGM.....	27
3.3.2	Liti .....	28
3.3.3	Gel .....	30
3.3.4	Plom-Àcid.....	33
3.3.5	Com escollir, resum d'avantatges i inconvenients .....	36
3.4	Regulador/ Inversor de Bateries .....	37
3.5	Monitorat de les instal·lacions .....	39
4	EMISSIONS.....	44
5	RECICLAT .....	48
6	DESCRIPCIÓ DE L'HABITATGE TIPUS.....	51
6.1	Distribució .....	51
6.2	Orientació.....	51
6.3	Coberta .....	51
6.4	Utilització .....	52
7	INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA INTERIOR.....	53
7.1	Previsió de càrregues.....	53
7.2	Subministrament elèctric .....	53
7.3	Unió instal·lació interior i instal·lació fotovoltaica .....	54

7.3.1	Habitatge aïllat .....	54
7.3.2	Grup d'habitatges .....	55
7.4	ICP i IGA .....	55
7.5	Quadre General de comandament i protecció .....	55
7.5.1	Protecció contra sobreintensitats.....	56
7.6	Distribució general.....	56
7.6.1	Canalitzacions .....	56
7.7	Posada a terra de la instal·lació interior.....	57
7.8	Posada a terra de la instal·lació Fotovoltaica .....	58
8	INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA .....	59
8.1	Dimensionament de la instal·lació .....	59
8.1.1	Latitud, longitud i alçada.....	59
8.1.2	Estimació de les necessitats, demanda d'energia. ....	59
8.1.3	Irradiació Solar .....	62
8.1.4	Inclinació i orientació dels mòduls .....	63
8.1.5	Pèrdues i Rendiment energètic .....	64
8.1.6	Autonomia de la instal·lació.....	64
8.2	Instal·lació fotovoltaica per un habitatge aïllat, amb bateries de Gel.....	65
8.2.1	Mòduls fotovoltaics .....	66
8.2.2	Connexionat entre els mòduls .....	68
8.2.3	Estructura pels captadors fotovoltaics .....	69
8.2.4	Pèrdues per ombres.....	71
8.2.5	Vigilant d'aïllament .....	73
8.2.6	Regulador de càrrega.....	75
8.2.7	Bateries .....	78
8.2.8	Inversor .....	80
8.2.9	Grup electrogen.....	82
8.2.10	Cablejat .....	85
8.2.11	Protecció del cablejat .....	89

8.2.12	Proteccions .....	90
8.2.12.1	Sobreintensitats.....	90
8.2.12.2	Sobretensions .....	93
8.2.13	Monitorat .....	93
8.2.13.1	Monitor de bateries BMV-700 .....	96
8.2.14	Ubicació dels elements fotovoltaics .....	96
8.2.14.1	Armari .....	97
8.3	Instal·lació fotovoltaica per un habitatge aïllat, amb bateries de Liti.....	97
8.3.1	Mòduls fotovoltaics.....	97
8.3.2	Connexionat entre els mòduls .....	99
8.3.3	Estructura dels mòduls.....	100
8.3.4	Pèrdues per ombres.....	103
8.3.5	Vigilant d'aïllament .....	105
8.3.6	Inversor fotovoltaic .....	106
8.3.7	Inversor de bateries.....	109
8.3.8	Bateries.....	112
8.3.9	Grup electrogen.....	116
8.3.10	Cablejat.....	119
8.3.11	Protecció del cablejat .....	122
8.3.12	Proteccions .....	122
8.3.12.1	Sobreintensitats.....	123
8.3.12.2	Sobretensions .....	125
8.3.13	Monitorat .....	126
8.3.13.1	Sunny Remote Control .....	128
8.3.14	Ubicació dels equips .....	132
8.4	Instal·lació comú per un grup de quatre habitatges .....	134
8.4.1	Mòduls fotovoltaics.....	135
8.4.2	Connexionat entre els mòduls .....	137
8.4.3	Estructura dels mòduls.....	138

8.4.4	Pèrdues per ombres.....	141
8.4.5	Inversor fotovoltaic .....	145
8.4.6	Vigilant d'aïllament .....	148
8.4.7	Bateries.....	148
8.4.8	Inversor de bateries.....	152
8.4.9	Grup electrogen.....	157
8.4.10	Cablejat.....	160
8.4.11	Protecció del cablejat. ....	163
8.4.12	Proteccions .....	164
8.4.12.1	Sobreintensitats.....	164
8.4.12.2	Sobretensions .....	166
8.4.13	Multicluster Box 6.3-11 .....	167
8.4.13.1	El connexionat del grup electrogen (C).....	169
8.4.13.2	Connexionat dels equips consumidors (F).....	169
8.4.13.3	Connexió de la planta fotovoltaica .....	170
8.4.13.4	Connexionat Sunny Island.....	170
8.4.13.5	Posada a terra del sistema multicluster. ....	171
8.4.13.6	Connexionat dels cables de dades.....	171
8.4.13.7	Cablejat de dades per la comunicació .....	172
8.4.14	Monitorat de la instal·lació.....	174
8.4.15	Ubicació dels elements fotovoltaics .....	180
8.4.16	Habitació per la instal·lació.....	180
9	ESTUDI ECONÒMIC .....	182
9.1	Instal·lació individual amb bateries de Gel.....	184
9.2	Instal·lació individual amb bateries de liti.....	189
9.3	Instal·lació pel grup de vivendes .....	194
9.4	Resum bàsic cost escomesa aèria .....	199
10	RESUM DEL PRESSUPOST .....	201
11	CONCLUSIONS .....	202

12	RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	206
13	BIBLIOGRAFIA.....	207
14	GLOSSARI .....	211
A	CÀLCULS ELÈCTRICS .....	213
B	CÀLCULS FOTOVOLTAICA.....	216
C	CÀLCULS ESTRUCTURES.....	232
D	PROGRAMARI PVSYST .....	235
E	PROGRAMARI SMA DESIGN .....	245

## 1 INTRODUCCIÓ

Actualment s'està produint un augment progressiu de la demanda d'instal·lacions d'energies renovables per obtenir energia elèctrica, com a suport parcial o de forma exclusiva. Aquest augment, a nivell usuari, és provocat principalment per la necessitat de reduir costos en les factures d'energia elèctrica, la conscienciació envers el medi ambient i la capacitat que ofereixen les tecnologies actuals d'obtenir energia elèctrica en habitatges que no disposen d'un punt de connexió a la xarxa de subministrament elèctric.

Davant l'interès o la necessitat, d'equipar un habitatge amb una instal·lació d'obtenció d'energia elèctrica a partir de les energies renovables, els sistemes més utilitzats, són els captadors solars, que s'utilitzen per a l'obtenció d'energia elèctrica concretament, els panells fotovoltaics.

Bàsicament, coneixem dos sistemes d'utilització de l'energia solar per l'obtenció d'energia elèctrica, que són l'autoconsum i el sistema aïllat.

Existeixen zones on es pot edificar, però no es disposa de xarxa de subministrament elèctric, bé perquè no és possible tècnicament, o perquè és econòmicament molt costós. Davant d'aquest fet, i la importància de la protecció del medi ambient, es planteja principalment una solució, que rep el nom d'instal·lació fotovoltaica aïllada, però, aquest tipus d'instal·lació és força costós. De forma típica, es realitza una instal·lació fotovoltaica per alimentar un únic habitatge, però, i si s'utilitza una única instal·lació fotovoltaica per alimentar un grup d'habitatges al mateix temps?

Un cop exposades les necessitats corresponents a cada habitatge, es decideix quin és el sistema més adient. Les instal·lacions fotovoltaiques requereixen una inversió inicial, a nivell usuari, força elevada i per aquest fet, es planteja l'opció de dividir els costos de la instal·lació entre més d'un propietari, per tal d'intentar minorar la inversió esmentada.

### 1.1 Antecedents

Es disposa de dos models d'instal·lació, situats als afores de Torroella de Montgrí, zona on no es disposa de xarxa de subministrament elèctric.

El primer model tracta d'un habitatge unifamiliar, de 154 m<sup>2</sup> més una coberta transitable de 92 m<sup>2</sup>, envoltada de jardí. Aquest habitatge s'utilitzarà de forma continuada, per quatre persones, durant tot l'any.

El segon model, tracta de quatre vivendes, de les mateixes característiques que el primer model, però en aquest cas, estaran situades totes quatre en la mateixa parcel·la.

Per tal de subministrar energia elèctrica als habitatges, es realitzarà el càlcul i dimensionament d'una instal·lació fotovoltaica de tipus aïllat per a cada model. El primer model obtindrà el subministrament directe de la instal·lació fotovoltaica de forma exclusiva i el segon model, les quatre vivendes compartiran el generador fotovoltaic i tota la instal·lació corresponent. La instal·lació a de garantir que s'hi pugui viure tot l'any amb les mateixes comoditats d'utilització que un habitatge amb connexió típica a la xarxa de subministrament elèctric.

## **1.2 Objecte**

L'objecte del present projecte és el d'avaluar tant tècnicament com econòmicament les instal·lacions fotovoltaïques de tipus aïllat. Per tal d'avaluar els aspectes esmentats, es realitzaran dos models d'instal·lació:

El primer model tracta d'un habitatge unifamiliar per a quatre persones, que generarà l'energia elèctrica a partir d'una instal·lació fotovoltaica, es realitzaran dos estudis diferents, segons tipus de bateries utilitzades per emmagatzemar l'energia.

El segon model d'instal·lació, tracta d'un grup de quatre vivendes unifamiliars, que obtindran l'energia elèctrica a partir d'una única instal·lació fotovoltaica compartida. Es pretén comparar les diferents instal·lacions i comprovar si es pot reduir el cost individual, facilitant així l'ús d'aquest tipus d'instal·lacions, inclús en zones on es disposa de xarxa de subministrament elèctric, o si per contra, l'ús d'aquesta modalitat d'instal·lació es recomana únicament en casos on no es disposa de xarxa.

## **1.3 Abast**

Es realitzarà la instal·lació elèctrica interior d'usuari de l'habitatge tipus, la instal·lació del sistema de generació fotovoltaic i la unió entre ambdues instal·lacions, per a cada instal·lació estudiada, també es realitzarà el càlcul i instal·lació del sistema de posada terra. Per al segon model



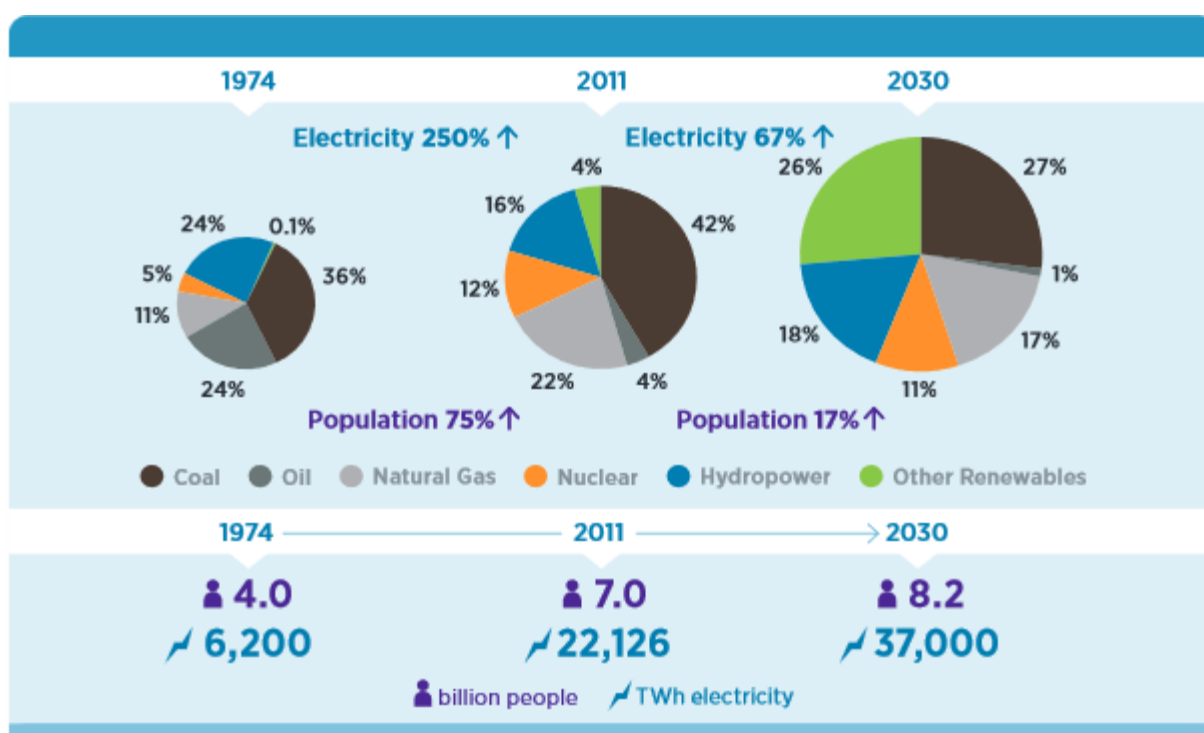
d'instal·lació, es partirà del mateix model d'habitatge utilitzat en el primer cas, on la instal·lació elèctrica interior serà igual per als quatre habitatges (no així, la demanda d'energia elèctrica), en aquest cas, es dimensionarà i calcularà una nova instal·lació pel sistema fotovoltaic, que serà comú per als quatre habitatges.

Es valorarà, en l'aspecte econòmic i d'emissions, la instal·lació d'un grup electrogen (en els dos models), per comprovar si es pot reduir el dimensionat del sistema d'acumuladors que és una de les parts més importants d'aquest tipus d'instal·lacions. També cal destacar, que s'estudiaran les diferents opcions d'instal·lació dels elements del generador per minimitzar seccions, distàncies i caigudes de tensió.

## 2 EVOLUCIÓ COSTOS DIRECTES DE LES INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES

Actualment, la generació d'energia elèctrica utilitzant les energies renovables, requereix una inversió inicial important, però cal destacar, que els darrers anys, s'ha produït un descens en els preus dels equips que conformen el conjunt per la captació, transformació, tractat i emmagatzemat de l'energia.

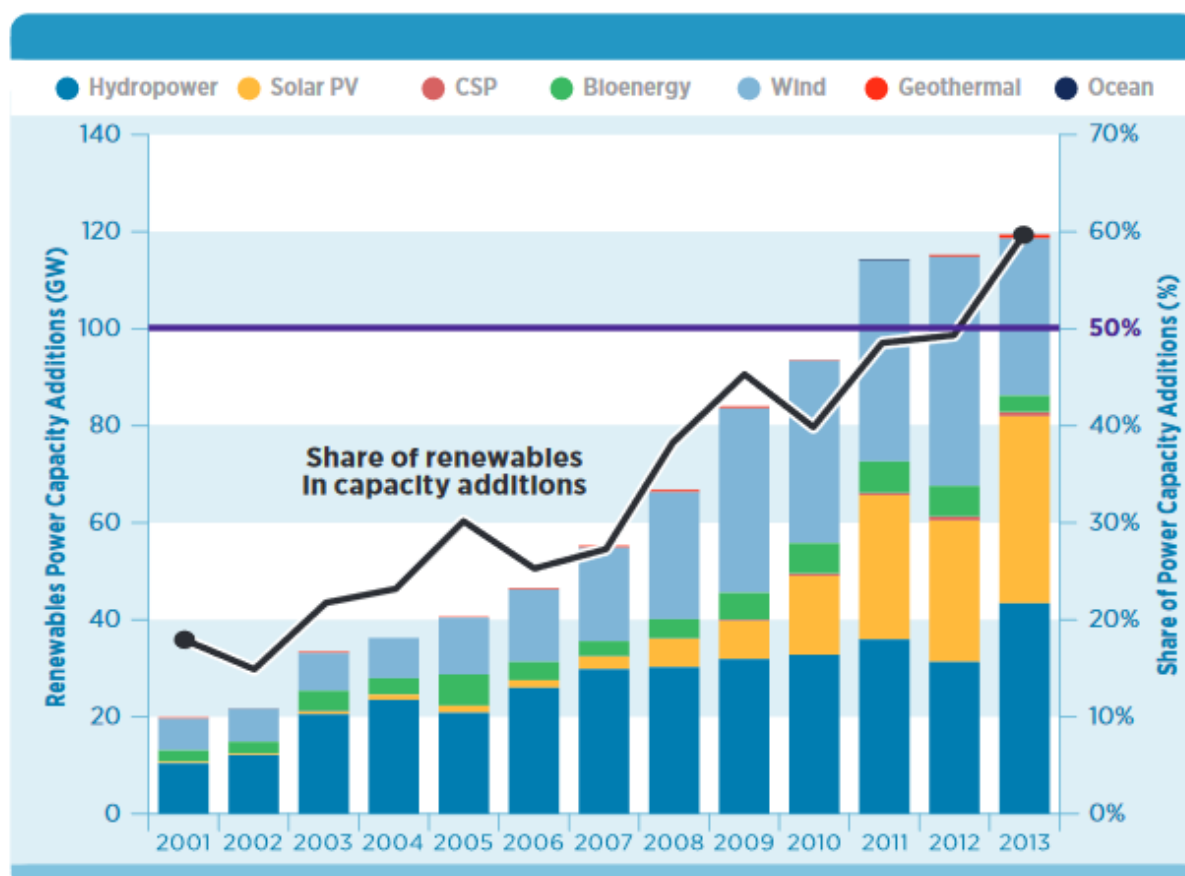
El constant creixement de la població, a nivell mundial, i l'augment de l'ús d'equips elèctrics i electrònics en major mesura, ha provocat un augment considerable en el consum d'energia elèctrica. La tendència en la progressiva reducció de l'ús de combustibles fòssils es fa patent en els darrers anys, deixant veure el constant augment de l'ús de les energies renovables. Tal com es pot veure al gràfic següent, es recull el consum d'energies per a producció elèctrica a nivell mundial a partir del 1974, on existia una població de 4 bilions de persones i una generació de 6.200 TWh d'energia elèctrica, amb dades de 2011, la generació d'energia elèctrica va augmentar fins a un 250%, assolint valors de 22.126 TWh.



Gràfic 1. Generació d'electricitat i població mundial, IRENA, RETHinking 2014.

Davant de l'augment del consum d'energia elèctrica, i la conscienciació de la població en relació a la protecció del medi ambient, com s'ha pogut observar, les energies renovables prenen una certa importància, que, es preveu augmenti de forma molt rellevant en els pròxims 15 anys. De forma més concreta, podem observar en la següent figura, l'evolució de la potència instal·lada a

nivell mundial en una franja de 13 anys, quedant patent, que amb el pas dels anys creix de forma exponencial, passant d'un 19 a un 60 % de capacitat de l'any 2001 a l'any 2013.



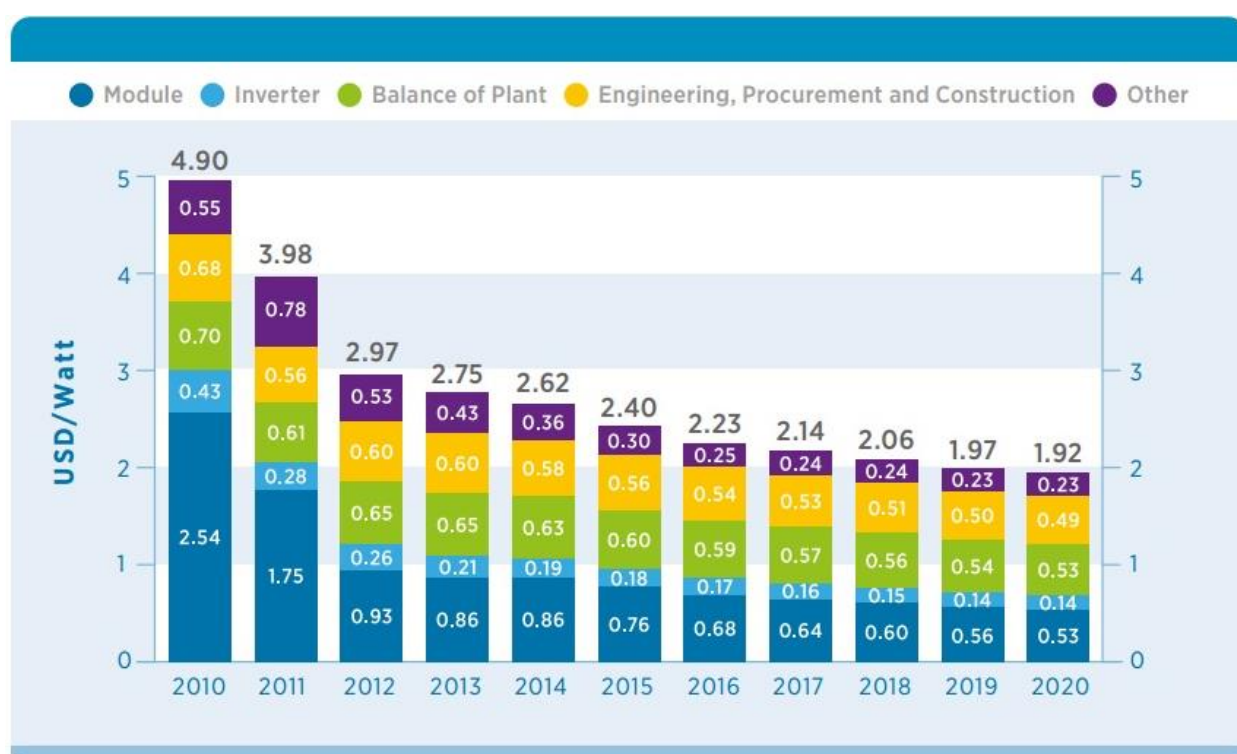
Gràfic 2. Evolució de la potència instal·lada per tecnologies, IRENA Rethinking 2014.

Com es pot veure, l'energia solar fotovoltaica (en groc) pren una gran importància a nivell mundial, representant gairebé un 20% de la capacitat instal·lada. Cal destacar, que segons l'estudi Rethinking, IRENA 2014, el període 2014 - 2015, es va produir l'augment més important de capacitat de generació a partir d'energies renovables, en aquest cas a Europa. És per tots aquests fets, que podem contrastar la important disminució que s'està produint i que es preveu es produirà, en relació al cost de les instal·lacions fotovoltaïques.

De forma més concreta, podem comparar el cost d'una instal·lació fotovoltaica, amb tots els elements que el conformen, essent aquests, mòduls fotovoltaics, inversor, disseny i construcció, i per últim en la categoria altres, tota la resta de materials necessaris com són cablejats i aparells de protecció. En aquest cas, podem veure una comparativa del cost d'un Watt de generació en dòlars de 2010 a 2020, on podem veure un important descens en totes les parts. Inicialment, ens centrarem en la franja de 2010 a 2014, ja que es basen en dades reals.

Podem observar la important baixada del preu sobretot dels mòduls fotovoltaics (que comentarem més endavant), també de l'inversor que passa de 0,43 a 0,19 USD/Watt. A més, es basa en les dades dels últims anys per fer una previsió de l'evolució dels preus i costos de les instal·lacions fotovoltaiques fins a l'any 2020. Queda patent aquesta tendència a la baixa del cost global de les instal·lacions.

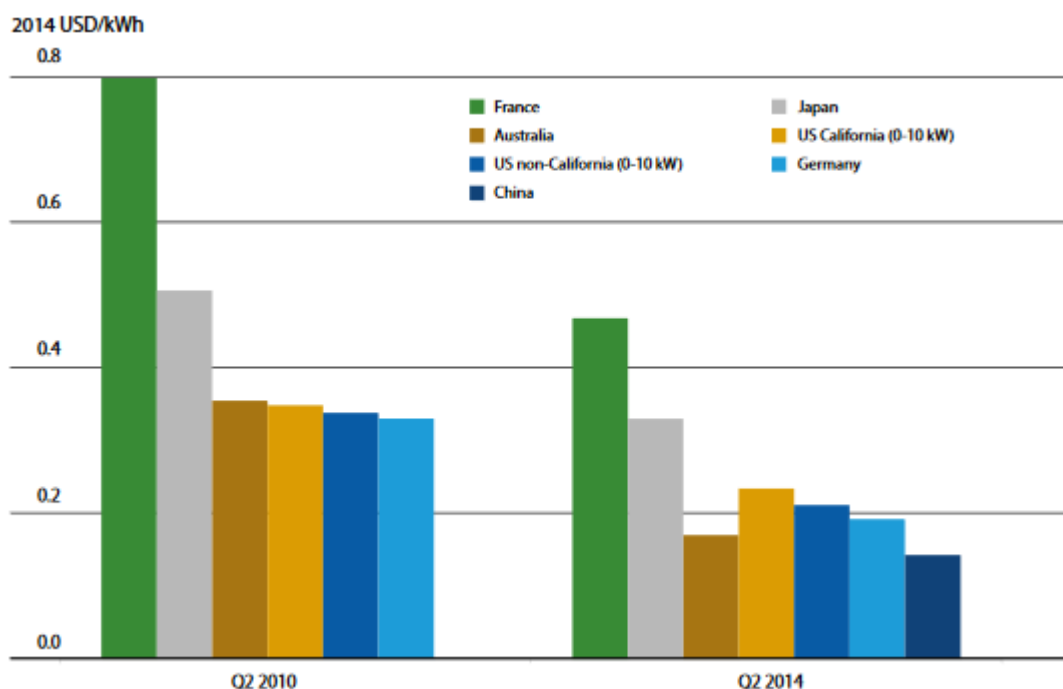
Evidentment, aquest descens del preu és finit i a curt termini (d'entre 5 i 10 anys), aquesta variació serà gairebé inexistent, donant pas a una estabilitat en els preus.



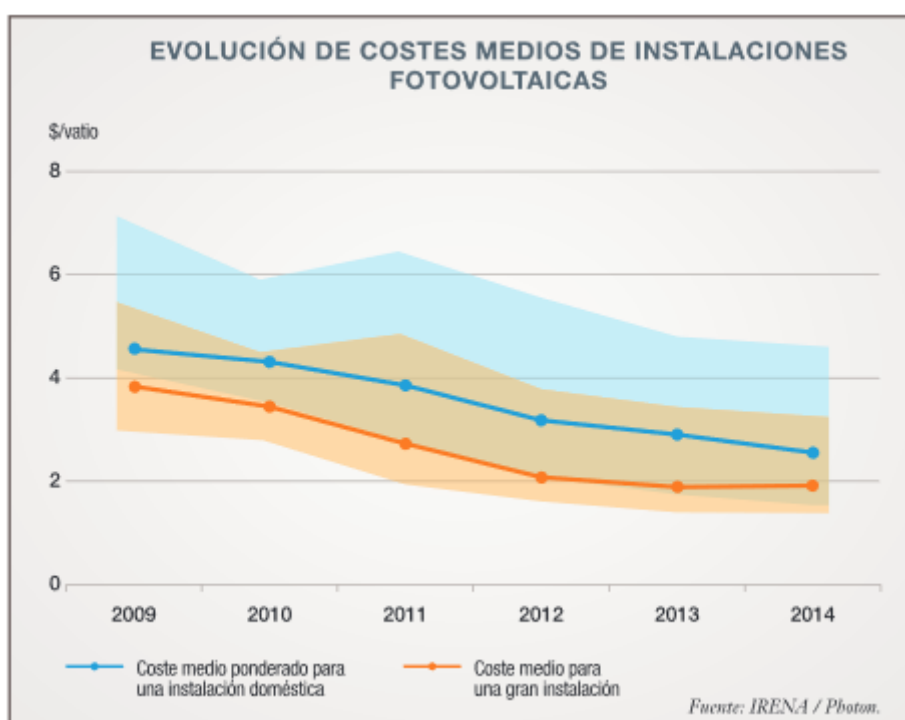
Gràfic 3. Evolució dels costos dels sistemes fotovoltaics, IRENA Rethinking 2014.

Si bé l'anterior gràfic engloba tots els sistemes de generació tant en l'àmbit industrial com domèstic, i de forma global, es disposa d'estudis que concreten el cost de l'energia per ús domèstic o residencial de diferents països.

En aquest cas analitzarem els països més propers a Espanya que són França i Alemanya, en la franja dels anys de 2010 a 2014.



Gràfic 4. Evolució dels costos de sistemes solar fotovoltaics per usos residencials, IRENA Renewable power generation costs in 2014.



Gràfic 5. Evolució de costos de les instal·lacions fotovoltaïques, UNEF, informe anual 2016, El tiempo de la energía solar fotovoltaica.

Podem observar clarament, que es repeteix la disminució important vista al Gràfic 4, passant de 0,80 a 0,45 USD/kWh en el cas de França i de 0,37 a 0,18 USD/kWh en el cas d'Alemanya.

Es important destacar també, la importància que pren en la disminució dels costos, l'evolució en les tecnologies de captació, tractament, i acumulació de l'energia dels darrers anys. Un clar exemple en són els mòduls fotovoltaics en primer terme. Actualment es disposa de mitja dotzena de tipus de mòduls fotovoltaics, amb diferents rendiments i materials que els confeccionen. Podem observar, un catàleg del 1975, amb el que queda altament contrastat el salt qualitatiu que s'ha produït en aquests equips.

Year	1974	1977	1982	1983	2011
\$/Wp	\$35.00 <sup>a</sup>	\$27.60 <sup>b</sup>	\$13.85 <sup>c</sup>	\$12.48 <sup>d</sup>	\$2.13 <sup>e</sup>

Taula 1. Catàleg preus mòduls fotovoltaics 1974-2011 . Sun above the orizon, Metheoric rise of the solar energy, Peter F. Varady.

Podem contrastar que, per un mòdul de 35 watts pic, es podia arribar a pagar l'equivalent a uns 1.200 €, per exemple, en el catàleg que es mostra a continuació.

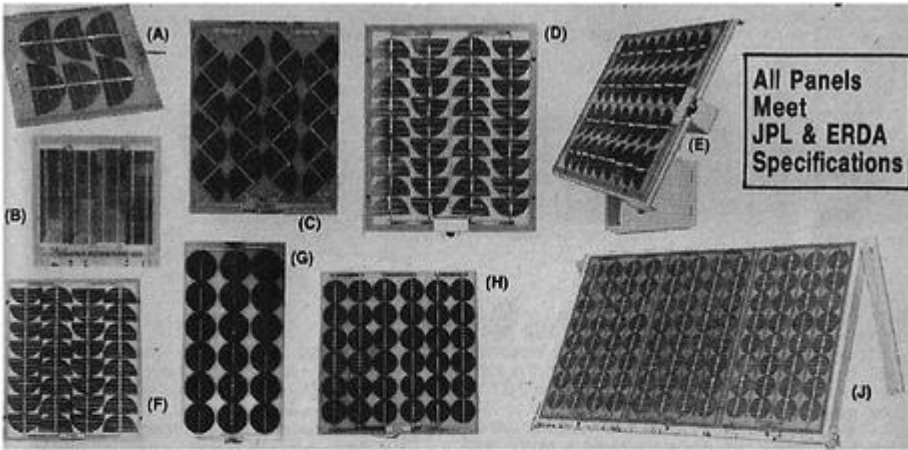
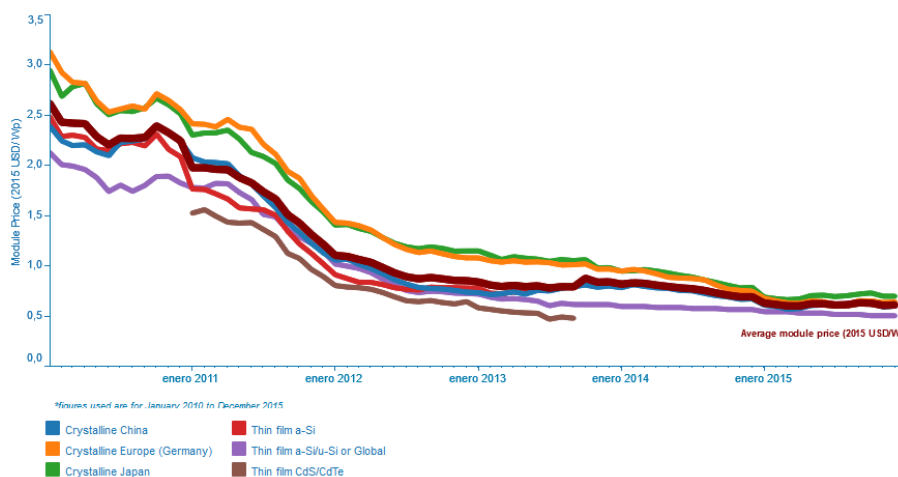


Photo.	Stock No.	Cell Size	No. of Cells	Panel Voltage	Panel Ma	Panel Wattage	Panel Size	Price Ppd.
A	42,312	2 1/4"	6	1.5	280	1 1/2	4 1/2 x 5"	\$ 44.95
B	42,311	4 x 2"	32	6/12	80/40	1/2	4 x 4"	89.95
C	72,281	2 1/4"	32	12	150	2	7 x 8.5	89.95
D	72,068	2 1/4"	32	12	300	3.5	10 x 11"	169.95
E	72,070	2 1/4"	36	14.7	300	4	10 x 12"	249.95
F	72,123	3"	32	12	600	7.5	13 x 14"	289.95
G	72,194	3"	18	7	1300	9	10 1/2 x 20"	355.00
H	72,125	2 1/4"	36	14	700	10	15 x 16"	395.00
I (Like H)	80,249	3"	36	14 1/2	1300	20	20 x 20"	650.00
J	80,235	2 1/4"	96	12	1800	25	21 x 34"	950.00 T.C.C.
K (Like G)	80,256	4"	18	7	2100	18	14 x 27"	510.00
L (Like H)	85,264	4"	36	14	2100	36	27 x 27"	995.00 T.C.C.

Figura 1. Mòduls solars fotovoltaics del 1977, Edmund Scientific CatalogSun above the orizon, Metheoric rise of the solar energy, Peter F. Varady.

Aquesta reducció, a més dels motius exposats és degut a la constant evolució de les tecnologies de què disposem, al gran nombre de fabricants que existeixen actualment. En la gràfica següent, podem contrastar la varietat de tipus de mòduls que existeixen al mercat i l'evolució del cost de cada tipus.

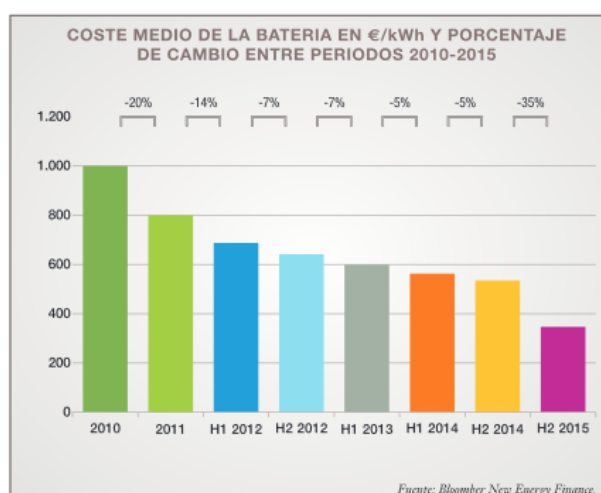


Gràfic 6. Costos dels mòduls fotovoltaics per tecnologies, IRENA Renewable power generation costs in 2014.

Novament, podem observar l'important descens que s'ha produït en els darrers anys, comparant les diferents tecnologies, es pot veure que tot i existir un salt important en els rendiments de cada tecnologia, el preu s'ha estabilitzat i igualat, facilitant així la instal·lació de mòduls amb tecnologies que permeten l'aprofitament més alt de l'energia solar, amb poca diferència de cost dels sistemes que ofereixen rendiments més baixos.

S'han comentat les importants reduccions dels preus de la majoria dels elements que conformen una instal·lació fotovoltaica, però, el darrer element és el que pren més importància en relació al cost de la instal·lació. Els acumuladors o bateries.

En aquest camp, recentment s'ha produït un punt d'inflexió, que ha revolucionat el mercat les bateries, els acumuladors de ió-liti. En un període de 5 anys, s'ha produït una reducció de fins al 62 % del preu de les bateries de ió de liti.



Gràfic 7. Cost mitjà dels acumuladors de liti en €/kWh i percentatge de canvi, UNEF, informe anual 2016, El tiempo de la energía solar fotovoltaica.

Amb aquestes dades, i amb la presència de múltiples empreses que contínuament estan desenvolupant noves tecnologies aplicades a les bateries destinades a instal·lacions fotovoltaïques domèstiques, podem tenir per segur que, el preu de les bateries seguirà baixant a curt termini, tal com ens estan mostrant empreses com LG, TESLA, AXITEC, VIVOLT etc, empreses que comencen a competir en el desenvolupament de bateries solars de ió de liti. A més, cal destacar, que a Catalunya, es subvencionarà l'ús de bateries d'ió de liti, per tal d'impulsar l'ús de les instal·lacions fotovoltaïques aïllades.

Com a conclusió de totes les dades exposades, queda patent la gran acceptació, i el gran creixement de l'ús de l'energia solar per subministrar energia elèctrica als habitatges, per reduir costos en la factura mensual, disminuir l'ús de combustibles fòssils, respectar el medi ambient i subministrar energia en zones on no es disposa de xarxa.

Utilitzar una instal·lació fotovoltaica és una inversió de futur, la reducció de preus dels materials està provocant un augment de la demanda d'aquests. Les tecnologies estan evolucionant de forma molt ràpida i augmentant cada cop més els rendiments de cada part de la instal·lació. La creixent demanda també està provocant que les empreses pioneres en el desenvolupament de tecnologies d'emmagatzematge d'energia ofereixin els seus productes de forma més competitiva, generant un important descens en les darreres innovacions.

Com hem vist, l'augment de demanda d'energia elèctrica, la constant innovació i la baixada de preus dels materials, ja no són una predicció sinó un fet constatat, però a més, totes les previsions indiquen que aquesta serà la dinàmica a curt o mitjà termini de l'evolució de les instal·lacions fotovoltaïques, que es posaran a l'abast de la població canviant la dinàmica actual i impulsant definitivament les energies renovables com a font principal de generació per ús domèstic sense necessitat d'estar connectats a la xarxa de subministrament elèctric, variacions del cost del kWh i la inestabilitat del mercat actual.



### 3 ELEMENTS PRINCIPALS

Les instal·lacions fotovoltaiques aïllades estan formades per, mòduls fotovoltaics, estructura de suport dels mòduls, regulador, inversor i acumuladors típicament. Com es veurà en la instal·lació objecte del projecte, aquesta tipologia varia, utilitzant un inversor directe (a portes del generador) i inversors de bateries o rectificadors, així com diferents tecnologies d'acumuladors.

#### 3.1 Captació Solar fotovoltaica

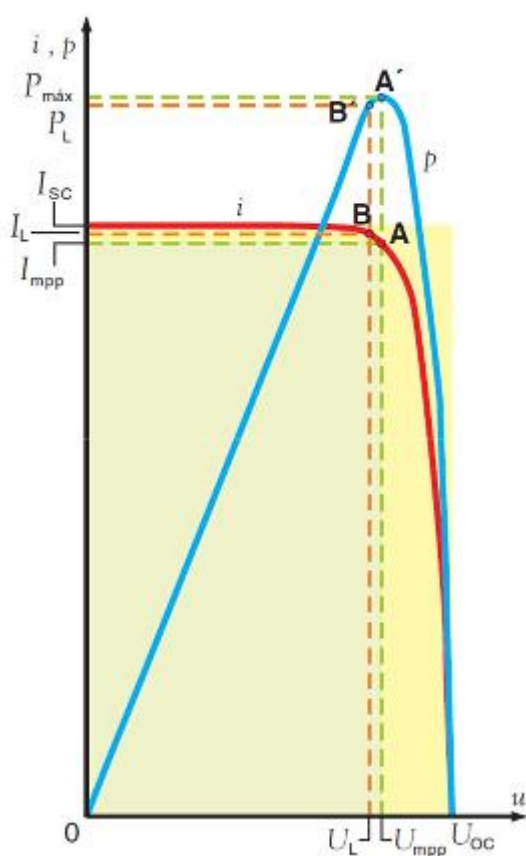
Els panells solars fotovoltaics daten d'entre 1839, on es va definir l'efecte fotovoltaic de la mà del Físic Alexandre Edmond Becquerel, el primer model es va crear el 1883 per Charles Fritts model que ofería un 1% de rendiment i el 1954 els laboratoris Bell Telephone descobreixen l'alta sensibilitat del silici davant la llum amb eficiències del 6%. A partir d'aquest punt, s'han desenvolupat diferents tipus de mòduls, fins arribar a rendiments del 28% amb unions triples (superiors al 40% en laboratori), que utilitzen Arsenuri de Gali (GaAs) i Germani (Ge) tecnologia utilitzada per les naus espacials principalment.

En l'actualitat, per aplicacions residencials, el material utilitzat en la confecció dels panells fotovoltaics és el silici, per les seves propietats i gràcies a l'abundància d'aquest material, fet que abarateix els costos.

Típicament, els mòduls estan formats per unions de diferents nombres de cèl·lules de silici amb un sol cristall o policristal·lí en talls de 10 x 10 cm i gruix de 300  $\mu\text{m}$ . Aquestes cèl·lules estan formades per una capa positiva (ànode) formada per una làmina de silici pur amb bor típicament, per aconseguir un dèficit d'electrons i una capa negativa (càtode) amb fòsfor, per obtenir un excés d'electrons. A partir de la unió P-N, de les dues làmines, en incidir la radiació solar, s'aconsegueix el desitjat corrent, el qual s'ha de canalitzar, això s'aconsegueix adherint una reixa metàl·lica a la part davantera, en forma de primes làmines per reduir al mínim la seva superfície i en la part posterior una làmina metàl·lica que recobreix tota la superfície. A més, es recobreix amb una capa antireflexiva per augmentar la captació de la radiació solar.

Un cop construïda la cèl·lula, se'n poden analitzar els seus paràmetres de funcionament, que són Intensitat de curtcircuit ( $I_{cc}$ ), Intensitat en punt de màxima potència ( $I_{pmp}$ ), Tensió de circuit obert ( $V_{co}$ ), Tensió en punt de màxima potència ( $V_{pmp}$ ) i potència pic ( $W_p$ ), coeficient de tensió-temperatura ( $\beta$ ) i coeficient de corrent-temperatura ( $\alpha$ ).

Cal destacar, que les condicions de màxima potència en les que els fabricants referencien la potència nominal, es donen quan es rep una radiació incident de  $1.000 \text{ W/m}^2$ ,  $25^\circ\text{C}$  i AM1,5 (condicions CEM). Els diferents valors de radiació fan variar la corba característica com és evident, però s'ha de tenir en compte que les cel·les de silici tractat, tenen una afectació important davant les variacions de temperatura. No tenir en compte aquesta variació pot provocar un dimensionament erroni de la instal·lació, amb conseqüències greus en el subministrament de l'energia. Per tant, cal conèixer aquests paràmetres per al correcte dimensionament de la instal·lació, els fabricants els recullen als catàlegs tal com es mostra seguidament.



Gràfic 8. Corba característica I-V dels mòduls fotovoltaics. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

Els paràmetres més rellevants per l'anàlisi tècnic dels mòduls fotovoltaics són:

$I_{sc}$  intensitat de curtcircuit en Amperes, utilitzada per comprovar el funcionament en condicions de seguretat del regulador càrrega, seccions de cablejat i proteccions.

$U_{oc}$  tensió de circuit obert en Volts, utilitzada per l'elecció del regulador i tensió del sistema.

$U_{mpp}$  tensió en el punt de màxima potència en Volts, valor utilitzat per l'elecció del regulador de càrrega.

$I_{mpp}$  corrent en el punt de màxima potència en Ampers, valor utilitzat per l'elecció del regulador de càrrega.

$P_{max}$  la potència pic o màxima potència que pot oferir el mòdul en condicions CEM en watts quan el mòdul ofereix  $U_{mpp}$  i  $I_{mpp}$ , s'utilitza pel dimensionament de la instal·lació en relació a la cobertura de potència necessària.

Un cop units tots els mòduls necessaris, podem parlar de generador fotovoltaic, i es treballa amb els paràmetres següents:

$I_{Gsc}$ , Intensitat de curtcircuit del generador (A).

$U_{Goc}$ , tensió de circuit obert del generador (V).

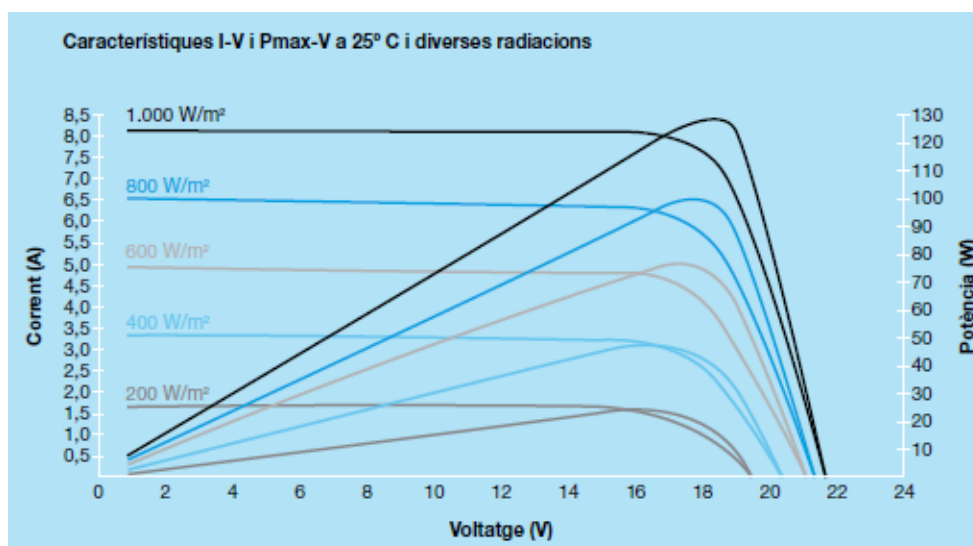
$U_{Gmpp}$ , tensió en el punt de màxima potència del generador (V).

$I_{Gmpp}$ , intensitat en el punt de màxima potència del generador (A).

$P_{Gmax}$ , potència màxima del generador (W).

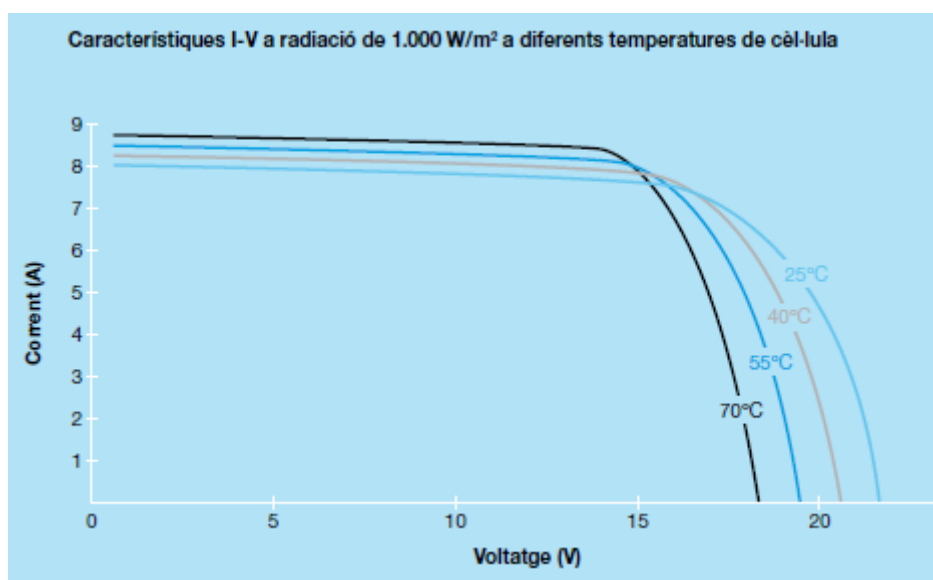
La cobertura solar al llarg del dia no és constant, i com s'ha dit, les característiques tècniques dels panells s'ofereixen en condicions CEM, radiació de  $1.000 \text{ W/m}^2$  a  $25^\circ\text{C}$  i  $1,5 \text{ AM}$ , però la variació de radiació que es produeix té una afectació directa en la potència final que ofereix el mòdul, tal com es pot veure en la gràfica següent, exemple per un mòdul de  $130 \text{ W}$  pic.

Es pot observar que, a menor radiació solar menor potència ofereix el mòdul, amb  $400 \text{ W/m}^2$  el mateix mòdul ofereix  $45 \text{ W}$  aproximadament, per aquest fet, en el procés de càlcul es treballa amb les hores solar pic HSP, que és el temps equivalent al llarg d'un dia amb una radiació de  $1.000 \text{ W/m}^2$ .



Gràfic 9. Corba característica I-V segons radiació solar. Institut Català de l'energia, Quadern pràctic nº4.

Un dels paràmetres que també té una incidència directa en el càlcul de les instal·lacions fotovoltaïques i que es sol menysprear és l'afectació dels paràmetres per la temperatura de la superfície de captació. Tal com es pot veure en la gràfica disposada a continuació la temperatura provoca una variació rellevant en els paràmetres de tensió i intensitat, i en conseqüència de potència.



Gràfic 10. Corba característica I-V segons temperatura. Institut Català de l'energia, Quadern pràctic nº4.

Per aquest motiu, s'ofereixen els paràmetres identificats amb  $\alpha$  i  $\beta$ . El paràmetre  $\alpha$  indica la variació de la intensitat en funció de la temperatura en  $\%/^{\circ}\text{C}$  o en  $\text{mA}/^{\circ}\text{C}$ , aquest valor serà positiu,

ja que l'augment de la temperatura provoca un augment d'intensitat, és un aspecte important per no superar la intensitat màxima del regulador. El paràmetre  $\beta$  indica la variació de la tensió en funció de la temperatura en  $\%/^{\circ}\text{C}$  o en  $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ , aquest valor serà negatiu, ja que l'augment de la temperatura provoca una disminució de la tensió, en aquest cas es comprova en valors màxims positius i màxims negatius per tal d'assegurar que la tensió mínima del regulador és menor que la tensió mínima que pot oferir el generador fotovoltaic i que la tensió del regulador és major que la màxima que pot oferir el generador.

Un cop construïda la cèl·lula, aquesta ofereix aproximadament 0,5 V i entre 1 i 2 W, en funció de la mida. És per això que s'han d'unir per tal d'aconseguir una potència major. Aquesta connexió es realitza en sèrie unint amb una làmina conductora la part positiva amb la negativa successivament.

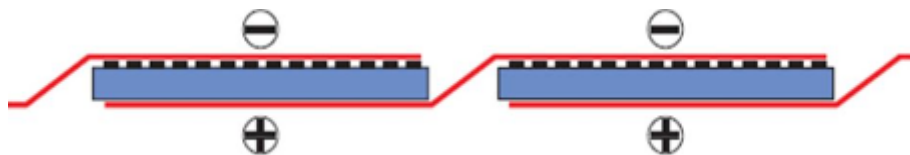


Figura 2. Connexionat cel·les de silici. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

La unió de diferents nombres de cèl·lules forma un mòdul, normalment s'uneixen 36, 72 o 92 cel·les, formen un mòdul, que arriba a tensions de 12 V i 24 V respectivament. Cal tenir en compte però, que es poden produir ombres parcials sobre la superfície dels mòduls, en aquest cas, la cèl·lula treballaria com a receptor, dissipant l'energia en forma de calor i produint un corrent invers que podria malmetre el funcionament de tot el mòdul. Una possible solució seria instal·lar díodes de pas a cada cel·la per evitar els corrents inversos, anul·lant d'aquesta forma la cel·la que rep l'ombra únicament en el moment de l'ombra. A efectes pràctics però, per raons econòmiques, s'instal·len díodes de pas cada cert grup de cel·les en sèrie, normalment dividint en 2 el nombre de cel·les.

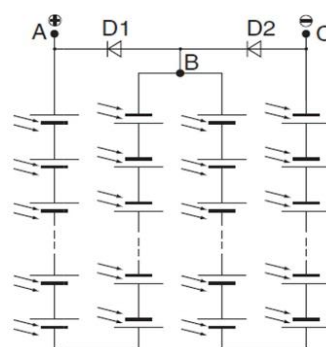


Figura 3. Utilització de díodes de bloqueig dels mòduls fotovoltaics. CASTAÑER MUÑOZ, L., Energía solar fotovoltaica, 1994.

Una agrupació de cel·les forma un mòdul, una agrupació de mòduls en sèrie forma una cadena i una agrupació de cadenes en paral·lel formen un generador fotovoltaic.

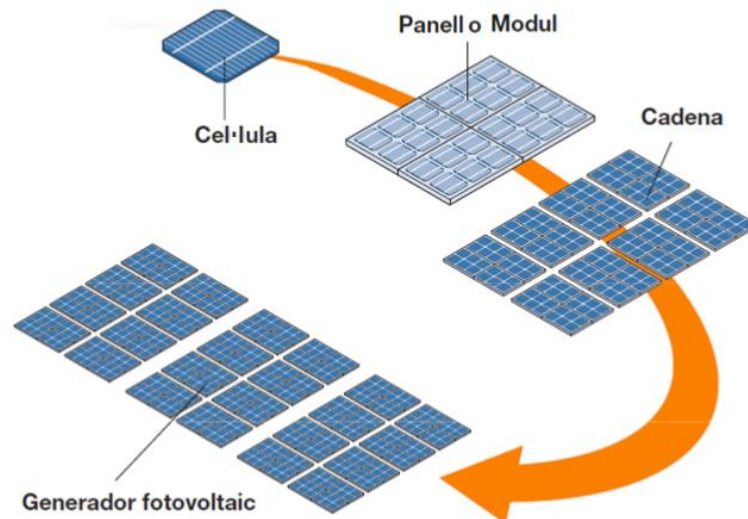


Figura 4. Construcció Generador Fotovoltaic. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

Com s'ha comentat, es confeccionen mòduls amb diferents materials i construccions, darrerament s'ha generat una cursa tecnològica per desenvolupar panells amb rendiments més alts però per aplicacions típiques s'utilitza el silici en tres tipologies.

Silici monocristal·lí, d'estructura uniforme, amb una eficiència alta d'entre 15 i 18 % en condicions CEM, amb els que es gasta molta energia en la seva construcció i són amb diferència, els més cars. Principalment s'utilitzen en zones on s'hi presenten problemes d'espai.

Silici policristal·lí, és el tipus més utilitzat, estructura cristal·lina no uniforme, amb un rendiment d'entre el 12 i el 15 %, la relació entre cost i rendiment és més ajustada i no necessita una elevada energia per la seva construcció.

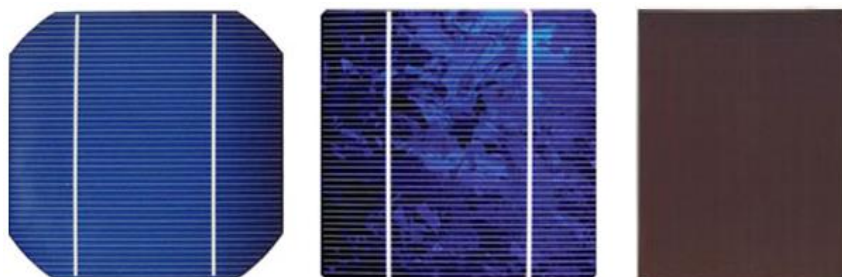
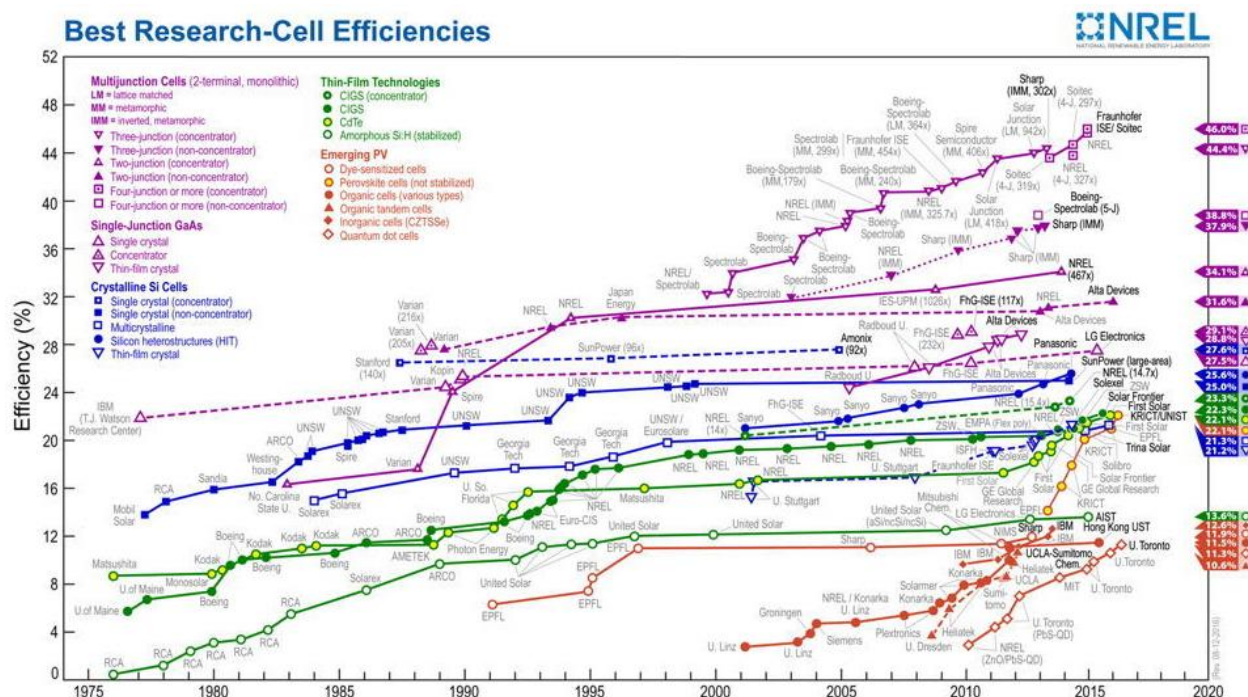


Figura 5. Estructura cel·les, monocristal·lina, policristal·lina i amorfa.

En el tercer cas, mòduls de silici amorf, en aquest cas tenen una estructura no cristal·lina, presenta una major degradació de potència amb el temps, rendiments d'entre 6 i 9 %, baix cost de fabricació. Cal destacar que darrerament s'han introduït nous materials com la capa fina de coure, indi i seleni (CIS), o coure, indi, gal·li i seleni (CIGS) i cadmi amb tel·luri (CdTe).



Gràfic 11. Eficiències de les cèl·lules fotovoltaïques. NREL National renewable energy laboratory 2014.

Es pot observar un recull en la taula anterior dels rendiments assolits fins al 2016 en les diferents tecnologies existents actualment, deixant clar, que els rendiments actuals augmentaran de ben segur, i esmentant per últim, el material Perovskite, amb el que ja s'ha començat a investigar assolint rendiments del 30 % reals amb un cost més baix que el silici, i que es preveu que serà la gran revolució en el sector dels panells solars.

En aquest cas, treballarem amb mòduls de silici policristal·lí, per la relació rendiment-preu que ofereixen i tenint en compte que disposem d'espai suficient a la coberta inclinada per un gran nombre de captadors.

### 3.2 Inversors

L'inversor, es l'element encarregat de transformar el corrent continu subministrat pels generadors fotovoltaic a corrent altern per al subministrament a la instal·lació interior d'usuari. Existeixen

inversors per a diferents tipologies d'ús en les instal·lacions fotovoltaïques. Inversors directes, que s'instal·len directament a portes del generador i inversors que parteixen del regulador de tensió que poden ser amb carregador o sense per poder connectar un grup electrogen o altres sistemes de generació auxiliar.

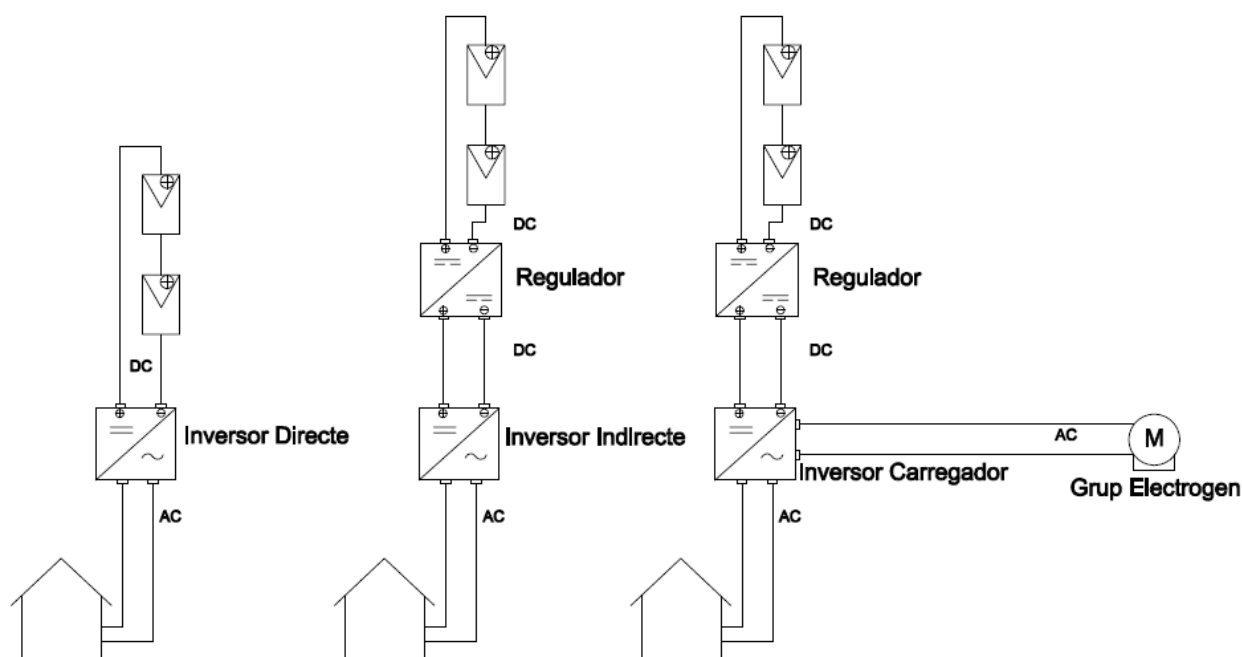


Figura 6. Esquemes bàsics tipus d'inversors fotovoltaics.

L'inversor a de transformar la tensió del generador o tensió del sistema en corrent continu que dependrà de la tensió aconseguida pels acumuladors o per altra banda per la tensió aconseguida amb el mateix generador fotovoltaic, a 230 V de corrent altern per aplicacions domèstiques. Per aplicacions amb consums baixos (menys de 5 kW de potència instal·lada), s'utilitzaran inversors monofàsics i per potències més elevades (més de 10 kW) inversors trifàsics.

L'inversor fotovoltaic regula l'ona de tensió del mateix inversor variant l'angle de fase mitjançant la tècnica PWM per diferents ones de sortida, quadrada (únicament per càrregues resistives pures), quadrada modulada (càrregues resistives com enllumenat i petits motors), ona sinusoïdal pura (per alimentació de vivendes on s'hi troben equips electrònics), ona trapezoïdal (en un punt mitjà entre quadrada i sinusoïdal pura).



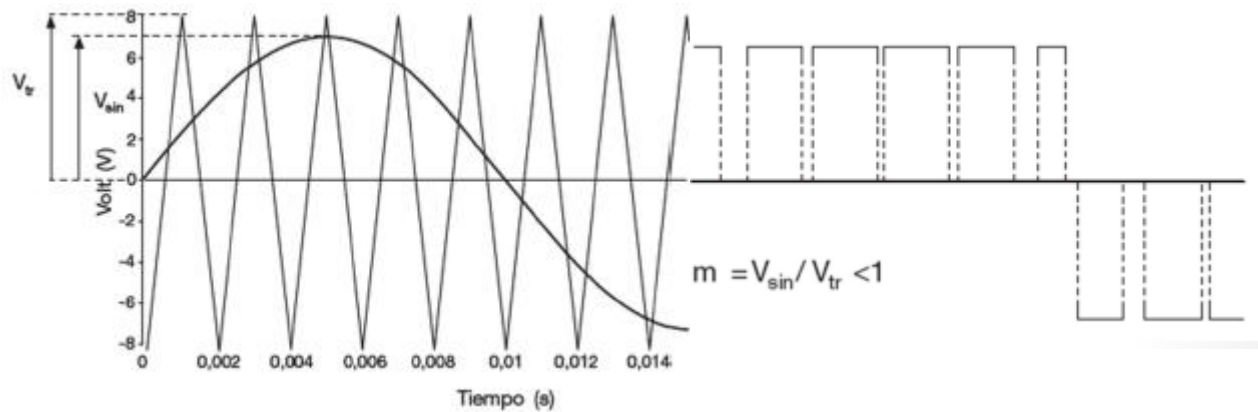


Figura 7. Ona modulada PWM. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

En aplicacions domèstiques, la característica que es busca en l'inversor és proporcionar la tensió en corrent altern d'una forma constant, tot i la gran variabilitat de producció del generador, o els canvis entre generador i sistema d'acumulació davant de la demanda de càrrega.

Els paràmetres a tenir en compte a l'hora d'escollir un inversor són:

La tensió d'entrada del costat de CC que ha de coincidir amb la tensió del sistema d'acumuladors i sortida del regulador.

Potència nominal (que serà la potència que pot subministrar de forma continuada i per tant la potència de la instal·lació interior).

Capacitat de sobrecàrrega (tenint en compte els electrodomèstics que en la seva engegada poden arribar a doblar la potència en intervals molt curts de temps).

Forma d'ona de sortida, sinusoidal i sinusoidal pura.

Rendiment, establirà la potència real de subministrament, rendiments d'entre 90 i 98%.

Una de les característiques a valorar també, és si són o no seguidors del punt de màxima potència (MPPT). Aquesta característica és molt rellevant, ja que s'aconsegueix augmentar de forma molt important el rendiment del propi inversor. Es basa a ajustar en tot moment els valors (tensió i intensitat) d'entrada de l'inversor amb els valors provinents del generador, mitjançant un chopper anomenat seguidor per tal d'aconseguir la major potència possible produïda pel conjunt de mòduls per al subministrament a la instal·lació interior.

MultiPlus	12 voltios 24 voltios 48 voltios	C 12/800/35 C 24/800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
PowerControl		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
PowerAssist		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Conmutador de transferencia (A)		16	16	16	30	16 ó 50	50
Funcionamiento en paralelo y en trifásico		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
INVERSOR							
Rango de tensión de entrada (V CC)		9,5 – 17 V		19 – 33 V		38 – 66 V	
Salida		Tensión de salida: 230 VAC ± 2%			Frecuencia: 50 Hz ± 0,1% (1)		
Potencia cont. de salida a 25 °C (VA) (3)		800	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida a 25 °C (W)		700	1000	1300	1600	2500	4500
Potencia cont. de salida a 40 °C (W)		650	900	1200	1450	2200	4000
Pico de potencia (W)		1600	2400	3000	4000	6000	10.000
Eficacia máxima (%)		92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío (W)		8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)		5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)		2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
CARGADOR							
Entrada CA		Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA		Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz		Factor de potencia: 1	
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)		14,4 / 28,8 / 57,6					
Tensión de carga de flotación (V CC)		13,8 / 27,6 / 55,2					
Modo de almacenamiento (V CC)		13,2 / 26,4 / 52,8					
Corriente de carga batería casa (A) (4)		35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70
Corriente de carga batería de arranque (A)		4 (solo modelos de 12 y 24V)					
Sensor de temperatura de la batería		sí					

Taula 2. Dades tècniques Inversors Victron sèrie Multiplus. Victron Energy, multiplus, 2017.

Per últim, per instal·lacions aïllades cal tenir en compte els autoconsums del propi inversor, en buit (sense càrrega), en mode d'estalvi d'energia i mode de cerca en buit.

Amb el requadre verd, podem observar els paràmetres que incorporen també els inversors-carregadors, els quals poden carregar les bateries mitjançant una font auxiliar com un grup electrogen. Proporcionen la tensió d'entrada, les etapes de càrrega de la bateria (absorció, igualació i flotació) i corrent de càrrega.

### 3.3 Acumuladors

Els sistemes aïllats, precisen d'acumuladors per tal d'emmagatzemar l'energia elèctrica generada pel conjunt dels mòduls per ser consumida en el moment que sigui necessari, en el cas que es produeixin llargs períodes de baixes radiacions, o evidentment a la nit, ja que l'aportació del sol serà zero.

En les instal·lacions aïllades, les bateries són l'element que pren més importància, ja que del seu correcte dimensionament en dependrà la continuïtat del subministrament i també són amb diferència l'element més car de la instal·lació.

Les normes tècniques DIN 40.736-1 o IEC 60.896-11, s'estableixen per tal de comparar les bateries i certificar els paràmetres establerts pels fabricants.

Per tal d'escollir de forma adequada un acumulador, és necessari conèixer amb precisió els paràmetres que ofereixen els fabricants, ja que d'altre forma, poden portar a un error de

dimensionament important, Les cases comercials, indiquen els valors de capacitat de les bateries, en Ah seguit amb la nomenclatura C més un valor numèric, per exemple C10. Aquesta nomenclatura sempre a de ser present amb les dades tècniques de la bateria, ja que aquest valor indica el temps de descàrrega total de la bateria en hores. Per tant, posant com a exemple, una bateria solar estacionaria de Gel, de la casa BAE Secura model 2PVV140, amb una capacitat de 121 Ah amb un règim de descàrrega C10, la traducció seria que la bateria pot oferir 121 Ah en una descàrrega de 10 hores de forma continuada. La mateixa bateria, amb un règim de descàrrega C100, ofereix una capacitat de 157 Ah, en 100 hores de descàrrega de forma continuada. A major velocitat de descàrrega, més ràpid es produeix la reacció química interior de l'acumulador, on es sulfata i es redueix la porositat produint una reducció de la capacitat de descàrrega o d'injecció d'energia.

Un cicle s'entén com el procés de càrrega i descàrrega complet, passant per totes les etapes necessàries per optimitzar el procés.

Com a conclusió, es pot afirmar que, a més velocitat de descàrrega, menys capacitat en pot oferir l'acumulador. Establir la relació entre els règims de descàrrega no és fàcil, ja que no es tracta d'una relació nominal, i per tant, es indispensable disposar de les dades que ofereix el fabricant per tal d'optimitzar al màxim la utilització de les bateries.

Type	C <sub>1h</sub>	C <sub>10h</sub>	C <sub>20h</sub>	C <sub>72h</sub>	C <sub>100h</sub>	C <sub>120h</sub>	C <sub>240h</sub>
U <sub>e</sub> V/cell	Ah	Ah	Ah	Ah	Ah	Ah	Ah
2 PVV 140	71	121	134	153	157	158	165

Taula 3. Règims de descàrrega bateria estacionaria. BAE solar 2PVV140.

L'IDAE, indica una cobertura mínima de 3 dies d'autonomia, això es tradueix en 72 hores. Per tant, es podria ajustar la capacitat necessària en Ah obtingut mitjançant els càlculs necessaris a aquest règim de descàrrega, però en el cas de vivendes, aquest punt és més complicat. En aplicacions domèstiques els consums són molt variables al llarg d'un dia i per tant durant la nit, on únicament funciona la nevera podríem parlar d'un règim de C240, mentre que al migdia i amb la rentadora en funcionament podríem estar treballant en un règim de C10 o C5. És per això que per aquest tipus d'aplicacions recomanem no superar el règim de descàrrega de C10 o C20.

Un altre paràmetre que cal explicar per dimensionar els acumuladors és la profunditat de descàrrega DOD. La profunditat de descàrrega és el valor en tant per cent (%) de l'energia que es pot extreure respecte el total o 100% de l'energia emmagatzemada, per tal de mantenir l'acumulador en les millors condicions de treball i complir amb la vida útil establerta pel fabricant.

Actualment existeix una gran varietat d'acumuladors, segons els materials de construcció, el comportament, les necessitats d'energia, el manteniment necessari, i el més rellevant, la vida útil. Entre aquestes coneixem les monobloc i les estacionaries, segons l'encapsulament. Però pel que fa a tecnologies es coneixen les AGM, OPzS, PVV , gel i de liti.

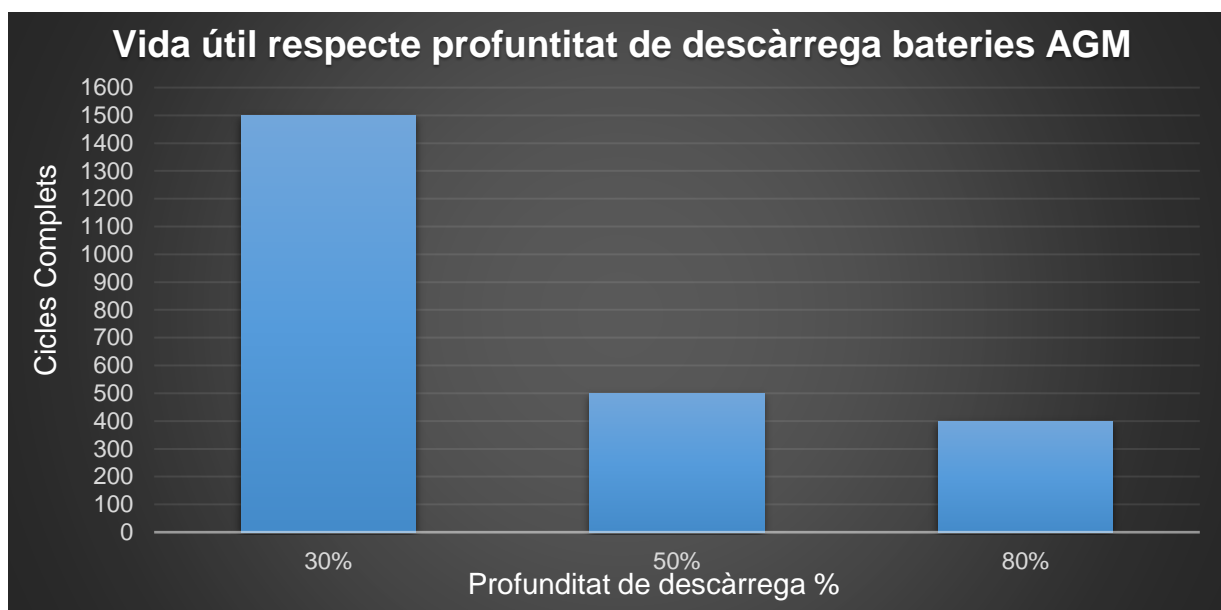
### 3.3.1 AGM

Aquestes bateries segellades les quals absorbeixen l'electròlit mitjançant uns separadors de fibra de vidre, a l'interior s'hi troba àcid sulfúric, però en aquest cas està impregnat als separadors utilitzant així una tecnologia similar a les bateries de gel. Són acumuladors que ofereixen en general 12 V i una capacitat d'entre 7 i 240 Ah. Ofereixen una alta intensitat de descàrrega i per tant també es poden utilitzar per a l'arrencada de motors. Són bateries de la família de les de Plom-àcid, amb la diferència que l'electròlit és absorbit per capil·laritat en una capa fina de fibra de vidre entre els elèctrodes per facilitar el contacte amb les plaques de plom.

L'ús d'aquestes bateries està acotat a molt petites instal·lacions fotovoltaïques, furgonetes o caravanes. Permeten el transport sense perillositat, ja que són molt poc sensibles a vibracions i no tenen problemes de vessaments, ja que originalment van ser dissenyades per avions, per tal d'augmentar la seguretat.

En referència a la capacitat de descàrrega, admeten fins al 80%, tot i que es recomana no superar el 30%.

Un cicle s'entén com el procés de càrrega i descàrrega complet, passant per totes les etapes necessàries per optimitzar el procés.



Gràfic 12. Profunditat de descàrrega bateries AGM. Dades Enersol T, Enersys, Exide, Hoppecke, Midac, Victrony i VR.

Com podem veure, amb una descàrrega del 30% s'assoleixen 1.500 cicles de vida útil, que en anys es fixa en un total de 4 anys aproximadament. Donat el cas en què no es produeixi un cicle al dia, com per exemple instal·lacions de cap de setmana, ofereixen una vida útil d'entre 7 i 10 anys treballant sempre a menys de 20°C.

Les bateries AGM no necessiten manteniment, ja que són bateries estanques, i disposen de la tecnologia VLRM, amb el que es poden emetre escapaments de gas en les vàlvules de seguretat en el cas que es produeixi una sobrecàrrega o alguna fallada en els components.



Figura 8. Aspecte acumulador AGM, Victron Energy.

### 3.3.2 Liti

Les bateries de liti, aquestes bateries són una revolució en el mercat d'instal·lacions fotovoltaiques juntament amb els vehicles elèctrics. Aquestes bateries Li-ion, utilitzen una sal de liti per aconseguir els ions necessaris per produir reaccions electroquímiques. S'ha generat una

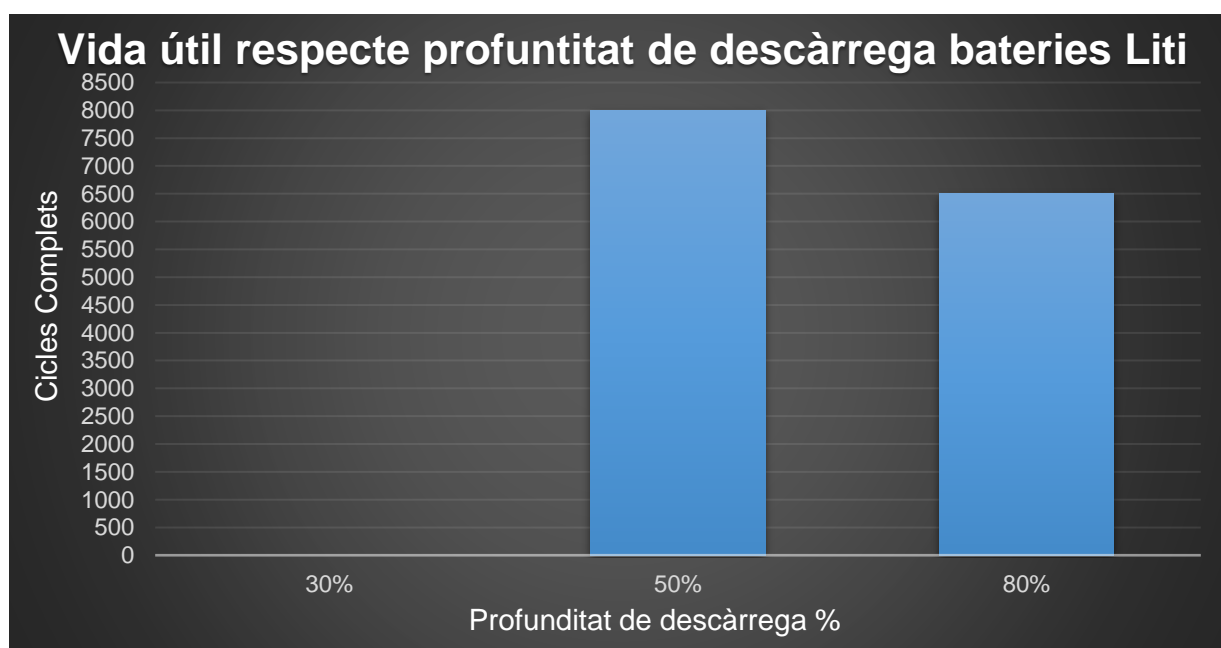
competició a nivell tecnològic pel desenvolupament de millors acumuladors de liti. Companyies com TESLA, Mercedes, Axitec, LG, Samsung, Fronius i un llarg etcètera han desenvolupat bateries amb unes característiques cada vegada millors.

Les bateries de liti tenen la durabilitat més alta del mercat, una auto-descarrega molt baixa, capacitats de descàrrega del 100% sense efecte memòria. Les bateries de liti es disposen en blocs que ofereixen una tensió d'entre 24 i 400 V, amb capacitats de 4 Ah fins a 190 Ah. Tot i ser un tipus de bateria que ofereix capacitats baixes de forma individual, les bateries de liti es poden connectar en paral·lel sense problemes, aconseguint sumar els valors de capacitat entre bateries idèntiques.

Actualment es disposa ja de diferents tipus de bateries d'ió de liti com LMO (liti manganese oxid) o LiFePO4 (lithium iron phosphate). Aquestes bateries no desprenen gasos i no necessiten cap manteniment en tota la seva vida útil, a més autoregulen la temperatura mitjançant ventilació activa.

L'ús d'aquestes bateries és tant per petits consums com per a molt grans consums, com ara grups de vivendes o aplicacions industrials.

Permeten descàrregues de fins al 92% de la capacitat de forma segura, tot i que típicament s'utilitza el 80 % per a la majoria de models.



Gràfic 13. Profunditat de descàrrega bateries Liti. Dades LG, Mercedes, Axitec Technologies.

La vida útil de les bateries de liti és la més alta del mercat actual, assolint els 10.000 cicles reals que es tradueixen en 27 anys de funcionament en les bateries LG, però típicament es treballa sobre els 6.000 o 8.000 cicles, 16 i 20 anys respectivament. La vida útil de les bateries de liti és de més de 20 anys, treballant a temperatures de 20°C aproximadament i la majoria disposa de ventilació activa amb la que auto-regulen la temperatura de treball òptima.

Les bateries de liti no necessiten cap manteniment, tot i que es recomana comprovar valors de tensió i corrent per part d'un especialista de forma anual.



Figura 9. Aspecte acumulador d'ió de liti, Victron Energy Lithim battery 24V/180Ah.

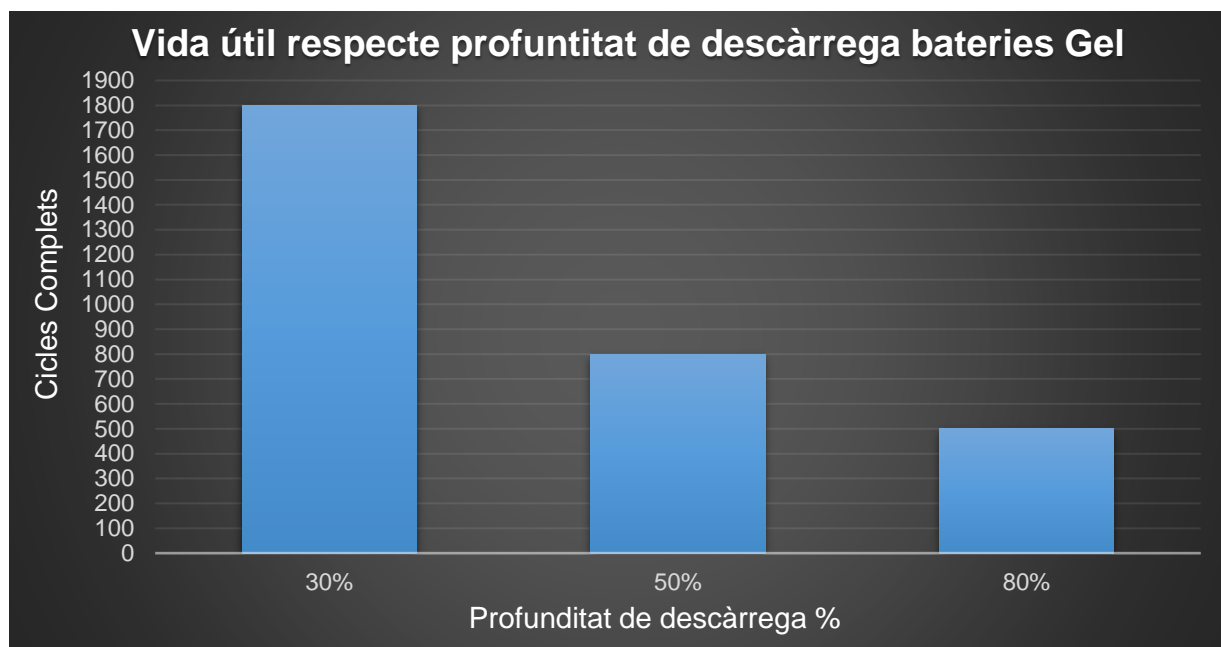
### 3.3.3 Gel

Les bateries de GEL, treballen de forma similar a les bateries de plom-àcid, en aquest cas, l'electròlit (àcid sulfúric), es troba en un estat de gel fet que es tradueix en una menor evaporació augmentant la vida útil de l'acumulador conjuntament amb més cicles de descàrrega.

Existeixen dos tipus de bateries de Gel, segons l'encapsulament. Bateries de gel Monobloc i bateries de Gel estacionaries.

Les bateries de gel Monobloc es disposen blocs de 12 V amb capacitats d'entre 15 i 240 Ah, en aquest cas, les prestacions d'aquesta bateria estan dissenyades de forma més específica per instal·lacions fotovoltaïques però de petita potència, i en cas de vivendes d'ús de cap de setmana, aquestes bateries presenten una auto-descàrrega molt baixa.

En relació a la capacitat de descàrrega, admeten descàrrega profunda de fins al 80% de capacitat, però es recomana no superar el 30 – 50% de la capacitat per tal de dotar la bateria d'una vida útil optima.



Gràfic 14. Profunditat de descàrrega bateries Gel. Dades Enersol T, Enersys, Exide, Hoppecke, Midac, Victrony i VR.

Com podem veure, amb una descàrrega del 30% s'assoleixen 1.800 cicles de vida útil, que en anys es fixa en un total d'uns 5 anys. Donat el cas en que no es produeixi un cicle al dia, com per exemple instal·lacions de cap de setmana, ofereixen una vida útil d'aproximadament 12 anys treballant sempre a menys de 20 °C.

Les bateries monobloc de gel no necessiten manteniment ja que són bateries estanques, i disposen de la tecnologia VLRM, amb el que es poden emetre escapaments de gas en les vàlvules de seguretat en el cas que es produeixi una sobrecàrrega o alguna fallada en els components.



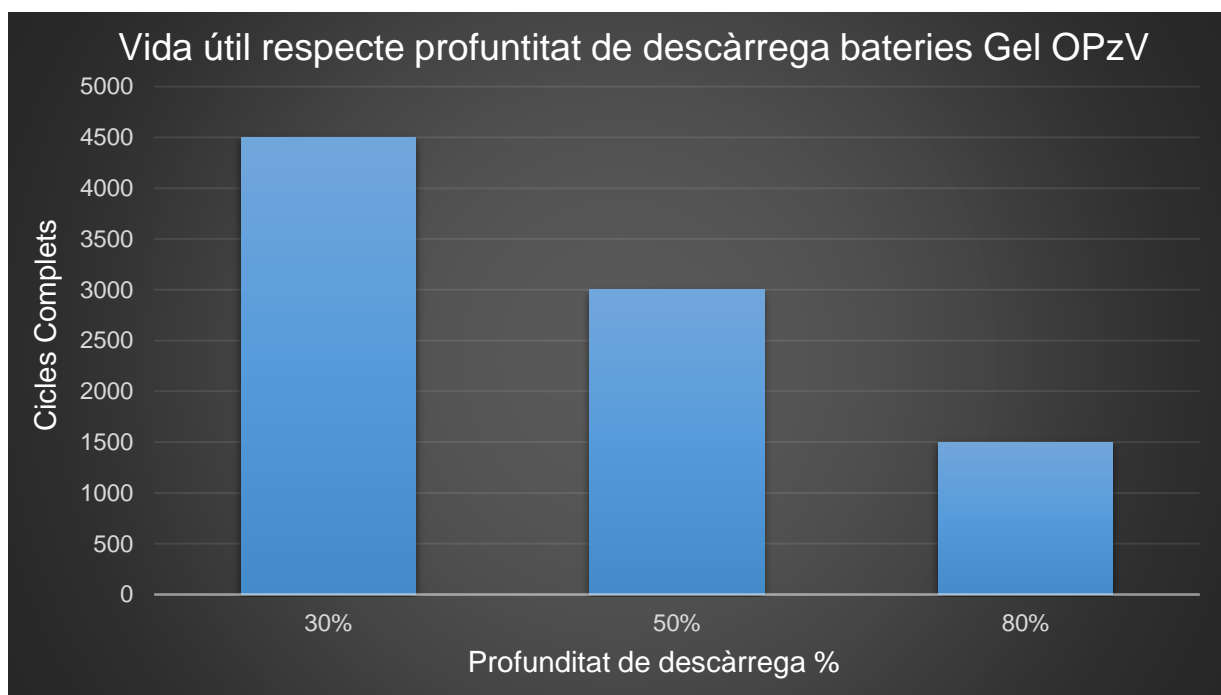
Figura 10. Aspecte bateria Monoblock Gel, Victron Energy.



La segona opció de bateries de gel són les Estacionaries de Gel, treballen amb un gel de sílice especial que submergeix el grup de plaques. També són de la família de plom-àcid amb tecnologia VRLA, per tant, no precisen manteniment i poden ser col·locades de forma horitzontal o vertical. El fet de ser estanques permet treballar al seu interior amb una pressió positiva que facilita la recombinació dels gasos generats aconseguint així que l'electròlit no s'evapori per tal de no haver de reposar amb aigua destil·lada. Se'n poden trobar de tipus OPzV de placa de plom tubular amb electròlit sòlid en forma de gel, o PVV de placa positiva tubular segellada amb electròlit de gel.

Aquests acumuladors es disposen en cel·les de 2 V i la capacitat es troba entre 200 i 3.500 Ah, essent el tipus d'acumuladors amb una major capacitat amb diferència de la resta d'acumuladors.

En aquest cas, la profunditat de descàrrega és d'un 80 %, recomanant una profunditat de descàrrega d'entre el 50 i el 60 % de la capacitat total. Per aquestes característiques es defineixen com un dels tipus d'acumuladors més adients per instal·lacions de potències mitjanes i grans.



Gràfic 15. Profunditat de descàrrega bateries Gel OPzV. Enersol T, Enersys, Exide, Hoppecke, Midac, Victrony y VR.

Com podem veure, amb una descàrrega del 50 % s'assoleixen 3.000 cicles de vida útil, que en anys es fixa en un total d'uns 8 anys, tot i que de forma específica, ja es disposa al mercat d'un model que ofereix més de 3.000 cicles amb una profunditat de descàrrega del 60% traduït a 8 anys de servei. Donat el cas en que no es produeixi un cicle al dia, com per exemple instal·lacions

de cap de setmana, ofereixen una vida útil d'aproximadament 20 anys treballant sempre a menys de 20 °C.



Figura 11. Aspecte acumuladors Gel OPzV. Victron Energy.

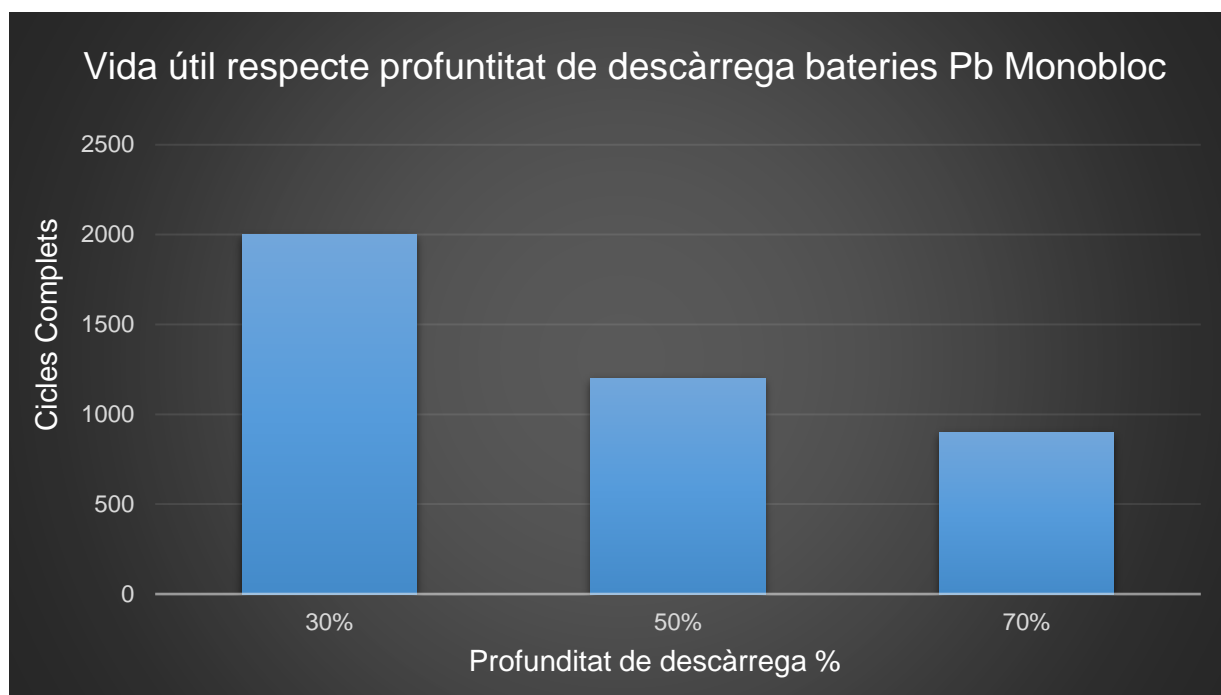
### 3.3.4 Plom-Àcid

Les bateries de plom àcid convencionals són els acumuladors més coneguts per les aplicacions fotovoltaïques, com veurem seguidament, d'aquesta base en parteixen les noves innovacions que han fet que darrerament, el seu ús hagi disminuït. Aquest tipus d'acumuladors es disposen en monblock o en cel·les estacionaries.

Les bateries monobloc de plom-àcid, estan dissenyades per consums baixos de forma continua al llarg de l'any. Precisen una recàrrega d'aigua destil·lada per tal de reincorporar l'electròlit que s'ha evaporat per la gasificació en la càrrega de la bateria i per tant, es necessària una bona ventilació en el lloc d'instal·lació.

Ofereixen tensions d'entre 6 i 12 V, amb una capacitat de 80 Ah a 800 Ah, aquestes bateries NO es poden connectar en paral·lel ja que es produeixen corrents entre bateries amb petites diferències en la resistència interna de la bateria, per aquest motiu s'utilitzen per instal·lacions petites ja que no es pot augmentar la tensió del sistema.

Les cases comercials fixen la vida útil d'aquestes bateries entre 7 i 10 anys amb unes bones condicions de temperatura, que típicament, no han de superar els 25 °C.



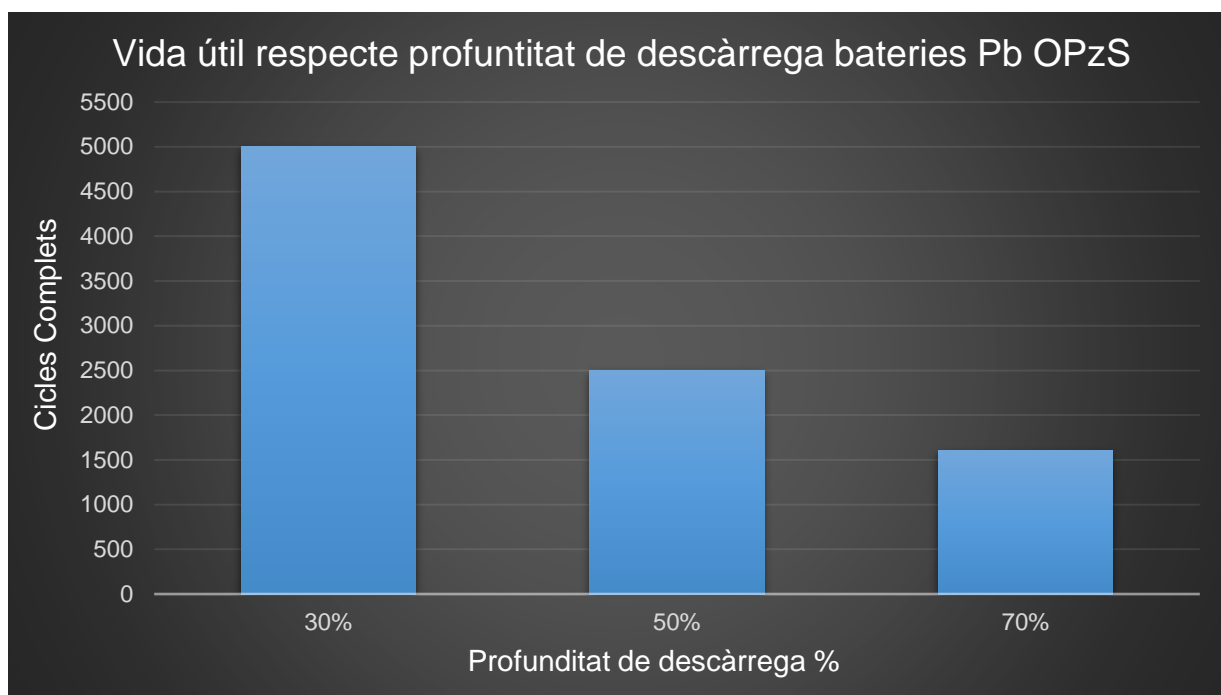
Gràfic 16. Profunditat de descàrrega bateries monoblock plom-àcid. Dades Enersol T, Enersys, Exide, Hoppecke, Midac, Victron i VR.

Com podem veure, s'assoleixen valors de fins a 2.000 cicles utilitzant una profunditat de descàrrega del 30%, que són 5,4 anys entenent un cicle complet al dia. Tot i que es pot arribar a utilitzar fins a un 80% de la capacitat de descàrrega, els fabricants ho desaconsellen per usos continuats durant tot l'any ja que s'assoleixen uns 800 cicles com a màxim, aproximadament 2 anys.

Per altre banda, trobem les bateries estacionaries OPzS que són bateries obertes, de placa tubular, per ús estacionari i continuat, preparades per consums d'energia mitjans i alts. Permetent descàrregues altes amb intensitats moderades. Per aquestes característiques s'utilitzen en vivendes aïllades d'ús ininterromput.

Aquestes bateries es presenten en cel·les individuals de 2 V cadascuna, amb capacitats de 100 fins a més de 4.000 Ah, constituint així un dels acumuladors amb més capacitats de descàrrega i per tant per consums de vivendes alts i molt alts.

Amb unes bones condicions de temperatura, els fabricants asseguren una vida útil de 4 a 10 anys, depenen de la profunditat de descàrrega 80 % a 50 % respectivament.



Gràfic 17. Profunditat de descàrrega bateries plom-àcid OPzS. Dades Enersol T, Enersys, Exide, Midac, i VR.

Les bateries estacionaries de plom-àcid, permeten cicles de descàrrega amb una profunditat de fins al 80 % de la capacitat sense problemes, oferint 1.500 cicles de vida útil, aproximadament 4 anys. Tot i que no es recomana sobrepassar en les bateries de plom àcid el 50 % de descàrrega de forma continuada, assolint els 2.500 cicles que són gairebé 8 anys.

Les bateries de plom-àcid convencionals, requereixen de manteniment afegint electròlit i emeten gasos, per tant s'han d'instal·lar en recintes ventilats i protegits. A més, aquestes bateries són molt sensibles quan no es realitzen càrregues completes disminuint la seva vida útil i és recomanable realitzar càrregues d'equalització.



Figura 12. Aspecte bateria solar plom-àcid OPzS, Classic 2V cell.

### 3.3.5 Com escollir, resum d'avantatges i inconvenients

Tot i la informació de la qual es disposa, es fa difícil escollir un tipus de bateria o acumulador adient, per aquest fet, es confecciona una taula resum de les característiques de cada acumulador.

Tipus Acumulador	Descripció	Avantatges	Inconvenients
AGM	Acumuladors monobloc de 12 o 24 V, de plom-àcid, segellada.	Sense manteniment, descàrrega ràpida d'intensitat, poc sensible a les vibracions, càrrega ràpida.	Per petites instal·lacions com caravanes o vaixells, poc estables en descàrregues lentes, descàrregues recomanades no superiors al 30% DOD (1.500 cicles). Cost de l'acumulador més alt que les no segellades.
Liti	Bateries d'ió de liti, ofereixen tensions de 24 i 48 V.	Més de 6.000 cicles, més de 20 anys de vida útil, no manteniment, profunditats de descàrrega entre 80% i 100% DOD, proteccions incloses, Possibilitat de connexió en paral·lel, Energia pes 110-160 Wh/kg.	Inversió Inicial molt elevada, Baixa capacitat Ah, Molt sensibles a la temperatura.
Gel Monobloc	Bateries monobloc de 12 o 24 V, de plom-àcid gelificat, segellada.	Alta intensitat de descàrrega en poc temps, càrrega ràpida, menys sensibles a baixes temperatures, poca auto descàrrega.	Manteniment necessari, emissions gasoses, instal·lació en vertical, baixa capacitat Ah.
Plom-àcid Monobloc	Bateries monobloc de 12 o 24 V, de plom-àcid, obertes.	Econòmiques en comparació amb les altres monobloc.	Manteniment necessari, emissions gasoses, instal·lació en vertical, baixa capacitat Ah, emissions gasoses, energia-pes 30-50 Wh/kg.
Cel·la OPzV	Cel·les de 2 V, de Plom-àcid amb l'electròlit en gel.	Més de 3.000 cicles al 50% DOD, Vida útil superior a 15 anys, disposició horitzontal o vertical, no gasos, no manteniment, vàlvula de seguretat	Inversió inicial elevada, possibilitat d'emissions en cas de sobrecàrrega
Cel·la OPzS	Cel·les de 2 V, de Plom-àcid amb l'electròlit líquid.	Econòmiques en comparació amb les altres cel·les, Fins a 3.000 cicles al 50% DOD, Vida útil pròxima als 10 anys, Inversió inicial mitja, Altes Capacitats Ah.	Manteniment necessari, emissions gasoses, instal·lació en vertical, espai necessari. Energia-pes 30-50 Wh/kg.

Taula 4. Continuació resum característiques dels acumuladors explicats.

### 3.4 Regulador/ Inversor de Bateries

El regulador és l'element que es troba present en totes les instal·lacions on s'hi troben bateries, l'objectiu principal del qual és ajustar les condicions de treball del generador per tal de carregar les bateries de la forma més òptima possible i allargar la vida d'aquestes.

Els reguladors adapten les tensions d'entrada al regulador provinents del generador fotovoltaic, a la tensió que ofereix el sistema de bateries, treballant en tot el procés amb corrent continu. L'altra funció principal del regulador, la càrrega de bateries, també la pot dur a terme un inversor de bateries i és per això que s'han catalogat dins el mateix subapartat.

La diferència entre un regulador de bateries i un inversor de bateries és essencialment el corrent d'entrada. Per al regulador, el corrent prové directament del generador fotovoltaic per tant treballa en CC, en canvi, en l'inversor de bateries el corrent prové d'una xarxa creada entre l'inversor principal, la l'habitatge i en alguns casos un grup electrogen, i per tant treballa a l'entrada amb corrent altern i la sortida en corrent continu cap a les bateries.

Els paràmetres de càrrega de la bateria són ajustables, per tal d'adaptar al màxim l'aprofitament de l'energia. Els valors de fàbrica es basen en estàndards però, és convenient que un instal·lador especialitzat els reajusti. Les característiques de càrrega de bateria són:

Cicle de bateria, el carregador inicia el funcionament de forma automàtica quan la radiació solar és suficient i la tensió dels panells fotovoltaics es superior a la tensió de les bateries. A partir d'aquest moment s'inicien les fases de càrrega que són 4:

Fase de càrrega de massa (bulk), s'incrementa la tensió mitjançant el màxim corrent disponible segons el regulador, proporcionada per la màxima potència obtinguda del generador fotovoltaic en funció de la radiació solar del moment. És important dimensionar correctament la instal·lació per assolir aquests valors.

Fase d'absorció, aquesta fase permet que la bateria absorbeixi un màxim d'energia limitant la tensió, fins a la tensió d'absorció on es desconnectarà la fase mentre aquesta sigui superior a la tensió de flotació. En cas contrari, si el corrent de càrrega és inferior al corrent de finalització de l'absorció el límit el marcarà la tensió, un cop assolida es finalitzarà la fase d'absorció.

Fase de flotació, quan la bateria està completament carregada, es manté una tensió reduïda de forma constant a l'entrada del conjunt d'acumuladors. D'aquesta forma evitem l'auto-descàrrega per tal de disposar de forma constant del màxim d'energia del que es pot disposar. També d'aquesta forma s'evita un excés d'evaporació.

Fase d'equalització, realment aquesta fase no és la última fase del procés, però, pel fet que no tots els acumuladors poden suportar les equalitzacions hem considerat adient col·locar-la en última posició. Aquesta fase, es troba desactivada de fàbrica en la majoria de reguladors, i és necessari comprovar a l'hora d'escollir un regulador que aquesta opció es pot desactivar o simplement que no es disposa de l'opció d'equalització sempre que la bateria no sigui oberta amb electròlit líquid.

En aquest cas, abans de l'etapa d'absorció es provoca un augment de tensió, però també es pot fer just després de l'absorció. Aquest augment de tensió té l'objectiu de fer que l'electròlit augmenti de temperatura i faci pujar el gas que es troba present a l'àcid per tal que la barreja sigui homogènia. Gràcies a això s'evita la sulfatació de les plaques.



Gràfic 18. Etapes de càrrega V-I del regulador Victron blue solar. Victron Energy BlueSolar.

Finalitzades les etapes de càrrega, és interessant disposar d'un sensor de temperatura que de forma contínua monitoritza l'estat de les bateries, per corregir les tensions en temps real. Modificant  $mV/^{\circ}C/cèl\cdot lula$  respecte la temperatura referenciada o de consigna  $20-25^{\circ}C$ . Típicament es perden uns  $-3mV/^{\circ}C/cèl\cdot lula$ . Per últim, els reguladors fotovoltaics han de permetre que després d'una descàrrega profunda, es pugui carregar novament l'acumulador però d'una forma més adequada, iniciant la càrrega amb tensions menors.

Per acabar, cal esmentar els criteris d'elecció dels reguladors PWM o MPPT. Els sistemes PWM durant el període de càrrega de les bateries, la tensió dels panells s'ajusta amb la tensió de les

bateries, d'aquesta forma, va augmentant la tensió de forma conjunta de mòduls i bateries mentre aquestes van carregant.

Assolida la tensió de nominal, el regulador desconnecta la unió. Successivament es connectarà quan es produeixi una descàrrega suficient. Aquest fet provoca que, si tenim una radiació suficient però les bateries no han assolit un mínim establert, l'energia que captin els panells no s'utilitzi, perdent una energia que no es podrà recuperar. Per solucionar aquest problema, s'utilitzen equips amb MPPT, en aquest cas és el propi regulador el que controla la tensió de les bateries i ajusta el valor de  $V$  i  $I$  del generador permetent treballar sempre al punt de màxima potència dels panells.

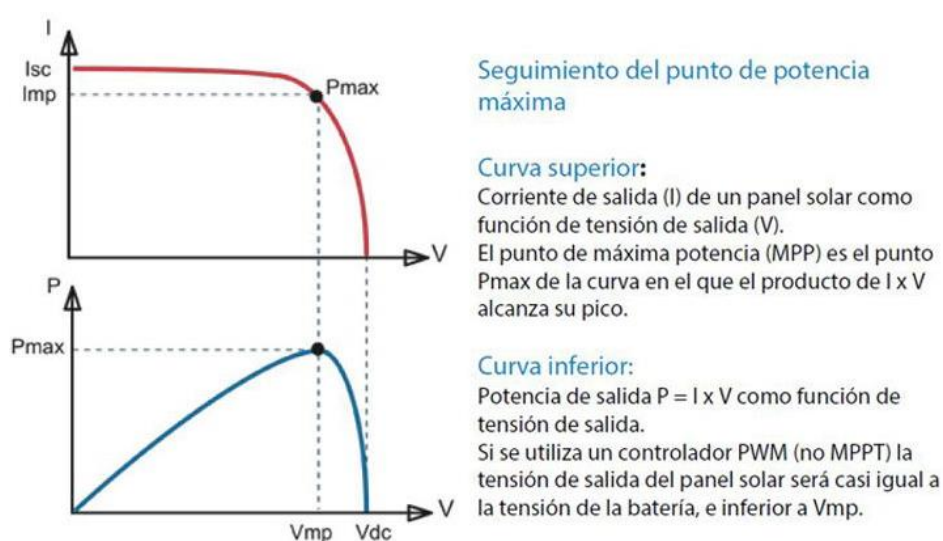


Figura 13. Corba superior, amb seguiment del punt de màxima potència i corba inferior amb PWM. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

Podem comprovar l'explicat mitjançant la figura anterior, on es mostra una corba amb MPPT, on s'assoleix la potència màxima gràcies a compensar la tensió i la corba sense MPPT, on la tensió és inferior a la tensió en punt de màxima potència.

### 3.5 Monitorat de les instal·lacions

Amb l'avanç de les tecnologies dels equips d'una instal·lació fotovoltaica s'afegeixen major nombre d'opcions, funcions i capacitat d'ajustament de paràmetres que fan necessàries pantalles interactives per poder controlar l'estat de configuracions de la instal·lació pels instal·ladors i també per poder comprovar de forma ràpida i fàcil el correcte funcionament de la instal·lació pels usuaris domèstics i poder així detectar problemes i avisar als tècnics de forma més ràpida i eficaç.



Els principals elements de control de les instal·lacions fotovoltaïques disposen de pantalles LCD amb les que es pot saber de forma ràpida certs paràmetres de configuració.



Figura 14. LCD inversor Sunny boy. SMA Sunny boy.

Un clar exemple és la pantalla de l'inversor SMA Sunny Boy, un dels més complets del mercat actual. Aquesta pantalla ve incorporada amb l'inversor i permet controlar, la producció en temps real kWh, la producció diària kWh, la producció total kWh, la potència de subministrament kW. També proporciona un gràfic de la corba horària de generació. En la majoria dels casos podem comprovar els paràmetres d'entrada i sortida de tensió, rendiment de conversió i freqüència.



Figura 15. SIW 700 i Regulador Steca. Steca Controladores de carga.

També disposen de displays remots, amb els que es pot instal·lar el control dels paràmetres a l'interior de la vivenda de forma molt ràpida mitjançant un connector RJ45, principalment s'utilitzen per instal·lacions de difícil accés.



Figura 16. Display remot. MT-1 EP SOLAR REGDUO.

Darrerament s'han comercialitzat de forma específica per les bateries, amb les que podem saber en temps real, la càrrega de la que disposa la bateria per ajustar el consum a la capacitat de la bateria. Els més senzills, que indiquen la càrrega de forma simple amb indicadors LED i disposen d'una alarma amb avisador acústic que alerta de sobrecàrregues.



Figura 17. Avisador acústic BW-02. Victron Energy monitores de baterias.

Més avançats, es disposen amb pantalla, per tal de veure de forma gràfica la càrrega de la bateria i la potència que rep o entrega segons el moment.



Figura 18. Controlador de càrrega de bateries. Victron Energy BMV-200.

En el següent nivell, trobem equips, que permeten monitoritzar tota la instal·lació en temps real. Aquests equips ajuden a comprovar el bon funcionament de les instal·lacions d'una forma ràpida i eficaç, aconseguint així, que l'usuari pugui consultar els paràmetres sense perill de contactes amb parts actives o de realitzar modificacions sense el coneixement necessari.

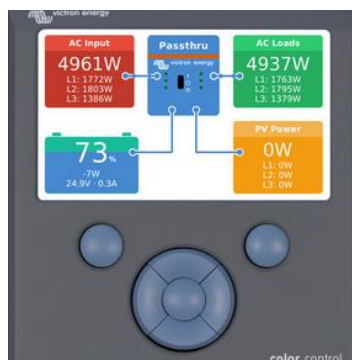


Figura 19. Monitor instal·lació aïllada. Color control CX Victron Energy.

Aquest sistema permet interconnectar els elements de la instal·lació mitjançant un bus CAN, i el display en color ens permet visualitzar d'una forma molt senzilla els valors als que està treballant en el moment de la consulta.

A partir d'aquest punt, és on s'obre una nova porta per als tècnics que desenvolupen aquest tipus d'instal·lació aïllades. Les innovacions en equips de monitoratge han portat a un altre nivell el control del funcionament. Cases comercials com SMA, Studer i Victron Energy permeten mitjançant una connexió Ethernet o wifi depenent del cas la transmissió de les dades en temps real a un portal on es poden comprovar de forma interactiva tots els paràmetres de la instal·lació. Aquest portal es pot connectar tant l'ordinador, com telèfon mòbil, tauleta electrònica i smartwach.

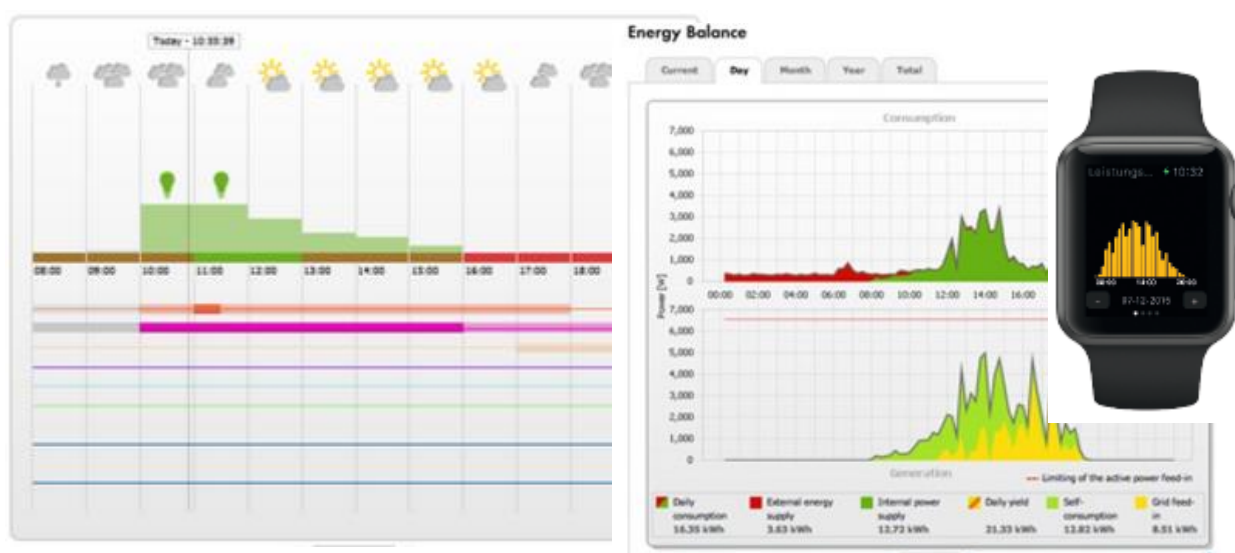


Figura 20. Detall portal de monitoratge. VRM portal, Victron Energy

Amb aquestes aplicacions es pot aprendre el funcionament exacte de la instal·lació, per tal de reajustar paràmetres i augmentar així el rendiment de la instal·lació, a més, ens permet recollir els resultats en forma d'històrics per tal de recollir les dades meteorològiques, dades de consum real cada 5 minuts en la majoria dels casos i per tant, tenir una quantitat i precisió de dades que permet que, es puguin ajustar any rere any les instal·lacions per minimitzar-ne els costos augmentant els rendiments d'amortització.

S'ha de tenir en compte que les instal·lacions fotovoltaïques aïllades en vivendes, fan que sigui molt necessari tenir una cura especial en el moment d'utilització dels electrodomèstics, per això, s'han desenvolupat sistemes que permeten l'encesa i apagada remota.



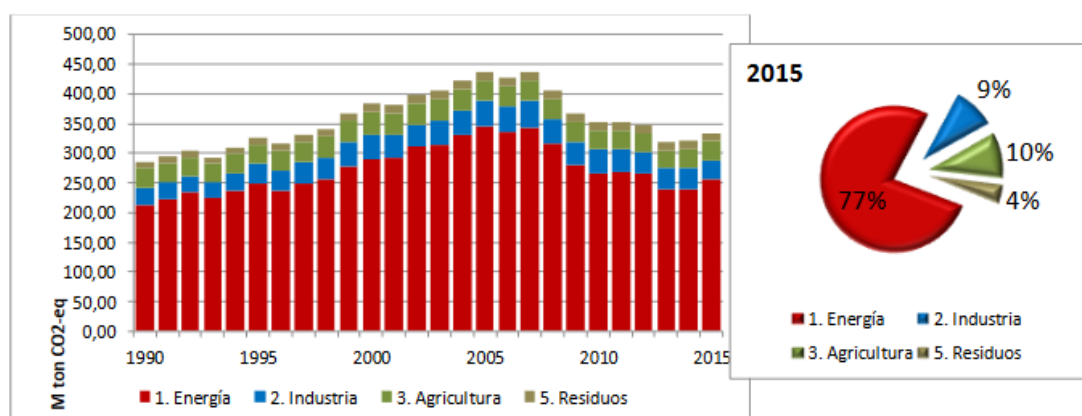
Figura 21. Endolls amb control wifi. SMA residencias aisladas.

D'aquesta forma, es registren els consums de cada electrodomèstic monitorat, podent analitzar així si representa o no un consum més elevat del previst per exemple en l'engegada o en funcionament, dotant d'una fiabilitat major a l'hora de realitzar modificacions en els paràmetres de la instal·lació.

## 4 EMISSIONS

Un dels factors més rellevants a tenir en compte és l'eliminació d'emissions nocives en la que es contribueix quan s'utilitza una instal·lació fotovoltaica per al subministrament de vivendes o altres tipus d'instal·lacions.

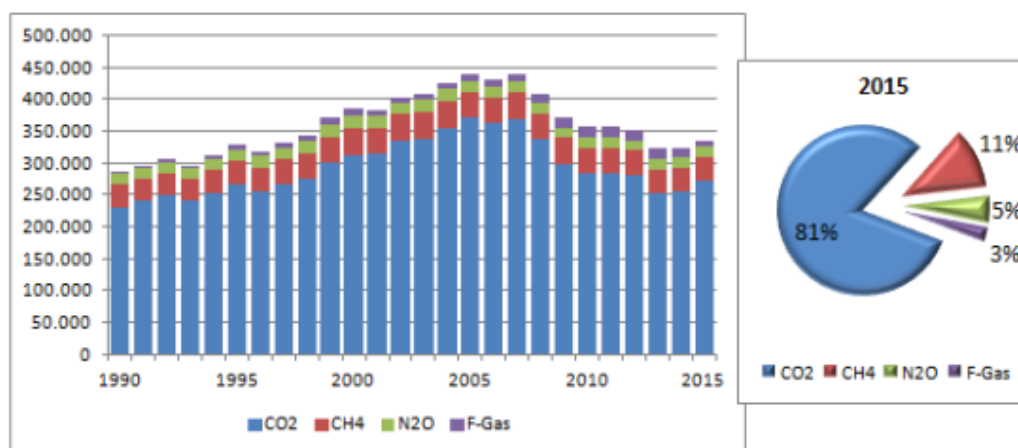
Actualment es produeix l'emissió de 330 Mtones de Co2-eq a Espanya. Gran part d'aquestes emissions són procedents del sector d'energia.



Gràfic 19. Distribució anual d'emissions de GEI per grup d'activitat i detall de l'any 2015. MAPAMA Calidad y evaluacion ambiental 2017.

Com podem observar el 77 % de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEI), són produïts en la generació d'energia. D'aquest 77 %, obtenim un 26 % per la generació directa d'electricitat i un 25 % pel transport.

Els gasos d'efecte hivernacle es separen principalment en quatre, Co2, CH4, N2O i F-gas.



Gràfic 20. Distribució anual de les emissions de GEI per gas i detall per l'any 2015. MAPAMA, Calidad y evaluacion ambiental 2017.

Es pot veure clarament com s'imposa el CO<sub>2</sub> amb un 88 %, per tant, la crema de derivats del petroli, carbó i del gas natural.

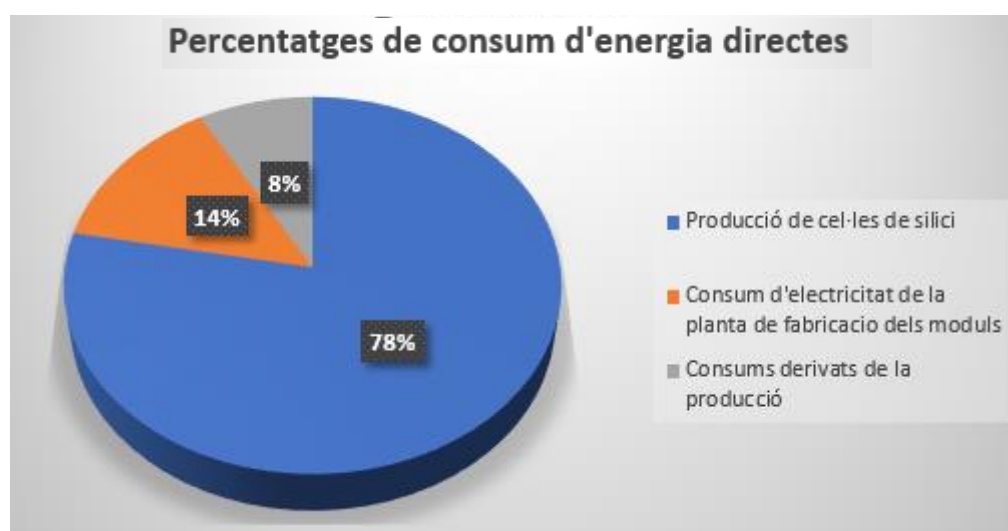
En el sector de les vivendes, per tant ús residencial, representen un 26 % del total, essent un 17 per vivendes i un 9 % per edificis, sense tenir en compte la producció de CO<sub>2</sub> originada en el procés de construcció d'aquests. I és en aquest 26 % del total d'emissions aproximadament unes 65 Mton CO<sub>2</sub>-eq, on prenen especial importància l'ús de les energies renovables. Com podem veure, la capacitat de reducció d'emissions nocives és molt alta, als darrers anys, s'ha fet un pas enrere amb la retirada de subvencions i restriccions en autoconsum que han provocat que en dates de 2014-2015 el sector energètic augmentés el consum de combustibles fòssils de forma notable, carbó 15%, combustibles líquids 25% i gas natural un 22 %, provocant una disminució de 27% en energia hidràulica i un 5,7% en eòlica.

La situació és insostenible, per això, les solucions per petits i mitjans consums, que utilitzen energies renovables per l'abastament d'electricitat com la instal·lació objecte d'aquest projecte, són de gran importància i una inversió de futur en sostenibilitat i protecció del medi ambient. És cert que la potència individual d'una vivenda o d'un edifici és poc significat en front la potència necessària d'una indústria per exemple, però la unió de moltes vivendes i edificis, contribuiria de forma molt important en la reducció de l'ús de les energies fòssils, ja que si la meitat de les vivendes i edificis utilitzessin sistemes fotovoltaics, es podria reduir les emissions superiors a les emissions de tota la indústria d'Espanya.

S'ha de tenir en compte però que, evidentment, com gairebé tots els processos de producció industrials es generen emissions relacionades amb la producció dels diferents aparells necessaris per la producció d'energia elèctrica en instal·lacions aïllades.

A l'hora de realitzar el càlcul de les emissions, s'ha de partir d'un valor d'emissió del mix elèctric (g de CO<sub>2</sub>/kWh) que equival a les emissions totals generades per tal de cobrir la demanda d'energia a Espanya, en dates de 2016, el mix de la xarxa elèctrica peninsular s'estima en 308 g de CO<sub>2</sub>/kWh. En la generació d'un panell fotovoltaic, s'hi troben presents diferents processos fins obtenir el producte final i es produeixen emissions en cada un d'ells, que es poden classificar mitjançant l'estudi de la petjada de carboni, en conjunció amb la Norma ISO 1.064 i el protocol GHG, per establir de forma correcta l'efecte de la totalitat de les emissions GEI de forma directa o indirecta al llarg de la vida del producte, des de la producció fins la destrucció o reciclat.

Doncs s'ha de tenir en compte, el funcionament d'un sistema de generació elèctrica mitjançant panells fotovoltaics no produeix emissions, però en la producció els principals elements dels panells són de silici cristal·lí, els processos necessaris pel tractament del silici en el que s'utilitza una gran quantitat d'energia superior al total d'energia de la resta de la producció. Dit això, es poden establir en tres grans grups, producció de cèl·lules, consum d'electricitat de la pròpia planta de producció dels mòduls i resta de consums derivats de l'ensamblat dels mòduls.



Gràfic 21. Distribució de l'energia utilitzada per la construcció d'un mòdul fotovoltaic.

Tenint en compte tot el procés, des de la producció fins l'enviament al punt de consum, es poden separar de la següent forma.



Gràfic 22. Distribució de consum d'energia en % per al procés complet.

Finalment, s'estableix que la mitjana d'emissions de gasos GEI al llarg de la vida d'un mòdul de silici monocristal·lí (essent el tipus que necessita de més energia en la fabricació) és

d'aproximadament 72 gCO<sub>2</sub>e / kWh generat per a tot el procés de creació i destrucció del mòdul i que es produeix un retorn d'energia utilitzada per la fabricació d'aproximadament 2 anys (tenint en compte una vida útil d'entre 25 i 30 anys), temps anomenat ENERGY PAYBACK TIME.



## 5 RECICLAT

Davant de la importància de la component de protecció del Medi Ambient de les instal·lacions fotovoltaïques, pel que fa a les emissions de GEI (CO<sub>2</sub> principalment), també s'ha de tenir en compte, sobretot en instal·lacions aïllades, ja que també es disposa de bateries, que després d'uns anys d'ús de la instal·lació serà necessari substituir els equips que ho necessitin per envelliment, per possibles avaries, equips malmesos per les inclemències del temps, substitucions per baixada de rendiment, o utilització de noves tecnologies que substitueixen les existents per augmentar els rendiments de la pròpia instal·lació.

És de gran importància doncs, establir el procés a seguir en la substitució dels equips per complementar el respecte envers el Medi Ambient, un cop extret de la instal·lació i segons el tipus d'equip i el tipus de material que incorpora.

En el cas de disposar d'un contracte de manteniment serà l'empresa en qüestió l'encarregada de dur a terme aquest procediment, però és necessari establir-lo per tal d'assegurar que es compleix en condicions de seguretat.

Les instal·lacions fotovoltaïques han pres una importància els darrers anys, però el percentatge de panells que s'han substituït els últims anys no és molt important, ja que la majoria de grans instal·lacions daten de finals del 1990 fins ara, per tant estan pròximes a la substitució dels panells. Per aquest fet es crea l'associació PVCycle, una associació sense ànim de lucre, que ofereix solucions especialitzades de gestió de residus i serveis pel compliment normatiu per empreses amb residus de qualsevol país del món, que es compromet a reciclar el 85% dels mòduls instal·lats actualment. Es preveu superar les 7 mil tones de plaques solars i s'espera un gran increment entre 2020 i 2025 per la substitució dels elements instal·lats per culpa de l'envelliment.

Principalment es comença per la retirada del marc d'alumini, i després es separen químicament les diferents fraccions de vidre, alumini, coure, silici i altres semiconductors que es poden reutilitzar per a nous panells. L'associació PVCycle indica que el 85% d'un mòdul envellit es pot reciclar. Pel gran creixement de les instal·lacions fotovoltaïques, també s'han especialitzat en el tractament i reciclat de residus d'equips elèctrics/electrònics, bateries i envasos.

Els residus s'han de classificar segons el Codi Europeu de residus. La llista europea de residus el codi CER, aprovada per la Decisió 2.000/532/CE de la comissió de 3 de maig de 2.000.

Sempre que sigui possible s'ha de prioritzar destinar a un segon ús els aparells usats, entregant-los a entitats socials que els hi puguin donar un segon ús, establiments dedicats al mercat de segona mà o altres vies de reutilització. Els equips es classifiquen com a AEE aparells elèctrics i electrònics, i RAEE, residus d'aparells elèctrics i electrònics.

Es poden entregar els RAEE domèstics de forma gratuïta a:

Instal·lacions de recollida dels ajuntaments (deixalleries, punts verds,...).

Punts de venda dels distribuïdors (per a petits aparells).

Xarxes de recollida de RAEE domèstics establertes pels productors a través dels sistemes individuals o col·lectius de responsabilitat ampliada del productor.

Als gestors autoritzats per la recollida de RAEE.

En cap cas es poden llençar els RAEE als contenidors del carrer, ni abandonar-los o deixar-los al costat dels contenidors, s'han de lliurar a un punt de recollida per tal que tinguin un tractament correcte. Per part de l'agència catalana de residus reben la classificació següent.

Fracció recollida RAEE	Grup de tractament de RAEE	Origen	Codi LER-RAEE
2	22*. Monitors i pantalles no CRT no LED	Domèstic	200.135* - 22*
4	41*. Grans aparells amb components perill.	Domèstic	200.135* - 41*
5	52. Petits aparells (resta)	Domèstic	200.136- 52
6	61*. Aparells d'informàtica i telecomunic.	Domèstic	200.135* - 61*
7	71. Panells fotovoltaics (ex.: Si)	Professional	160.214 - 71
	72*. Panells fotovoltaics perillosos (ex: CdTe)	Professional	160.213* - 72*

Taula 5. Classificació per l'agència catalana de residus per equips elèctrics i electrònics

En referència als acumuladors, el marc normatiu per al sector el defineix, el Reial Decret 106/2008, d'1 de febrer, sobre piles i acumuladors i la gestió ambiental dels seus residus, que aplica el principi de "qui contamina paga i responsabilitat ampliada del productor".

Aquest Reial Decret estableix que els costos d'operacions de recollida selectiva, transport, classificació, emmagatzematge temporal, tractament i reciclatge dels residus de piles i acumuladors han de ser sufragats pels productors de piles i acumuladors.

Classificació de residus de piles i acumuladors			Vies de gestió	
CER	Descripció	CLA	VAL	TDR
160601	*Acumuladors i bateries de plom.	Especial	V44	-
160602	*Acumuladors i bateries de Ni-Cd.	Especial	V44	-
160606	* Electròlits de piles i acumuladors recollits de manera selectiva	Especial	V43	T31
160607	* Bateries i acumuladors especificats en els codis anteriors	Especial	-	-

Taula 6. Classificació per l'agència catalana de residus de bateries i acumuladors.

S'ha de tenir en compte que es defineix com a Acumulador, la font d'energia elèctrica generada per transformació directa d'energia química i constituïda per un element secundari o diversos (recarregables). I com a bateria el conjunt de piles o acumuladors connectats entre si, que formen una unitat integrada i tancada dins d'una carcassa exterior no destinada a ser desmuntada ni oberta per l'usuari final.

## 6 DESCRIPCIÓ DE L'HABITATGE TIPUS

Conèixer la distribució, situació, superfícies, les persones que hi viuen i l'ús al qual es destina (hivern, estiu, anual, caps de setmana), és necessari, per dimensionar les instal·lacions de la forma més optima.

### 6.1 Distribució

La vivenda, disposa de dues plantes, i jardí. La planta baixa amb un total de 154 m<sup>2</sup> està distribuïda en dues àrees principals, mitjançant un passadís d'unió. La zona de nit, on s'hi troba, una habitació de matrimoni amb WC doble, dues habitacions individuals una d'elles doble, un WC comú, amb un passadís de distribució. I la zona de dia, on hi trobem, la sala d'estar, cuina-menjador, despatx, distribuïdor, garatge amb safareig i rebedor.

La primera planta, amb un total de 92 m<sup>2</sup>, és bàsicament una coberta semiplana transitable que cobreix tota la zona de dies de l'habitatge, que s'utilitza com a terrassa, s'hi accedeix mitjançant una escala de caragol situada al garatge de l'habitatge.

### 6.2 Orientació

L'habitatge, a estat dissenyada per rebre la major aportació d'energia solar possible a les estances com són les tres habitacions, la sala d'estar i la cuina-menjador. Per aconseguir-ho, la façana de les estances esmentades s'ha construït a 0° respecte al Sud per aprofitar al màxim les hores de sol, mantenir la temperatura i disminuir l'ús de la il·luminació interior de l'habitatge.

Aquest fet en un habitatge típic no seria de gran importància però, en aquest cas, per minimitzar al màxim el malbaratament de l'energia, l'orientació específica, pren una gran importància pel descens de consum d'energia.

### 6.3 Coberta

La coberta de l'habitatge, està diferenciada en dues parts. La coberta de la zona de nit (habitacions i lavabos), aquesta coberta està construïda amb una inclinació de 25°, per ser la inclinació òptima per a la captació anual, i per tant, no es disposa d'accés transitable.

Cal destacar que, per habitatges on s'hi viu tot l'any, la inclinació es calcula en funció del pitjor mes de l'any en referència a la radiació solar (desembre), i que per tant, s'haurà de sobredimensionar lleugerament la instal·lació fotovoltaica per tal de cobrir les necessitats sobretot del desembre que sol ser el pitjor mes per a la generació fotovoltaica.

L'altra part de la coberta és transitable, s'utilitza com a terrassa i presenta un petit desnivell per facilitar l'evacuació de les aigües pluvials.

## **6.4 Utilització**

L'habitatge està construït, per a un total de 4 persones que hi viuran tot l'any de forma continuada, sense llargs períodes d'inactivitat. L'habitatge serà d'ús exclusivament residencial, per tant, no es preveuen activitats que ocasionin consums importants a part dels contemplats en la taula de previsió de demanda.

Per tal d'ajustar el dimensionament de la instal·lació, i com indica l'IDAE, s'ha realitzat un resum de les rutines i costums d'utilització de la instal·lació, classificat segons punt de consum utilitzat, les hores d'utilització diaris i també els dies d'utilització setmanals.

Per al correcte funcionament de la instal·lació, es recomana que, els electrodomèstics d'alts consums com la rentadora, el rentaplats i la nevera, siguin de classe A+ o superior. Per exemple, la nevera, que tot i no ser un electrodomèstic amb un consum instantani elevat, pren una importància alta al llarg del dia, ja que funciona moltes hores engegant i parant el motor. En base a aquesta recomanació es confeccionarà el resum de demanda d'energia.

## 7 INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA INTERIOR

La instal·lació elèctrica interior de l'habitatge s'ha dissenyat a partir de la normativa vigent del REBT i les seves instruccions tècniques complementàries.

### 7.1 Previsió de càrregues

La instal·lació elèctrica està composta per la suma del consum per llum i força.

Tot l'enllumenat instal·lat serà de tipus LED, per tal d'allargar al màxim els cicles de descàrrega i assegurar la màxima cobertura dels acumuladors. S'han eliminat els electrodomèstics d'elevats consums i que es poden substituir per altres fonts d'energia. La cuina, el forn, la caldera, i la calefacció no seran elèctrics. Aquests elements, suposen consums molt elevats, que provocarien un augment molt important en el sistema d'acumuladors, afectant per tant en l'aspecte econòmic de forma rellevant.

La previsió de càrregues per als elements de la instal·lació, es divideix en dues parts que queden recollits a la taula 7.

Concepte	Unitats	Potència (W)
Enllumenat interior i exterior.	49	224,00
Preses de corrent.	37	3.680,75
	Total (W)	4.938,75

Taula 7. Potència elèctrica interior.

Tal com indica la Taula 7, la potència instantània total per a la instal·lació és de 4.938,75 W. El càlcul s'ha realitzant tenint en compte factors d'utilització i simultaneïtat adaptats a l'activitat desenvolupada. Fent el símil d'una instal·lació convencional, contractaríem una potència d'entre 4,6 i 5,75 kW a l'empresa subministradora. En aquest cas, el subministrament el generarà la instal·lació fotovoltaica, i per tant, no estem subjectes a cap tarifa.

### 7.2 Subministrament elèctric

L'equip de generació haurà de subministrar com a màxim la potència aparent instantània de la instal·lació, ja que, els motors poden arribar a doblar la seva potència nominal en l'engegada

duran aproximadament 0,5 segons. Els equips sensibles a aquest fet són, la rentadora, rentaplats, i nevera.

Com que no es coneixen exactament les potències dels motors que s'instal·laran, s'ha calculat sobredimensionant la potència activa instantània de la instal·lació interior. Per tant, es considerarà com a potència aparent de subministrament màxim:

$$S=P \cdot 1,2 \quad (\text{Eq. 1})$$

Així doncs, obtenim una potència de 5,9 kVA per a la instal·lació interior d'usuari.

### 7.3 Unió instal·lació interior i instal·lació fotovoltaica

Les dues instal·lacions, s'han d'unir per tal de subministrar l'energia fins al consum interior de l'habitatge, tal com es faria en un habitatge connectat a xarxa, però amb algunes excepcions.

Comparant amb una instal·lació d'una vivenda típica connectada a xarxa, el cablejat d'unió, seria el corresponent a la derivació individual.

En aquest cas, els conductors seran de coure aïllats i l'aïllament assignat de 0,6/1 kV. Per derivacions individuals, es permet una caiguda de tensió de fins a 3% com a màxim, però en aquest cas, segons indica la ITC-BT-40, es permet una caiguda de tensió total de 1,5 %, fet que provoca, un augment en les seccions de tota la instal·lació. Per tant, el cablejat s'haurà de dimensionar segons intensitat corregida per tal de no superar el valor de C.d.t esmentat.

El tram esmentat, unirà concretament l'inversor pel cas de les instal·lacions de vivendes individuals i l'embarrat de CA pel cas del grup de vivendes (en la sortida de corrent altern), amb l'interruptor general automàtic (IGA), de cada habitatge.

#### 7.3.1 Habitatge aïllat

El tram esmentat de cablejat monofàsic, F+N sortirà de l'inversor i arribarà fins al quadre general de comandament i protecció disposat a l'interior de canaleta de PVC.

### 7.3.2 Grup d'habitatges

Pel cas del grup de vivendes, des de l'embarrat trifàsic de corrent altern s'alimentarà cada habitatge amb sistema trifàsic, procurant un repartiment de fases interior que garanteixi al màxim una càrrega equilibrada per a les 3 fases R, S i T de cada habitatge.

## 7.4 ICP i IGA

Els interruptors de control de potència, seran les primeres proteccions de la instal·lació interior d'usuari.

L'ICP, és l'interruptor que controla la potència per a la companyia, per tant, en aquest cas es pot prescindir d'aquesta protecció. S'instal·larà únicament, un IGA. En el cas de l'habitatge amb entrada monofàsica, es disposarà un IGA de 32 A amb poder de tall superior als 4,5 kA, amb protecció contra sobretensions permanents i transitòries. Pel cas del model trifàsic s'instal·larà un IGA trifàsic de 16 A, amb un poder de tall de 6 kA, amb protecció contra sobretensions permanents i transitòries. El cablejat d'interconnexió entre elements de protecció del quadre serà de 16 mm<sup>2</sup>, amb terminals d'unió per una millor connexió.

## 7.5 Quadre General de comandament i protecció

Després de l'IGA i el diferencial general, ambdues instal·lacions (monofàsica i trifàsica) presentaran la mateixa configuració, ja que en el model trifàsic es repartiran les fases que per als diferents segments protegits per diferencials amb sensibilitat superior (30 mA). El quadre general de protecció, serà de PVC amb tapa, amb capacitat per a 25 elements i 3 carrils DIN, albergarà al seu interior els dispositius generals i individuals de comandament i protecció, en posició vertical i disposarà de, l'interruptor general automàtic de tall omnipolar de 32 A (i de 16 per la instal·lació trifàsica), un interruptor diferencial general de 50 A amb sensibilitat de 300 mA, 4 interruptors diferencials que protegeixen grups de línies, i 8 petits interruptors automàtics PIA amb capacitats segons línia.

Circuit	Diferencial (A)	Sensibilitat (mA)
General*	50	300 mA
C1, C2, C4 (1)	50	30 mA
C4(2), C4(3), C5	50	30 mA
C6, C7	40	30 mA

Taula 8. Protecció diferencial model monofàsic.



\*Pel cas del model trifàsic, s'utilitzarà la mateixa configuració, variant únicament el diferencial general, que en aquest cas serà trifàsic, de 16 A i amb sensibilitat de 300 mA.

El quadre general disposa d'una placa amb el nom de l'instal·lador, data i intensitat de l'interruptor general.

#### 7.5.1 Protecció contra sobreintensitats

Per a la protecció contra sobreintensitats, seguint les prescripcions de la ICT-BT-22, el dispositiu de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits estarà constituït per un interruptor automàtic de tall omnipolar, per tant, l'IGA instal·lat compleix els requisits.

En referència a la protecció contra sobretensions, es disposarà d'un IGA amb protecció de categoria II, per equips i materials que formen part d'una instal·lació elèctrica fixa i que requereixen alt nivell de fiabilitat, on entren de forma directe, motors amb connexió fixa com són les màquines industrials. Per aquest fet, es comprovarà que els materials de la instal·lació suportin una tensió a impulsos de 2.5 kV segons la Taula 1 (ITC-BT-23). Les connexions a terra dels equips de protecció contra sobretensions tindran una secció mínima de 6 mm<sup>2</sup>.

### 7.6 Distribució general

Del quadre general, en sortiran 9 línies que subministraran energia elèctrica a tota la instal·lació interior d'usuari. Les línies recorreran la mínima distància possible fins al punt d'utilització. Estaran disposades a l'interior de tubs en rasa a la paret, i en cas de ser necessari per al creuament de distribuïdors ho faran pel fals sostre.

Sempre que sigui necessari, en cas de divisió de circuits, s'instal·larà una caixa de distribució encastrada, de PVC no propagadora de flama i amb tapa.

#### 7.6.1 Canalitzacions

Els tubs que albergaran el cablejat de la instal·lació interior d'usuari seran tubs flexibles, corrugats i lliures d'halògens. Seran subjectats sempre que sigui necessari amb grapes metàl·liques. Els diàmetres dels tubs instal·lats es dimensionaran en diàmetre exterior segons el nombre i secció

dels cables que es disposin al seu interior. Per a la totalitat de la instal·lació de tubs i canalitzacions, es seguiran les prescripcions de la ITC-BT 21.

## 7.7 Posada a terra de la instal·lació interior

La posada a terra s'estableix principalment per limitar la tensió que, respecte a terra, pugui presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el risc que suposa una avaria als materials elèctrics utilitzats. La posta a terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni cap protecció d'una part del circuit. S'aconsegueix que al conjunt d'instal·lacions, edifici i superfície del terreny no apareguin diferències de potencial perilloses i que permetin el pas a terra de corrents de defecte.

El sol de la parcel·la és de Terra pedregós, amb una resistivitat de  $\rho = 1.000 \Omega \cdot m$ , per un sistema de terra de tipus TT. En cada cas, es realitzarà la unió del conductor neutre amb la posada a terra de la instal·lació corresponent.

S'instal·laran un total de 12 piquetes de 2 metres, amb un cable d'unió de secció  $35 \text{ mm}^2$ , nu, de 55 metres per a cada habitatge, segons taula 1 del REBT, ICT-BT-09 amb unió a les piquetes mitjançant abraçadores i seguint les prescripcions indicades per la ITC-BT-18, i ITC-BT-40, garantint, que el dimensionament dels elèctrodes garanteixi que en cap circumstància la seva resistència de terra no sigui superior en tensions de contacte de 50 V.

El terra de la parcel·la presenta una resistència de  $20 \Omega$ , resultat de dues mesures dels dies 20 i 22 de juny de 2017.

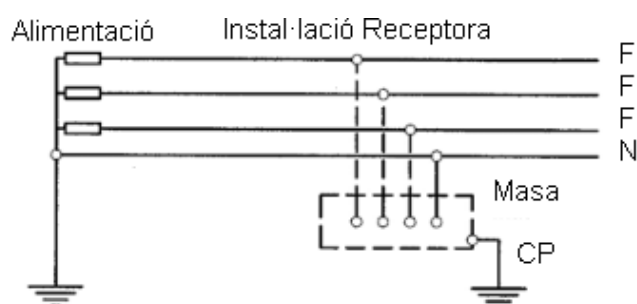


Figura 22. Esquema connexió terra tipus TT.

Cada habitatge disposarà de la seva posada a terra de forma individual, i en el cas del grup d'habitatges s'uniran a l'embarrat de terres de la instal·lació comú.

## **7.8 Posada a terra de la instal·lació Fotovoltaica**

El generador fotovoltaic treballa aïllat del terra en funcionament flotant, sistema de terres IT. Davant d'una fallada, no es presenta corrent a terra. Però un cop s'ha donat el primer, existeix el perill d'una segona fallada on s'hi poden presentar tensions perilloses a les masses.

Típicament quan es superen tensions de més de 24 V, ha d'existir un sistema de monitoratge de l'aïllament tant del positiu com del negatiu de la instal·lació. Davant d'un primer defecte, es donarà senyal d'alarma per actuar ràpidament i evitar la segona falla. Els equips utilitzats es detallen a cada instal·lació en qüestió.

## 8 INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA

La instal·lació solar fotovoltaica proporcionarà energia elèctrica a la instal·lació interior d'usuari tal com s'ha descrit.

### 8.1 Dimensionament de la instal·lació

Per al disseny de la instal·lació, és necessari saber la situació de l'habitatge sobre latitud, potència instantània de la instal·lació interior d'usuari, consum d'energia que es produeix de forma diària i de forma implícita en aquest punt tots els elements instal·lats a l'habitatge que consumeixin energia elèctrica, dies d'autonomia necessaris per a la situació i utilització.

#### 8.1.1 Latitud, longitud i alçada

La instal·lació està situada a una Latitud de 42,041° Nord , longitud 3,154° Est i una alçada de 3 metres respecte al nivell del mar.

#### 8.1.2 Estimació de les necessitats, demanda d'energia.

Per al dimensionament de la instal·lació de captació solar fotovoltaica, aquest apartat pren molta importància, es realitzarà un recull tabulat dels costums de consum energètics típics, de, per exemple una unitat familiar, que com s'ha reiterat, és de 4 persones en total. Concretament, s'han d'indicar, l'element de consum elèctric utilitzat i les hores que s'utilitza duran el dia i de forma setmanal.

Amb el conjunt de les potències dels equips utilitzats (basats en consums estàndards d'equips d'elevada eficiència energètica sempre que sigui possible), es pot calcular l'energia de consum, o la demanda d'energia.

Estança	Concepte	P.Unit (W)	Unit.	Pot. Tot (W)
Hab. Matrimoni	Punt de llum	13,50	5	67,50
	Ventilador	40,00	1	40,00
	Pc portàtil	65,00	1	65,00
	Tv	45,00	1	45,00
Habitació indiv. 1	Punt de llum	13,50	2	27,00
	Tv	45,00	1	45,00
	Ventilador	40,00	1	40,00

Taula 9. Resum previsions demanda d'energia

Estança	Concepte	P.Unit (W)	Unit.	Pot. Tot (W)
	Pc portàtil	65,00	1	65,00
Habitació indiv. 2	Punt de llum	13,50	2	27,00
	Ventilador	40,00	1	40,00
	Tv	45,00	1	45,00
	Pc portàtil	65,00	1	65,00
WC suit	Punt de llum	13,50	2	27,00
	Extractor	15,00	1	15,00
	Assecador	1.100,00	1	1.100,00
	Maq. Afaitar	25,00	1	25,00
WC general	Punt de llum	13,50	1	13,50
	Assecador	1.100,00	1	1.100,00
	Extractor	15,00	1	15,00
	Maq. Afaitar	25,00	1	25,00
Cuina-menjador	Microones	750,00	1	750,00
	Frigorífic combi A+++	85,00	1	85,00
	Rentaplats	850,00	1	850,00
	Campana Extractractora	120,00	1	120,00
	Punt llum	13,50	6	81,00
	Tira led	5,00	1	5,00
	Batedora	400,00	1	400,00
	Ventilador	40,00	1	50,00
	Liquadora	150,00	1	150,00
	Torradora	900,00	1	900,00
Sala d'estar	Punt llum	13,50	6	81,00
	Radio	70,00	1	70,00
	Ventilador	40,00	1	50,00
	Tv	80,00	1	80,00
Garatge	Rentadora	970,00	1	970,00
	Planxa	1.200,00	1	1.200,00
	Punts llum	18,50	2	37,00
	Motor porta	150,00	1	150,00
Exterior	Punt llum	10,00	10	100,00
Despatx	Punt llum	13,50	3	40,50
	Pc fixe + Monitor	130,00	1	130,00
	Impressora	45,00	1	45,00
General	Timbre zumb.	8,00	1	8,00
	Inversor	10,00	1	10,00
	Regulador	1,25	1	1,25
	Aspiradora	900,00	1	900,00
	Monitorat Consums	59,25	1	59,25
	Playstation 4	165,00	1	165,00
	Telèfon fixe	10,00	1	10,00
	Antena TV repetidor/Satèl·lit	15,00	1	15,00
	Alarma	14,00	1	14,00
	Bomba aigua	400,00	1	400,00
	Carregador telèfons mòbils	6,00	4	24,00
	Router	8,00	1	8,00
Distribuïdors	Punts llum	10,00	3	30,00

Taula 10. Resum previsions demanda d'energia

Estança	Concepte	Hores	Dies Set.	Wh/dia	Wh/set.
Hab. Matrimoni	Punt de llum	1,00	7	67,50	472,50
	Ventilador	1,00	5	40,00	200,00
	Pc portàtil	2,00	3	130,00	390,00
	Tv	1,00	6	45,00	270,00
Habitació indiv. 1	Punt de llum	1,00	7	27,00	189,00
	Tv	1,00	6	45,00	270,00
	Ventilador	0,80	4	32,00	128,00
	Pc portàtil	2,00	5	130,00	650,00
Habitació indiv. 2	Punt de llum	1,00	7	27,00	189,00
	Ventilador	0,80	4	32,00	128,00
	Tv	1,00	6	45,00	270,00
	Pc portàtil	2,00	5	130,00	650,00
WC suit	Punt de llum	1,00	7	27,00	189,00
	Extractor	1,00	7	15,00	105,00
	Assecador	0,10	4	110,00	440,00
	Maq. Afaitar	0,15	3	3,75	11,25
WC general	Punt de llum	1,50	7	20,25	141,75
	Assecador	0,10	4	110,00	440,00
	Extractor	1,50	7	22,50	157,50
	Maq. Afaitar	0,15	3	3,75	11,25
Cuina-menjador	Microones	0,30	5	225,00	1.125,00
	Frigorífic combi A+++	11,00	7	935,00	6.545,00
	Rentaplats	2,00	3	1.700,00	5.100,00
	Campana Extractora	1,50	6	180,00	1.080,00
	Punt llum	2,00	7	162,00	1.134,00
	Tira LED	2,00	6	10,00	60,00
	Batedora	0,20	2	80,00	160,00
	Ventilador	1,50	6	75,00	450,00
	Liquadora	0,20	2	30,00	60,00
	Torradora	0,20	3	180,00	540,00
Sala d'estar	Punt llum	2,00	7	162,00	1.134,00
	Radio	0,50	2	35,00	70,00
	Ventilador	1,50	6	75,00	450,00
	Tv	2,00	6	160,00	960,00
Garatge	Rentadora	2,00	3	1.940,00	5.820,00
	Planxa	0,55	3	660,00	1.980,00
	Punts llum	0,20	7	7,40	51,80
	Motor porta	0,10	5	15,00	75,00
Exterior	Punt llum	1,00	6	100,00	600,00
Despatx	Punt llum	2,50	5	101,25	506,25
	Pc fixe + Monitor	3,00	5	390,00	1.950,00
	Impressora	0,40	5	18,00	90,00
General	Timbre zumb.	0,05	3	0,40	1,20
	Inversor	11,00	7	110,00	770,00
	Regulador	11,00	7	13,75	96,25
	Aspiradora	1,00	3	900,00	2.700,00
	Monitorat Consums	1,00	7	59,25	414,75
	Playstation 4	1,00	2	165,00	330,00

Taula 11. Resum previsions demanda d'energia.

Estança	Concepte	Hores	Dies Set.	Wh/dia	Wh/set.
	Telèfon fixe	5,00	5	50,00	250,00
	Antena TV repetidor/Satèl·lit	10,00	7	150,00	1.050,00
	Alarma	24,00	7	336,00	2.352,00
	Bomba aigua	2,00	7	800,00	5.600,00
	Carregador telèfons mòbils	1,00	7	24,00	168,00
	Router	4,00	7	32,00	224,00
Distribuïdors	Punts llum	0,50	7	15,00	105,00
<b>TOTAL (Wh)</b>				<b>10.958,80</b>	<b>49.304,50</b>
					<b>8.001,42</b>

Taula 12. Resum previsions demanda d'energia.

Així doncs, obtenim una demanda d'energia elèctrica diària de 10.958,80 Wh i de 49.304,50 Wh setmanals, la demanda diària serà la demanda màxima d'energia i que realment es donarà en poques ocasions. En conclusió, realment, el consum típic serà inferior al valor diari calculat, comparat amb el valor diari setmanal, però tot i així, per treballar al costat de la seguretat, per als càlculs, treballarem amb un valor de 10.958 Wh per a la instal·lació de captació fotovoltaica i per al dimensionament del sistema d'acumuladors es treballarà amb l'energia diària setmanal (49.304,50 Wh), que recau en 7.043,50 Wh, amb un 14 % de sobredimensionament de seguretat, assolint els 8.001,42 kWh dia.

Pel cas del grup de vivendes, s'utilitzaran factors de correcció que es podran comprovar al capítol 9.6 Instal·lació comú per un grup de quatre vivendes.

### 8.1.3 Irradiació Solar

En funció del valor de la irradiació solar rebuda a la zona s'establiran el nombre de panells necessaris per aconseguir cobrir la demanda diària. Es poden consultar aquestes dades (entre d'altres) a l'Atles de radiació solar, que ens ofereix una indicació general per Girona, també s'utilitza la plataforma PVGIS, ja que es pot ajustar a exactament la situació desitjada.

Concretament, es necessita saber el valor mitjà mensual d'irradiació global diària sobre una superfície en kWh/m<sup>2</sup>-dia. Aquesta dada ens indica, la irradiació solar que rebran els panells fotovoltaics i que per tant, tindran disponible per transformar a energia elèctrica.

Consultant el programari esmentat, per la latitud i longitud especificada, i en el pla horitzontal, sense considerar inclinacions, obtenim les següents dades.

En aquest cas, ens hem de fixar en la dada Glob, ens indica la irradiació global mitjana diària mensual en kWh/m<sup>2</sup>·dia.

Cal destacar que hem de prendre el valor per al mes més desfavorable respecte a la captació solar, que correspon al Desembre segons les indicacions de l'IDAE, per tant, obtenim 1,86 kWh/m<sup>2</sup>·dia. Prendre la dada més desfavorable té una raó important, la de dimensionar la instal·lació per a les pitjors condicions, garantint així el correcte funcionament en tota la resta de situacions.

$kWh \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.
Girona	7.03	4.86	5.93	3.75	4.71	3.04	3.25	1.99	2.27	1.40	1.86	1.17

Taula 13. Dades Irradiació horitzontal. Atlas de radiació solar de Catalunya.

#### 8.1.4 Inclinator i orientació dels mòduls

Els mòduls fotovoltaics s'instal·laran amb una orientació de  $\alpha = 0^\circ$  Sud, gràcies a la construcció de l'habitatge amb aquesta orientació específica. La inclinació a la qual es disposaran serà de  $\beta = 58^\circ$  respecte l'horitzontal, típicament s'utilitza la latitud on es troba l'habitatge (42°N) i tal com indiquen les recomanacions de l'IDAE s'afegeixen 10° addicionals per instal·lacions d'ús anual, però en aquest cas, per ser una zona amb molt bona irradiació solar a l'estiu s'ha augmentat lleugerament la inclinació per tal de contrarestar la disminució d'irradiació els mesos d'hivern.

S'han contrastat els càlculs amb el programari PVSYST, el qual recomana aquesta inclinació per vivendes aïllades.

Les indicacions de l'IDAE, en el plec de condicions tècniques per instal·lacions aïllades de xarxa, taula III, indiquen que per instal·lacions d'ús anual, la inclinació òptima recau sobre els 52° aproximadament.

Aquesta variació en la inclinació, provoca unes pèrdues, per no ser la inclinació òptima que estableix l'IDAE.

$$pFI(\%) = 100 \cdot [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2] \quad (\text{Eq. 2})$$

S'obtenen unes pèrdues del 0,432 %, de la captació mensual del desembre, pèrdues que estan limitades a un 20% segons normativa i per tant no suposen d'importància rellevant.



Tal com s'ha esmentat, els programaris específics, indiquen que la inclinació de  $58^\circ$  respecte l'horitzontal utilitzada és l'optima.

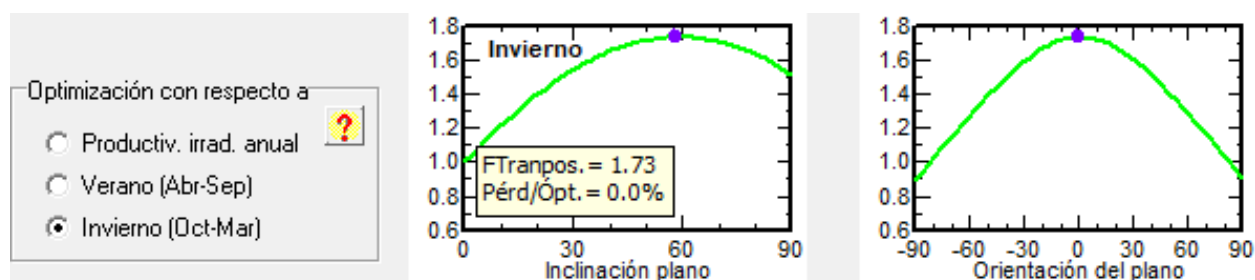


Figura 23. Inclinació optima segons PVSYST a l'hivern.

### 8.1.5 Pèrdues i Rendiment energètic

Les pèrdues que afecten directament a la instal·lació recauen en les temperatures extremes (per als captadors), pèrdues en el cablejat, les pèrdues per dispersió de paràmetres i brutícies en els panells, pèrdues d'error de seguiment del punt de màxima potència, eficiència energètica de regulador, inversor i bateries.

Com indica l'IDAE, a l'annex I, apartat 2.8, en funció de les pèrdues, s'establirà el rendiment de la instal·lació, que per instal·lacions aïllades on s'utilitzen bateries, inversor i regulador, es pren un valor de  $PR=0,6$ , però en aquest cas, per l'evolució dels equips actuals i els rendiments superiors dels equips que utilitzen les noves tecnologies, s'estima un  $PR$  de  $0,72$ , per a les instal·lacions amb liti i un  $0,7$  per la instal·lació amb bateries convencionals de plom-àcid.

### 8.1.6 Autonomia de la instal·lació

L'IDAE, especifica un mínim de tres dies d'autonomia per a instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica. En llocs amb llargs períodes de baixes isolacions, nuvolositats denses, boires, etc, es necessita una major autonomia. Per tant, segons l'Institut Nacional de Meteorologia, la mitja mensual i anual de dies sense núvols en un any estableix un altre criteri, que augmenta la seguretat de cobertura de la instal·lació segons la província en la qual es troba l'habitatge, i l'ús al què es destina.

Localidades y provincias	Días de autonomía (1)	
	Aplicación doméstica	Aplicación profesional
Cáceres, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén	3	6
Albacete, Alicante, Almería, Badajoz, Málaga, Melilla, Ceuta, Tenerife	4	7
Ciudad Real, Girona, Huesca, Lleida, Madrid, Murcia, Pontevedra, Toledo, Valencia	5	8
Ávila, Barcelona, Canarias, Castellón, Cuenca, León, Palencia, Salamanca, Segovia, Valladolid, Zamora, Zaragoza	6	9
Baleares, Guadalajara, Soria, Tarragona, Teruel	7	10
Burgos, A Coruña, Logroño, Ourense, Pamplona	8	11
Asturias, Guipúzcoa, Lugo, Santander, Vitoria, Vizcaya	9	12

Taula 14. Autonomia dels acumuladors per localitats.

En aquest cas, per a l'ús domèstic, a la província de Girona, s'estableixen 5 dies d'autonomia, període en el qual, els acumuladors han de poder subministrar l'energia prevista sense esgotar el 100% de la càrrega emmagatzemada, en funció del tipus d'acumuladors utilitzats. Es valorarà en cada cas, el fet d'instal·lar un grup electrogen per tal de poder ajustar a 3 els dies d'autonomia.

A partir d'aquest punt es realitzaran 3 instal·lacions diferenciades, utilitzant les dades dels capítols 6, 7 i 8, apartat 8.1, ja que l'habitatge i la instal·lació elèctrica interior serà la mateixa per als 3 casos.

La primera instal·lació, serà un sistema de generació fotovoltaic amb bateries de Gel com a acumuladors per un únic habitatge aïllat, la segona serà un sistema de generació fotovoltaic amb bateries de Liti com a acumuladors per una únic habitatge aïllat (per les dues instal·lacions esmentades s'utilitzarà el model d'habitatge 1, l'habitatge individual aïllat) i per últim, la tercera instal·lació serà un sistema de generació fotovoltaic comú amb bateries de Liti per un grup de 4 habitatges aïllats que es troben a la mateixa parcel·la (model d'instal·lació 2).

## 8.2 Instal·lació fotovoltaica per un habitatge aïllat, amb bateries de Gel

La instal·lació fotovoltaica per una vivenda sense connexió a la xarxa, per tant, de tipus aïllada, consta a grans trets i típicament de Mòduls fotovoltaics, Regulador de càrrega, Inversor CC/CA i bateries.

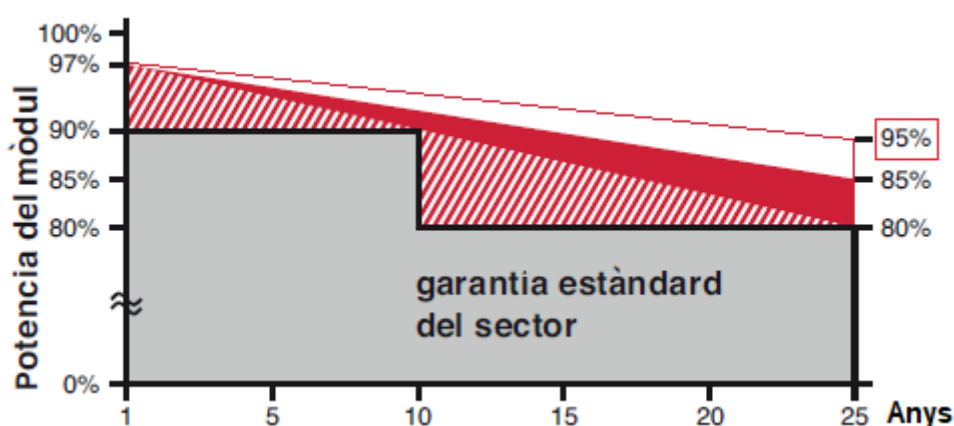
### 8.2.1 Mòduls fotovoltaics

Són els encarregats de generar l'energia elèctrica. S'instal·laran un total de 18 mòduls, fotovoltaics, fixats en una estructura situada a la coberta inclinada de l'habitatge per tal de satisfer les necessitats energètiques de la instal·lació i es disposaran de forma vertical.

Els panells utilitzats són panells compostos per la unió de 60 cel·les de silici monocristal·lines d'alt rendiment de 6", que ofereixen en conjunt una tensió d'aproximadament 32 V, fet que ens obliga a treballar amb equips MPPT (descartant els PWM). Cada mòdul ofereix una capacitat de generació de 300 Wp, que és una potència lleugerament més elevada per tal de minimitzar el nombre de mòduls utilitzats.

Tots els mòduls són de la marca Alemanya AXITEC, AXIperfect BLK 300T, una de les empreses de producció d'equips fotovoltaics amb més reconeixement arreu del món. Estan construïts amb un vidre blanc tebi de 3,2 mm de gruix, de baixa reflexió i lliure de contingut en plom que permet que la llum solar passi sense perdre eficiència cap a les cel·les fotovoltaïques, aprofitant al màxim la radiació solar. Per altra banda, disposen de caixa de connexions amb els terminals positiu i negatiu que incorporen díodes de derivació per protegir el circuit elèctric. L'eficiència és de 18,44%. El marc que munta és d'alumini especial per altes càrregues de vent.

En l'annex de càlculs, es pot comprovar que, la potència de generació que ofereixen els mòduls, de 5.400 W, està sobredimensionada en un 10 %, per tal de compensar la pèrdua de potència progressiva que pateixen els mòduls fins als 25 anys.



Gràfic 23. Evolució de la pèrdua de potència d'un mòdul a 25 anys. Axitec módulos fotovoltaicos.

Gràcies a augmentar el 10 % de la potència necessària, al cap de 25 anys, s'evitarà no assolir la cobertura de la demanda obligant a canviar els mòduls aproximadament 5 anys abans. El fet de treballar amb aquest sobredimensionament del generador es tradueix en instal·lar dos panells més del mínim establert per normativa, fet que considerem poc rellevant davant els problemes que originaria treballar amb el mínim, que serien la pèrdua de potència de generació i per tant no assolint la cobertura de la demanda i també la substitució prematura dels mòduls que conformen el generador.

<b>Fabricante</b>	Axitec GmbH	<b>Tecnología de las células</b>	mono
<b>Módulo FV</b>	AC-300T/156-60S (AXIperfect BLK) (08/2016)	<b>Certificación</b>	EU
<b>Características eléctricas</b>		<b>Coefficientes de la temperatura</b>	
Potencia nominal	300,00 Wp	Tensión MPP	---
Tolerancia de la potencia	-0,00/+5,00 W	Tensión en vacío	-0,2500 %/°C -108,5 mV/°C
Tensión MPP	36,50 V	Corriente de cortocircuito	0,0400 %/°C 3,58 mA/°C
Corriente MPP	8,22 A	<b>Degradación causada por el envejecimiento</b>	
Tensión en vacío	43,40 V	Tolerancia de tensión en vacío	0,00 %
Corriente de cortocircuito	8,95 A	Tolerancia de tensión MPP	0,00 %
Tensión del sistema admisible	1000,00 V	Tolerancia de corriente MPP	0,00 %
Rendimiento del módulo (Condiciones Normales de Ensayo, CNE)	18,44 %	Tolerancia a la corriente de cortocircuito	0,00 %
Toma a tierra recomendada	Sin toma a tierra	<b>Información adicional</b>	
<b>Características mecánicas</b>		Módulo actual	Sí
Número de células del módulo	60	Módulo fotovoltaico propio	No
Anchura	992 mm	Favorito	No
Longitud	1640 mm	<b>Comentario</b>	
Peso	20,00 kg		
Conector de enchufe	MC4 kompatibel		

Taula 15. Característiques tècniques de l'equip. Axitec GmbH, AC-300T.

Com podem veure, es mostren totes les dades necessàries pel dimensionat del generador fotovoltaic, que oferirà una generació anual de fins a 6.179,09 kWh/any.



Figura 24. Mòdul Fotovoltaic Axitec AXIperfect Black 300T

### 8.2.2 Connexionat entre els mòduls

La configuració utilitzada per les connexions entre mòduls, recau en limitar els valors d'intensitat, per aquest fet, es treballarà amb una tensió de circuit obert del generador  $V_{Goc} = 139,41 \text{ V}$  i una intensitat de curtcircuit del generador de  $I_{Gsc} = 54,45 \text{ A}$ , com a valors màxims de tensió i intensitat.

Els valors indicats de tensió i intensitat estan corregits per temperatures màxima i mínima previstes de  $+60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $-3,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivament.

Per aconseguir els valors descrits, la connexió respon a un esquema on hi trobem 6 línies de mòduls en paral·lel, formades per 3 mòduls agrupats en sèrie.

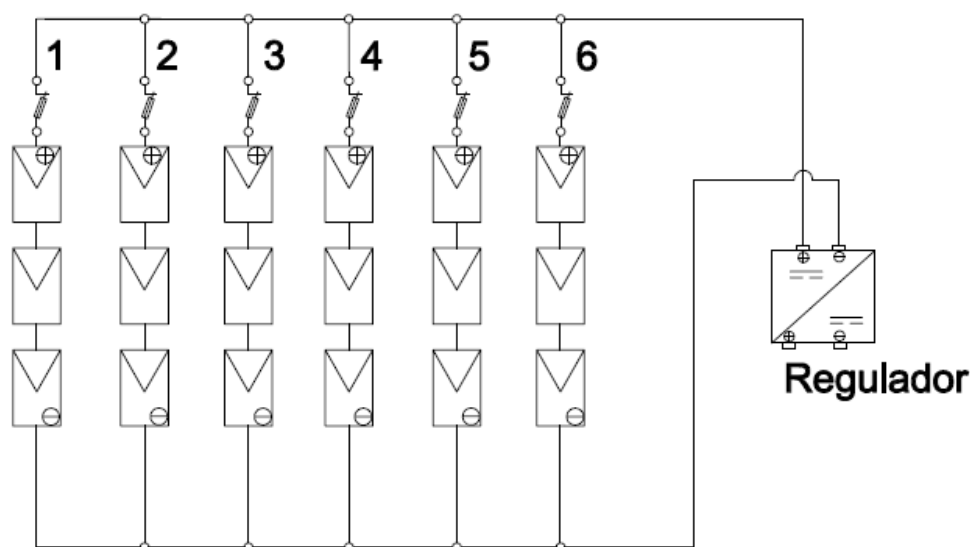


Figura 25. Esquema connexionat generador fotovoltaic.

Es realitza aquesta connexió per tal de garantir una major intensitat  $I_{Gsc}$ , ja que quan s'utilitzen acumuladors de plom-àcid, és necessari un valor d'intensitat major per poder garantir la càrrega correcta dels propis acumuladors i evitar la sulfatació d'aquests. Aquest fet provoca un major dimensionament del cablejat del tram de generador.

Les connexions entre mòduls, es realitzen a la part posterior de cada mòdul, utilitzant connectors MC4 s'uneixen els cables entre mòduls, les connexions internes i de posada a terra s'efectuen a l'interior d'una caixa estanca de PVC amb tapa practicable, caixa que incorporen els mòduls, i que disposen de díodes de pas per evitar tensions inverses perilloses en cas de mal funcionament d'un mòdul.

La unió en paral·lel de les 6 branques que conformen el generador, es realitzarà a l'interior d'una caixa de connexions de PVC situada a l'armari fotovoltaic, mitjançant connectors MC4 amb unió doble. Del generador FV (5,4 kW), obtindrem una producció anual de 1.144,28 kWh/kWp.

### 8.2.3 Estructura pels captadors fotovoltaics

Per a la seva col·locació s'ha utilitzat la coberta inclinada (amb inclinació de 25° respecte l'horitzontal) en major part i també la coberta plana de l'habitatge, utilitzant una estructura inclinada d'acer s'ha col·locat una estructura per a 16 mòduls fotovoltaics amb una inclinació de 33° en la coberta inclinada i una estructura amb una inclinació de 58° per a 2 mòduls fotovoltaics en la coberta plana.

L'estructura de suport, estarà composta per diferents parts per la correcta col·locació i subjecció dels panells fotovoltaics.

En tota la superfície d'ocupació de l'estructura amb els panells de 41,9m<sup>2</sup>, s'eliminaran les teules, per tal d'integrar al màxim l'estructura i reduir la càrrega de vent.

Així doncs, les diferents parts de l'estructura, d'acer galvanitzat, a part de les 18 estructures, que conformen 4 línies de 4 mòduls, per la coberta inclinada i una línia de 2 mòduls per la coberta plana, són els que es detallen seguidament, per tal de subjectar de forma adequada.

Element	Funció	Quantitat
Grapa final	Subjecció final barres travesseres	12
Grapes intermèdies	Unió entre mòduls	6
Ganxos coberta	Subjecció intermèdia	20
Carrils 4000x47x37 mm	Suport dels mòduls	8
Empalmaments 47x37 mm	Unió de 2 carrils	4

Taula 16. Estructura dels panells.

L'estructura garanteix una llarga vida útil treballant a la intempèrie, la resistència a esforços mecànics superiors a 2.000 N.

Tots els elements utilitzats són específics per a cobertes inclinades destinades a instal·lacions fotovoltaïques, tot el caragolam serà d'acer inoxidable, complint amb la normativa MV-106. El kit subministrat incorpora aïllants i volanderes plàstiques per evitar el contacte físics entre els marcs

dels panells i les estructures de suport dels mateixos, per tal d'evitar que es mantinguin contactes de parts metàl·liques a diferents potencials amb materials galvanitzats. El caragolam, suportarà esforços mecànics superiors a 2.500 N.

Els materials emprats, garanteixen la resistència als esforços als que es veuen sotmesos els diferents trams que conformen l'estructura.

L'ancoratge dels panells estarà sotmès a esforços mecànics segons la zona d'instal·lació concreta, que s'hauran d'avaluar per comprovar i garantir la seguretat per a les persones i els equips.

Els forats realitzats a la coberta per l'ancoratge dels suports s'emplenaran d'escuma de poliuretà i es pintaran per a la part exterior amb pintura impermeabilitzant en cada ancoratge. Es preveuran les accions tenint en compte el risc més important, el vent de Nord, ja que produeix forces de tracció sobre els suports que són més perilloses que les forces que es puguin produir a compressió.

Al tractar-se d'un habitatge construït, pel càlcul estructural s'ha de consultar el projecte realitzat per l'arquitecte per conèixer les condicions de sobrecàrrega de l'edifici, en aquest cas, ens basarem en la normativa, tal com indica el CTE DB SE-AE5 en la taula 3.1.

				Càrrega uniforme kn/m <sup>2</sup>	Càrrega concentrada (kn/m <sup>2</sup> )
F	Cobertes transitables accessibles d'ús privat			1	2
G	Cobertes accessibles solament per a conservació	G1	Cobertes amb inclinació inferior a 20°	1	2
			Cobertes lleugeres sobre corretges (sense sostre)	0,4	1
		G2	Cobertes amb inclinació superior a 40°	0	2

Taula 17. Càrregues mínimes en cobertes. CTE DB SE-AE5.

Per a la coberta inclinada, ens trobem en el cas de coberta accessible únicament per conservació (G) i garantint una càrrega uniforme superior a 1 kN/m<sup>2</sup> i una càrrega concentrada superior a 2 kN/m<sup>2</sup>, que en aquest cas s'aplica a la inclinació de la teulada de 25 graus respecte l'horitzontal, per característiques constructives.

Com s'ha comentat, per l'orientació dels panells 0° Sud, el vent que representa un risc és el provinent del nord. Les dades històriques de vent de la zona indiquen una previsió màxima

necessària de 100,8 km/h de vent de Nord, (28 m/s). En aquest cas, obtenim una pressió del vent de 479 N/m<sup>2</sup>. Basant-nos en les previsions establertes es calcula la força que provocarà el vent sobre els acumuladors, sabent que, cada panell té una superfície d'1,63 m<sup>2</sup> (992 mm ample i 1.640 mm llarg), obtenim una força de 564,96 N/mòdul, per tant, seran necessaris 57,61 kg de contrapès per a cada mòdul.

Per tant es col·locaran 18 blocs de formigó de 58 kg, de 65x20x20 cm, un per cada mòdul, per realitzar el contrapès necessari i garantir la seguretat dels elements i les persones.

Es repartirà doncs un total de 58 kg per mòdul (1.044 kg) i 20 kg de pes de cada mòdul (360 kg), el total per tant es tracta de 928 kg i 320 kg (1.248 kg) en la coberta inclinada i 156 kg per la coberta transitable. Resultant una càrrega de 69,33 kg/m<sup>2</sup> i de 78,42 kg/m<sup>2</sup> en cas de neu (35 cm), per a la coberta inclinada la qual es garanteix com a mínim la resistència a una càrrega uniforme de 101,9 kg/m<sup>2</sup>. Pel cas de la coberta transitable es produirà una càrrega de 8,6 kg/m<sup>2</sup>, complint amb els mínims que superen els 101,9 kg/m<sup>2</sup>.

#### 8.2.4 Pèrdues per ombres

En una instal·lació fotovoltaica poden aparèixer diferents tipus de pèrdues, les generals, que són per Inclinació, Orientació i per ombres, i les específiques de cada equip instal·lat. La normativa estableix límits per les pèrdues generals, i per tant, és necessari comprovar les pèrdues esmentades.

Tots els mòduls fotovoltaics utilitzats tenen unes mides de 992 mm d'ample per 1.640 mm de llarg. Tal com s'ha esmentat a l'apartat anterior, 16 dels 18 mòduls s'instal·laran a la coberta inclinada per aquest fet, s'ha calculat la distància mínima a la qual no es produiran ombres projectades per les files de mòduls. S'ha obtingut un resultat d'una distància mínima d'1,53 metres de separació entre fileres, però els resultats de les simulacions ens indiquen que tot i així es produïen ombres parcials, per aquest fet, s'han separat fins a 1,72 metres.



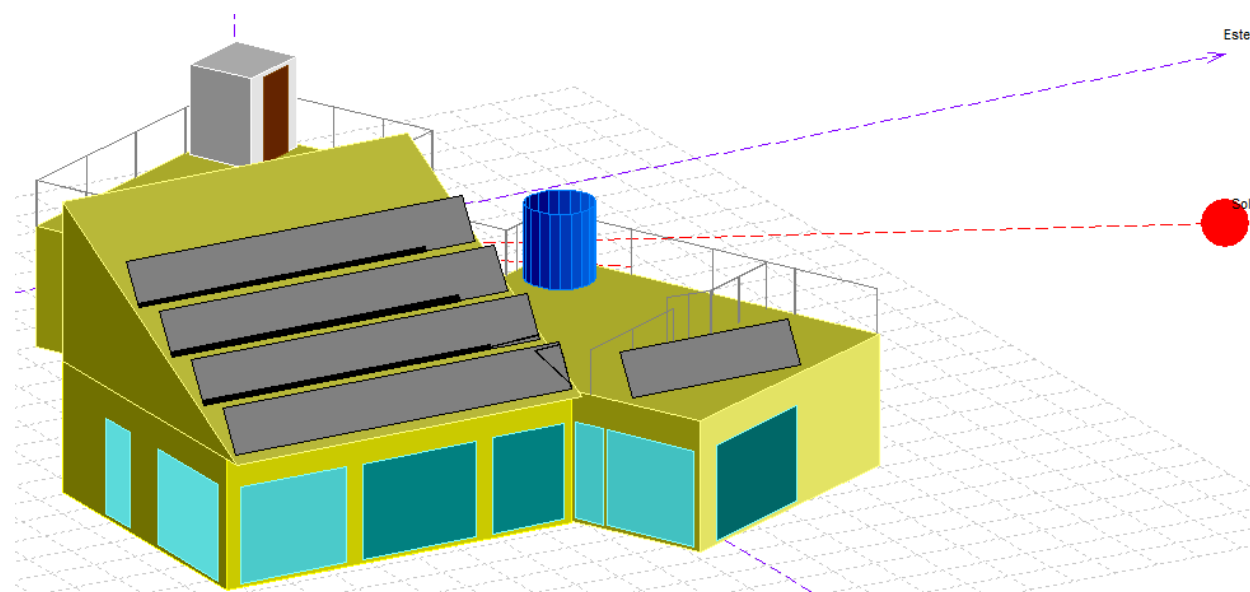


Figura 26. Simulació amb 1,53 m de separació, 21/12/2016, 08:45h

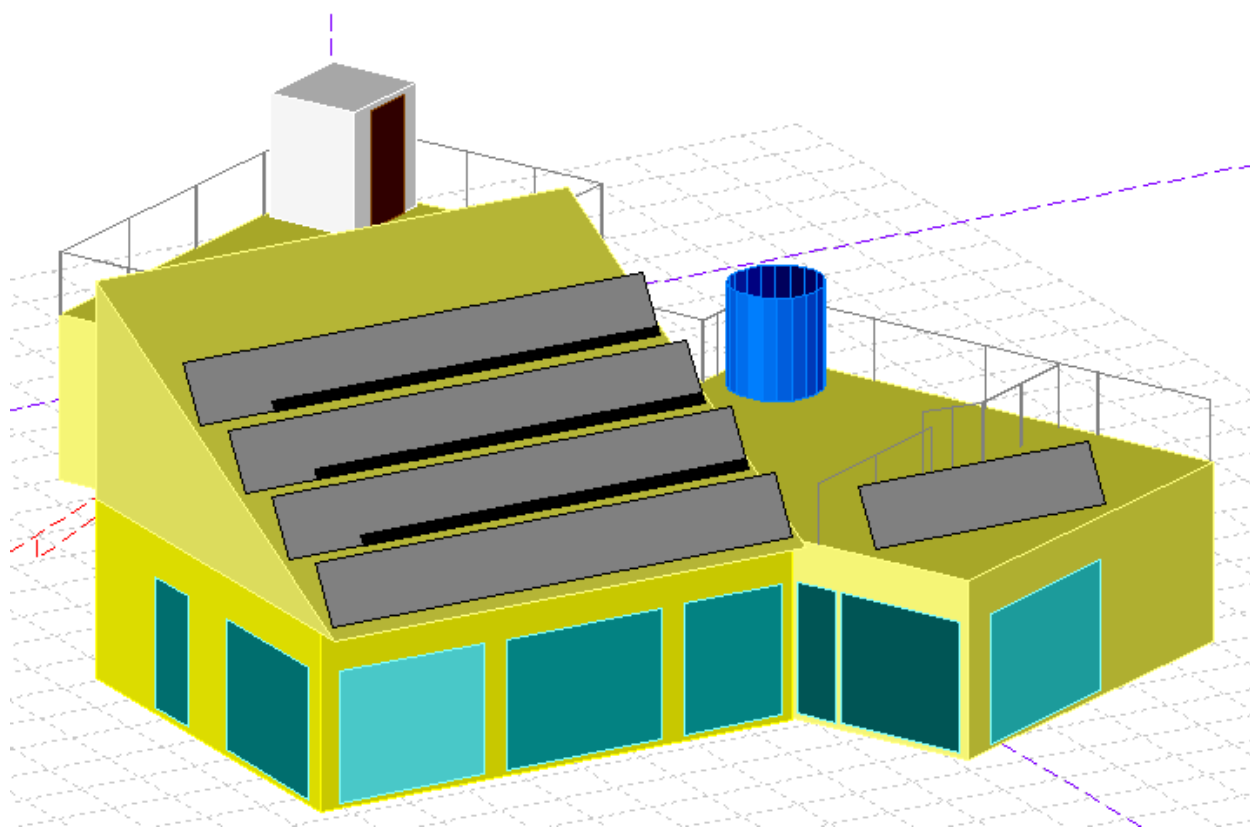


Figura 27. Simulació amb 1,53 m de separació, 21/12/2016 , 17:00h.

Un cop vistes les dues hores de referència per la primera distància, realitzem una nova simulació amb la separació final utilitzada.

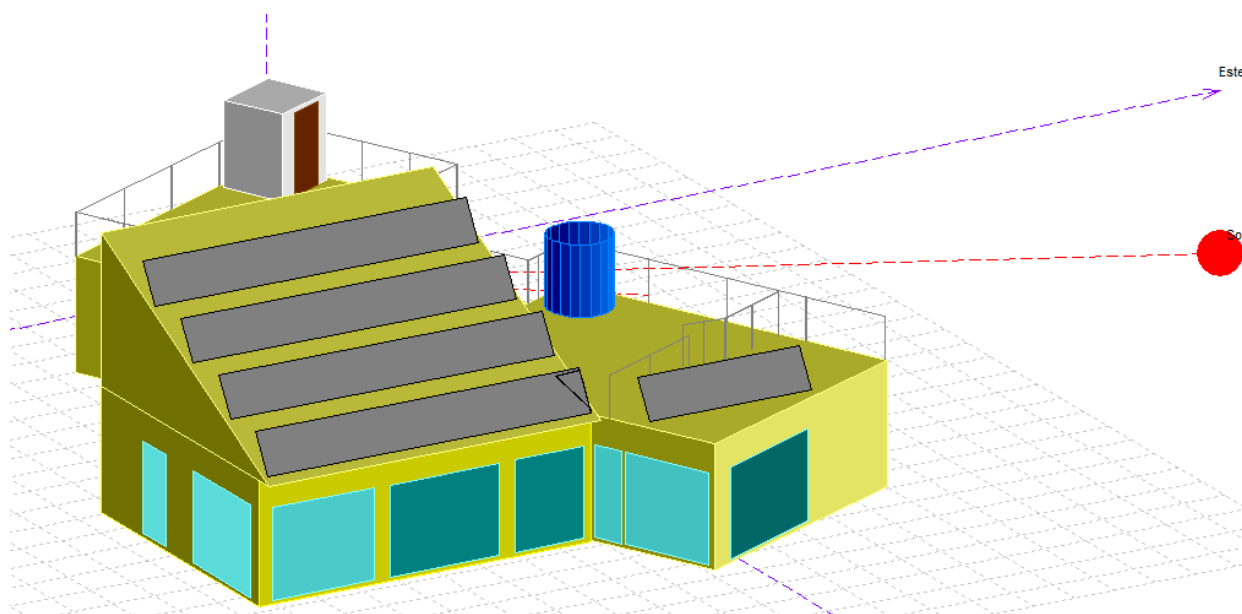


Figura 28. Simulació amb 1,72 m de separació, 21/12/2016, 08:45h

Tal com es pot veure en les dues primeres simulacions, es projecten ombres parcials a les primeres hores del dia (de 8:45 a 9:30h) i tarda (de 16:00 a 17:00h) estimades en un 0,2%. Mentre que amb la separació addicional, eliminem tota pèrdua de projecció entre fileres.

### 8.2.5 Vigilant d'aïllament

El generador fotovoltaic treballa aïllat del terra en funcionament flotant, sistema de terres IT. Davant d'una fallada, no es presenta corrent a terra. Però un cop s'ha donat el primer, existeix el perill d'una segona fallada on s'hi poden presentar tensions perilloses a les masses. Típicament quan es superen tensions de més de 24 V, ha d'existir un sistema de monitoratge de l'aïllament tant del positiu com del negatiu de la instal·lació. Davant d'un primer defecte, es donarà senyal d'alarma per actuar ràpidament i evitar la segona falla.

Quan es produeix una falla d'aïllament es tanca el circuit de mesura i circula pel vigilant una intensitat proporcional al defecte, que permet calcular-lo i comparar-lo amb el límit de resistència mínim establert.

Utilitzarem el vigilant d'aïllament CIPROTEC ISO-CHECK EV 500, en aquest cas, és un dispositiu dissenyat per a la recàrrega de vehicles elèctrics pel rang de tensions DC als que treballa, però es pot adaptar perfectament a la nostra instal·lació.



Figura 29. Vigilant d'aïllament, Ciptotec Iso-Check

Permet la regulació de la resistència del terra acceptable, indicació de falla a positiu o negatiu i indicador lluminós de falla activa.

Configuración de red		IT	
Para proteger redes		EV	
Normas Producto		EN 61557-8; IEC 61557-8; CHAdemo	
Tensión de alimentación auxiliar AC 50/60 Hz	Us	230	[V]
Consumo propio		2	[VA]
Tensión nominal del sistema	Un	50 ... 500	[VDC]
Frecuencia nominal	fn	50 / 60	[Hz]
Fusible previo máximo		6	A [gL]
Valor respuesta	Ran	40, 50, 60, 70, 80	[kΩ]
Tiempo máximo de respuesta (RLY1)	tRLY1	< 1	[s]
Tiempo mínimo de no respuesta	tRLY1	> 200	[ms]
Tiempo de respuesta (RLY2)	tRLY2	1, 2, 5, 10	[s]
Histéresis (para Un=1.000 VDC; Ran=40 kOhms)		15	[%]
Histéresis (para Un=1.000 VDC; Ran=80 kOhms)		10	[%]
Tiempo de rearme	tr	10	[s]
Tensión de medida (valor de pico) (RF=Ω)	Um	< 25	[V]
Corriente de medida (RF=0 Ω)	Im	< 1,5	[mA]
Resistencia interna CC	Ri	512	[kΩ]
Impedancia interna (a 50 Hz)	Zi	512	[kΩ]
Tensión continua admisible	Ufg	1150	[V]
Capacidad tolerada de derivación de la red	Ce	≤ 22,5	[uF]
Tensión impulsional soportada/categoría	Uimp	4 / III	[kV]

Taula 18. Característiques tècniques. ISO-Check Ciptotec

Ofereix un rang de monitoratge de 50 VDC a 500 VDC, per tant, s'adapta a la perfecció amb el rang del sistema de generació que treballarà entre  $U_{mpp \text{ mín}} (-3,3 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 98,10 \text{ V}$  i  $V_{oc\text{màx}} (60^{\circ}\text{C}) = 139,41 \text{ V}$ .

### 8.2.6 Regulador de càrrega

El regulador de càrrega és l'element encarregat de gestionar la càrrega de les bateries, realitza l'enllaç entre el generador i les bateries.

Es treballarà amb el regulador Victron Energy Smart Solar 150/100 MPPT. És un controlador de bateries que disposa de les tecnologies més avançades així com de Bluetooth i display LCD per la visualització dels paràmetres. Característiques destacades:

Seguiment ultra-ràpid del punt de màxima potència.

Detecció avançada del punt de màxima potència en casos amb d'ombres parcials.

Vida de la bateria: Gestió intel·ligent de la bateria.

Reconeixement automàtic del voltatge de la bateria.

Algoritme de càrrega flexible.

Protecció de la temperatura i descens de la potència quan la temperatura és massa alta.

Com s'ha comentat, aquest model disposa de Bluetooth, que permet, enviar les dades a un dispositiu amb iOS o Android, mitjançant la Victronconnect app, d'aquesta forma es pot controlar l'estat de les bateries, els panells i el propi regulador.

Disposa de treballar amb l'opció de 4 fases de càrrega de bateries. En aquest cas, eliminarem la fase d'equalització, ja que en el cas de les bateries amb electròlit gelificat, la fase d'equalització podria provocar la destrucció de les bateries així com un alt risc pels equips i les persones que estiguin al seu voltant. Típicament la fase d'equalització en les bateries de plom àcid amb l'electròlit en estat líquid, fa treballar les bateries amb més tensió de la normal per eliminar les possibles bombolles d'aire i així minimitzar la sulfatació mitjançant un procés similar a l'ebullició. En el cas de les bateries de gel, aquesta sobretensió provocaria una sobre pressió i evaporació de part del gel que com hem dit, destruiria les bateries.

Passem doncs, a analitzar els paràmetres del regulador per tal de comprovar que s'adaptin a les necessitats imposades pel generador i pel sistema d'acumuladors.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de software para ajustar el sistema en 36V)	
Corriente de carga nominal	85A	100A
Potencia FV máxima, 12 V 1a,b)	1200W	1450W
Potencia FV máxima, 24 V 1a,b)	2400W	2900W
Potencia FV máxima, 48 V 1a,b)	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150V máximo absoluto en las condiciones más frías 145V en arranque y funcionando al máximo	
Eficacia máxima	98%	
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V	
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)	
Algoritmo de carga	adaptativo multifase	
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C	
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión	
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)	
Humedad	95%, sin condensación	
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth	
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)	
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC	
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)	

NORMATIVAS	
Seguridad	EN/IEC 62109
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado. 1b) La tensión FV debe exceder en 5 V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V. 2) Un conjunto FV con una corriente de corto circuito superior puede dañar el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Corriente máxima por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)	

Taula 19. Característiques tècniques Regulador. Victron Energy SmartSolar MPPT.

Primerament indica els rangs de tensió del costat de CC, en aquest cas de sistema d'acumuladors, de 48 V, presents entre bateries, regulador i inversor.

Permet carregar les bateries de C5 1.043 Ah, amb un corrent màxim de 100 A, fet que incideix en el temps de càrrega total, de 10,43 hores i en la secció del cablejat que uneix el regulador amb l'entrada del sistema d'acumuladors.

$$\frac{C_{xx}}{I_{rc}} = t_c \quad (\text{Eq. 3})$$

On Cxx és la capacitat total del sistema d'acumulació en Ah, Irc és la intensitat de càrrega del regulador i tc el temps de càrrega en hores.

En referència a la potència màxima, segons tensió del sistema indica una potència de 5.800 W, valor idoni per la instal·lació ja que ens permet treballar amb un cert marge per ampliacions o per aparells que treballin amb una major potència de la prevista. Existeix un sobredimensionament de 400 W respecte a la potència instal·lada però pels fets exposats creiem que és justificat.

El corrent de curtcircuit està fixat a un valor màxim de 70 A, per tant és acceptable tenint en compte que la intensitat del generador  $I_{Gsc} = 54,45$  A, valor al qual s'ha d'aplicar un coeficient de sobredimensionament de seguretat d'1,25.

$$I_{Gsc} \cdot 1,25 = I_{Gsc}' \quad (\text{Eq. 4})$$

Obtenim 68,06 A, compleix per tant, la característica d'intensitat de curtcircuit del generador fotovoltaic.

El rang de tensions del generador va des de la tensió de circuit obert (tensió màxima) de  $U_{oc} = 139,41$  V valor inferior als 150 V que suporta l'equip, fins a la tensió mínima que oferirà el generador de  $U_{mmp} \text{ mín } (60^\circ\text{C}) = 98,11$  V valor de tensió superior als 53 V necessaris per a l'arrencada del regulador. Oferint un rang de 49 V – 145 V.

Un regulador de càrrega MPPT permet amplificar la tensió per tal d'assegurar el correcte funcionament de les bateries i allargar la seva vida útil, fet molt significatiu. També permet aconseguir el punt de màxima potència del generador fotovoltaic durant el major temps possible, augmentant el rendiment global, fins a un 25% en relació al regulador de càrrega convencional PWM. El controlador de bateries assoleix fins al 98% de rendiment, amb un autoconsum mínim de 0,95 W.



Figura 30. Connexionat del Regulador. Victron Energy, SmartSolar MPPT.

### 8.2.7 Bateries

Les bateries són l'element que pren més importància en la instal·lació fotovoltaica. S'han utilitzat 24 cel·les de 2 V cadascuna, aquestes, es connecten en sèrie per aconseguir una tensió de sistema final de 48 V, tensió a coincidir amb la tensió del regulador i de l'inversor. Típicament s'utilitza la tensió de 24 V, però pel fet d'utilitzar panells de més potència, s'obtindrien intensitats molt elevades i no és recomanable tant per l'augment de la perillositat de la instal·lació com per les seccions dels cablejats.

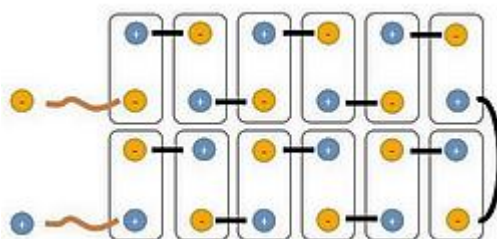


Figura 31. Connexionat en sèrie de les bateries. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

S'han escollit aquestes bateries pel seu baix gairebé nul manteniment, únicament s'ha de fer una comprovació visual per comprovar que no es presenten esquerdes o pèrdues per la vàlvula de seguretat. Es poden instal·lar de forma vertical o horitzontal i no emeten gasos nocius (excepte per un funcionament anòmal com per exemple una mala configuració del regulador).

Treballant amb una profunditat de descàrrega del 60 %, ens ofereix un molt bon nombre de cicles en comparació amb les altres bateries, de 3.000 cicles complets a C10.

Your benefit:
> <b>Exceptional cycling performance</b> – 3000+ cycles at 60 % Depth of Discharge* C <sub>10</sub>
> <b>dryfit Gel technology</b> – leak proof
> <b>Lowest energy consumption</b> – saving costs
> <b>Strong tubular plate technology</b> – for longer life in the toughest conditions
> <b>Proof against deep discharge</b> – greater long-term energy delivery
> <b>Horizontal mounting possible</b> – easy installation and maintenance
> <b>Completely recyclable</b> – low CO <sub>2</sub> -footprint



Figura 32. Característiques bateries OPvS. GNB Sonnenschein.



La temperatura té una influència important sobre la tensió de flotació de les bateries, per això, la situació de les bateries pren una gran importància. Aquestes s'instal·laran en un armari tancat a l'interior d'una estructura d'obra i aïllat tèrmicament utilitzant llana de roca, que garanteix que no baixa dels 10 °C.

Com s'ha pogut comprovar 8.1.2 Estimació de les necessitats, demanda d'energia, s'estableix un valor diari pel dimensionament de les bateries procedent de la divisió del consum pels dies de la setmana. De la divisió obtenim una necessitat d'energia diària de 7.043,50 Wh, es prendrà aquest valor per realitzar els càlculs de necessitats de les bateries, ja que els períodes d'ús de les bateries seran en major mesura a la nit, on hi ha un consum molt inferior, i que davant de períodes totalment nuvolats s'ha de tenir certa conscienciació en l'ús de les càrregues es produirà un consum inferior. Tot i així, es treballarà amb un factor de correcció de seguretat d'aproximadament el 14% de l'energia prevista (1.000 Wh més), assolint els 8.001 Wh finalment per al procés de càlcul pel dimensionament dels acumuladors.

Les bateries utilitzades són de la marca GNB Sonnenschein A600, de descàrrega profunda, ja que permeten descarregar fins a un 60% de la seva capacitat en un cicle real de descàrrega per una vida òptima. La bateria és de tipus estacionari, formada per plaques tubulars i amb electròlit gelificat de plom-àcid, en aquest cas plaques ambdues de plom-calci.

Capacities  $C_1 - C_{120}$  (20 °C)

Type	$C_1$ 1.67 Vpc	$C_3$ 1.75 Vpc	$C_5$ 1.77 Vpc	$C_{10}$ 1.80 Vpc	$C_{100}$ 1.85 Vpc	$C_{120}$ 1.85 Vpc
A602/295 Solar	123	167	193	218	286	294
A602/370 Solar	154	209	241	272	357	367
A602/440 Solar	185	251	290	326	429	440
A602/520 Solar	229	307	342	380	505	519
A602/625 Solar	275	369	410	456	606	623
A602/750 Solar	321	431	479	532	707	727
A602/850 Solar	367	513	626	681	829	848
A602/1130 Solar	489	684	834	908	1105	1131
A602/1415 Solar	612	855	1043	1135	1382	1413
A602/1695 Solar	734	1026	1252	1363	1658	1695
A602/1960C Solar	824	1209	1359	1573	1937	1959
A602/2600 Solar	1047	1548	1782	2025	2547	2613
A602/3270 Solar	1309	1935	2228	2532	3184	3266
A602/3920 Solar	1571	2322	2673	3038	3821	3919

Taula 20. Característiques bateries utilitzades. GNB Sonnenschein.



En aquest cas, s'escollirà el model A602/1.415 Solar, que ofereix una amb capacitat C5 1.043 Ah, sobredimensiona lleugerament la capacitat necessària C4,86 - 946,67 Ah. Cada cel·la, ofereix un rang de capacitat que varia des de C1 amb 612 Ah fins a C120 1.413 Ah, proporcionant amb aquesta diferència de règims de descàrrega més del doble de capacitat nominal.

### 8.2.8 Inversor

L'inversor és l'encarregat convertir l'energia de les bateries de corrent continu 48V a 230V CA, per l'ús directe de la instal·lació interior d'usuari.

S'instal·larà l'inversor carregador Quattro 48/8.000 de Victron Energy. S'ha escollit en funció de la màxima demanda de potència instantània de la instal·lació elèctrica a alimentar, que en aquest cas assoleix la 8 kVA, l'inversor permet subministrar aquesta potència a una tensió de 230V i fins a 6,5 kW. És superior a les necessitats actuals de l'habitatge però finalment s'ha decidit utilitzar aquest model, ja que l'anterior no complia les necessitats de potència, ni intensitat, els requisits més importants que a complir per l'inversor. A més, per l'alta intensitat de descàrrega que necessitem, és necessari passar a potències més elevades.

L'inversor Victron Energy Quattro, es poden connectar dues fonts d'alimentació de CA independents, com per exemple dos grups electrògens i de forma automàtica es connectarà a la font d'alimentació activa. Disposa de dues sortides de CA amb la funcionalitat "Sense Interrupció", en cas de fallada del generador principal el propi inversor commutarà de forma automàtica i en menys de 20 mili-segons, espai tan breu de temps que, els ordinadors i la resta d'equips electrònics connectats al subministrament continuaran funcionant amb normalitat.

Disposa d'una sortida de CA que no consumeix energia de les bateries, i per tant, quan es produeix un consum des d'aquesta sortida, s'alimenta directament de la font d'energia auxiliar, això s'utilitza per si per exemple es vol disposar d'un escalfador d'aigua o termos elèctric.

Funció PowerAssist, permet que davant d'un pic de potència, amb la conseqüent falta de potència compensar de forma immediata aquesta baixada de potència de subministrament, un cop recuperada la baixada, l'energia sobrant s'injectarà a les bateries. Configuració a distància es pot accedir a les dades i canviar la configuració dels sistemes amb un panell Color Control si està connectat a Ethernet.

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100
PowerControl / PowerAssist			SI
Conmutador de transferencia integrado			SI
2 entradas CA			
	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1		
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100
	INVERSOR		
Rango de tensión de entrada (VCC)		9,5 – 17V	19 – 33V 38 – 66V
Salida (1)		Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%	
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	45 / 50
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	30 / 30
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	10 / 20
	CARGADOR		
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110
Corriente de carga batería arranque (A)		4 (solo modelos de 12 y 24V)	
Sensor de temperatura de la batería		SI	

Taula 21. Característiques tècniques Inversor utilitzat. Victron Energy Quattro 48V.

Ens permet una intensitat per al costat de bateries de 2x100 A, per tant, tant per potència com per a intensitat, la instal·lació podrà ser ampliada molt fàcilment, ja que actualment, la intensitat màxima de descàrrega de la bateria recau sobre els 194 A, a màxima descàrrega C4,86, temps que es veurà limitat a C12,5 en no poder superar els 100 A esmentats.

El rang de tensions de treball va des de 38 V fins a 66 V, i per tant s'adapta perfectament a la tensió de 48 V del sistema. L'inversor incorpora també la funció de carregador, és a dir, està preparat per al muntatge d'un grup electrogen en el cas que es vulgui instal·lar per dotar la instal·lació d'un suport, en cas d'avaries, parades per manteniment o substitucions.

L'inversor disposa de totes les proteccions necessàries que comprenen, protecció contra curtcircuits de sortida, sobrecàrregues, sobretensió costat bateries, tensió perillosament baixa costat bateries, sobreescalfament, sobretensió costat CA i alta ondulació d'entrada.



Figura 33. Connexionat de l'Inversor victron. Victron Energy Quattro 48V.

### 8.2.9 Grup electrogen

A l'hora d'escollir un grup electrogen per una instal·lació fotovoltaica buscarem, que s'adapti en quant a la potència i energia de subministrament, emissions sonores (es procurarà que sigui un grup aïllat) i el consum.



Figura 34. Grup electrogen utilitzat. ITC power 10 kVA.

L'habitatge disposa d'una potència instal·lada de 5 kW, la suma de la potència instal·lada més la potència de l'inversor carregador (de 8 kW), obtindríem 13 kW, però es preveu que no s'utilitzi tota la potència instal·lada alhora a l'habitatge i per tant escollirem un grup electrogen ITC Power DHY11KE amb les característiques següents:

Model		DHY11KE/KSEm
Prime Power	KVA	10.0
	KW	10.0
Standby Power	KVA	11.0
	KW	11.0
Power Factor		1
Frequency	Hz	50
Rate Voltage	V	220
Rate Current	A	45.5
Controller		IL-NT MRS10
Control Voltage	V	12
Battery Capacity	AH	55
Coolant Capacity	L	6
Fuel Tank Capacity	L (Base frame)	77.5
Fuel Consumption	L/Hour	4.95
Running Time	Hour	16
Sound @7 meter	Db	65
Open Type Product size	L×W×H	1560×780×910
Open Type Weight net	kg	480
Canopy type product size	L×W×H	1950×900×1120
Canopy Type Weight net	kg	665
loading capacity	units/container	

Taula 22. Característiques tècniques grup electrogen. ITC Power.

Com podem observar, aquest equip ens ofereix fins a 10 kW, tenim l'opció de treballar S'utilitzarà la sortida de 220 V, que ens oferirà una intensitat de fins a 45,5 A. L'inversor Carregador Victron Energy Quattro accepta un corrent de càrrega de fins a 110 A, per tant compleix amb les limitacions.

Disposa d'un dipòsit de 77,5 litres amb un consum de 4,95 litres/hora, per tant, pot funcionar ininterrompudament durant gairebé 16 hores.

En quant a emissions sonores, es preveuen menys de 65 dB a una distància mínima de 7 metres del punt de mesura.

El panell de control disposa de 3 proteccions per al tall del circuit monofàsic, una per cada sortida AC i 1 protecció contra sobretensions pel circuit trifàsic.

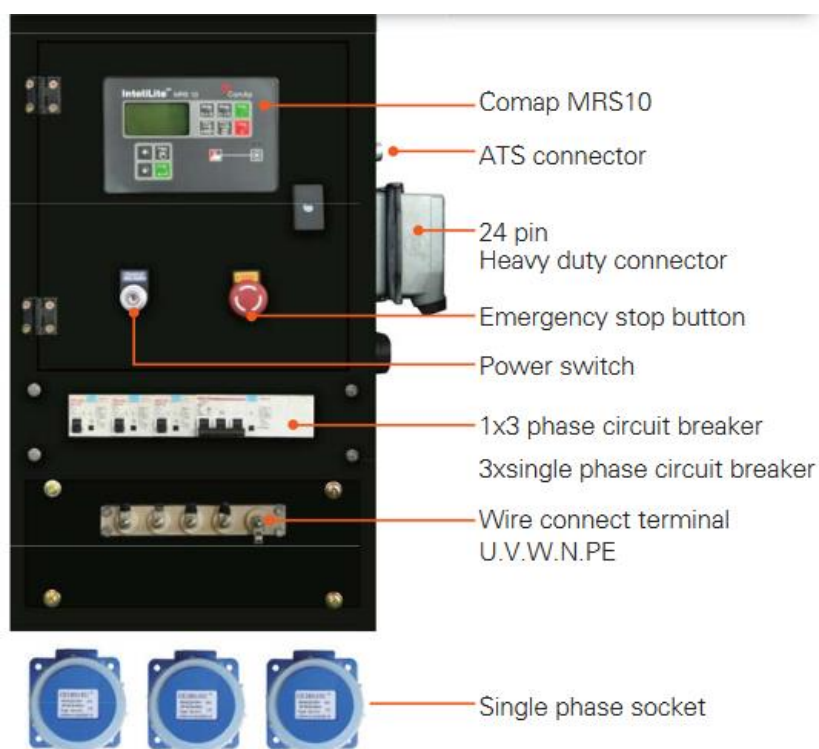


Figura 35. Panell de control i protecció. ITC Power.

Permet la configuració en mode manual o automàtic mitjançant la pantalla de control del Generador, a més de visualitzar les condicions de funcionament. El senyal de connexió la subministrarà l'inversor carregador mitjançant un relé d'activació.

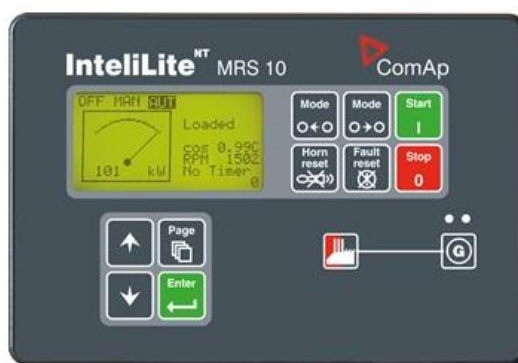



Figura 36. Pantalla de control . Intelilite, ITC POWER.

El grup electrogen disposa d'un selector d'arrencada automàtica (recepció d'ordre ON per part de l'inversor de bateries), o arrencada manual, que s'haurà d'efectuar des del punt d'instal·lació del grup.

El grup electrogen s'ancorarà a terra utilitzant els silent blocs subministrats amb el propi grup electrogen, que són blocs de material elàstic de tipus polimèric que minimitzen els sorolls i les vibracions.

Es recomana realitzar una revisió anual, per part del servei tècnic de la casa ITC power, per la substitució d'olis i filtres, així com l'engegada cada 2 mesos davant períodes d'inactivitat del propi grup electrogen. Mitjançant el comptador d'hores del que disposa es pot comprovar si s'assoleixen els següents intervals, per tal d'avisar al servei tècnic qualificat sempre que sigui necessari.

CAUTION!			
 <p>Do not carry out maintenance operations when the electric power supply is turned on: always check to ensure that the appliances are properly earthed. During diagnosis and maintenance operations, make sure that your hands and feet are dry, and whenever possible use insulating stands.</p>			
FREQUENCY			
Controls (when in use)	Frequency		
Check oil level in engine	150		
Check coolant level	150		
Clean heat exchangers	150		
Clean air filter	150		
Drain water from the fuel pre-filter	150 hours <sup>(1)</sup>		
Check/top up electrolyte level in batteries and clean terminals	Half-yearly		


 Planned maintenance	Frequency
Check state of oil vapour filter (indicator may be present)	300 hours <sup>(2)</sup>
Change oil	900 hours <sup>(3) (4)</sup>
Change oil filter/s	900 hours <sup>(3) (4) (5)</sup>
Change fuel filter	900 hours <sup>(3) (1) (5)</sup>
Change fuel pre-filter	900 hours <sup>(3) (1)</sup>
Check exhaust pipe/s for damage	Half-yearly
Drain/suck water and condensation from fuel tank	Half-yearly <sup>(1)</sup>
Check / change alternator belt	1200 hours or 2 years
Change air filter	2 years <sup>(4)</sup>
Change coolant	1200 hours or 2 years
Change oil vapour filter	2 years <sup>(4)</sup>

Figura 37. Accions de manteniment segons hores de funcionament. ITC Power, grupos insonorizados.

### 8.2.10 Cablejat

En instal·lacions fotovoltaiques el cablejat pren una importància addicional, ja que, presenten intensitats elevades i cal tractar el dimensionat amb molta cura. Els cables de connexionat dels mòduls fotovoltaics estaran exposats a altes temperatures, per estar instal·lats a la intempèrie per això s'utilitzaran cables desenvolupats específicament per aplicacions fotovoltaiques.

En funció del tram que recorren entre elements, la intensitat o potència amb la que treballarà (el cas més restrictiu) , la intensitat de curtcircuit i limitant la caiguda de tensió a 1,5% per la instal·lació solar fotovoltaica, s'establiran les seccions pertinents en funció de la intensitat màxima o de la caiguda de tensió, en cada cas el més restrictiu.

Tractarem un total de 6 trams de cablejat, establint el tipus de cablejat utilitzat i les condicions d'instal·lació per tal d'aplicar factors de correcció si és necessari, que són, per temperatures diferents de 40 °C, per agrupació de circuits, tipus d'instal·lació i material de l'aïllament.

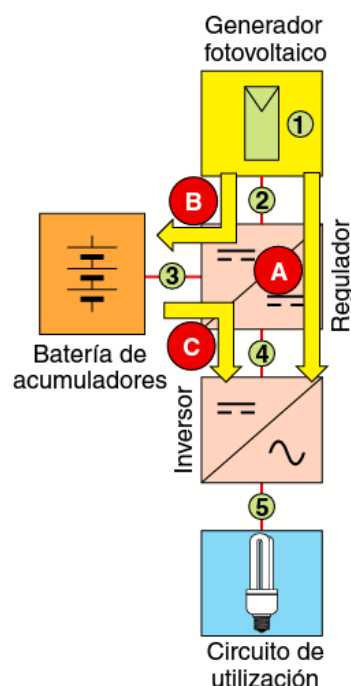


Figura 38. Esquema circuits de circulació segons utilització. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

Com podem veure en la figura anterior, es seguiran dos circuits, circuit amb radiació solar (trams 1, 4 i 5) i circuit sense radiació solar (trams 3, 4 i 5), restaria per afegir el grup electrogen, connectat a l'inversor regulador.

Tram 1, Connexionat dels mòduls. Aquest tram, presenta exposició als rajos ultraviolats, instal·lació a l'aire lliure i temperatures superiors a 40 °C, previsió 50 °C. És un Tram de corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termoestable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat Exzhellent-solar ZZ-F (AS) de General Cable.

		I ini (A)	F.seg.	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	Ifi (A)
<b>Tram 1</b>	<b>Isc mòdul</b>	9,08	1,25	11,35	E	2 XLPE	0,75	0,89	17,00

Taula 23. Intensitat tram 1 del sistema fotovoltaic.

Tram 2, Connexionat del Generador al Regulador. El cablejat es disposarà a l'interior de tub, es preveuen temperatures superiors a 40 °C, previsió 50 °C en muntatge superficial, s'agruparan un total de 6 circuits. És un Tram de corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termoestable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat Exzhellent-solar ZZ-F (AS) de General Cable, tensió 0,6/1 kV.



		I ini (A)	F.seg.	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 2</b>	<b>IGsc</b>	54,45	1,25	68,06	B1	2 XLPE	1,00	0,89	76,47

Taula 24. Intensitat tram 2 del sistema fotovoltaic.

Tram 3, Connexionat del Regulador als Acumuladors. El cablejat d'aquest tram es disposarà a l'interior de canaleta perforada en muntatge superficial. Tram de corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg.	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 3</b>	<b>IR</b>	54,45	1,25	68,06	B1	2 XLPE	1,00	1,00	68,06

Taula 25. Intensitat tram 3 del sistema fotovoltaic.

Tram 4, Connexionat fins entrada de l'Inversor. El cablejat es disposarà a l'interior de canaleta perforada amb tapa practicable. Tram de Corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termoestable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 4</b>	<b>linv CC</b>	100,00	1,25	125,00	B1	2 XLPE	1,00	1,00	125,00

Taula 26. Intensitat tram 4 del sistema fotovoltaic.

Tram 5, Sortida de l'inversor fins CGP. El cablejat es disposarà a l'interior de tub encastat en paret. Tram de Corrent altern. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 5</b>	<b>linv CA</b>	28,26	1,25	35,33	B1	2 XLPE	1,00	1,00	35,33

Taula 27. Intensitat tram 5 del sistema fotovoltaic.

Tram Grup, Cablejat grup electrogen a l'inversor. El cablejat es disposarà a l'interior de tub, soterrat en sortida del grup i tub en superfície. Tram de Corrent altern.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>T. Grup</b>	<b>I grup</b>	45,50	1,25	56,88	D	2 XPLE	1,00	1,14	49,89

Taula 28. Intensitat tram 6 del sistema fotovoltaic.

Un cop establertes les intensitats pertinents, realitzem la comprovació de seccions corresponents per complir amb el requisit de caiguda de tensió.



	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm²)
<b>Tram 1</b>	12,00	0,60	10,28
<b>Tram 2</b>	3,00	0,33	28,03
<b>Tram 4</b>	2,00	0,37	62,56
<b>Tram 5</b>	2,00	0,20	6,06
<b>Total</b>	<b>19,00</b>	<b>1,50</b>	-

Taula 29. Comprovació C.d.t i secció inicial.

Assignem el major % de caiguda de tensió als trams amb la tensió més baixa (48 V), i els % més baixos pels trams de 230 V. Pel tram 3, s'assigna la suma de C.d.t dels trams 1 i 2. S'ha de tenir en compte, que pel càlcul de la secció del tram 1, es pren una tensió mínima de 91,8 V, corresponent a la tensió en les pitjors condicions de temperatura.

	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm²)
<b>Tram 3</b>	2,00	0,93	13,55

Taula 30. Comprovació C.d.t i secció inicial grup electrogen.

Com podem observar, la caiguda de tensió acumulada és inferior a 1,50 %, per tant, complim amb la normativa (ITC BT 40). El grup electrogen, es connectarà directament a l'inversor, i per tant s'ha de comprovar novament el compliment de la caiguda de tensió, ja que efectuarà el camí a la inversa per carregar els acumuladors.

	Longitud (m)	AU% Assignat	Secció C.d.t (mm²)
<b>Tram 7</b>	20,00	0,70	27,19
<b>Tram 4,2</b>	2,00	0,40	57,87
<b>Tram 5,2</b>	2,00	0,40	2,96
<b>Total</b>	<b>26,00</b>	<b>1,50</b>	

Taula 31. Comprovació C.d.t i secció inicial, segon recorregut

Finalment, realitzem la comparació i comprovació de seccions calculades segons intensitat i caiguda de tensió, per establir la secció final.

		Secció per T <sup>a</sup> (mm²)	Secció C.d.t (mm²)	Secció Comercial (mm²)
<b>Tram 1</b>	Isc mòdul	1,50	15,41	16,00
<b>Tram 2</b>	IGsc	16,00	31,50	35,00
<b>Tram 3</b>	IR	16,00	13,55	16,00
<b>Tram 4</b>	linv CC	35,00	62,56	70,00
<b>Tram 5</b>	linv CA	4,00	6,06	10,00
<b>Tram Grup</b>	I grup	16,00	23,85	25,00

Taula 32. Secció final utilitzada.

En conseqüència de les seccions establertes per a les fases, i seguin les prescripcions de la ITC-BT 07, taula 1, s'establiran les seccions corresponents del conductor neutre per als trams de CA.

Conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección neutro (mm <sup>2</sup> )
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Taula 33. Comprovació secció neutre, ITC BT 07, taula 1.

Tal com es realitza amb el cablejat de neutre, el conductor de protecció de cada element s'establirà la secció tal com indica la ITC BT 18, taula 2.

Sección de los conductores de fase de la instalación $S$ (mm <sup>2</sup> )	Sección mínima de los conductores de protección $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Taula 34. Comprovació secció conductor protecció, ITC BT 18, taula 2

### 8.2.11 Protecció del cablejat

En funció del tram, s'utilitzen diferents elements de protecció per als cables, bàsicament:

Tram	Element utilitzat	Característiques
Generador FV - Regulador	Tub flexible	2 x Corrugat, 63 mm Øext
Regulador - Acumuladors	Tub flexible	PVC perforada 100x70 mm
Regulador - Inversor	Canaleta	PVC perforada 100x70 mm
Inversor – Instal·lació Interior	Canaleta	Corrugat, 110 mm Øext
Grup Elec. - Inversor	Tub flexible	Corrugat, 90 mm Øext
Inversor - Bateria	Canaleta	PVC perforada 100x70 mm

Taula 35. Característiques de protecció del cablejat.

Per a l'elecció dels diàmetres dels tubs i els materials utilitzats s'han seguit la taula 9 de la ITC-BT-21 i les prescripcions indicades respectivament.

La unió del tub flexible amb el tub rígid, introduint el tub flexible a l'interior del tub rígid en forma de U invertida amb recobriment per tub retràctil, per evitar l'entrada d'aigua.

## 8.2.12 Proteccions

A part dels elements de protecció que incorporen els equips, s'han instal·lat diferents proteccions a la resta de la instal·lació. Bàsicament contra sobreintensitats i sobretensions.

### 8.2.12.1 Sobreintensitats

Començant per les agrupacions de mòduls, es protegiran els contra corrents inverses que es puguin produir com a conseqüència d'un mal funcionament d'un dels mòduls. Es disposa de diferents opcions com són díodes de bloqueig, fusibles i interruptors magnetotèrmics. Cada element té els seus avantatges i inconvenients. En aquest cas es col·locaran fusibles gPV (cilíndrics per aplicacions fotovoltaïques) amb seccionadors, ja que no existeix alta dificultat d'accés, són una opció més econòmica que els magnetotèrmics i dissipen menys potència que els díodes.

Els fusibles es calculen per actuar entre 1,5 i 2 vegades el corrent de curtcircuit d'un mòdul ( $I_{sc} = 9,08 \text{ A}$ ) i 1,2 cops la tensió del generador en condicions CEM ( $U_{Goc} = 130,2 \text{ V}$ ).

$$I_{sc} \cdot 2 = I_{\text{fusible}} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$U_{Goc} \cdot 1,2 = V_{\text{fusible}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Obtenint una  $I$  de 18,16 A i una  $V$  de 156,24 V. A la sortida del conjunt de mòduls en sèrie, s'hi ha instal·lat seccionadors fusibles gG, per CC, unipolars de 20 A i fins a una tensió de 440 DC, amb un poder de tall de 15 kA, pel positiu de cada branca en paral·lel (6 seccionadors amb fusible en total).

El motiu pel qual es disposaran fusibles amb base seccionador, és per disposar de la capacitat de desconectar una o vàries branques per manteniment o averies.



Figura 39. Fusibles gG. dF electric, 2017.

Previ al regulador, s'hi instal·larà un magnetotèrmic bipolar, amb corba de dispar Z, ja que es necessita una ràpida actuació (zona magnètica a 2-3 I nom). Es dimensionarà per actuar a 1,5 vegades el corrent  $I_{Gsc}$  (54,45 A) i una tensió de 1,2 vegades  $U_{Goc}$  (130,2 V). Aquest element, a part d'oferir una protecció addicional del generador, també permet desconnectar de forma fàcil i còmode la instal·lació de captació.

$$I_{sc} \cdot 1,5 = I \text{ magnetotèrmic} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$U_{Goc} \cdot 1,2 = V \text{ magnetotèrmic} \quad (\text{Eq. 8})$$

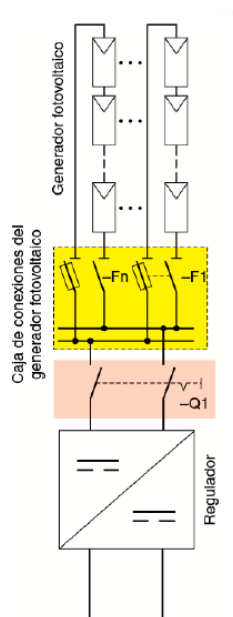


Figura 40. Esquema proteccions trams 1 i 2. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

En aquest cas doncs, l'element Q1 serà un magnetotèrmic bipolar de 80 A, amb corba de disparament Z, i poder de tall 10 kA.

La unió entre regulador i sistema d'acumulació, s'haurà de protegir degudament de forma individual, l'element més indicat per aquesta finalitat són els fusibles gG, amb base seccionador. Es dimensionarà a raó 1,5 o 2 vegades el corrent del regulador  $I_R$  en condicions CEM (68,06 A).

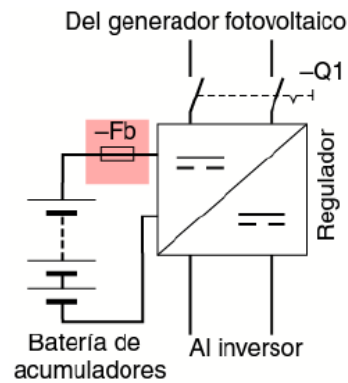


Figura 41. Esquema proteccions tram 2 i 3. CASTEJÓN OLIVA, A., Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

$$I_R \cdot 2 = I_{\text{fusible}}$$

(Eq. 9)



Figura 42. Fusible tipus NH1, dF electric, 2017.

Obtenim una  $I$  de 136,12 A, s'instal·larà un fusible NH1, per CC, unipolar de 160 A, tensió de 690 V, amb un poder de tall de 80 kA, de la casa Df.



Figura 43. Seccionador amb tensió per fusible tipus NH1, dF electric 2017.

De forma addicional, es pot col·locar un magnetotèrmic bipolar, amb corba de dispar Z a l'entrada de CC de l'inversor, per tal de disposar de més seguretat i capacitat de seccionament de la

instal·lació, sabent que la  $I_{nv\ cc}$  és de 100 A, es disposaria un magnetotèrmic de 125 A, que en aquest cas, per la protecció interna del propi equip no serà necessari.

$$I_{nv\ cc} \cdot 1,5 = I_{fusible} \quad (Eq. 10)$$

### 8.2.12.2 Sobretensions

Les sobretensions en les instal·lacions fotovoltaïques poden aparèixer bàsicament a causa de descàrregues d'origen atmosfèrics (llamps), per aquest fet, es protegeix el sistema mitjançant un protector contra sobretensions amb capacitat de tall 65 kA, de la casa Ciprotec, model PSC3-12,5/600PV, dotat de 3 mòduls desendollables, tensió màxima de circuit obert 600 VDC. Aquest mòdul es disposa entre positiu, negatiu i terra de la instal·lació del generador. Previst de protecció en mode comú i diferencial.

Gama	PSC3 FOTOVOLTAICO	
Referencia	PSC3-12,5/600 PV	PSC3-12,5/1000 PV
Código sin IR	77738370	77738375
Código con IR	77738371	77738376
Uc (Uoc max)	600 Vdc	1000 Vdc
I <sub>max</sub> (8/20 µs)	65 kA	
I <sub>imp</sub> (10/350 µs)	12,5 kA	
I <sub>n</sub>	20 kA	
IEC 61643-11	Tipo 1+2	
Up	≤ 2,6 kV	≤ 3,6 kV
t <sub>a</sub>	< 25 ns	
I <sub>scwpv</sub>	-	
Fusible previo	10 A	
Formato	Desenchufable	

Taula 36. Característiques tècniques protector sobretensions. Ciprotec PSC3, 2017.

### 8.2.13 Monitorat

Pel cas de la instal·lació amb bateries de gel, s'han utilitzat equips de la casa Victron Energy. Aquesta casa comercial ofereix diferents complements per a la nostra instal·lació, que passen del monitorat de cada equip de forma individual fins al monitorat global de tota la instal·lació.

L'equip que engloba més funcions és el Color Control GX, que ofereix un control i monitoratge de tots els equips connectats a ell.

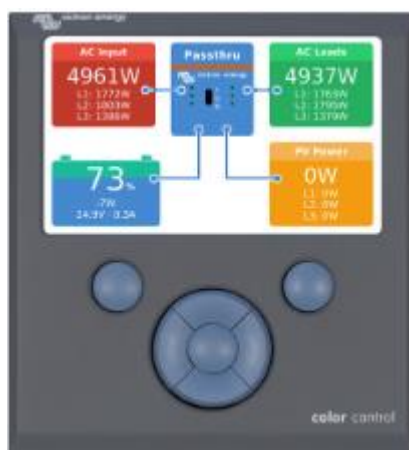


Figura 44. Monitor de control. Victron Energy Color Control Gx, 2017.

A part de permetre el control dels equips de forma local, el propi CC-GX també envia totes les lectures a la pàgina web gratuïta de monitoratge remot, el portal VRM. Aquest portal permet monitoritzar, controlar i configurar el CCGX de forma remota per internet.

En aquest equip, es pot ajustar l'estat dels equips mitjançant unes normes especials per hores vall segons estat de càrrega, tensió i estat del generador.

Permet la connexió de tots els equips del sistema, excepte en aquest cas el generador fotovoltaic, del qual se'n llegeixen les dades a partir de l'inversor.

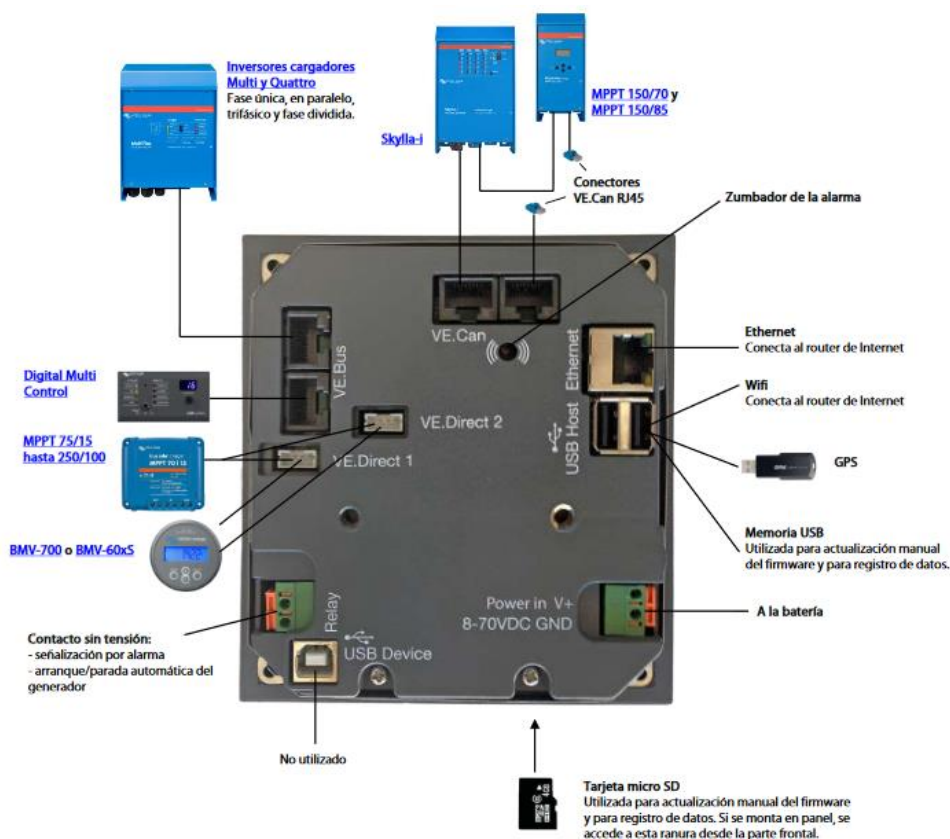
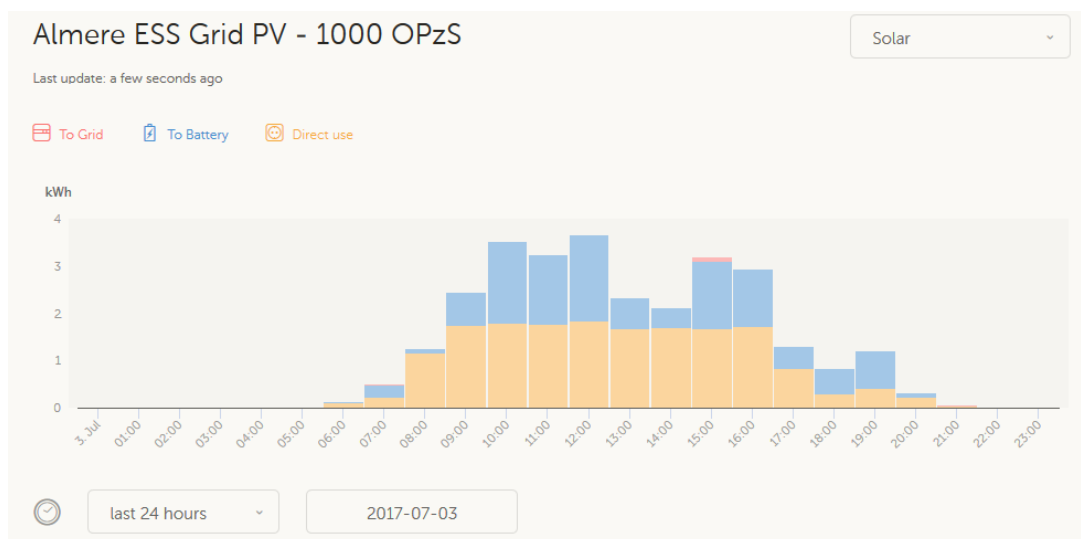
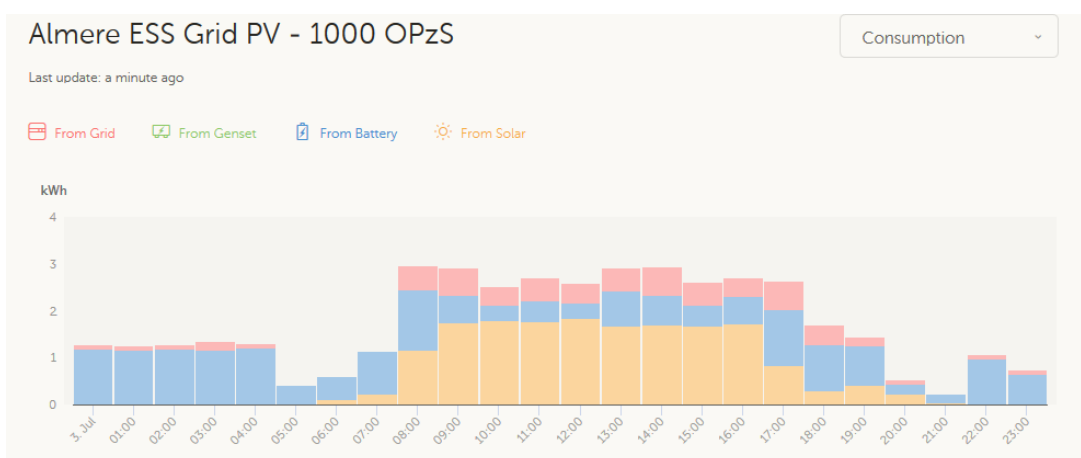


Figura 45. Esquema connexionat elements monitorat.

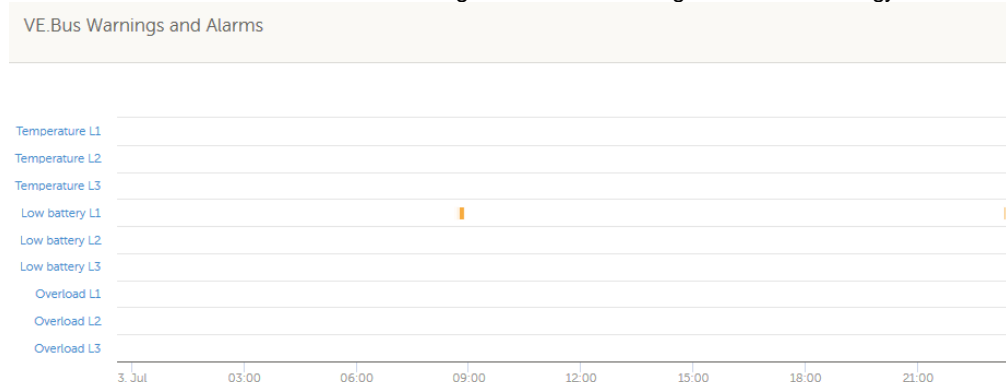
De les dades obtingudes de cada equip, es crea un registre que s'actualitza automàticament al portal VRM, on es poden observar paràmetres des de la generació fins al funcionament de cada equip.



Gràfic 24. Gràfic de producció solar. Portal de monitoratge VRM Victron Energy.



Gràfic 25. Gràfic de consum d'energia. Portal de monitoratge VRM Victron Energy.



Gràfic 26. Gestió d'alarmes. Portal de monitoratge VRM Victron Energy.



### 8.2.13.1 Monitor de bateries BMV-700

És un monitor de bateries d'alta precisió, Calcula els ampers/hora consumits i l'estat de càrrega dels propis acumuladors. El monitor BMV-700 pren mesures de temperatura, tensió, corrent i ampers/hora consumits. Permet visualitzar l'estat de càrrega, l'autonomia restant i la potència consumida en Watts.

Totes les connexions elèctriques es realitzen a la PCB de connexió ràpida del derivador de corrent. El derivador es connecta al monitor mitjançant un cable telefònic estàndard RJ12.



Figura 46. Derivador BMV 500A/50 mV, amb PCB de connexió ràpida. Victron Energy, 2017.

Disposa del control de tensió de punt mitjà. Una cel·la de la bateria en mal estat podria malmetre un gran nombre d'acumuladors d'una bancada. Quan les bateries estan connectades en sèrie es pot generar una oportuna alarma mesurant la tensió del punt mitjà.



Figura 47. Monitor Victron Energy BMV-700. Victron Energy, 2017

Disposa de Bluetooth, amb el que es poden comprovar les dades i alarmes en temps real al telèfon mòbil i tauletes.

### 8.2.14 Ubicació dels elements fotovoltaics

La ubicació dels elements de la instal·lació fotovoltaica, excloent els captadors i les caixes de connexions que ja incorporen, es disposaran en dos armaris per la intempèrie, amb pintura aïllant elèctricament, i portes protegides amb clau.

#### 8.2.14.1 Armari

S'ha instal·lat un armari a la coberta transitable. De forma que l'inversor queda alineat al quadre de comandament i protecció de l'habitatge (just a la part superior del QGCP).

L'armari estarà col·locat, sobre una base de maó que l'eleva 15 cm. Disposat a l'interior d'una estructura de maó i coberta amb una làmina d'uralita plàstica per evacuar l'aigua. La part interior estarà aïllada amb projecció d'espuma de poliuretà de molt baixa conductivitat tèrmica. Aquesta configuració permet reduir distàncies de cablejat i això es tradueix directament en reduir seccions.

Contindrà, seccionadors amb fusible que protegeixen la sortida de les associacions de mòduls en paral·lel, el regulador, l'inversor, una caixa estanca amb tapa per les connexions dels elements, un Quadre de proteccions amb, el protector contra sobretensions i quatre magnetotèrmics unipolars per protegir l'entrada de l'inversor i el regulador.

La caixa de terres amb el pont de connexió. El conjunt de 24 bateries, instal·lades en dues alçades, 12 de les bateries en un primer nivell i les 12 restants sobre un segon nivell a 15 cm de la base de l'armari. Tot l'interior, està aïllat per mantenir la temperatura estable i disposarà de ventilació natural per l'evacuació de l'hidrogen produït en el cicle de funcionament de les bateries.

Els cables recorreran per l'interior de l'armari utilitzant canaletes perforades amb tapa practicable i l'equip de monitoratge CX color control es disposarà a l'interior de l'habitatge.

### 8.3 Instal·lació fotovoltaica per un habitatge aïllat, amb bateries de Liti

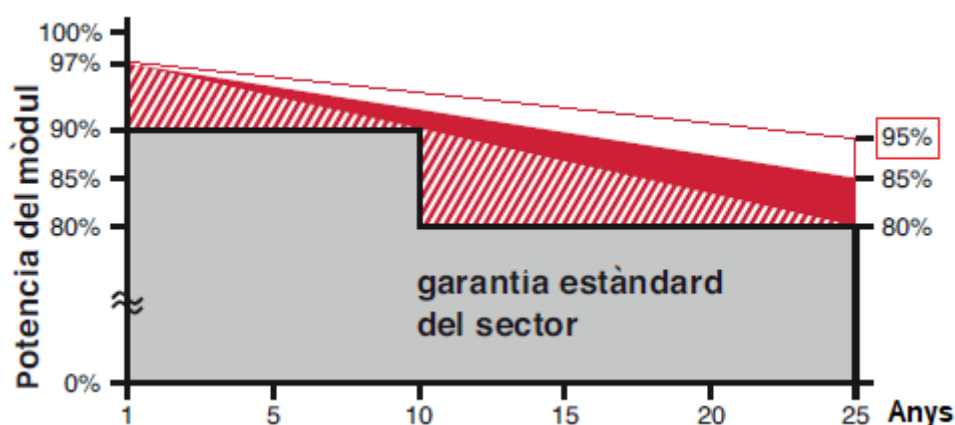
En aquest cas, els equips instal·lats modifiquen la configuració típica que s'utilitza en les instal·lacions fotovoltaiques. Com es podrà veure als aparats següents, es disposarà un inversor fotovoltaic DC/AC i un inversor de bateries AC/DC.

#### 8.3.1 Mòduls fotovoltaics

Com en la instal·lació anterior, s'instal·laran un total de 18 mòduls de la marca Alemanya AXITEC, model AXIperfect BLK 300T. Estan construïts amb un vidre blanc tebi de 3,2 mm de gruix, de baixa reflexió i lliure de contingut en plom que permet que la llum solar passi sense perdre eficiència cap a les cel·les fotovoltaiques, aprofitant al màxim la radiació solar. Per altra

banda, disposen de caixa de connexions amb els terminals positiu i negatiu que incorporen díodes de derivació per protegir el circuit elèctric. L'eficiència és de 18,44%. El marc que munta és d'alumini especial per altes càrregues de vent.

Per aquesta instal·lació, també s'ha sobredimensionat la potència de generació que ofereixen els mòduls, fins 5.400 W, potència sobredimensionada en un 10 %, per tal de compensar la pèrdua de potència progressiva que pateixen els mòduls fins als 25 anys.



Gràfic 27. Evolució de la pèrdua de potència d'un mòdul a 25 anys. Axitec módulos fotovoltaicos, 2017.

Gràcies a augmentar el 10 % de la potència necessària, al cap de 25 anys, s'evitarà no assolir la cobertura de la demanda obligant a canviar els mòduls aproximadament 5 anys abans. El fet de treballar amb aquest sobredimensionament del generador es tradueix en instal·lar dos panells més del mínim establert per normativa, fet que considerem poc rellevant davant els problemes que originaria treballar amb el mínim, que serien la pèrdua de potència de generació i per tant no assolint la cobertura de la demanda i també la substitució prematura dels mòduls que conformen el generador, que oferirà una generació anual de fins a 6.179,09 kWh/any.



Figura 48. Mòdul Fotovoltaic Axitec AXIperfect Black 300T. Axitec, módulos fotovoltaicos, 2017.

<b>Fabricante</b>	Axitec GmbH	<b>Tecnología de las células</b>	mono
<b>Módulo FV</b>	AC-300T/156-60S (AXIperfect BLK) (08/2016)	<b>Certificación</b>	EU
<b>Características eléctricas</b>		<b>Coefficientes de la temperatura</b>	
Potencia nominal	300,00 Wp	Tensión MPP	---
Tolerancia de la potencia	-0,00/+5,00 W	Tensión en vacío	-0,2500 %/°C -108,5 mV/°C
Tensión MPP	36,50 V	Corriente de cortocircuito	0,0400 %/°C 3,58 mA/°C
Corriente MPP	8,22 A	<b>Degradación causada por el envejecimiento</b>	
Tensión en vacío	43,40 V	Tolerancia de tensión en vacío	0,00 %
Corriente de cortocircuito	8,95 A	Tolerancia de tensión MPP	0,00 %
Tensión del sistema admisible	1000,00 V	Tolerancia de corriente MPP	0,00 %
Rendimiento del módulo (Condiciones Normales de Ensayo, CNE)	18,44 %	Tolerancia a la corriente de cortocircuito	0,00 %
Toma a tierra recomendada	Sin toma a tierra	<b>Información adicional</b>	
<b>Características mecánicas</b>		Módulo actual	Sí
Número de células del módulo	60	Módulo fotovoltaico propio	No
Anchura	992 mm	Favorito	No
Longitud	1640 mm	<b>Comentario</b>	
Peso	20,00 kg		
Conector de enchufe	MC4 kompatibel		

Taula 37. Característiques tècniques dels mòduls utilitzats. Axitec GmbH, mòduls fotovoltaics, AC-300T, 2017.

### 8.3.2 Connexionat entre els mòduls

La configuració utilitzada per les connexions entre mòduls, recau en limitar els valors d'intensitat, per aquest fet, es treballarà amb una tensió de circuit obert del generador  $V_{Goc} = 418,23 \text{ V}$  i una intensitat de curtcircuit del generador de  $I_{Gsc} = 18,15 \text{ A}$ , com a valors màxims de tensió i intensitat.

Els valors indicats de tensió i intensitat estan corregits per temperatures màxima i mínima previstes de  $+60 \text{ °C}$  i  $-3,3 \text{ °C}$  respectivament.

Per aconseguir els valors descrits, la connexió responen a dues entrades diferenciades a l'inversor A i B. Per a l'entrada A s'utilitzaran 1 cadena de 9 mòduls en sèrie i l'entrada B amb 1 cadena de 9 mòduls en sèrie. Gràcies a utilitzar més nombre de mòduls en sèrie que en paral·lel, podem obtenir valors més baixos d'intensitat, que contribueixen a la reducció de seccions, capacitat de les proteccions, perillositat de la instal·lació i cost dels equips. Aquesta és una peculiaritat de les instal·lacions amb bateries de liti, ja que s'elimina el perill de sulfatació dels acumuladors i per tant, es pot prescindir d'intensitats elevades, que són necessàries per les altres instal·lacions amb plom-àcid.

El connexionat dels mòduls es realitzarà mitjançant connectors MC4, connectats directament a la caixa estanca de la part posterior de cada mòdul fotovoltaic.



Figura 49. Connectors mascle i femella MC4. Sfe-solar, caja de connexiones, 2017.

La caixa de connexionat interior dels acumuladors disposa de la connexió ràpida per connectors MC4 i protecció contra ombres parcials projectades, o brutícies dipositades sobre la superfície del captador, mitjançant 3 díodes bypass per evitar la circulació de corrents inversos.



Figura 50. Díodes bypass dels mòduls fotovoltaics. Sfe-solar, caja de connexiones y diodos, 2017.

Del conjunt de mòduls que conformen el generador FV (5,4 kW), obtindrem una producció anual de 1.144,28 kWh/kWp.

### 8.3.3 Estructura dels mòduls

De la mateixa forma que la instal·lació anterior (amb bateries de gel), s'utilitzarà una estructura inclinada per a 16 mòduls fotovoltaics amb una inclinació de 33° en la coberta inclinada de 25° i una estructura amb una inclinació de 58° per a 2 mòduls fotovoltaics en la coberta plana.

S'utilitzarà un kit d'estructura ajustable de  $10^{\circ}$  fins a  $60^{\circ}$  d'inclinació respecte la horitzontal. L'estructura de suport serà d'acer galvanitzat, estarà composta per diferents parts per la correcta col·locació i subjecció dels panells fotovoltaics.

En tota la superfície d'ocupació de l'estructura amb els panells de s'eliminaran les teules, per tal d'integrar al màxim l'estructura i reduir la càrrega de vent.

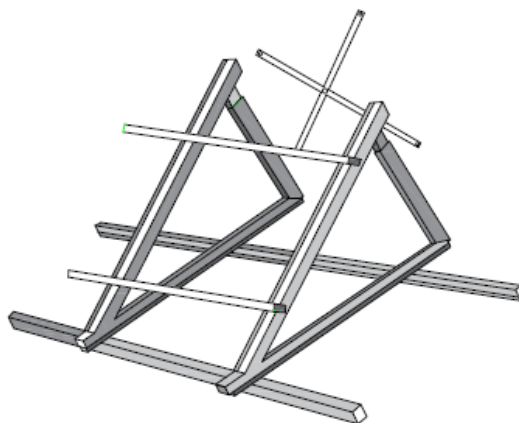


Figura 51. Estructura individual inclinada.

Així doncs, l'estructura està formada per diferents parts, d'acer galvanitzat, a part de les 18 estructures, que conformen 4 línies de 4 mòduls, per la coberta inclinada i una línia de 2 mòduls per la coberta plana, on es col·locarà una inclinació de  $58^{\circ}$  respecte la horitzontal de la coberta, els elements que la conformen es poden observar a la taula 16 de l'apartat 8.2.3.

L'estructura garanteix una llarga vida útil treballant a la intempèrie i la resistència a esforços mecànics superiors a un mínim de 2.000 N.

Tots els elements utilitzats són específics per a cobertes inclinades destinades a instal·lacions fotovoltaïques, la totalitat del caragolam serà d'acer inoxidable i complint amb la normativa MV-106. El kit subministrat incorpora aïllants i volanderes plàstiques per evitar el contacte físics entre els marcs dels panells i les estructures de suport dels mateixos, per tal d'evitar que es mantinguin contactes de parts metàl·liques a diferents potencials amb materials galvanitzats. El caragolam suportarà esforços mecànics superiors a 2.500 N.

Els materials emprats, garanteixen la resistència als esforços als que es veuen sotmesos els diferents trams que conformen l'estructura.

L'ancoratge dels panells estarà sotmès a esforços mecànics segons la zona d'instal·lació concreta, que s'hauran d'avaluar per comprovar i garantir la seguretat per a les persones i els equips.

Els forats realitzats a la coberta per l'ancoratge dels suports s'emplenaran d'escuma de poliuretà i es pintaran per a la part exterior amb pintura impermeabilitzant en cada ancoratge. Es preveuran les accions tenint en compte el risc més important, el vent de Nord, ja que produeix forces de tracció sobre els suports que són més perilloses que les forces que es puguin produir a compressió.

Al tractar-se d'un habitatge construït, pel càlcul estructural s'ha de consultar el projecte realitzat per l'arquitecte per conèixer les condicions de sobrecàrrega de l'edifici, en aquest cas, ens basarem en la normativa, tal com indica el CTE DB SE-AE5 en la taula 3.1, que es pot comprovar a l'apartat 8.2.3 Estructura pels captadors fotovoltaics en la taula 17 del present projecte.

Per a la coberta inclinada, ens trobem en el cas de coberta accessible únicament per conservació (G) i garantint una càrrega uniforme superior a  $1 \text{ kN/m}^2$  i una càrrega concentrada superior a  $2 \text{ kN/m}^2$ .

Com s'ha comentat, per la orientació dels panells  $0^\circ$  Sud, el vent que representa un risc és el provinent del nord. Les dades històriques de vent de la zona indiquen una previsió màxima necessària de  $100,8 \text{ km/h}$  de vent de Nord, ( $28 \text{ m/s}$ ). En aquest cas, obtenim una pressió del vent de  $479 \text{ N/m}^2$ . Basant-nos en les previsions establertes es calcula la força que provocarà el vent sobre els acumuladors, sabent que, cada panell té una superfície de  $1,63 \text{ m}^2$  ( $992 \text{ mm}$  ample i  $1.640 \text{ mm}$  llarg), obtenim una força de  $564,96 \text{ N/mòdul}$ , per tant, seran necessaris  $57,61 \text{ kg}$  de contrapès per a cada mòdul.

Per tant es col·locaran 18 blocs de formigó de  $58 \text{ kg}$ , de  $65 \times 20 \times 20 \text{ cm}$ , un per cada mòdul, per realitzar el contrapès necessari i garantir la seguretat dels elements i les persones.

Es repartirà doncs un total de  $58 \text{ kg}$  per mòdul ( $1.044 \text{ kg}$ ) i  $20 \text{ kg}$  de pes de cada mòdul ( $360 \text{ kg}$ ), el total per tant es tracta de  $928 \text{ kg}$  i  $320 \text{ kg}$  ( $1.248 \text{ kg}$ ) en la coberta inclinada i  $156 \text{ kg}$  per la coberta transitable. Resultant una càrrega de  $69,33 \text{ kg/m}^2$  i de  $78,42 \text{ kg/m}^2$  en cas de neu ( $35 \text{ cm}$ ), per a la coberta inclinada la qual es garanteix com a mínim la resistència a una càrrega

uniforme de  $101,9 \text{ kg/m}^2$ . Pel cas de la coberta transitable, amb 2 mòduls únicament, es produirà una càrrega de  $8,6 \text{ kg/m}^2$ , complint amb els mínims que superen els  $101,9 \text{ kg/m}^2$ .

#### 8.3.4 Pèrdues per ombres

La normativa estableix límits per les pèrdues generals, i per tant, és necessari comprovar les pèrdues esmentades.

Tots els mòduls fotovoltaics utilitzats tenen unes mides de 992 mm d'ample per 1.640 mm de llarg. Tal com s'ha esmentat a l'apartat anterior, 16 dels 18 mòduls s'instal·laran a la coberta inclinada per aquest fet, s'ha calculat la distància mínima a la qual no es produiran ombres projectades per les files de mòduls.

S'ha obtingut un resultat d'una distància mínima de 1,53 metres de separació entre fileres, però els resultats de les simulacions ens indiquen que tot i així es produïen ombres parcials, per aquest fet, s'han separat fins a 1,72 metres.

Primerament comprovem mitjançant una simulació amb el programari PVsyst. Aquesta simulació serà per al dia 21 de desembre del 2016, les primeres hores del dia 8:45 h del matí, s'utilitza aquest dia per ser el pitjor dia de l'any per a la captació fotovoltaica.

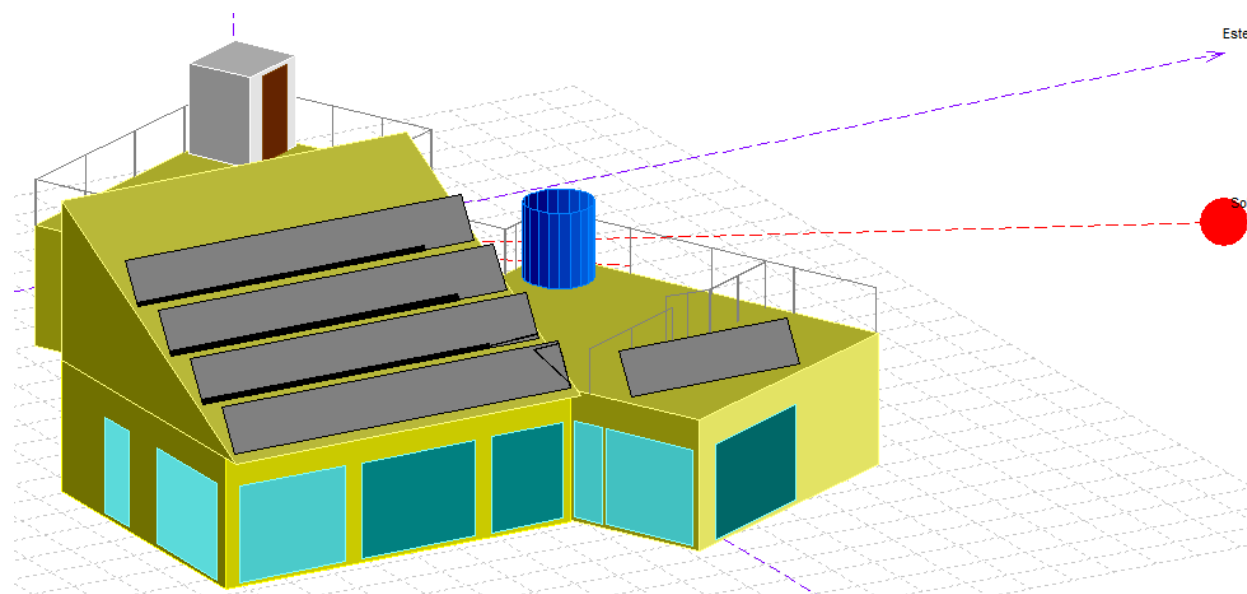


Figura 52. Simulació amb 1,53 m de separació, 21/12/2016 , 08:45h

Podem observar que, amb la separació calculada, obtenim ombres parcials sobre els mòduls, amb una franja negra s'observa l'ombra que projecten els mòduls fotovoltaics sobre les files



anteriors. Procedim doncs a realitzar una nova simulació en les últimes hores de radiació solar del mateix dia, a partir de les 17:00 h.

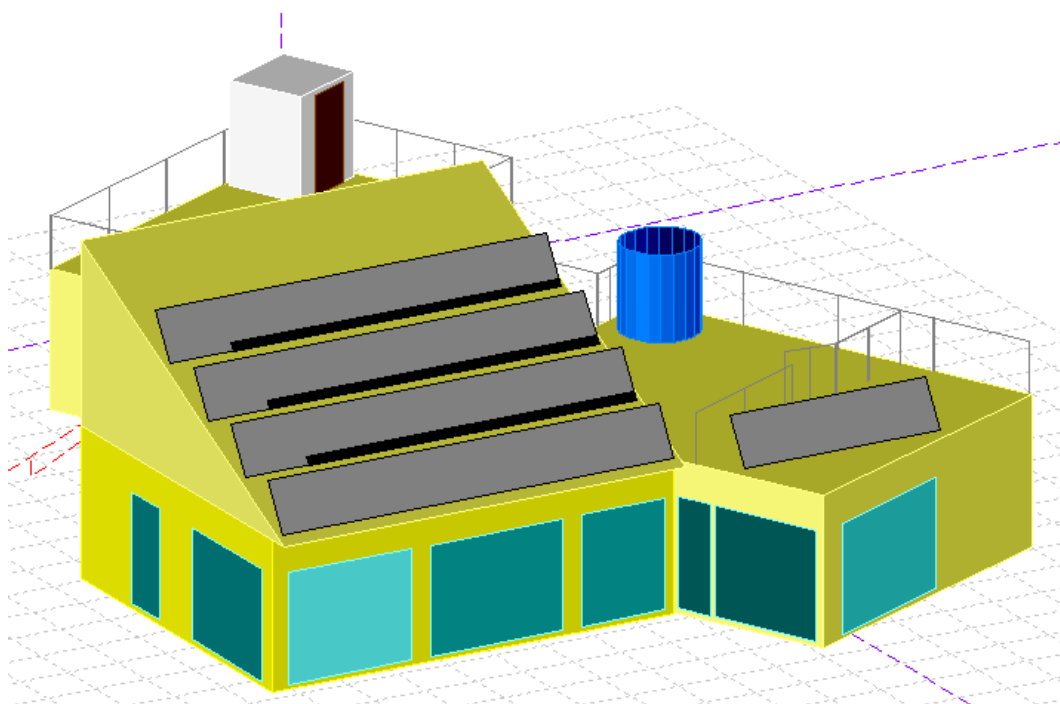


Figura 53. Simulació amb 1,53 m de separació, 21/12/2016 , 17:00h

Tal com podem observar, novament es projecten ombres en la part inferior de les 3 fileres anteriors de la coberta inclinada de l'habitatge.

Un cop analitzat aquest fet, es decideix utilitzar una separació major entre fileres de mòduls, fins a 1,72 m, i es realitza una nova simulació per comprovar en aquest estat la projecció d'ombres.

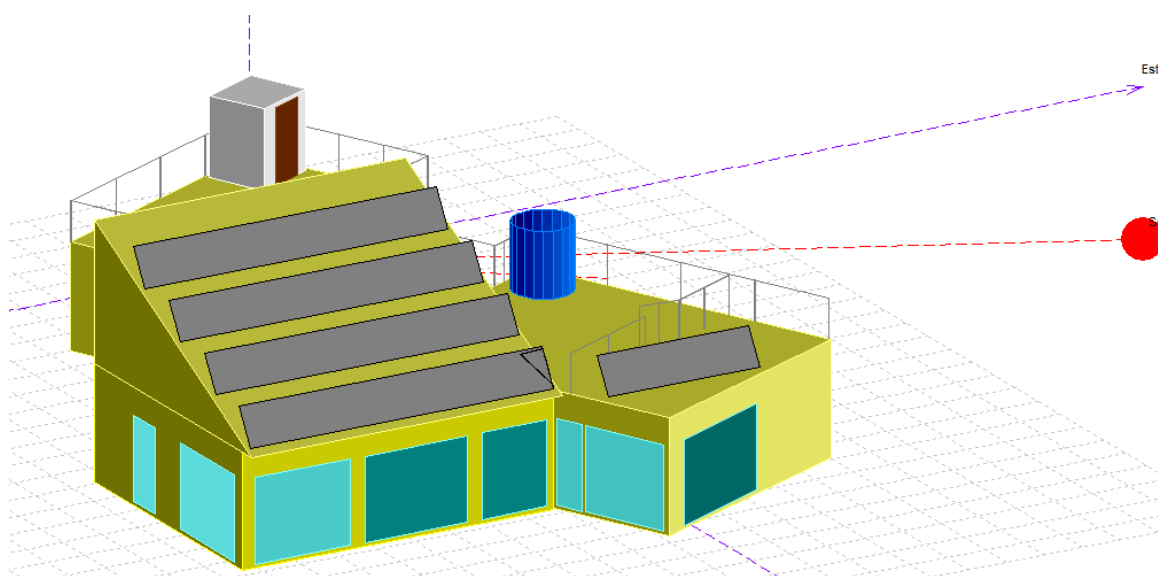


Figura 54. Simulació amb 1,72 m de separació, 21/12/2016 , 08:45h

En les dues primeres simulacions, es projecten ombres parcials a les primeres hores del dia (de 8:45 a 9:30h) i tarda (de 16:00 a 17:00h) estimades en un 0,2 %. Mentre que amb la separació addicional, eliminem tota pèrdua de projecció entre fileres.

### 8.3.5 Vigilant d'aïllament

El generador fotovoltaic treballa aïllat del terra en funcionament flotant, sistema de terres IT. Davant d'una fallada, apareix corrent a terra. Però un cop s'ha donat el primer, existeix el perill d'una segona fallada on s'hi poden presentar tensions perilloses a les masses. Típicament quan es superen tensions de més de 24 V, ha d'existir un sistema de monitoratge de l'aïllament tant del positiu com del negatiu de la instal·lació. Davant d'un primer defecte, es donarà senyal d'alarma per actuar ràpidament i evitar la segona falla.

Quan es produeix una falla d'aïllament es tanca el circuit de mesura i circula pel vigilant una intensitat proporcional al defecte, que permet calcular-lo i comparar-lo amb el límit de resistència mínim establert.

Utilitzarem el vigilant d'aïllament CIPROTEC ISO-CHECK EV 500, en aquest cas, és un dispositiu dissenyat per a la recàrrega de vehicles elèctrics pel rang de tensions DC als que treballa, però es pot adaptar perfectament a la nostre instal·lació.



Figura 55. CIPROTEC ISO-CHECK EV 500

Permet la regulació de la resistència del terra, i proporciona la indicació de falla a positiu o negatiu amb indicador lluminós de falla activa.

Configuración de red		IT	
Para proteger redes		EV	
Normas Producto		EN 61557-8; IEC 61557-8; CHAdemo	
Tensión de alimentación auxiliar AC 50/60 Hz	Us	230	[V]
Consumo propio		2	[VA]
Tensión nominal del sistema	Un	50 ... 500	[VDC]
Frecuencia nominal	fn	50 / 60	[Hz]
Fusible previo máximo		6	A [gL]
Valor respuesta	Ran	40, 50, 60, 70, 80	[kΩ]
Tiempo máximo de respuesta (RLY1)	tRLY1	< 1	[s]
Tiempo mínimo de no respuesta	tRLY1	> 200	[ms]
Tiempo de respuesta (RLY2)	tRLY2	1, 2, 5, 10	[s]
Histéresis (para Un=1.000 VDC; Ran=40 kOhms)		15	[%]
Histéresis (para Un=1.000 VDC; Ran=80 kOhms)		10	[%]
Tiempo de rearme	tr	10	[s]
Tensión de medida (valor de pico) (RF=Ω)	Um	< 25	[V]
Corriente de medida (RF=0 Ω)	Im	< 1,5	[mA]
Resistencia interna CC	Ri	512	[kΩ]
Impedancia interna (a 50 Hz)	Zi	512	[kΩ]
Tensión continua admisible	Ufg	1150	[V]
Capacidad tolerada de derivación de la red	Ce	≤ 22,5	[uF]
Tensión impulsional soportada/categoría	Uimp	4 / III	[kV]

Taula 38. Característiques tècniques vigilant d'aïllament. Iso-Check 500 EV.

Ofereix un rang de monitoratge de 50 VDC a 500 VDC, per tant, s'adapta a la perfecció amb el rang del sistema de generació fotovoltaic, que treballarà entre  $U_{mpp \text{ mín}} (-3,3 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 294,32 \text{ V}$  i  $V_{oc \text{ màx}} (60^{\circ}\text{C}) = 418,23 \text{ V}$ .

### 8.3.6 Inversor fotovoltaic

Un cop interconnectats els mòduls fotovoltaics, en aquest cas, s'utilitzarà un inversor fotovoltaic. Aquest equip convertirà el corrent produït pel generador fotovoltaic en CC a CA, pel consum directe de l'habitatge.

Gràcies a aquest sistema, el corrent circula de forma directa a l'habitatge quan es disposa de radiació suficient i existeix consum de l'habitatge augmentant el rendiment de l'inversor fins a un 97 %. Per altra banda, quan no existeix un consum suficient, l'energia s'envia als acumuladors.

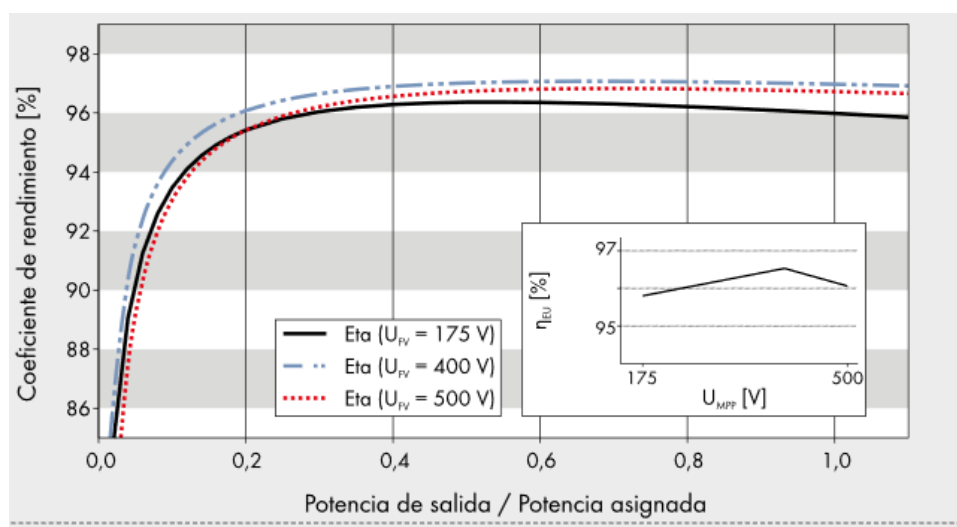
Per la gran diferència de tecnologies respecte als inversors actuals, s'utilitzarà l'inversor directe SMA Sunny Boy 5.000TL.



Figura 56. Inversor utilitzat. SMA Sunny Boy 5.000TL, 2017.

L'inversor 5.000TL, està dissenyat per optimitzar al màxim el funcionament i el dimensionament de les instal·lacions fotovoltaïques. Suporta una tensió màxima de fins a 750 V (Tensió màxima d'entrada del generador fotovoltaic), per tal de tenir la possibilitat de connectar més mòduls en sèrie que els seus competidors. Aquest fet permet obtenir corrents molt més baixos i per tant reduir seccions de cablejat de forma notable. És un inversor amb dues entrades amb control de tensió MPPT, que ofereix fins a 5.000 VA en CA.

Com s'ha comentat, aquest inversor ofereix un molt alt rendiment en funció de la tensió de treball del generador fotovoltaic, tal com es pot veure en les diferents corbes de treball proporcionades pel fabricant.



Gràfic 28. Corba de rendiment de l'inversor. SMA Sunny Boy 5.000 TL, 2017.

Per la connexió utilitzada dels mòduls que conformen el generador, s'obté un rang de funcionament de  $U_{mppt\min}$  –  $U_{mppt\max}$ , 294,32 V i 356,13 V. Ajustant a aquests valors, podem veure que en aquesta franja s'obtenen els rendiments més alts de 96,5 % de rendiment europeu.

Disposa de dues entrades A/B del costat de CC del generador, fet que augmenta la seguretat de l'aparell en diferents aspectes com la possibilitat d'avaría d'algun mòdul, davant d'aquest cas, es disposa de l'oportunitat de poder desconnectar una de les entrades per realitzar operacions de manteniment o reparacions mentre l'altra entrada treballa amb normalitat, oferint fins a 2,7 kW ( 9 mòduls de 300 Wp). Aquest model incorpora punt de desconnexió segura al costat d'entrada amb el que es pot prescindir de seccionador extern.

Per l'elecció de l'inversor s'ha de realitzar la comprovació de paràmetres, de potència ( $P_{\max}$ ) tensió de circuit obert ( $U_{oc}$ ), tensió mppt màxima ( $U_{mppt\max}$ ), tensió mppt mínima ( $U_{mppt\min}$ ), intensitat de curtcircuit ( $I_{sc}$ ) compleixen amb els requisits necessaris a temperatures mínimes de -3,3 i màximes de 60 °C

Paràmetres del generador	Relació	Paràmetres inversor	Compleix
$U_{goc} = 418,23$ V	<	$U_{\max} = 750$ V	Si
$U_{mppt\max} = 356,13^*$ V	<	$U_{mpp\max} = 500$ V	Si
$U_{mppt\min} = 294,32^{**}$ V	>	$U_{mpp\max} = 175$ V	Si
$I_{gsc\ A} = 11,34^{***}$ A	<	$I_{\max\ A} = 20$ A	Si
$I_{gsc\ B} = 11,34^{***}$ A	<	$I_{\max\ B} = 20$ A	Si
$I_{mppt\max\ A} = 8,35^{**}$ A	<	$I_{entrada\ A} = 15$ A	Si
$I_{mppt\max\ B} = 8,35^{**}$ A	<	$I_{entrada\ B} = 15$ A	Si
$P_{\max} = 5400$	>	$P_{\max\ CC} = 5.250$ W	No
*Amb correcció per temperatura mínima (-3,3°C)			
**Amb correcció per temperatura màxima (60 °C)			
***Amb correcció per sobreintensitat (x1,25)			

Taula 39. Comprovació de paràmetres de l'inversor i generador FV.

Com podem veure l'únic paràmetre que no s'ajusta a l'inversor és la potència del generador, amb una diferència de 150 W del generador, però aquest fet és molt poc rellevant, ja que en molt poques ocasions es treballarà a la potència màxima del generador, i amb la pèrdua progressiva de potència de subministrament del generador d'uns 21 W l'any per als mòduls utilitzats es veurà reduïda a la meitat en 3 anys.

### 8.3.7 Inversor de bateries

Un cop calculades les bateries, i establerta la capacitat necessària, podem procedir a l'elecció de l'inversor de bateries. Com s'ha comentat, els equips d'aquesta instal·lació pateixen certes modificacions respecte les que s'utilitzen normalment. Un dels equips que marca aquesta diferència és l'inversor de bateries.

En aquest cas, es substitueix la funció del regulador per un inversor de bateries, el qual rep corrent altern provinent de l'inversor fotovoltaic i el converteix a corrent continu per a les bateries.

S'utilitzaran 2 inversors de bateries SMA Sunny Island 6.0H, aquests inversors ofereixen una alta classe de protecció, ampli rang de temperatura i gran capacitat de sobrecàrrega. Gràcies a la gestió intel·ligent de la càrrega i de l'energia assegura el funcionament correcte en situacions crítiques com per exemple la pèrdua sobtada de subministrament, en la qual en menys de 5 segons pot subministrar energia a tots els equips de forma altament eficient.

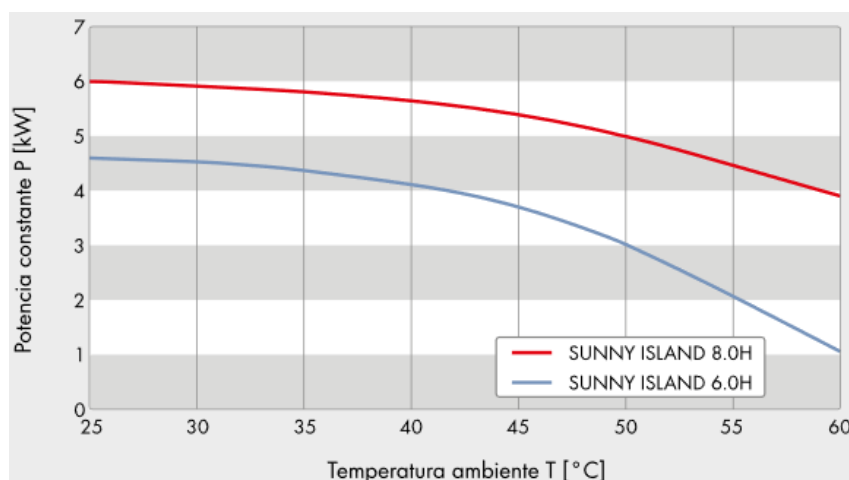


Figura 57. Inversor de bateries utilitzat. SMA Sunny Island 6.0H, 2017.

És un equip molt destacable per l'alt rendiment que ofereix, i pel fet que s'adapta a la perfecció amb les bateries que s'hi acoblaran. Tal com podem observar al gràfic següent, on es poden visualitzar els rendiments per a diferents tensions de conversió de CC.

En aquest cas, es treballarà com hem dit a una tensió del sistema de bateries de 55,5 V, tot i que la tensió òptima és de 48 V, el fet de treballar a més tensió contribueix en reduir seccions de cablejat que, en aquest tram presenta seccions importants. S'assoleix doncs un rendiment superior al 95 %.

Cal destacar també la gran capacitat de la que disposa per treballar a temperatures elevades, presentant una de les pèrdues per temperatura més baixes del mercat.



Gràfic 29. Corba potència/temperatura inversors. SMA Sunny Island 6.0/8.0, 2017.

Essent la temperatura òptima sobre els 25 °C, tot i que pot treballar entre 25 i 40 °C amb unes pèrdues d'aproximadament 300 W.

Les característiques tècniques que defineixen l'inversor de bateries Sunny Island es mostren següidament.

Datos técnicos	Sunny Island 6.0H
<b>Funcionamiento en la red pública o generador fotovoltaico</b>	
Tensión asignada de red/Rango de tensión de CA	230 V/172,5 V a 264,5 V
Frecuencia asignada de red/Rango de frecuencia admisible	50 Hz/40 Hz a 70 Hz
Corriente alterna máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)	20 A
Potencia de CA máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)	4,6 kVA
Corriente máxima de entrada de CA	50 A
Potencia máxima de entrada CA	11500 W
<b>Funcionamiento en red aislada o como sistema de respaldo</b>	
Tensión asignada de red/rango de tensión CA	230 V/202 V a 253 V
Frecuencia nominal/rango de frecuencia (ajustable)	50 Hz/45 Hz a 65 Hz
Potencia asignada (a Unom, fnom/25 °C/cos φ = 1)	4600 W
Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s	6000 W/6800 W/11000 W
Potencia de CA a 45 °C	3700 W
Corriente asignada/Corriente de salida máxima (pico)	20 A/120 A
Coefficiente de distorsión de la tensión de salida/Factor de potencia con potencia asignada	< 4 %/-1 a +1
<b>Batería de entrada de CC</b>	
Tensión asignada de entrada/rango de tensión CC	48 V/41 V a 63 V
Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/descarga asignada de CC	110 A/90 A/103 A
Tipo de batería/capacidad de la batería (rango)	Li-Ion*, FLA, VRLA / 100 Ah a 10000 Ah (plomo) 50 Ah a 10000 Ah (Li-Ion)

Taula 40. Característiques tècniques de l'inversor. SMA Sunny Island 6.0H, 2017.

Analitzarem els paràmetres que ofereix l'equip de forma detallada. La tensió d'entrada provinent de l'inversor del generador arribarà a 230 V i 50 Hz. Accepta un corrent d'entrada CA de 20 A i pot oferir pics de descàrrega de fins a 120 A., corrent acceptable ja que com a màxim arribarà un corrent de 22,82 A.

$$\frac{P}{V}=I \quad (\text{Eq. 11})$$

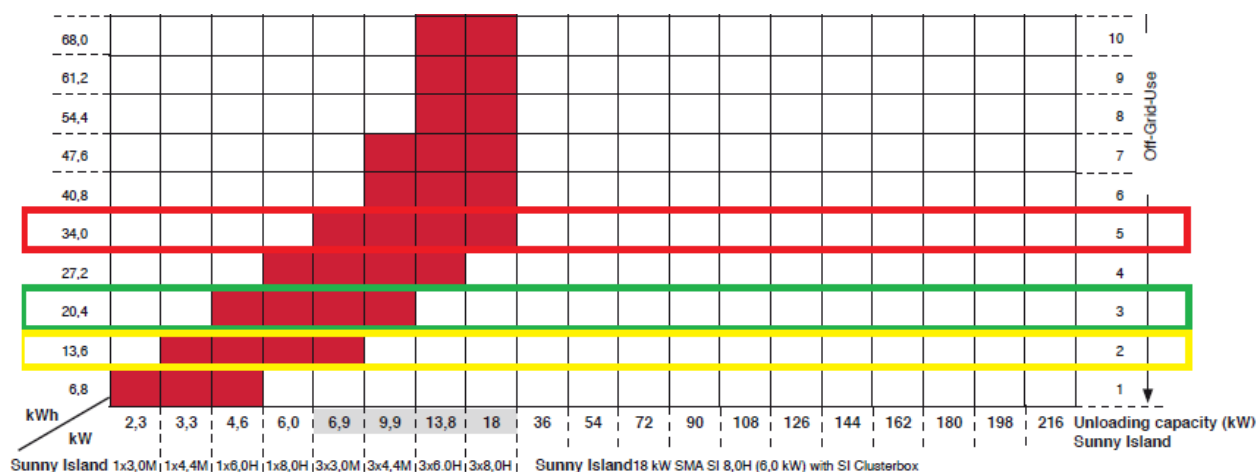
Per les intensitats de càrrega i descàrrega del costat de bateries cada equip ofereix, una intensitat assignada de 90 A (fins a 110 A) i una intensitat de descàrrega de 103 A. En aquest cas, s'obtindrà una intensitat de descàrrega de 84,96 A.

$$\frac{C_{xx}}{t_d}=I_{desc} \quad (\text{Eq. 12})$$

On  $C_{xx}$  és la capacitat del sistema d'acumulació (Ah),  $t_d$  el temps de descàrrega (h) i  $I_{desc}$  la intensitat de descàrrega (A). Compleix doncs amb els dos paràmetres necessaris tant de càrrega com de descàrrega, complint amb un marge de seguretat suficient.

L'inversor de bateries accepta una potència de fins a 4,6 kW d'entrada, per tant, es reserva un gran marge per increments de potència ja que assoleix pics de fins a 11 kW per petits intervals de fins a 3 segons o 6 kW per 5 minuts.

En referència a la potència de descàrrega, tot i que amb un sol equip 6.0H (4,6 kW), però l'energia nominal emmagatzemada que és capaç de subministrar, es pateix una limitació que s'ha de tenir en compte.



Taula 41. Elecció del sistema adequat. Axitec Axistorage, 2017.



Les 5 bateries utilitzades, ofereixen una energia total de 34,0 kWh, la configuració que recomana el fabricant per una potència tan elevada passa per utilitzar un sistema trifàsic (franja Vermella), amb tot el que comporta a nivell econòmic i tècnic, s'ha comprovat que, a l'utilitzar una instal·lació trifàsica els costos augmenten de forma molt important i per aquest fet, s'ha decidit separar els acumuladors utilitzant un grup de 3 acumuladors (franja verda) i un grup de 2 acumuladors (franja groga). Per aquest fet doncs s'utilitzaran dos inversors amb bateria SMA Sunny Island 6.0H, permetent un gran potencial d'ampliació en cas necessari, ja que es podria afegir un acumulador més sense cap modificació del circuit.

Seguint amb l'anàlisi dels paràmetres, provoca una distorsió de la tensió de sortida de menys del 4%. En referència al costat de bateries, ofereix un rang de tensions d'entre 41 V i 63 V, essent l'òptim 48 V, tot i que es treballarà a 55,5 V per imposició del sistema d'acumuladors. Els corrents de càrrega i descàrrega són 90 A (fins a 110 A màx) i 103 A respectivament. Per tant, es produirà una càrrega d'entre 5,52 hores i 6,75 hores.

$$\frac{C_{xx}}{t_d} = I_{desc} \quad (\text{Eq. 13})$$

Permet connectar diferents tipus de bateries, Li-ion, FLA, VRLA, en aquest cas com s'ha explicat i es pot comprovar en l'apartat següent, s'utilitzarà la configuració d'acumuladors de liti.

### 8.3.8 Bateries

Les bateries són l'element que pren més importància en la instal·lació fotovoltaica. L'elecció de les bateries s'ha de realitzar de forma molt acurada. En aquest cas, s'utilitzaran les bateries AXITEC Li7S.

Les bateries Axitec Li7S, tenen una composició d'Òxid de cobalt manganès níquel-liti (NMC), són acumuladors de nova generació dissenyades específicament per instal·lacions fotovoltaïques aïllades molt exigents o centrals fotovoltaïques. Ofereixen una llarga vida útil, de fins a 20 anys en cicles del 80 %, superant els 20 anys de funcionament en els casos on no es realitza un cicle al dia, gràcies al fet que incorpora ventilació activa autoregulada, de forma que estabilitza la temperatura per tal de treballar amb el rendiment més alt i constant possible en tot moment. Disposa d'una garantia de substitució de l'acumulador de 10 anys, essent una gran diferència amb els seus competidors, els quals ofereixen de 2 a 5 anys.

Les bateries LI7S, realitzen un salt respecte les altres cases comercials, ja que incorporen un alt nivell de seguretat i monitorat. Disposa d'indicadors Led per un fàcil reconeixement de problemes i procés de càrrega. En referència a la seguretat, ofereix les característiques següents:

Carcassa exterior amb doble paret, construcció dissenyada per evitar danys causats per aigua, monitorat de corrent, tensió i temperatura, monitorat de cel·les de forma individual. Determinació de l'estat de càrrega i de la bateria (SOC + SOH), balanç passiu.

A més, l'entrega de la bateria de forma individual inclou, diferents elements que són:

Desconnectador de fusibles (seccionador), fusibles NH1 80 – 200 A (depenen de la configuració), cable de connexió RJ45, interfície de comunicació integrada, CAN, CANopen, Mod Bus, RS232, RS485.



Figura 58. Aspecte AXIstorage Li-7s.

Un cop comentades les característiques principals de les AXIstorage Li7s, passem a realitzar l'anàlisi tècnic dels acumuladors.

Com s'ha pogut comprovar a l'apartat 8.1.2 Estimació de les necessitats, demanda d'energia, s'estableix un valor diari pel dimensionament de les bateries procedent de la diviso del consum pels dies de la setmana. De la divisió obtenim una necessitat d'energia diària de 7.043,50 Wh, es prendrà aquest valor per realitzar els càlculs de necessitats de les bateries, ja que els períodes d'ús de les bateries seran en major mesura a la nit, on hi ha un consum molt inferior, i que davant

de períodes totalment nuvolats s'ha de tenir certa conscienciació en l'ús de les càrregues es produirà un consum inferior. Tot i així, es treballarà amb un factor de correcció de seguretat d'aproximadament el 14 % de l'energia prevista (1.000 Wh més), assolint els 8.000 Wh finalment per al procés de càlcul pel dimensionament dels acumuladors.

Dels càlculs realitzats per establir la capacitat necessària del conjunt d'acumuladors. Tot i que en les bateries d'ió de liti es pot utilitzar el 100 % de l'energia emmagatzemada, es recomana no utilitzar un valor superior al 80% DOD. Obtenim doncs una capacitat necessària de 649 Ah tenint en compte el sobredimensionament per temperatures i la limitació del 80% de descàrrega, en un règim de descàrrega de C7,15 en el pitjor cas, que es donaria si, per exemple a la nit, o en un moment amb una irradiació solar nul·la i que per tant, el generador fotovoltaic no estigui entregant energia (0 W), s'utilitzessin de forma simultània tots els equips de la instal·lació de l'habitatge.

En aquest cas, el règim de descàrrega amb el que s'estableix la capacitat del sistema d'acumuladors és de C3,5 (150A), mentre que, com s'ha comentat, la de la instal·lació serà com a màxim de C7,15 per aquest motiu i com s'explica a l'apartat 3.3 Acumuladors, en descarregar de forma més lenta la capacitat augmenta. Per aquest fet i també per l'aspecte econòmic, s'escolliran 5 equips que oferiran un total de 607 Ah, estalviant una bateria addicional, gràcies a la comparació de règims de descàrrega.

Les característiques tècniques d'un acumulador són:

Electrical Data	
	SMA
Energy Storage Capacity	6,8 kWh
Nominal Voltage	55,5 V
Nominal Capacity	121,5 Ah
Charging Power	up to 5 kW (90 A) + 150 A Peak (for 1 sec.)
Discharging Power	up to 8,3 kW (150 A) + 330 A Peak (for 1 sec.)
DoD	ca. 80%
Life Time	up to 20 years (25°C, max. 6.600 cycles)
Complete Cycles	6.600 (temperature 25°C)
Efficiency	up to 97% (at 25°C)
Cooling	active fan
Range of Temperature	0 - 45°C
Max. Air Humidity (not condensing)	85%
BMS (Battery Management System)	integrated

Taula 42. Característiques tècniques acumulador. Axitec AXIstorage Li-7s.

Els paràmetres exposats són els més rellevants pel càlcul de la instal·lació, l'acumulador ofereix una capacitat d'emmagatzematge d'energia de 6,8 kWh nominals, treballa a una tensió poc usual de 55,5 V, fet que no representa un problema de cares a l'inversor de bateries, ja que entra dins el rang de tensions de treball.

La capacitat nominal que ofereix és de 121,5 Ah, permet la càrrega a 90 A (assolint pics de fins a 150 A), i intensitats de descàrrega de 150 A (assolint pics de fins a 330 A).

Un cop esmentats els trets d'energia i capacitat, cal tenir en compte que utilitzarem únicament un 80 % de l'energia disponible per tal d'allargar la vida útil de l'acumulador. Obtenim una energia útil de 5,44 kWh i una capacitat útil de 97,2 Ah per acumulador.

$$\frac{E_n}{P_d} = E_{\text{útil}} \quad (\text{Eq. 14})$$

$$\frac{C_{xx}}{P_d} = C_{\text{útil}} \quad (\text{Eq. 15})$$

On  $E_n$  és l'energia nominal (kWh),  $P_d$  la profunditat de descàrrega (%),  $E_{\text{útil}}$  és l'energia útil en (kWh),  $C_{xx}$  la capacitat nominal (Ah) i  $C_{\text{útil}}$  la capacitat útil (Ah).

Amb aquests paràmetres, s'assegura una vida òptima de fins a 6.600 cicles, que comptant a cicle per dia són més 18 anys, i davant de cicles de més de 24 hores, supera els 20 anys.

La resta de paràmetres indiquen, que disposa de ventilació activa monitorada a partir d'un sensor de temperatura, rangs de temperatura i humitat de treball, i el BMS (Battery Management System) o sistema de gestió de bateries que monitoritza en temps real l'estat de càrrega, tensió, corrent i temperatura del sistema de bateries evitant que es puguin produir problemes greus i dotant d'una alta seguretat el global del sistema.

Així doncs, es disposaran un total de 5 bateries Axitec AXIstorage Li7s, que es connectaran en dues agrupacions, el primer grup de 3 bateries en paral·lel i el segon de 2 bateries en paral·lel.

La raó d'utilitzar aquesta connexió es per tal d'ajustar l'energia emmagatzemada per tal que sigui compatible amb l'inversor de bateries Sunny Island 6.0H, a més, el fabricant indica que com a màxim es poden connectar en paral·lel 4 equips.

AXIstorage with SMA		5x Li 7S
Nominal Capacity [kWh]		34,0
*Charging Power DC [kW] bis zu (90Ax55,5V=4,99kW)		25,0
*Discharging Power DC [kW] bis zu (150Ax55,5V=8,325kW)		41,6
Depth of Discharge [DoD]		80%
Working capacity [kWh]		27,0
Number of cycles per AXIstorage		6.600
*Charging time at nominal output [h] (105Ah/90A=1,167h)		4,67
*Discharging time at nominal output [h] (105Ah/150A=0,7h)		3,50
Batterysystem		
Electric charge (nominal) up to [Ah]		607,5
Charging / Discharging Current max per Storage [A]		90 / 150
DC Nominal voltage [V]		55,5
System		1-phase/ 3-phase
*Power supply		Inv. dependent
General Data		
** Dimensions (HxWxD) [mm]	1. Towers	1608 x 675 x 475
	2. Towers	1072 x 675 x 475
	3. Towers	-
	4. Towers	-
Total weight [kg]		490

Taula 43. Característiques del conjunt de 5 acumuladors. Axitec AXIstorage Li-7s, 2017.

### 8.3.9 Grup electrogen

Pel cas de les bateries de liti, es realitzaran les mateixes comprovacions, és necessari un subministrament a 230 V AC i amb una freqüència de 50 Hz.

En aquest cas, treballaran en paral·lel 2 inversors de bateries, 4,6 kW per inversor i per tant 9,2 kW. La potència instal·lada de l'habitatge serà novament de 5 kW. Per tant, obtenim una suma total de 14,2 kW. Els inversors es configuraran segons l'energia emmagatzemada per les bateries corresponents a cada un (per al màster 3 acumuladors amb un total de 20,4 kWh i pel màster 13,6 kWh).



Figura 59. Grup electrogen ITC power 12 kVA.

S'utilitzarà un grup electrogen ITC POWER, amb una potència de fins a 12 kVA. Aquest grup electrogen és monofàsic i aïllat acústicament.

### Technical Specification

Model		DHY13KE/KSEm
Prime Power	KVA	12.0
	KW	12.0
Standby Power	KVA	13.2
	KW	13.2
Power Factor		1
Frequency	Hz	50
Rate Voltage	V	220
Rate Current	A	54.5
Controller		IL-NT MRS10
Control Voltage	V	12
Battery Capacity	AH	55
Coolant Capacity	L	6
Fuel Tank Capacity	L (Base frame)	77.5
Fuel Consumption	L/Hour	5.5
Running Time	Hour	14
Sound @7 meter	Db	65
Open Type Product size	L×W×H	1560×900×980
Open Type Weight net	kg	490
Canopy type product size	L×W×H	1950×900×1120
Canopy Type Weight net	kg	760
loading capacity	units/container	

Taula 44. Característiques tècniques grup ITC power.

Ofereix una autonomia de 14 hores gràcies a un dipòsit de combustible de 77,5 litres i un consum de 5,5 litres/hora.

Disposa d'un panell de control amb botonera de parada d'emergència, voltímetre i selector de fase, amperímetre i selector de fase, freqüencímetre i un controlador amb selecció d'auto arrencada, AMF amb les funcions següents:

Paro i marxa, comptador d'hores de funcionament, monitor de temperatura del motor amb alarma configurable, monitor de velocitat del motor amb alarma configurable, monitor de precisió d'oli amb alarma configurable, alarmes configurables per funcionaments anormals.

El grup electrogen disposa d'un selector d'arrencada automàtica (recepció d'ordre ON per part de l'inversor de bateries), o arrencada manual, que s'haurà d'efectuar des del punt d'instal·lació del grup.


El panell de control disposa de 3 proteccions per al tall del circuit monofàsic, una per cada sortida AC i 1 protecció contra sobretensions pel circuit trifàsic.

Permet la configuració en mode manual o automàtic mitjançant la pantalla de control del Generador, a més de visualitzar les condicions de funcionament. La senyal de connexió la subministrerà l'inversor carregador mitjançant un relé d'activació.



Figura 60. Panell de control i configuració IntelLite MRS 10. ITC Power 2017.

El grup electrogen s'ancorarà a terra utilitzant els silent blocs subministrats amb el propi grup electrogen, que són blocs de material elàstic de tipus polimèric que minimitzen els sorolls i les vibracions. Es recomana realitzar una revisió anual, per part del servei tècnic de la casa ITC power, per la substitució d'olis i filtres, així com l'engegada cada 2 mesos davant períodes d'inactivitat del propi grup electrogen. Mitjançant el comptador d'hores del que disposa es pot comprovar si s'assoleixen els següents intervals, per tal d'avisar al servei tècnic qualificat sempre que sigui necessari.

CAUTION!	
 Do not carry out maintenance operations when the electric power supply is turned on; always check to ensure that the appliances are properly earthed. During diagnosis and maintenance operations, make sure that your hands and feet are dry, and whenever possible use insulating stands.	
FREQUENCY	
Controls (when in use)	Frequency
Check oil level in engine	150
Check coolant level	150
Clean heat exchangers	150
Clean air filter	150
Drain water from the fuel pre-filter	150 hours <sup>(1)</sup>
Check/top up electrolyte level in batteries and clean terminals	Half-yearly

Planned maintenance	Frequency
Check state of oil vapour filter (indicator may be present)	300 hours <sup>(2)</sup>
Change oil	900 hours <sup>(3) (4)</sup>
Change oil filter/s	900 hours <sup>(3) (4) (5)</sup>
Change fuel filter	900 hours <sup>(3) (1) (5)</sup>
Change fuel pre-filter	900 hours <sup>(3) (1)</sup>
Check exhaust pipe/s for damage	Half-yearly
Drain/suck water and condensation from fuel tank	Half-yearly <sup>(1)</sup>
Check / change alternator belt	1200 hours or 2 years
Change air filter	2 years <sup>(4)</sup>
Change coolant	1200 hours or 2 years
Change oil vapour filter	2 years <sup>(4)</sup>

Figura 61. Accions de manteniment segons hores de funcionament. ITC Power 2017.

### 8.3.10 Cablejat

En instal·lacions fotovoltaiques el cablejat pren una importància addicional, ja que, presenten intensitats elevades i cal tractar el dimensionat amb molta cura. Els cables de connexionat dels mòduls fotovoltaics estaran exposats a altes temperatures, per estar instal·lats a la intempèrie per això s'utilitzaran cables desenvolupats específicament per aplicacions fotovoltaiques.

En funció del tram que recorren entre elements, la intensitat o potència amb la que treballarà (el cas més restrictiu) , la intensitat de curtcircuit i limitant la caiguda de tensió a 1,5% per la instal·lació solar fotovoltaica, s'establiran les seccions pertinents en funció de la intensitat màxima o de la caiguda de tensió, en cada cas el més restrictiu. Tractarem un total de 5 trams de cablejat, establint el tipus de cablejat utilitzat i les condicions d'instal·lació per tal d'aplicar factors de correcció si és necessari, que són, per temperatures diferents de 40 °C, per agrupació de circuits, tipus d'instal·lació i material de l'aïllament.

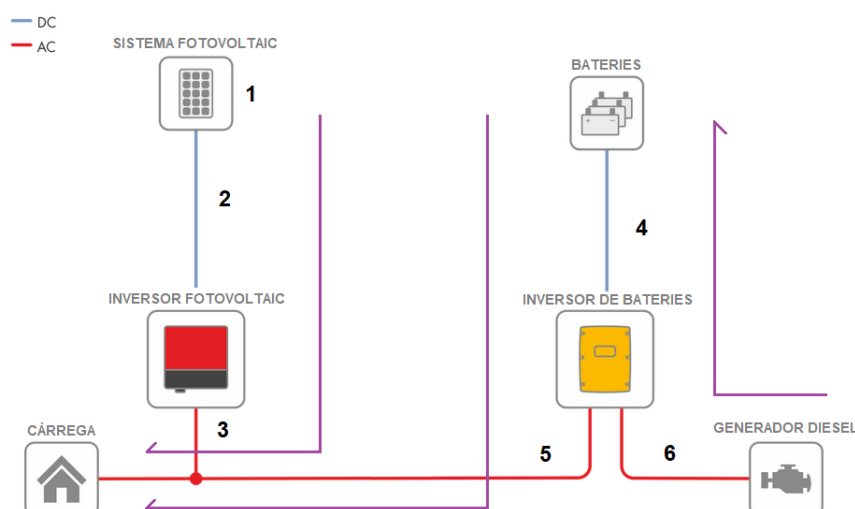


Figura 62. Circuits d'utilització de la instal·lació.



Com podem veure en la figura anterior, es seguiran diferents circuits, circuit amb radiació solar i consum d'energia (trams 1, 2 i 3), circuit amb radiació solar sense consum (trams 1, 2, 3, 5, 4), demanda sense radiació (trams 4 i 5) i en cas de falta d'energia emmagatzemada (6, 4 i 5).

Tram 1, Connexionat dels mòduls. Aquest tram, presenta exposició als rajos ultraviolats, instal·lació a l'aire lliure i temperatures superiors a 40 °C, previsió 50 °C. És un Tram de corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, s'agruparan un total de 2 circuits, en aquest tram serà cablejat Exzhellent-solar ZZ-F (AS) de General Cable.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 1</b>	<b>Isc mòdul</b>	9,08	1,25	11,35	E	2 XLPE	0,80	0,89	15,94

Taula 45. Intensitat tram 1.

Tram 2, en aquesta configuració en concret, no existirà tram 2, ja que l'inversor disposa de dues entrades i el generador es disposa en dos strings de mòduls en sèrie com s'ha explicat, prescindint gràcies a aquest fet d'un tram.

Tram 3, Connexionat de l'inversor a l'habitatge. El cablejat d'aquest tram es disposarà a l'interior de canaleta perforada en muntatge superficial. Tram de corrent altern. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 3</b>	<b>linv FV</b>	22,82	1,25	28,53	B1	3 XLPE	0,80	1,00	35,66

Taula 46. Intensitat tram 3.

Tram 4, Connexionat acumuladors amb inversor de bateries. El cablejat es disposarà a l'interior de canaleta perforada amb tapa practicable. Tram de Corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termoestable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 4</b>	<b>Ibat inv</b>	140,00	1,25	175,00	B1	2 XLPE	1,00	1,00	175,00

Taula 47. Intensitat tram 4.

Tram 5, Inversors amb habitatge. El cablejat es disposarà a l'interior canaleta perforada. Tram de Corrent altern. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 5</b>	linv CA	103,00	1,25	128,75	B1	3 XLPE	1,00	1,00	128,75

Taula 48. Intensitat tram 5.

Tram , Cablejat grup electrogen a l'inversor. El cablejat es disposarà a l'interior de tub, soterrat en sortida del grup i tub en superfície. Tram de Corrent altern.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 6</b>	I grup	54,50	1,25	68,13	D	2 XPPE	1,00	1,14	59,76

Taula 49. Intensitat tram 6.

Un cop establertes les intensitats pertinents, realitzem la comprovació de seccions corresponents per complir amb el requisit de caiguda de tensió per als diferents circuits pels que circularà el corrent. Assignem el major % de caiguda de tensió als trams amb la tensió més baixa (55,5 V), i els % més baixos pels trams de 230 V. Primerament, el circuit que recorrerà els trams 1 i 3, que s'utilitzarà amb radiació solar i consum de les càrregues de l'habitatge.

	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm²)
<b>Tram 1</b>	26,00	1,05	4,24
<b>Tram 3</b>	6,00	0,45	6,36
<b>Total</b>	<b>32,00</b>	<b>1,50</b>	

Taula 50. Seccions per C.d.T, trams 1 i 3.

Seguidament comprovarem les caigudes de tensió circuit que recorrerà els trams 6, 4 i 5, corresponent a radiació solar nul·la i consum de les càrregues de l'habitatge i bateries descarregades, per tant, des del grup electrogen.

	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm²)
<b>Tram 6</b>	12,00	0,50	27,36
<b>Tram 5</b>	6,00	0,29	44,58
<b>Total</b>	<b>21,50</b>	<b>1,50</b>	

Taula 51. Seccions per C.d.T, trams 5 i 6.

Com podem observar, la caiguda de tensió acumulada no és superior al 1,5 %, per tant, complim amb la normativa (ITC BT 40).

Finalment, realitzem la comparació i comprovació de seccions calculades segons intensitat i caiguda de tensió, per establir la secció final.

		Secció per T <sup>a</sup> (mm <sup>2</sup> )	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )	Secció Comercial final (mm <sup>2</sup> )
<b>Tram 1</b>	Isc mòdul	1,50	5,96	6,00
<b>Tram 3</b>	Iinv FV	6,00	7,96	10,00
<b>Tram 4</b>	Ibat inv	70,00	69,08	70,00
<b>Tram 5</b>	Iinv CA	50,00	44,58	50,00
<b>Tram 6</b>	I grup	16,00	24,00	25,00

Taula 52. Seccions finals escollides.

A més, es garanteix que es compleixen les seccions mínimes establertes com a recomanació pels fabricants.

### 8.3.11 Protecció del cablejat

En funció del tram, s'utilitzen diferents elements de protecció per als cables, bàsicament, seguint les indicacions de la ITC-BT-21, utilitzats pel càlcul del dimensionament del cablejat.

Tram	Element utilitzat	Característiques
Generador - Inversors FV	Tub flexible	2 x Corrugat, 63mm Øext
Inversor Fv - Embarrat Instal·lació Interior	Tub flexible	PVC perforada 100x70 mm
Embarrat Instal·lació interior - Habitatges	Tub flexible	Corrugat, 63mm Øext

Taula 53. Proteccions del cablejat utilitzades.

Tram	Element utilitzat	Característiques
Inversor Fv - Inversor Bat	Canaleta	PVC perforada 100x70 mm
Inversor Bat – Embarrat Instal·lació Interior	Canaleta	PVC perforada 150x70 mm
Inversor Bat - Grup Elec.	Tub flexible	Corrugat, 63mm Øext
Inversor Bat - Bateria	Canaleta	PVC perforada 150x70 mm

Taula 54. Proteccions del cablejat utilitzades.

La unió del tub flexible amb el tub rígid, introduint el tub flexible a l'interior del tub rígid en forma de U invertida amb recobriment per tub retràctil, per evitar l'entrada d'aigua.

### 8.3.12 Proteccions

A part dels elements de protecció que incorporen els equips, s'han instal·lat diferents proteccions a la resta de la instal·lació. Bàsicament contra sobreintensitats i sobretensions.

## 8.3.12.1 Sobreintensitats

Començant per les agrupacions de mòduls, es protegiran els mòduls contra corrents inverses que es puguin produir com a conseqüència d'un mal funcionament d'un dels mòduls. Es disposa de diferents opcions com són díodes de bloqueig, fusibles i interruptors magnetotèrmics.

En aquest cas es col·locaran fusibles gPV (cilíndrics per aplicacions fotovoltaïques) amb seccionadors, ja que no existeix alta dificultat d'accés, són una opció més econòmica que els magnetotèrmics i dissipen menys potència que els díodes.

Els fusibles es calculen per actuar entre 1,5 i 2 vegades el corrent de curtcircuit d'un mòdul ( $I_{sc} = 9,08 \text{ A}$ ) i 1,2 cops la tensió del generador en condicions CEM ( $U_{Goc} = 418,23 \text{ V}$ ).

$$I_{sc} \cdot 2 = I_{\text{fusible}} \quad (\text{Eq. 16})$$

$$U_{Goc} \cdot 1,2 = V_{\text{fusible}} \quad (\text{Eq. 17})$$

Obtenim doncs una  $I_{sc}$  de 18,16 A i una  $U_{Goc}$  de 501,87 V, per tant a la sortida del conjunt de mòduls en sèrie, s'hi ha instal·lat seccionadors fusibles específics per aplicacions fotovoltaïques gG, per CC, unipolars de 20 A i fins a una tensió de 600 V, amb un poder de tall de 30 kA, pel positiu de cada branca en paral·lel (seccionadors amb fusible en total).

El motiu pel qual es disposaran fusibles amb base seccionador, és per tal de disposar de la capacitat de desconnectar una o varies branques per manteniment o avaries.

La sortida de l'inversor fotovoltaic es protegirà amb un element que permeti el seccionament per una  $I_n$  de sortida de 22,83 A per tal d'operar amb seguretat en cas d'avaría Q2.

Per aquest motiu, s'utilitzarà un interruptor magnetotèrmic per CA, 230 V, corba C,  $I_n = 40 \text{ A}$ , poder de tall 15 kA.

$$\frac{P_{n \text{ inv FV}}}{V} = I_{\text{sortida inv FV}} \quad (\text{Eq. 18})$$

$$I_n \cdot 1,5 = I_{\text{magnetotèrmic}} \quad (\text{Eq. 19})$$

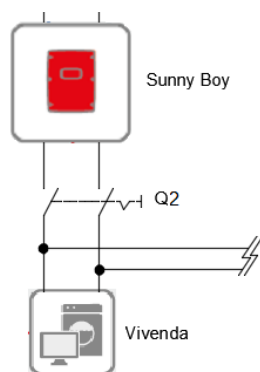


Figura 63. Esquema protecció sortida inversor Sunny Boy

La unió entre l'inversor de bateries i el sistema d'acumulació, s'haurà de protegir degudament de forma individual, l'element més indicat per aquesta finalitat són els fusibles gG, amb base seccionador. Es dimensionarà a raó 1,5 el corrent de càrrega màxim (110 A) de cada inversor.

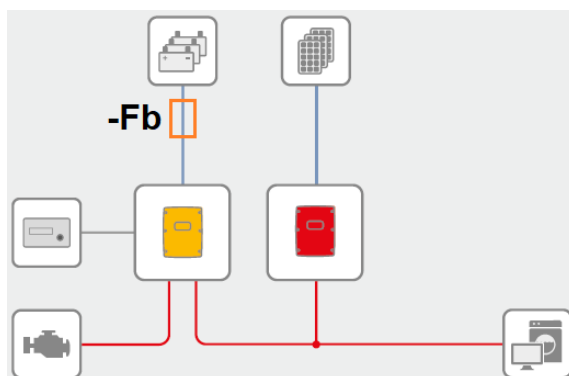


Figura 64. Esquema protecció acumuladors Axitec AxiStorage Li-7s

$$I_{inv\ bat} \cdot 1,5 = I_{fusible}$$

(Eq. 20)



Figura 65. Fusible tipus NH1, dF electric 2017.

On  $I_{inv\ bat}$ , és la intensitat de sortida de l'inversor de bateries, tenim una intensitat de 165 A, finalment s'instal·larà un fusible al positiu i negatiu de cada acumulador, del tipus NH1, per CC, unipolar de 160 A, tensió de 600 V, amb un poder de tall de 30 kA. Els fusibles es munten de

sèrie amb els acumuladors, que disposen d'una caixa lateral per al seccionament d'aquests, únicament s'ha de comunicar al moment de la compra els fusibles a muntar.

Es col·locarà un magnetotèrmic bipolar a l'entrada de cada inversor de bateries, costat de CA, tenint en compte la intensitat nominal de sortida de 20 A, però es poden donar potències de 6.800 W durant 5 min, el protector haurà de garantir 45 A com a mínim.

$$\frac{P_{\text{inv bat}}}{V_n} = I_{\text{sortida inv bat}} \quad (\text{Eq. 21})$$

$$I_n \cdot 1,5 = I_{\text{magnetotèrmic}} \quad (\text{Eq. 22})$$

Per tant, es disposaran dos magnetotèrmics de 50 A, amb un poder de tall de 15 kA i corba C.

Finalment, es disposarà un magnetotèrmic bipolar en sortida de l'inversor, que es disposarà a la caixa general de protecció de l'habitatge objecte del projecte. Aquest magnetotèrmic anirà acompanyat d'un interruptor diferencial contra contactes directes i indirectes.

#### 8.3.12.2 Sobretensions

Les sobretensions en les instal·lacions fotovoltaïques poden aparèixer bàsicament a causa de descàrregues d'origen atmosfèrics (llamps), per aquest fet, es protegeix el sistema mitjançant un protector contra sobretensions amb capacitat de tall 65 kA, de la casa Ciprotec, model PSC3-12,5/600PV, dotat de 3 mòduls desendollables, tensió màxima de circuit obert 600 VDC. Aquest mòdul es disposa entre positiu, negatiu i terra de la instal·lació del generador. Previst de protecció en mode comú i diferencial.

Gama	PSC3 FOTOVOLTAICO	
Referencia	PSC3-12,5/600 PV	PSC3-12,5/1000 PV
Código sin IR	77738370	77738375
Código con IR	77738371	77738376
Uc (Uoc max)	600 Vdc	1000 Vdc
I <sub>max</sub> (8/20 µs)	65 kA	
I <sub>imp</sub> (10/350 µs)	12,5 kA	
I <sub>n</sub>	20 kA	
IEC 61643-11	Tipo 1+2	
Up	≤ 2,6 kV	≤ 3,6 kV
t <sub>a</sub>	≤ 25 ns	
I <sub>scwpv</sub>	-	
Fusible previo	10 A	
Formato	Desenchufable	

Taula 55. Característiques tècniques del protector contra sobretensions. Ciprotec PSC3.

### 8.3.13 Monitorat

Per tal d'aconseguir els màxim rendiment de la instal·lació, s'han utilitzat equips de la mateixa marca per tal d'adaptar al màxim les seves funcionalitats.

Primerament, s'instal·larà l'equip SMA Cluster Controller, permet el monitoratge i control professional per consums descentralitzats. És la unitat central de comunicació per l'enregistrament de dades.



Figura 66. SMA Cluster Controller

Disposa d'entrades i sortides digitals i analògiques, ofereix un ràpid intercanvi de dades mitjançant una interfície de dades basada en ethernet (per exemple, Modbus TCP). El sistema de configuració s'aconsegueix amb el servidor web integrat de Sunny Portal que permet visualitzar i configurar de forma ràpida. Permet:

Creació de la xarxa Speedwire, lectura, entrega i gestió de les dades de la planta, configuració de paràmetres dels equips, informació de potència activa actual total de la planta, avis per e-mail en cas d'estat crític de la planta, enviament de dades de la planta al servidor o al portal d'internet Sunny portal i actualització automàtica del propi equip i dels inversors.

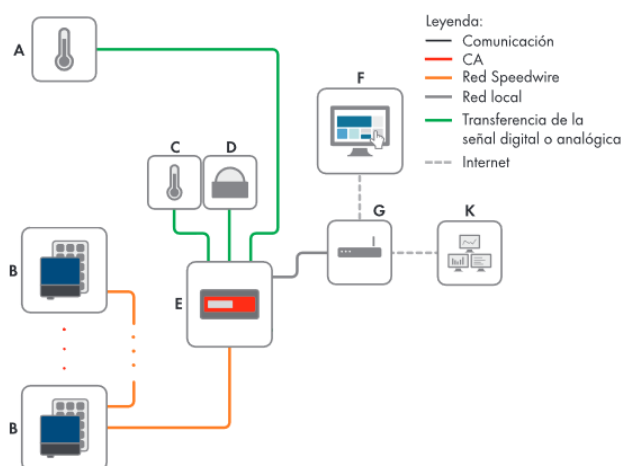


Figura 67. Esquema connexionat Cluster Controller.

El clúster controller permet la modificació de paràmetres per part de l'usuari i de l'instal·lador, separant les possibilitats de cada usuari sota contrasenya. En funció del tipus d'usuari permet:

Autorización	Grupo de usuarios	
	Usuario	Instalador
Llevar a cabo ajustes del sistema en el Cluster Controller (consulte el capítulo 6, página 38)	✓	✓
Configurar el Cluster Controller para la red local (consulte el capítulo 17.1.1, página 96)	✓	✓
Cambiar el puerto HTTP (consulte el capítulo 17.4, página 98) o NAT (consulte el capítulo 17.5, página 99)	✓	✓
Leer la potencia de los inversores y los ajustes de los parámetros de los inversores a través del menú del equipo (consulte el capítulo 4.2.4, página 26)	✓	✓
Ajustar los parámetros de los inversores (consulte el capítulo 7, página 43)	–	✓
Modificar los parámetros SMA Grid Guard de los equipos (consulte el capítulo 15.5, página 92)	–	Solo con código SMA Grid Guard ✓
Añadir equipos a la planta o sustituir equipos en la planta (consulte el capítulo 10, página 58)	–	✓
Modificar la contraseña de la planta para el grupo de usuarios <b>Usuario</b> (consulte el capítulo 15.2, página 88)	✓	✓
Modificar la contraseña de la planta para el grupo de usuarios <b>Instalador</b> (consulte el capítulo 15.2, página 88)	–	✓
Reinicie el Cluster Controller por medio de la interfaz de usuario (consulte el capítulo 18.3, página 122)	–	✓

Taula 56. Opcions de gestió segons usuari domèstic o expert. SMA Cluster controller, 2017.

Podem accedir al Cluster Controller i controlar la instal·lació, s'introdueix la direcció IP de l'equip al navegador d'internet i s'accedeix sota contrasenya al portal SMA PORTAL.

Des del portal, procedim a ajustar la temperatura procedent de la unitat de temperatura, temps d'existència de la planta i es procedeix a la sincronització amb tots els equips connectats amb el Rapidwire. Es connecta el sensor d'irradiació, amb el que s'ha d'ajustar la corba característica del sensor (converteix el corrent en mA que emet el sensor d'irradiació en valors d'irradiació proporcionals en W/m<sup>2</sup> i els mostra).

Serà necessari desactivar els inversors de la planta amb la funció Webconnect que es disposa activada de sèrie. Aquesta funció realitza la connexió automàtica dels inversors al portal de monitoratge i provocaria la connexió de forma individual. Es realitza accedint al menú, Ajustes del equipo.



Les entrades USB permeten l'exportació de dades per l'anàlisi, ja que les dades antigues s'eliminen per mantenir l'espai intern de l'equip. Altrament, es pot configurar el Sunny Portal (portal de monitoratge) per l'enviament de dades en períodes més curts. Per eliminar la probabilitat de pèrdua de dades es poden tenir en compte aquests intervals d'emmagatzematge de dades.

Número de inversores conectados	Tiempo de almacenamiento aproximado	
	4 GB de capacidad de almacenamiento	8 GB de capacidad de almacenamiento
5	10 años	20 años
10	5 años	10 años
25	2 años	4 años
50	1 año	2 años
75	9 meses	18 meses

Taula 57. Capacitat d'emmagatzematge de dades. SMA Cluster controller, 2017.

Un cop interconnectats els equips, es procedirà a accedir al portal Sunny Portal, i registrar els equips. Serà necessari utilitzar rangs de direccions diferents per la xarxa Speedwire i la LAN per tal de que el Cluster Controller assigni de forma correcta les direccions IP. Seguint el procediment.

Anotar la direcció IP, la mascara de subxarxa i la direcció de la passarel·la del PC, es connecta el PC a la connexió X13 o X14 del Cluster controller. A la pantalla apareixerà la direcció IP del clúster Controller, s'escull External Communication, i es modifica la direcció IP. S'accedeix al Cluster Controller a partir de la direcció IP, s'inicia sessió i es comprova la connexió.

#### 8.3.13.1 Sunny Remote Control

El sunny Remote Control, és un complement directe pels inversors de bateries Sunny Island 6.0H, permeten un ús més senzill i flexible, amb el que aconseguim traslladar la unitat de comandament a l'exterior dels inversors. Es pot desplaçar fins a 20 metres i processa la informació de fins a 3 equips (mestre més dos esclaus), per tant s'hauran d'utilitzar dos equips Sunny Remote Control, per tal de configurar d'una sola ordres els equips esclaus que hi pengen.



Figura 68. Controlador d'inversors. SMA Sunny Remote Control, 2017.

Es connecta mitjançant únicament un cable RJ45 per la connexió elèctrica i la comunicació i inclou una targeta SD que serveix d'interfase de servei.

A la targeta SD s'emmagatzema, informació per el control de la planta i facilita els treballs de manteniment. Amb la SD també s'actualitza el firmware dels inversors Sunny Island, i s'emmagatzemen les dades següents:

Configuració de paràmetres, dades de mesures, en intervals de minuts de Bateria, Inversors de bateries, Generador, i xarxa aïllada, esdeveniments i errors (alarmes) i valors estadístics dels acumuladors.

#### 8.3.13.2 Sunny Home Manager

Aquest equip monitora tots els fluxos energètics de l'habitatge, detecta automàticament el potencial d'estalvi i permet un us eficient de l'energia solar.

A més és compatible amb els endolls inalambrics WLAN estàndard, per el control dels equips senzills.



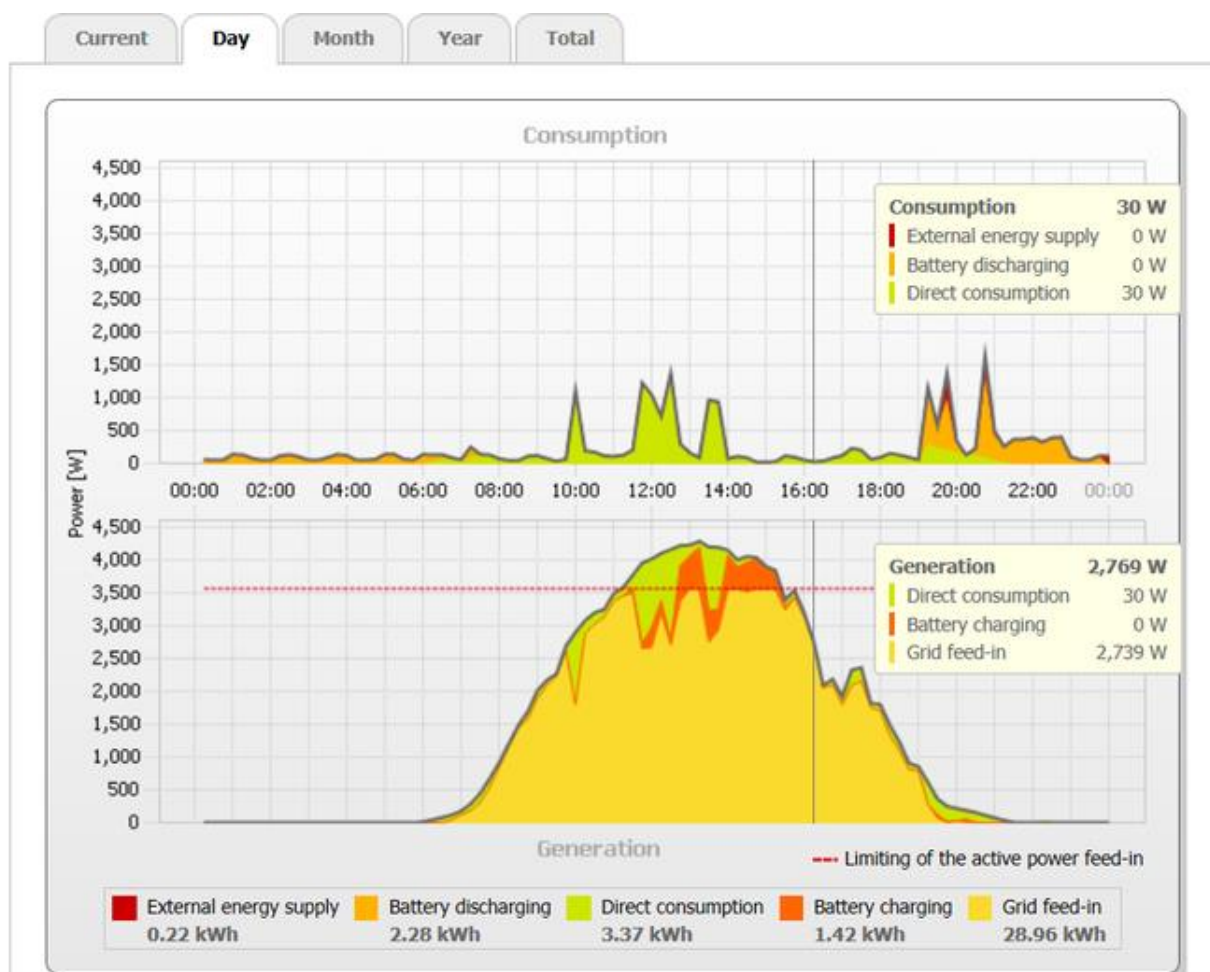
Figura 69. SMA Sunny Home manager.

Un aspecte molt important d'aquest equip és que permet mitjançant novament el portal Sunny Portal, descobrir el potencial d'estalvi. Es pot analitzar, per exemple, el consum del rentaplats, la rentadora o el frigorífic. Aquest equip analitza el consum d'energia de totes les càrregues de l'habitatge i connecta automàticament els electrodomèstics segons la meteorologia quan el sol subministra energia, així doncs contribueix altament en una reducció del consum d'energia i en una utilització molt més conscient i optimitzada.

El Sunny Home manager utilitza tot el potencial d'energia solar a partir de dades obtingudes d'internet com les previsions meteorològiques locals i la connexió digital als inversors i a tots els electrodomèstics per un màxim rendiment.

La pantalla d'estat mostra un gràfic a temps real amb les dades de potència, previsions de temps i pronòstic de generació, a part, crea automàticament un horari pels equips consumidors controlables.

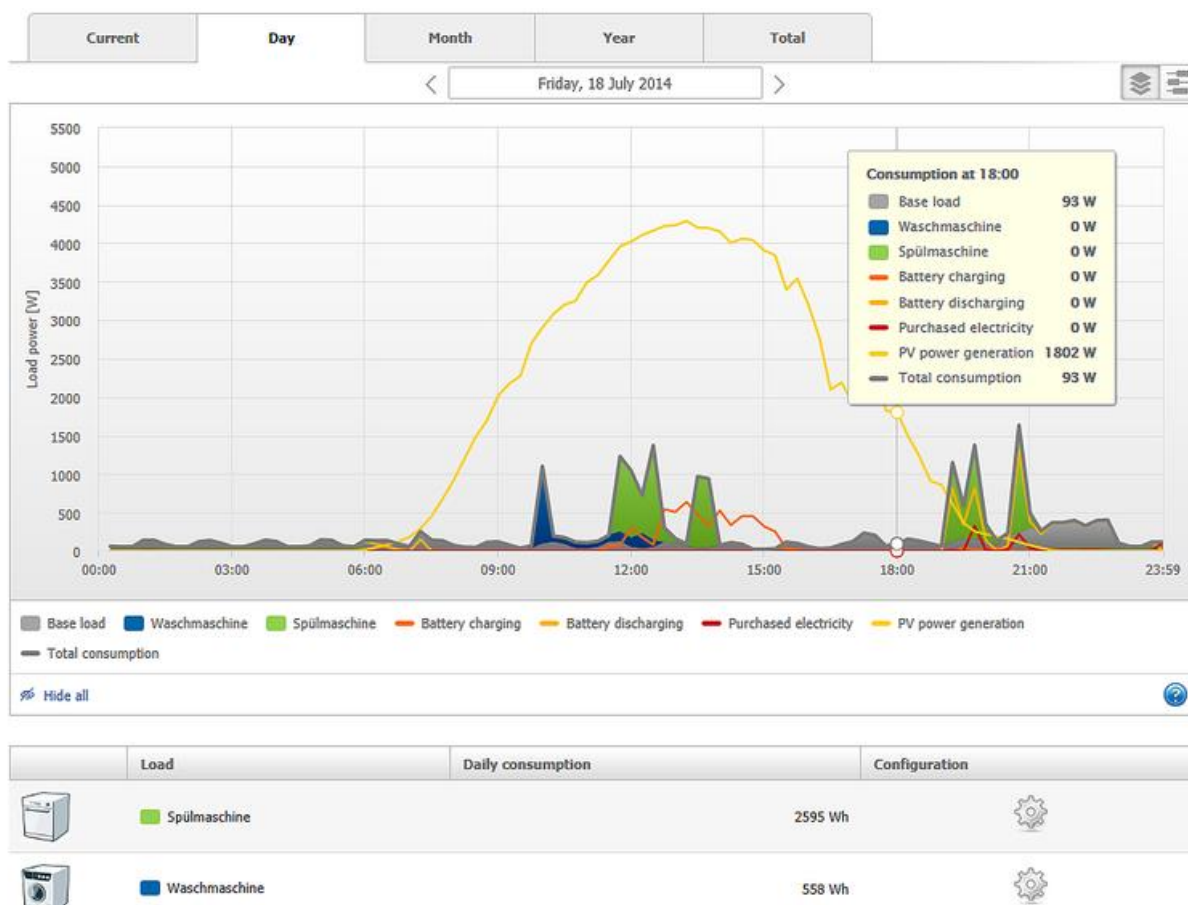
Des de les oficines tècniques, els enginyers, disposen del Sunny Portal Professional Package (juntament amb el Sunny Home manager), poden disposar de totes les dades per al monitorat professional de plantes de 5 kWp fins a 50 kWp, amb dades cada 5 minuts per tal d'aprendre la naturalesa de cada instal·lació i efectuar les modificacions més precises, estalviant costos als clients i generant una font d'ingressos pel control d'instal·lacions.



Gràfic 30. Balanç d'energia. SMA Sunny Portal.

Permet la confecció de gràfics per analitzar de forma ràpida els paràmetres, com per exemple en la figura anterior, on ens mostra en la part superior un perfil de consum d'un habitatge al llarg d'un dia, separat en consum directe, consum de bateries o consum d'energia auxiliar com per exemple un grup electrogen.

En la part inferior, es pot veure el perfil de generació de la instal·lació al llarg d'un dia, amb les mateixes dades que l'anterior, però a més indicant el consum existent.



Gràfic 31. Balanç de càrrega/descàrrega i control. SMA Sunny Portal.

Altrament, en la figura anterior, podem observa el perfil de consum enregistrat dels electrodomèstics connectats al Sunny Home Manager. Recollint el perfil de rentadora i del rentaplats (en blau i verd respectivament), la càrrega de la bateria (taronja fosc), descàrrega de la bateria (taronja clar) i la generació d'energia.

Així doncs, s'ha procedit a la interconnexió dels equips mitjançant un bus CAN per establir la comunicació de la forma següent:

Connexionat dels acumuladors, cada acumulador disposa a la part posterior de 3 entrades de comunicació, que són, USB, CAN i interior CAN. Primerament s'establiran els màsters, al que es connectarà el bus CAN interior, i en sortirà el bus Can fins a cada acumulador. Del Can interior del màster es connectarà a la presa RJ45 del Cluster Controller.

Per als inversors fotovoltaics connectats en paral·lel es realitzarà el mateix procediment, accedint mitjançant una connexió USB i el software instal·lat, s'assignarà el màster i l'esclau, el màster es connectarà al Cluster controller i l'esclau es connectarà al màster.

Seguirem el mateix procediment per als inversors de bateries.

Per la falta d'entrades RJ45 del Cluster Controller, s'utilitzarà un Switch de 8 entrades ethernet.



Figura 70. Switch 8 ports, Hamlet RZ33 .

#### 8.3.14 Ubicació dels equips

La ubicació dels elements de la instal·lació fotovoltaica, excloent els mateixos captadors i les caixes de connexions que ja incorporen, es disposaran al garatge de l'habitatge.

El fet d'ubicar els equips a l'interior de l'habitatge és degut a intentar estabilitzar al màxim les temperatures de treball del sistema. D'aquesta forma, els rendiments augmenten en no treballar mai amb temperatures extremes. Els equips disposen de ventilació activa mitjançant ventiladors a l'interior de cada equip.

Aquesta és una avantatge de les instal·lacions amb bateries de liti, ja que pel fet de no desprendre cap tipus de gas nociu es poden instal·lar sense perill en llocs d'ús comú.

A part, també es redueixen de forma considerable les distàncies del cablejat de connexió amb la instal·lació interior d'usuari i es proporciona una major capacitat de maniobra per la pròpia instal·lació i per manteniments o reparacions en el futur.

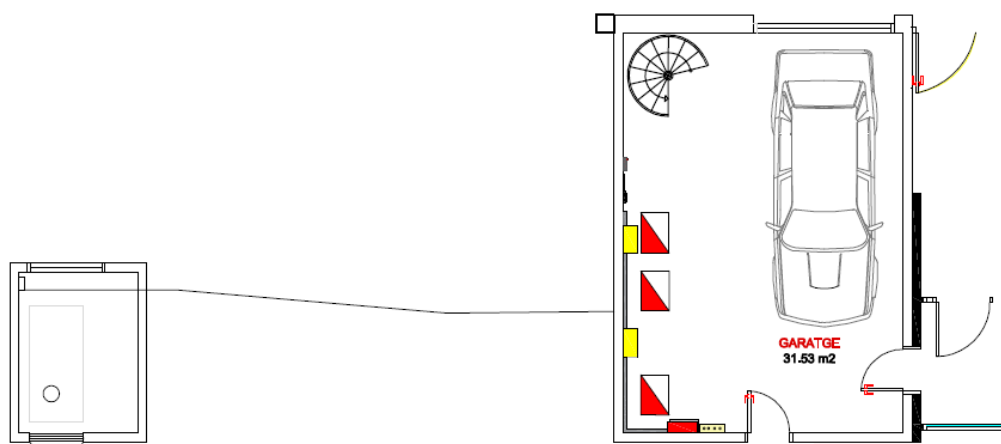


Figura 71. Ubicació de la instal·lació dels equips al garatge i ubicació grup electrogen.

Així doncs, s'instal·laran a una alçada d'1,38 metres del terra del garatge, i ancorats a la paret mitjançant tacs, amb una separació entre sí de 2 metres, l'inversor Sunny Boy 5.000 TL i els dos inversors de bateries Sunny Island 6.0H (amb una separació de 1,27 m). Seguit dels dos inversors, s'hi disposarà el sistema de control SMA Clúster controller i per la part superior d'aquest s'hi instal·larà el swich d'expansió, juntament amb el controlador d'inversors de bateries Sunny Remote Control.

Com hem detallat a l'apartat 8.3.11 Protecció del cablejat, la interconnexió d'aquests elements serà canaleta perforada de PVC amb tapa practicable i tubs flexibles.

Els embarrats de CA i CC, s'ubicaran a l'interior de caixes per embarrat, amb tapa transparent i tancaments de seguretat.

Tots els elements de protecció detallats a l'apartat 8.3.12 Proteccions, excepte els fusibles de les bateries que van incorporats a l'interior de la pròpia carcassa, es disposaran a l'interior d'una caixa per a 25 elements amb tapa. Disposada a 1,26 metres del terra de la instal·lació.

Els 5 acumuladors, es disposaran en 3 columnes, dues columnes de 2 acumuladors i un últim acumulador de forma individual.

Per indicacions del fabricant es necessita una distància mínima en qualsevol dels seus costats de 30 cm, per tal de garantir l'apertura de la porta d'accés als fusibles (lateral dret), l'accés a les connexions de dades (part posterior) i la correcta ventilació de l'equip. La carcassa garanteix la correcta separació en les bateries apilades.

Finalment, el grup electrogen, s'instal·larà en un petit traster separat de l'habitatge, el qual s'adaptarà per a la instal·lació del mateix, afegint reixetes de ventilació i realitzant una obertura per la xemeneia dels fums resultants de la combustió. Aquest traster, disposarà de porta amb tancament per clau de seguretat.

#### 8.4 Instal·lació comú per un grup de quatre habitatges

Un cop desenvolupades les dues instal·lacions fotovoltaiques en vivendes individuals, volem comprovar si el fet d'utilitzar una instal·lació fotovoltaica comú per a quatre habitatges ens ofereix avantatges, en quant a funcionament, seguretat de subministrament i en l'aspecte econòmic.

En comparació amb les instal·lacions aïllades descrites anteriorment, en aquest cas, podem utilitzar un factor de simultaneïtat per a les previsions de potència instal·lada i d'ús d'energia. En aquest cas, el grup consta de quatre habitatges i per tant, tal com indica la ITC-BT-10 en la taula 1, per a quatre habitatges es pot aplicar un coeficient de reducció de 3,8.

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	$15,3+(n-21) \cdot 0,5$

Taula 58. Coeficients de simultaneïtat. ITC-BT 10.

Per aquest motiu, tenint en compte la potència instal·lada d'un habitatge de 5 kW, obtenim una previsió de potència de 19 kW.

$$P_{\text{habitatge}} \cdot \text{Coef Simult} = P_{\text{previsió}} \quad (\text{Eq. 23})$$

Seguidament, es descriuran tots els elements utilitzats i les característiques d'instal·lació tal com s'ha realitzat en les instal·lacions anteriors.

#### 8.4.1 Mòduls fotovoltaics

Són els encarregats de generar l'energia elèctrica. S'instal·laran un total de 90 mòduls, fotovoltaics, fixats verticalment en una estructura inclinada per satisfer les necessitats energètiques de la instal·lació i es disposaran de forma vertical.

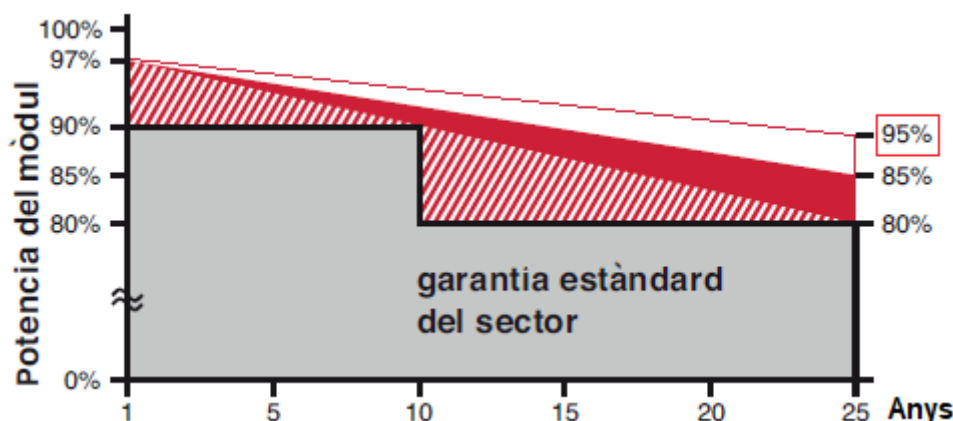
Els panells utilitzats són panells compostos per la unió de 60 cel·les de silici policristal·lines de 6", que ofereixen en conjunt una tensió d'aproximadament 30 V, fet que ens obliga a treballar amb equips MPPT (descartant els PWM). Cada mòdul ofereix una capacitat de generació de 255 Wp.

Tots els mòduls són de la marca Alemanya AXITEC, AXI Worldplus SE. Estan construïts amb un vidre blanc tebi de 3,2 mm de gruix, de baixa reflexió i lliure de contingut en plom que permet que la llum solar passi sense perdre eficiència cap a les cel·les fotovoltaïques, aprofitant al màxim la radiació solar. L'eficiència és de 15,48%. El marc que munta és d'alumini especial per altes càrregues de vent.

Per altra banda, disposen de caixa de connexions amb terminals MC4 i incorporen díodes de derivació per protegir el circuit elèctric.

En l'annex de càlculs, es pot comprovar que, la potència de generació que ofereixen els mòduls, de 22.950 W, s'ha augmentat la potència per tal d'aconseguir una major càrrega dels acumuladors. El conjunt de mòduls oferirà una generació anual de fins a 26.370,01 kWh/any.





Gràfic 32. Evolució de la pèrdua de potència d'un mòdul a 25 anys. Axitec, módulos fotovoltaicos, 2017.

Gràcies a augmentar el 10 % de la potència necessària, al cap de 25 anys, s'evitarà no assolir la cobertura de la demanda obligant a canviar els mòduls aproximadament 5 anys abans.

El fet de treballar amb aquest sobredimensionament del generador es tradueix en instal·lar sis panells.

<b>Fabricante</b>	Axitec GmbH	<b>Tecnología de las células</b>	poly
<b>Módulo FV</b>	AC-255P/156-60SE (AXI worldplus SE)	<b>Certificación</b>	EU
<b>Características eléctricas</b>		<b>Coefficientes de la temperatura</b>	
Potencia nominal	255,00 Wp	Tensión MPP	---
Tolerancia de la potencia	-0,00/+5,00 W	Tensión en vacío	-0,3000 %/°C -113,8 mV/°C
Tensión MPP	30,80 V	Corriente de cortocircuito	0,0400 %/°C 3,39 mA/°C
Corriente MPP	8,28 A	<b>Características mecánicas</b>	
Tensión en vacío	37,92 V	Número de células del módulo	60
Corriente de cortocircuito	8,48 A	Anchura	992 mm
Tensión del sistema admisible	1000,00 V	Longitud	1650 mm
Rendimiento del módulo (Condiciones Normales de Ensayo, CNE)	15,58 %	Peso	19,70 kg
Toma a tierra recomendada	Sin toma a tierra	Conector de enchufe	Kabel/Stecker

Taula 59. Característiques tècniques del mòdul utilitzat. Axitec GmbH, módulos fotovoltaicos AC-255.

Aquest model en concret, incorpora un connector mascle i un connector femella del tipus MC4, per a cada mòdul.



Figura 72. Mòdul Fotovoltaic. Axitec AXIworldplus SE 255

#### 8.4.2 Connexionat entre els mòduls

La configuració utilitzada per les connexions entre mòduls, recau en limitar els valors d'intensitat, per aquest fet, es treballarà amb una tensió de circuit obert del generador  $V_{Goc} = 625,60 \text{ V}$  i una intensitat de curtcircuit del generador de  $I_{Gsc} = 51,59 \text{ A}$ , com a valors màxims de tensió i intensitat.

Els valors indicats de tensió i intensitat estan corregits per temperatures màxima i mínima previstes de  $+60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $-3,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivament.

Novament, gràcies a utilitzar més nombre de mòduls en sèrie que en paral·lel, podem obtenir valors més baixos d'intensitat, que contribueixen a la reducció de seccions, capacitat de les proteccions, perillositat de la instal·lació i cost dels equips.

Les connexions responen a dues entrades diferenciades a l'inversor A i B per a cada inversor. Per a l'entrada A s'utilitzaran 2 cadenes en paral·lel de 15 mòduls en sèrie cadascun (30 mòduls en total) i l'entrada B amb 1 cadena de 15 mòduls (45 mòduls en total). I pel segon inversor es repeteix la mateixa configuració (45 mòduls addicionals).

El connexionat dels mòduls es realitzarà mitjançant connectors MC4, connectats directament a la caixa estanca de la part posterior de cada mòdul fotovoltaic.



Figura 73. Connectors mascle i femella MC4. Sfe-solar, caja de conexiones, 2017

La caixa de connexionat interior dels acumuladors disposa de la connexió ràpida per connectors MC4 i protecció contra ombres parcials projectades, o brutícies dipositades sobre la superfície del captador, mitjançant 3 díodes bypass per evitar la circulació de corrents inversos.



Figura 74. Díodes bypass dels mòduls fotovoltaics. Sfe-solar, caja de conexiones y diodos, 2017

Del generador fotovoltaic (22,95 kW), obtindrem una producció anual aproximada de 1.149,02 kWh/kWp.

#### 8.4.3 Estructura dels mòduls

La ubicació dels panells fotovoltaics s'ha valorat tenint en compte diferents factors. Normalment s'instal·len a la teulada de cada habitatge però per potències més elevades o com aquest cas en el que es comparteix la instal·lació es presenta el problema de les distàncies, ja que si dividim la instal·lació del generador en diferents parts per ubicar un nombre de plaques a cada teulada, obtenim molta distància entre grups de plaques fent augmentar de forma important la secció d'un dels trams amb més distància a recórrer.

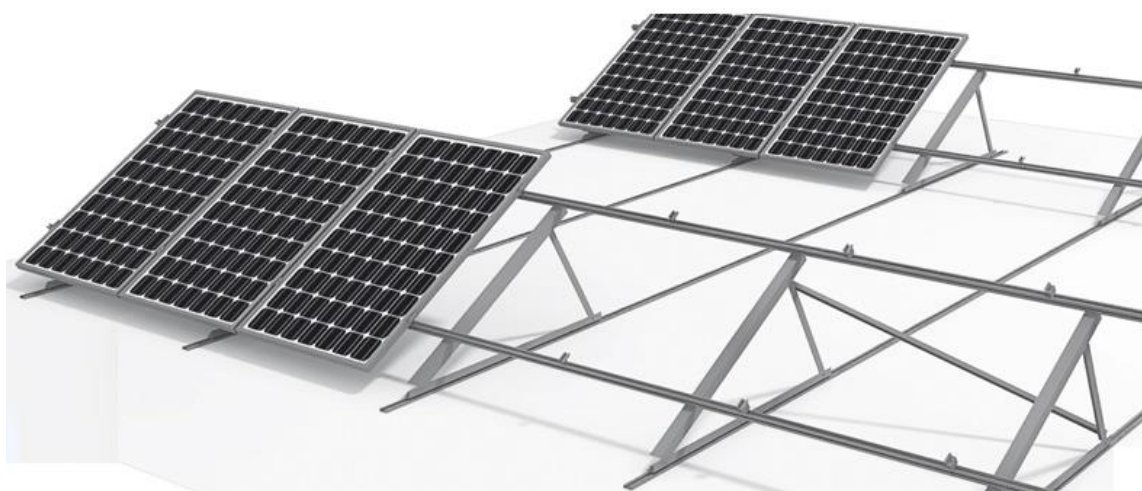


Figura 75. Estructura tipus Suports Desarrollo y soluciones.

Les estructures es situaran al sol de la part posterior dels habitatges, sobre una base de formigó, les plaques es disposaran de forma vertical. Els suports de la casa Suports, es poden ajustar en diferents inclinacions fins a 60 °, en aquest cas, es situaran a 58°. Els materials utilitzats per la confecció dels suports per a mòduls fotovoltaics són principalment l'alumini per als perfils, caragols i ancoratges d'acer inoxidable. Es proporciona amb l'estructura de la casa Suports Desarrollo y Soluciones, els elements necessaris per garantir l'estanquitat mitjançant segellat amb neoprè, EPDM i tacs químics.

L'estructura seleccionada disposa d'unes riostes que permeten l'ajustament de forma molt senzilla de les distàncies entre fileres de mòduls fotovoltaics.

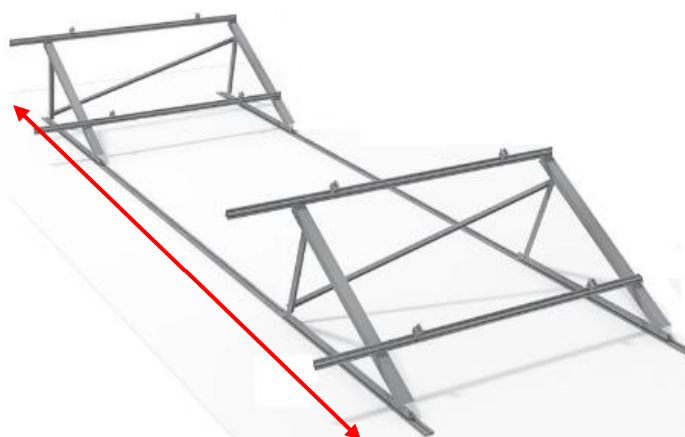


Figura 76. Detall estructura Suports Desarrollo y soluciones.

Per tal de garantir la seguretat de l'ancoratge dels suports, s'utilitzaran blocs de cimentació als que es col·locaran els caragols de fixació. L'estructura doncs, haurà de suportar sobrecàrregues de vent, però també, tot i que és un fet poc freqüent de neu, tal com estableix el codi tècnic de

l'edificació NBE-AE-88, per aquest fet es realitza la suposició del pitjor dels casos per la instal·lació. Segons la taula 5.1 de la NBE-AE-88, amb un vent de 28 m/s s'assoleix una pressió dinàmica de 50 kg/m<sup>2</sup>, per una alçada d'1,5 metres respecte el terra.

Tabla 5.1 Presión dinámica del viento				
Altura de coronación del edificio sobre el terreno en m., cuando la situación topográfica es		Velocidad del viento v		Presión dinámica w
Normal	Expuesta	m/s	km/h	kg/m <sup>2</sup>
De 0 a 10	—	28	102	50
De 11 a 30	—	34	125	75
De 31 a 100	De 0 a 30	40	144	100
Mayor de 100	De 31 a 100	45	161	125
—	Mayor de 100	49	176	150

Taula 60. Pressió dinàmica del vent NBE-AE-88.

Les estructures es disposaran 6 fileres de 15 mòduls disposats de forma vertical cadascuna, i per tant, cada filera suposarà una superfície d'oposició al vent de 24,55 m<sup>2</sup>. En aquest cas, amb una inclinació de 58° respecte l'horitzontal, obtenim una força del vent resultant de 957,61 kp o 9,57 kN.

$$F_v = w \cdot S \cdot \sin \alpha \quad (\text{Eq. 24})$$

A partir del coeficient eòlic de sobrecàrrega obtindrem la sobrecàrrega que exercirà el vent sobre la les línies de mòduls, que serà de 15 kg/m<sup>2</sup>, que sumats a la pressió inicial resultarà en 65 kg/m<sup>2</sup>.

$$p = c \cdot w \quad (\text{Eq. 25})$$

L'altre cas a analitzar és el cas de nevada, en aquest cas, ens basarem en el pitjor dels casos, vents amb calamarsada i neu, pel que el NBE-AE-88 estableix una sobrecàrrega de 400 kg/m<sup>3</sup>. Obtenim doncs, una pressió de 211,96 kg/m<sup>2</sup>

$$p' = p \cdot \cos \alpha \quad (\text{Eq. 26})$$

Realitzant una previsió de nevada de fins a 35 cm de gruix de neu, trobem la nova pressió exercida, que serà de 74,18 kg/m<sup>2</sup>. Per aquests esforços addicionals, les estructures es cargolaran sobre blocs de formigó als dos suports de cada mòdul.

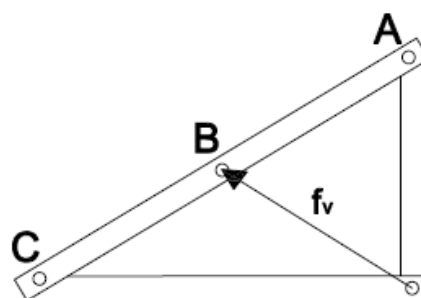


Figura 77. Forces i moments.

Com podem observar, el punt B està situat a la meitat de distància de A a C, es calcularà el moment de la força del vent sobre C. El punt A genera un moment oposat al de C i per tant contribueix en l'estabilitat de l'estructura, al punt B s'hi exerceix la major força i el moment és 0.

Es troben els moments de A i C, obtenint uns valors de 641,12 kp·m i 1.282,24 kp·m. L'estructura de la casa Suports D&S consta d'una estructura amb quatre peus per a cada estructura individual, per tant el parell màxim calculat es dividirà en dos parts, suposant un parell per cada peu de la filera de 15 mòduls de 21,37 kp·m. I suposa una força per cada suport de 60,49 kp.

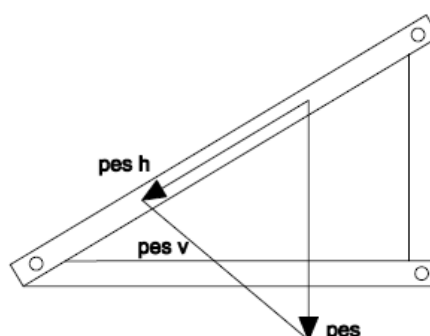


Figura 78. Diagrama de forces sobre els blocs de formigó.

D'aquest diagrama obtenim que s'hauran unes cimentacions per suportar un pes de 60,49 kp i per tant serà necessari un volum per a cada peu de 0,024 m<sup>3</sup>, en conseqüència s'instal·laran 60 blocs per filera de 15 mòduls, amb unes mides de 30x30x30 cm, obtenint un volum de seguretat de 0,027 m<sup>3</sup>, amb un volum total de 9,7 m<sup>3</sup>.

#### 8.4.4 Pèrdues per ombres

En una instal·lació fotovoltaica poden aparèixer diferents tipus de pèrdues, les generals, que són per Inclinació, Orientació i per ombres, i les específiques de cada equip instal·lat. La normativa estableix límits per les pèrdues generals, i per tant, és necessari comprovar les pèrdues esmentades.

Tots els mòduls fotovoltaics utilitzats tenen unes mides de 992 mm d'ample per 1.650 mm de llarg. Els 90 mòduls s'instal·laran a la part posterior de les vivendes, es col·locaran en suports de forma vertical.

En aquest cas, no tenim problemes a l'hora d'orientar les plaques (azimut 0° Sud), ni problemes d'inclinació (58°). Però apareixen problemes d'ombres projectades per les edificacions. En cas de disposar d'espai a la part davantera dels habitatges es podrien evitar aquest tipus de problemes, però en aquest cas per ser habitatges, s'escull l'opció de col·locar-les a la part posterior per evitar l'impacte visual que provocarien.

S'ha obtingut un resultat d'una distància mínima de 4,06 metres de separació entre fileres, però els resultats de les simulacions ens indiquen que tot i així es produïen ombres parcials, per aquest fet, s'han separat fins a 8 metres, per aconseguir disminuir les ombres projectades pels edificis.

Les pitjors hores en quant a la projecció d'ombres són les primeres hores del matí, i les últimes de la tarda. Com podem veure seguidament, es realitzen dues simulacions pel pitjor més de l'any, el Desembre, al matí i al vespre.

Comencem per una simulació el 21 de desembre a les 8:45 hores del matí, amb vermell es poden veure les ombres projectades pel sol (esfera vermella) a les plaques fotovoltaïques. Les primeres hores del matí, a la zona oest es projecten ombres parcials, que s'eliminen en gran mesura en un període de 15 minuts

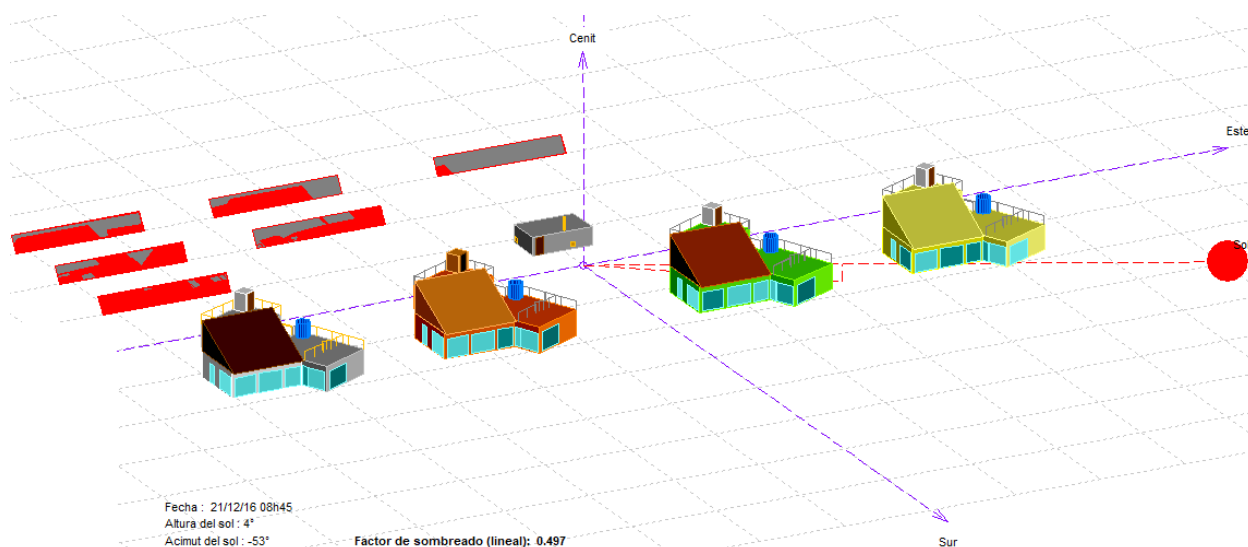


Figura 79. Simulació PVsyst 6.43, dia 21/12/2016 , hora 08:45h.

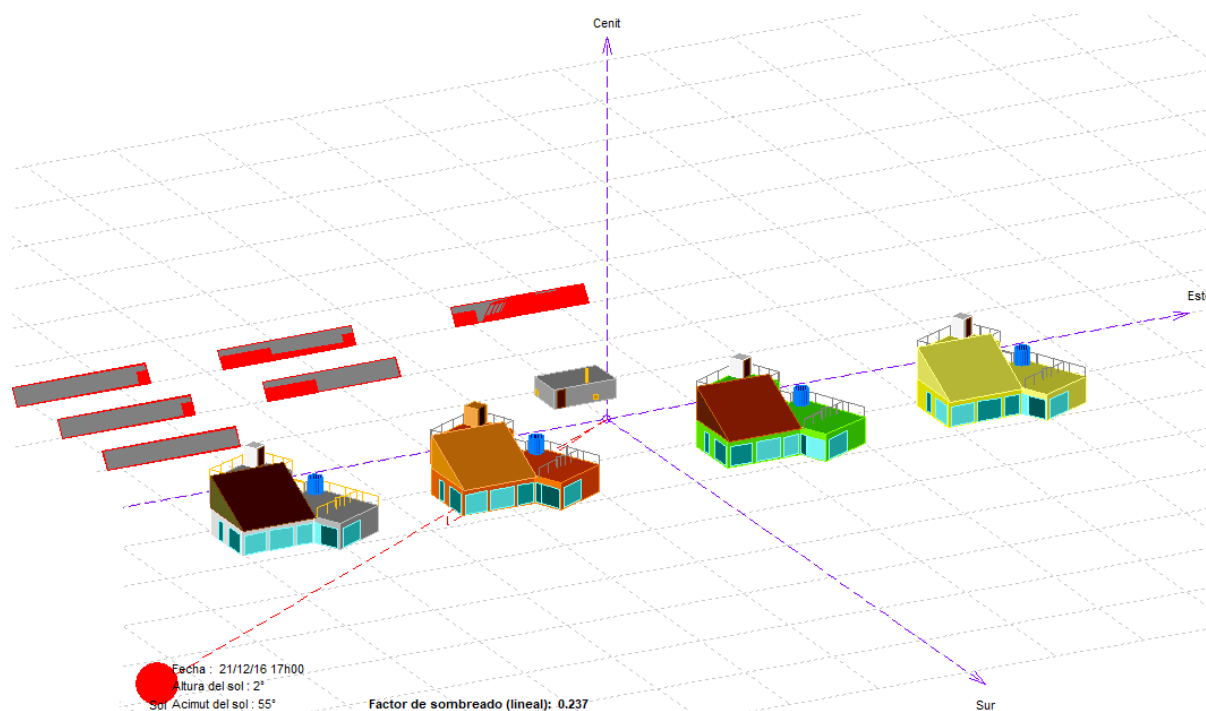


Figura 80. Simulació d'ombres el 21/12/2016 a les 17:00h

Utilitzant aquesta configuració obtenim unes pèrdues per ombres parcials d'un 1,2 %, essent inferior al valor límit per normativa que marca un 10 % com a màxim.

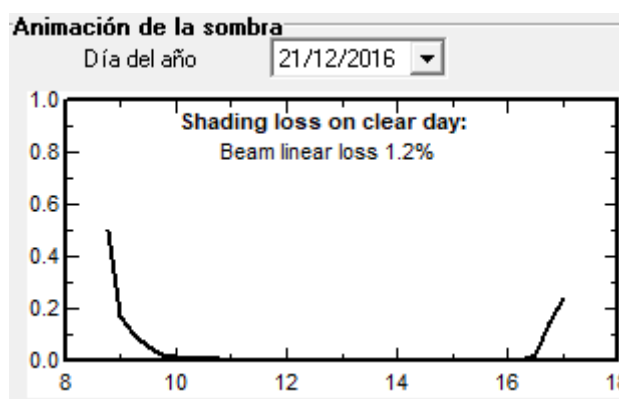


Figura 81. Corba projecció d'ombres sobre els panells.

Com podem observar al perfil d'ombres calculat, es pot comprovar com les ombres es projecten les primeres hores del matí i últimes de la tarda, quan el sol surt i es pon, evitant així les ombres en les hores centrals del dia que són les de més irradiació solar.

Per acabar, fem una simulació del millor mes de l'any, per comparar les ombres projectades, la primera simulació serà doncs el juny del 2016, a primera hora del matí.



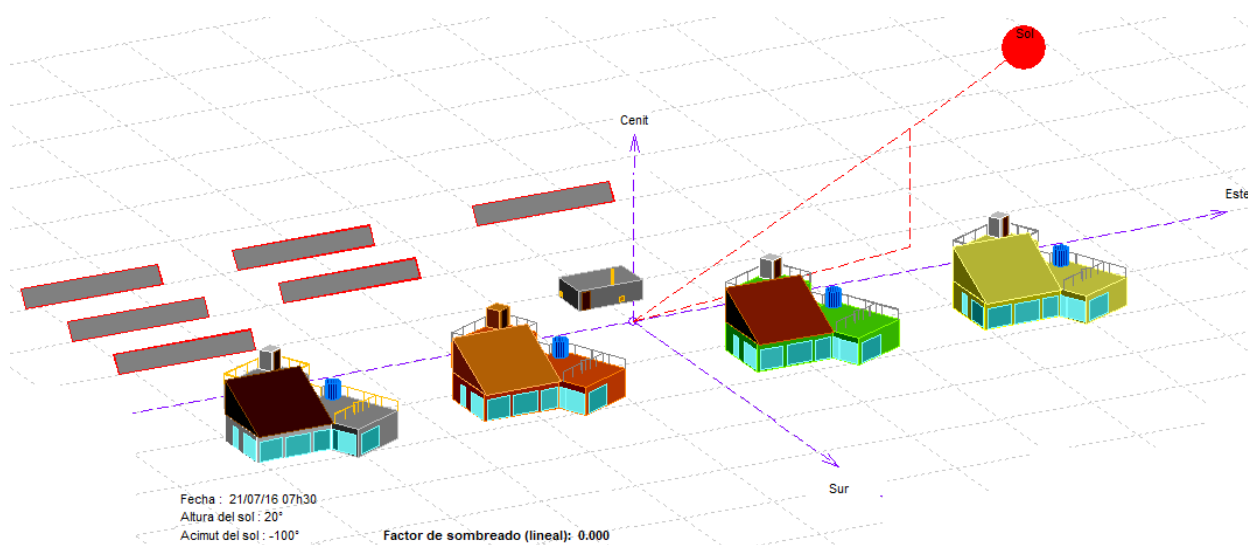


Figura 82. Simulació d'ombres el 21/07/2016 , 07:30 h.

En aquest cas, podem comprovar com la irradiació es completa a partir de les 07:30h del matí, essent 1:15 h més que al pitjor mes de l'any, i en aquest cas, sense cap tipus d'ombra.

Seguidament, realitzem la simulació de la última hora d'irradiació aprofitada pel sistema de captació.

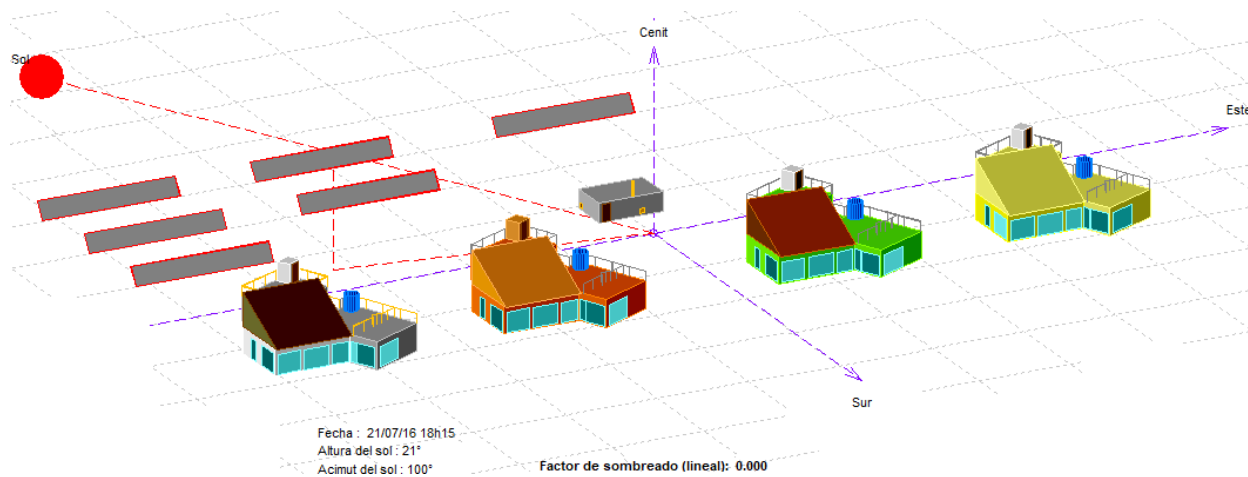


Figura 83. Simulació d'ombres el 21/07/2016 , 18:15 h.

Un fet a destacar, és que, al pic de l'estiu 21 Juliol, la trajectòria del sol i la inclinació optimitzada per l'hivern provoquen una pèrdua d'irradiació total a les primeres i últimes hores del dia, fet molt poc rellevant per la gran irradiació dels mesos d'estiu.

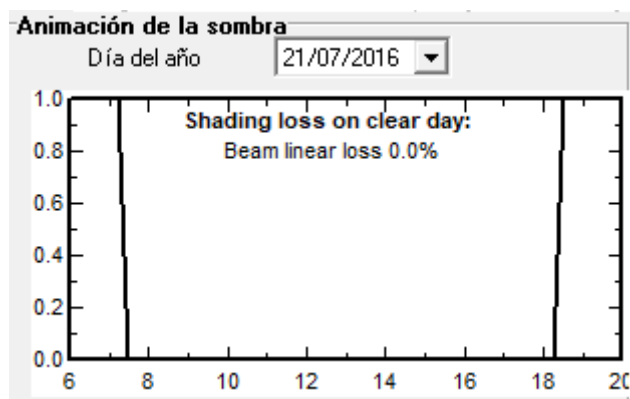


Figura 84. Corba projecció d'ombres sobre els panells.

Es pot observar amb les franges inicials i finals, la cobertura solar esmentada. Les pèrdues són gairebé nul·les, per la gran quantitat d'irradiació que es produeix al mes de Juliol, els programaris l'estimen en 0,0%.

#### 8.4.5 Inversor fotovoltaic

Un cop interconnectats els mòduls fotovoltaics, s'utilitzaran dos inversors fotovoltaics, que convertiran el CC generat pel generador fotovoltaic a CA pel consum directe de l'habitatge o per carregar els acumuladors.

En sobrepassar necessitats de potència de més de 5 – 10 kW, és necessari passar a sistema trifàsic per treballar amb més tensió i aconseguir reduir els valors d'intensitat. Per aquest motiu, utilitzarem dos equips Inversors fotovoltaics SMA Sunny Tripower 15.000TLUS.



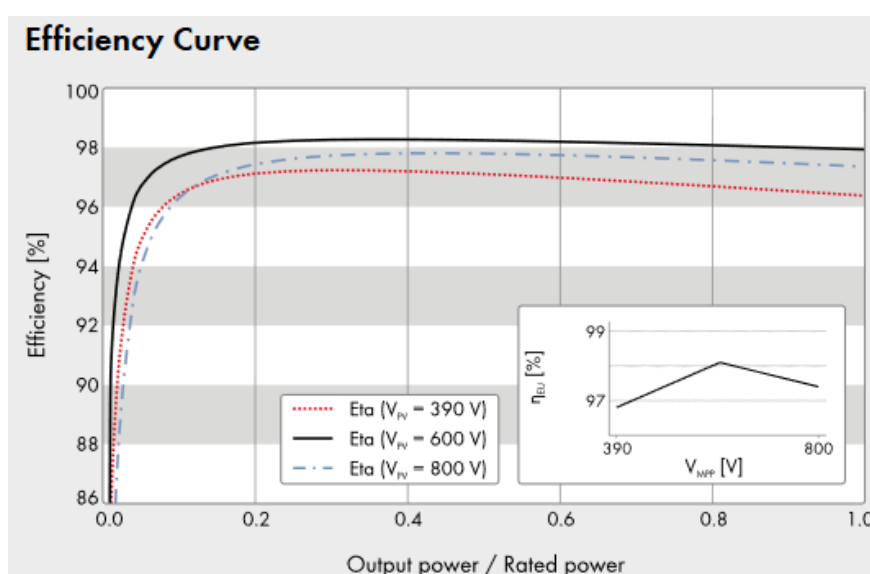
Figura 85. Inversor trifàsic utilitat. SMA Sunny Tripower 15.000TL, 2017.

Cada inversor treballarà de forma individual amb una part del generador, tenint en compte que cada inversor disposa de dues entrades A i B (vegeu característiques a la fitxa tècnica de la Taula 62). A l'entrada A s'hi connectaran dos strings en paral·lel de 15 en sèrie. A l'entrada B, es connectarà un string de 15 mòduls en sèrie. Per tant, cada inversor controlarà 45 mòduls (per un total de 90).

L'inversor 15.000TL, és un dels equips més flexible del mercat en relació al disseny de la instal·lació del generador fotovoltaic, ja que suporta un ampli rang de tensions gràcies a les dues entrades amb seguidor de punt de màxima potència.

Disposa del sistema de seguretat Optiprotect amb detecció de falles d'string automàtic, fusibles electrònics per cada string i descarregador de sobretensió de CC tipus II, permeten la màxima disponibilitat de l'equip. Suporta una tensió màxima de fins a 1.000 V (Tensió màxima d'entrada del generador fotovoltaic).

Ofereix un molt alt rendiment en funció de la tensió de treball del generador fotovoltaic, tal com es pot veure en les diferents corbes de treball proporcionades pel fabricant.



Gràfic 33. Corba d'eficiència i rendiment de l'inversor instal·lat. SMA Sunny Tripower 15.000TL, 2017.

Per la connexió utilitzada dels mòduls que conformen el generador, s'obté un rang de funcionament de  $U_{mpmín} - U_{mpmàx}$ , 391,75 V i 518,80 V. Ajustant a aquests valors, podem veure que en aquesta franja s'obtenen els rendiments de fins al 98 % de rendiment europeu.

Per l'elecció de l'inversor s'ha de realitzar la comprovació de paràmetres, de potència ( $P_{\text{màx}}$ ) tensió de circuit obert ( $U_{\text{oc}}$ ), tensió mppt màxima ( $U_{\text{mppt màx}}$ ), tensió mppt mínima ( $U_{\text{mppt mín}}$ ), intensitat de curtcircuit ( $I_{\text{sc}}$ ) compleixen amb els requisits necessaris a temperatures mínimes de -3,3 i màximes de 60 °C.

Technical Data	Sunny Tripower 15000TL
<b>Input (DC)</b>	
Max. DC power (at $\cos \varphi = 1$ ) / DC rated power	15330 W / 15330 W
Max. input voltage	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	240 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3
<b>Output (AC)</b>	
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	15000 W
Max. AC apparent power	15000 VA
AC nominal voltage	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
AC voltage range	180 V to 280 V
AC grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V
Max. output current / Rated output current	29 A / 21.7 A
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	1 / 0 overexcited to 0 underexcited
THD	$\leq 3\%$
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency / European Efficiency	98.4% / 98.0%

Taula 61. Característiques tècniques de l'inversor. SMA Sunny Tripower 15.000TL, 2017.

Es confecciona seguidament una taula comparativa per establir amb seguretat els valors de treball.

Paràmetres del generador	Relació	Paràmetres inversor	Compleix
$U_{\text{goc}} = 625,60 \text{ V}$	<	$U_{\text{max}} = 1.000 \text{ V}$	Si
$U_{\text{gmppt màx}} = 518,80^* \text{ V}$	<	$U_{\text{mpp màx}} = 800 \text{ V}$	Si
$U_{\text{gmppt mín}} = 391,75^{**} \text{ V}$	>	$U_{\text{mpp mín}} = 240 \text{ V}$	Si
$I_{\text{gsc A}} = 17,20^{***} \text{ A}$	<	$I_{\text{màx A}} = 33 \text{ A}$	Si
$I_{\text{gsc B}} = 8,60^{***} \text{ A}$	<	$I_{\text{màx B}} = 33 \text{ A}$	Si
$I_{\text{mppt màx A}} = 16,79^{**} \text{ A}$	<	$I_{\text{entrada A}} = 30 \text{ A}$	Si
$I_{\text{mppt màx B}} = 8,39^{**} \text{ A}$	<	$I_{\text{entrada B}} = 30 \text{ A}$	Si
$P_{\text{màx}} = 11.475$	>	$P_{\text{màx CC}} = 15.330 \text{ W}$	Si
*Amb correcció per temperatura mínima (-3,3°C)			
**Amb correcció per temperatura màxima (60 °C)			
***Amb correcció per sobreintensitat (x1,25)			

Taula 62. Comparativa de paràmetres Generador – Inversor Tripower.

Els dos inversors trifàsics es connectaran en paral·lel a un embarrat 3F+N de coure de 15x5 mm (240 A) , subministrant corrent de forma simultània per a les fases R, S i T, amb una tensió de 400 V en CA entre fases i 230 V entre fase i neutre.

#### 8.4.6 Vigilant d'aïllament

El generador fotovoltaic treballa aïllat del terra en funcionament flotant, sistema de terres IT. Davant d'una fallada, no es presenta corrent a terra. Però un cop s'ha donat el primer, existeix el perill d'una segona fallada on s'hi poden presentar tensions perilloses a les masses. Típicament quan se superen tensions de més de 24 V, ha d'existir un sistema de monitoratge de l'aïllament tant del positiu com del negatiu de la instal·lació. Davant d'un primer defecte, es donarà senyal d'alarma per actuar ràpidament i evitar la segona falla.

Quan es produeix una falla d'aïllament es tanca el circuit de mesura i circula pel vigilant una intensitat proporcional al defecte, que permet calcular-lo i comparar-lo amb el límit de resistència mínim establert.

En aquest cas, l'inversor FV Sunny Tripower 15.000 TL disposa d'una funció interna per aquesta funció, estalviant la adquisició d'un equip per separat.

Dispositivos de protección	
Punto de desconexión en el lado de entrada	●
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●
Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II	○
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●
Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II

Taula 63. Dispositius de protecció interns. SMA Sunny Tripower 15.000TL, 2017.

Permet la regulació de la resistència del terra acceptable, indicació de falla a positiu o negatiu i indicador lluminós de falla activa, ofereix el monitoratge de 240 a 1.000 V en CC.

#### 8.4.7 Bateries

Un cop realitzats els dos estudis de les instal·lacions amb bateries de Gel i de liti, s'opta per l'opció del liti per entre d'altres aspectes com l'econòmic, la vida útil i la potència necessària, ja que per potències tan elevades com la del cas actual, les possibilitats d'utilitzar altres tipus d'acumuladors disminueixen altament.

Per aquests fets, s'utilitzarà el mateix equip d'acumulació que l'estudi anterior (Instal·lació fotovoltaica per un habitatge aïllat amb bateries de liti), les bateries AXITEC AXIstorage LI-7S.

Com s'ha esmentat, disposen d'una composició d'Òxid de cobalt manganès níquel liti (NMC), dissenyades específicament per instal·lacions fotovoltaïques aïllades molt exigents o centrals fotovoltaïques. Ofereixen una llarga vida útil, de fins a 20 anys en cicles de descàrrega del 80 %, superant els 20 anys de funcionament en els casos on no es realitza un cicle al dia, gràcies al fet que incorpora ventilació activa autoregulada, de forma que estabilitza la temperatura per tal de treballar amb el rendiment més alt i constant possible en tot moment. Disposa d'una garantia de substitució de l'acumulador de 10 anys.

L'aspecte d'aquest acumulador i els equips que incorpora, es poden comprovar a l'apartat 8.3.8 Bateries i la figura 58 del mateix apartat.

Un cop comentades les característiques principals de les AXIstorage Li7s, passem a realitzar l'anàlisi tècnic dels acumuladors.

Dels càlculs realitzats per establir la capacitat necessària del conjunt d'acumuladors. Tot i que en les bateries d'ió de liti es pot utilitzar el 100 % de l'energia emmagatzemada, es recomana no utilitzar un valor superior al 80% DOD. Per al càlcul de l'energia necessària a emmagatzemar, partint de l'energia diària d'41,8 kWh dia, s'ha tingut en compte que no tots els equips funcionen cada dia i que tan sols pel fet de no utilitzar el mateix dia la rentadora i el rentaplats es produeix un estalvi de fins a 7.600 kWh dia. Amb aquesta premissa, s'ha dividit pels dies de la setmana i s'ha aplicat una correcció d'un 10 % per a variacions, obtenint una potència d'emmagatzematge diària de 30.400 kWh dia, que per les pèrdues i rendiments dels equips que es tenen en compte finalment són 40.391 kWh.

Obtenim doncs una capacitat necessària de 2.328,86 Ah, tenint en compte els sobredimensionament per temperatures, en un règim de descàrrega de C6,41 en el pitjor cas, que es donaria si, per exemple a la nit, o en un moment amb una irradiació solar nul·la i que per tant, el generador fotovoltaic no estigui entregant energia (0 W), s'utilitzessin de forma simultània tots els equips de la instal·lació del conjunt d'habitatges.

En aquest cas, el règim de descàrrega amb el que s'estableix la capacitat del sistema d'acumuladors és de C15,39 (150A), mentre que, la de la instal·lació serà com a màxim de C6,88

per aquest motiu i com s'explica a l'apartat 3.3 Acumuladors, en descarregar de forma més lenta la capacitat augmenta. Per aquest fet i també per l'aspecte econòmic, s'escolliran 19 equips que oferiran un total de 2.308,5 Ah, estalviant una bateria addicional, gràcies a la comparació de règims de descàrrega i l'ajust de l'energia d'emmagatzematge diari.

Les característiques tècniques d'un acumulador són:

Electrical Data	
	SMA
Energy Storage Capacity	6,8 kWh
Nominal Voltage	55,5 V
Nominal Capacity	121,5 Ah
Charging Power	up to 5 kW (90 A) + 150 A Peak (for 1 sec.)
Discharging Power	up to 8,3 kW (150 A) + 330 A Peak (for 1 sec.)
DoD	ca. 80%
Life Time	up to 20 years (25°C, max. 6.600 cycles)
Complete Cycles	6.600 (temperature 25°C)
Efficiency	up to 97% (at 25°C)
Cooling	active fan
Range of Temperature	0 - 45°C
Max. Air Humidity (not condensing)	85%
BMS (Battery Management System)	integrated

Taula 64. Característiques tècniques acumuladors. Axitec Axistorage Li-7s.

Els paràmetres exposats són els més rellevants pel càlcul de la instal·lació, l'acumulador ofereix una capacitat d'emmagatzematge d'energia de 6,8 kWh nominals, treballa a una tensió poc usual de 55,5 V, fet que no representa un problema de cares a l'inversor de bateries, ja que entra dins el rang de tensions de treball.

La capacitat nominal que ofereix és de 121,5 Ah, permet la càrrega a 90 A (assolint pics de fins a 150 A), i intensitats de descàrrega de 150 A (assolint pics de fins a 330 A).

Un cop esmentats els trets d'energia i capacitat, cal tenir en compte que utilitzarem únicament un 80 % de l'energia disponible per tal d'allargar la vida útil de l'acumulador. Obtenim una energia útil de 5,44 kWh (Eq. 11) i una capacitat útil de 97,2 Ah (Eq. 12) per acumulador.

Amb aquests paràmetres, s'assegura una vida òptima de fins a 6.600 cicles, que comptant a cicle per dia són més 18 anys, i davant de cicles de més de 24 hores, supera els 20 anys.

La resta de paràmetres indiquen, que disposa de ventilació activa monitorada a partir d'un sensor de temperatura, rangs de temperatura i humitat de treball, i el BMS (Battery Management System) o sistema de gestió de bateries que monitoritza en temps real l'estat de càrrega, tensió, corrent i temperatura del sistema de bateries evitant que es puguin produir problemes greus i dotant d'una alta seguretat el global del sistema.

Així doncs, es disposaran un total de 19 bateries Axitec AXIstorage Li7s, que es connectaran en 2 grups de 10 i 9 bateries per a cada grup, amb 3 inversors (màster i 2 esclaus) cadascun, configurades en 6 columnes de 2 acumuladors, 2 columnes de 3 acumuladors i 1 acumulador sol. Els propis inversors gestionen l'energia per tal de mantenir el mateix nivell de càrrega a cada acumulador.

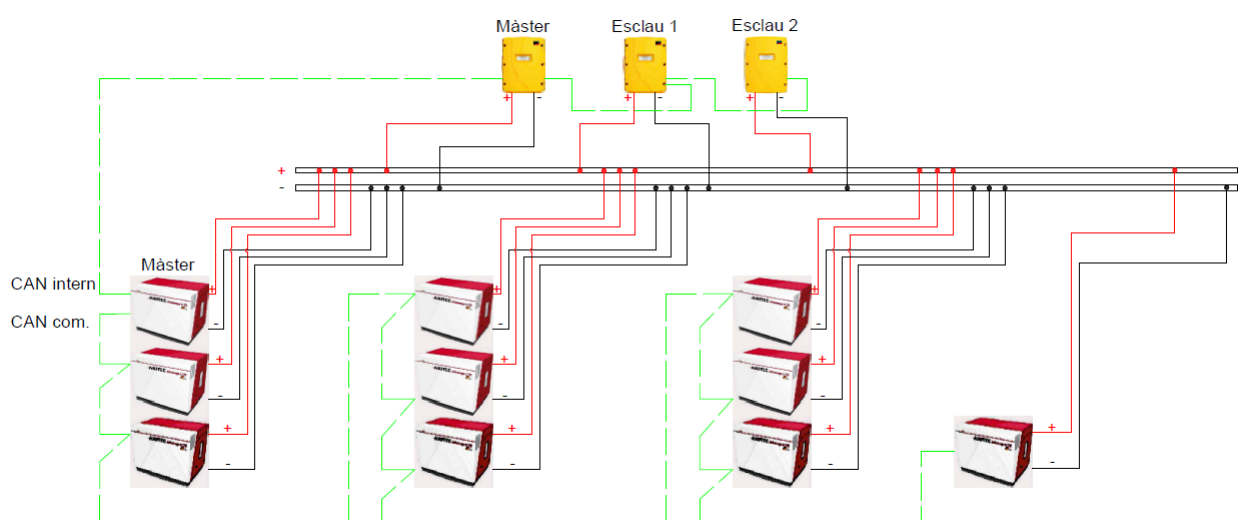


Figura 86. Esquema bàsic connexionat primer grup inversors de bateries i acumuladors.

En l'esquema anterior, veiem el connexionat del primer grup d'acumuladors amb els 3 Sunny Island 8.0H i 10 acumuladors, que es disposen en un embarrat de coure comú de 15x5 mm (240A), per la part de CC, que es repetirà per l'altre grup de 9 acumuladors restants.

Finalment, podem comprovar les característiques obtingudes amb el conjunt de les 19 bateries.

AXIstorage amb SMA	10xLi 7s
Capacitat Nominal (kWh)	68,00
Potència de càrrega CC (kW) (90Ax55,5 V = 4,99 kW)	50,00
Potència de descàrrega CC (150Ax55,5V=8,325 kW)	83,25
Profunditat de descàrrega (%)	80,00
Capacitat útil (kWh)	54,00

Taula 65. Característiques tècniques del grup 1 d'acumuladors.



<b>AXIstorage amb SMA</b>	<b>10xLi 7s</b>
Cicles útils per acumulador DOD	6.600,00
*Temps de Càrrega amb Inom de sortida (h) ( $105\text{Ah}/90\text{A}=1,167\text{h}$ )	11,67
*Temps de descàrrega amb Inom de sortida (h) ( $105\text{Ah}/150\text{A}=0,7\text{h}$ )	7,00
<b>Sistema de bateries</b>	
Capacitat nominal (Ah)	1.215,00
Càrrega/Descàrrega Corrent màx per Acumulador (A)	90/150
Tensió nominal CC (V)	55,50

Taula 66. Característiques tècniques del grup 1 d'acumuladors.

\*Tenint en compte el 80% de la capacitat de l'acumulador.

<b>AXIstorage amb SMA</b>	<b>9xLi 7s</b>
Capacitat Nominal (kWh)	61,20
Potència de càrrega CC (kW) ( $90\text{A}\times 55,5\text{ V} = 4,99\text{ kW}$ )	45,00
Potència de descàrrega CC ( $150\text{A}\times 55,5\text{V}=8,325\text{ kW}$ )	74,93
Profunditat de descàrrega (%)	80,00
Capacitat útil (kWh)	48,60
Cicles útils per acumulador DOD	6.600,00
*Temps de Càrrega amb Inom de sortida (h) ( $105\text{Ah}/90\text{A}=1,167\text{h}$ )	10,50
*Temps de descàrrega amb Inom de sortida (h) ( $105\text{Ah}/150\text{A}=0,7\text{h}$ )	6,30
<b>Sistema de bateries</b>	
Capacitat nominal (Ah)	1.093,50
Càrrega/Descàrrega Corrent màx per Acumulador (A)	90/150
Tensió nominal CC (V)	55,50

Taula 67. Característiques tècniques del grup 2 d'acumuladors.

\*Tenint en compte el 80% de la capacitat de l'acumulador.

#### 8.4.8 Inversor de bateries

Com s'ha vist a la instal·lació per a l'habitatge amb bateries de liti, un cop calculades les necessitats d'energia a emmagatzemar per part dels acumuladors, podem procedir a l'elecció de l'inversor de bateries.

Es substitueix la funció del regulador per un inversor de bateries, el qual rep corrent altern provinent de l'inversor fotovoltaic i el converteix a corrent continu per a les bateries.

El fet d'utilitzar un sistema trifàsic, ens obliga a utilitzar tres equips amb les mateixes característiques tècniques (un per cada fase del sistema), però a més, pel fet de treballar amb

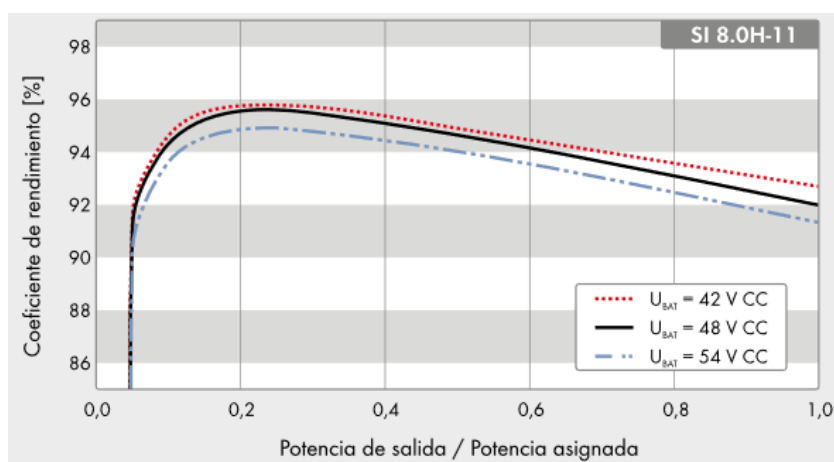
una energia emmagatzemada tan important (129,2 kWh), farà que sigui necessària la instal·lació de 6 equips en total (dos per cada fase R, S i T).

Per tant, tal com s'ha exposat s'utilitzaran 6 inversors de bateries SMA Sunny Island 8.0H, aquests inversors ofereixen una alta classe de protecció, ampli rang de temperatura i gran capacitat de sobrecàrrega. Gràcies a la gestió intel·ligent de la càrrega i de l'energia assegura el funcionament correcte en situacions crítiques com per exemple la pèrdua sobtada de subministrament, en la qual en menys de 5 segons pot subministrar energia a tots els equips de forma altament eficient.



Figura 87. Inversor de bateries. SMA Sunny Island 8.0 H, 2017.

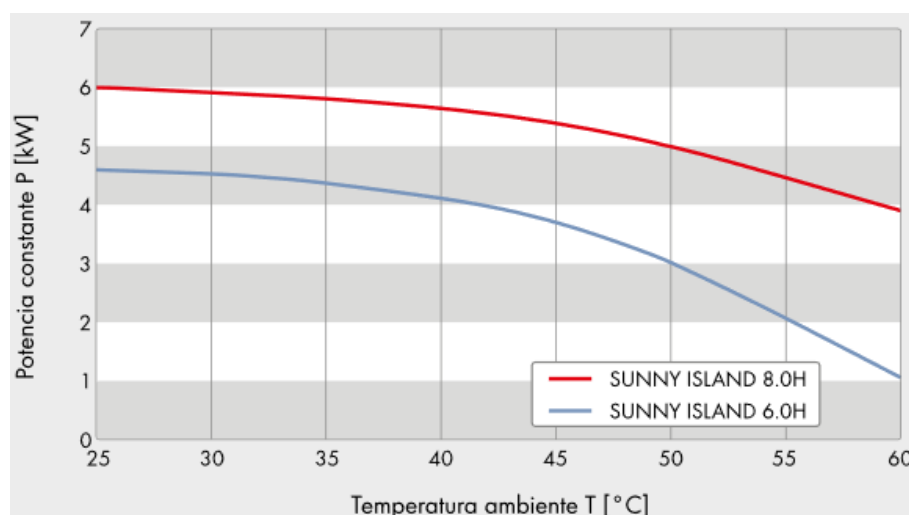
És un equip molt destacable per l'alt rendiment que ofereix, i pel fet que s'adapta a la perfecció amb les bateries que s'hi acoblaran. Tal com podem observar al gràfic següent, on es poden visualitzar els rendiments per a diferents tensions de conversió de CC.



Gràfic 34. Corba de rendiment Inversor. SMA Sunny Island 8.0 H, 2017.

En aquest cas, es treballarà com hem dit a una tensió del sistema de bateries de 55,5 V, tot i que la tensió òptima és de 48 V, el fet de treballar a més tensió contribueix en reduir seccions de cablejat que, en aquest tram presenta seccions importants. S'assoleix doncs un rendiment del 95 %.

Cal destacar també la gran capacitat de la que disposa per treballar a temperatures elevades, presentant una de les pèrdues per temperatura més baixes del mercat.



Gràfic 35. Corba característica potència / temperatura. SMA Sunny Island, 2017

Essent la temperatura òptima sobre els 25 °C, tot i que pot treballar entre 25 i 45 °C amb unes pèrdues d'aproximadament 600 W.

Les característiques tècniques que defineixen l'inversor de bateries Sunny Boy es mostren seguidament.

Datos técnicos	Sunny Island 8.0H
<b>Funcionamiento en la red pública o generador fotovoltaico</b>	
Tensión asignada de red/Rango de tensión de CA	230 V/172,5 V a 264,5 V
Frecuencia asignada de red/Rango de frecuencia admisible	50 Hz/40 Hz a 70 Hz
Corriente alterna máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)	26 A
Potencia de CA máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)	6 kVA
Corriente máxima de entrada de CA	50 A
Potencia máxima de entrada CA	11500 W
<b>Funcionamiento en red aislada o como sistema de respaldo</b>	
Tensión asignada de red/rango de tensión CA	230 V/202 V a 253 V
Frecuencia nominal/rango de frecuencia (ajustable)	50 Hz/45 Hz a 65 Hz
Potencia asignada (a Unom, fnom/25 °C/cos φ = 1)	6000 W
Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s	8000 W/9100 W/11000 W
Potencia de CA a 45 °C	5430 W
Corriente asignada/Corriente de salida máxima (pico)	26 A/120 A
Coefficiente de distorsión de la tensión de salida/Factor de potencia con potencia asignada	< 4 %/-1 a +1

Taula 68. Característiques tècniques Inversor . SMA Sunny Island 8.0H, 2017.

<b>Batería de entrada de CC</b>	
Tensión asignada de entrada/rango de tensión CC	48 V/41 V a 63 V
Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/descarga asignada de CC	140 A/115 A/130 A
Tipo de batería/capacidad de la batería (rango)	Li-Ion*, FLA, VRLA / 100 Ah a 10000 Ah (plomo) 50 Ah a 10000 Ah (Li-Ion)
Regulación de carga	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de co
<b>Rendimiento/autoconsumo del equipo</b>	
Rendimiento máximo	95,8%
Autoconsumo sin carga/en espera	25,8 W/6,5 W

Taula 69. Característiques tècniques Inversor. SMA Sunny Island 8.0H, 2017..

Analitzarem els paràmetres que ofereix l'equip de forma detallada. La tensió d'entrada ( $I_{inv\ bat}$ ) provinent de l'inversor del generador arribarà a 230 V i 50 Hz. Accepta un corrent d'entrada CA de 26 A, corrent acceptable ja que com a màxim arribarà un corrent de 16,56 A, gràcies a que treballen 2 equips en paral·lel per cada fase i pot oferir pics de sortida de fins a 120 A.

$$\frac{P}{V} = I_{inv\ bat} \quad (\text{Eq. 27})$$

Per les intensitats de càrrega i descàrrega del costat de bateries cada equip ofereix, una intensitat assignada de 115 A (fins a 140 A) i una intensitat de descàrrega de 130 A.

$$\frac{C_{xx}}{t_d} = I_{descàrrega} \quad (\text{Eq. 28})$$

On  $C_{xx}$  és la capacitat de descàrrega i  $t_d$  el temps de descàrrega, obtenim una intensitat total de descàrrega de 317,64 A. Aquest últim valor, s'ha de tenir en compte que és la intensitat que ofereixen el conjunt d'acumuladors, que serà dividida entre els 6 equips inversors instal·lats, oferint un pas d'intensitat de 52,99 A per inversor en el pitjor dels casos, ja que treballen de forma equilibrada.

Compleix doncs amb els dos paràmetres necessaris tant de càrrega com de descàrrega, complint amb un marge de seguretat suficient.

Accepta una potència de fins a 6 kW d'entrada, per tant, es reserva un gran marge per increments de potència ja que assoleix pics de fins a 11 kW per petits intervals de fins a 3 segons o 9,1 kW per 5 minuts.

Per tal d'establir els equips necessaris de Sunny Island 8.0H que ofereix fins 6 kW, s'ha d'haver calculat prèviament la capacitat de les bateries, per establir la potència a instal·lar. Tenint en compte que cada inversor suporta fins a 4 acumuladors.

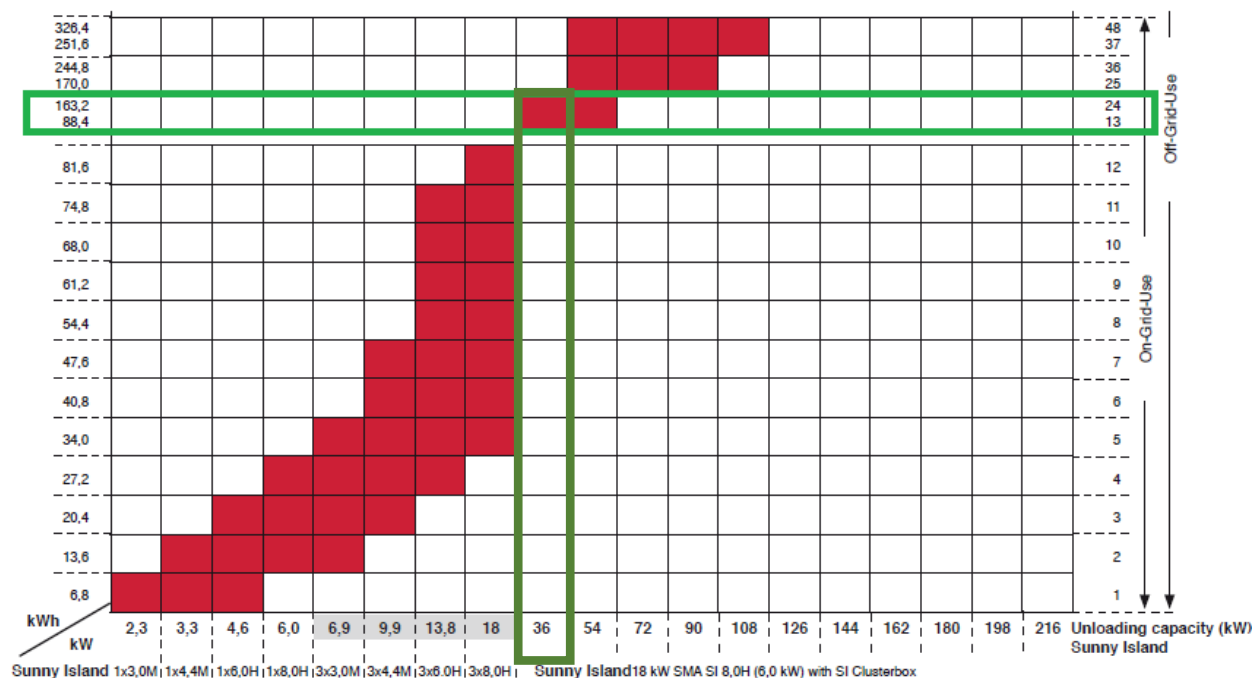


Figura 88. Elecció del sistema d'inversors adequat. Axitec AXIstorage Li-7s, 2017.

Les 19 bateries utilitzades, ofereixen una energia total de 129,2 kWh, la configuració que recomana el fabricant per una potència tan elevada passa per utilitzar un sistema trifàsic (franja Verda).

Per tant, utilitzarem la primera configuració, 6 sunny Island 8.0H, que ofereixen una potència de fins a 36 kW.

Seguint amb l'anàlisi dels paràmetres, provoca una distorsió de la tensió de sortida de menys del 4%. En referència al costat de bateries, ofereix un rang de tensions d'entre 41 V i 63 V, essent l'òptim 48 V, tot i que es treballarà a 55,5 V per imposició del sistema d'acumuladors. Els temps de càrrega es trobaran entre 16,49 hores i 20,07 hores.

$$\frac{C_{xx}}{t_d} = I_{\text{càrrega}} \quad (\text{Eq. 29})$$

Permet connectar diferents tipus de bateries, Li-ion, FLA, VRLA, en aquest cas com s'ha explicat s'utilitzarà la configuració de liti.

#### 8.4.9 Grup electrogen

Finalment, pel grup de vivendes, en aquest cas, és necessari dotar la instal·lació d'una major seguretat d'autonomia i per aquest fet, es calcula la suma de potències instal·lades, prevista per 5 kW per habitatge (20 kW en total). També s'ha de tenir en compte, que la potència instal·lada d'inversors de bateries amb un total de 6 inversors de 6 kW cada unitat s'assoleix una potència de 36 kW. En total obtindríem una suma de 56 kW. Per tant, es considera suficient el següent grup electrogen.

#### Technical Specification

Model		DG45KE/KSE
Prime Power	KVA	40
	KW	32
Standby Power	KVA	44
	KW	35.2
Power Factor		0.8
Frequency	Hz	50
Rate Voltage	V	400/230
Rate Current	A	57.7
Controller		IL-NT MRS10
Control Voltage	V	12
Battery Capacity	AH	55
Coolant Capacity	L	10.2
Fuel Tank Capacity	L (Base frame)	93
Fuel Consumption	L/Hour	10.8
Running Time	Hour	9
Sound @7 meter	Db	68
Open Type Product size	L×W×H	1810×950×1020
Open Type Weight net	kg	770
Canopy type product size	L×W×H	2200×950×1250
Canopy Type Weight net	kg	1045
loading capacity	units/container	

Taula 70. Característiques tècniques del grup electrogen. ITC Power, grupo electrogeno insonorizado.

Per l'elecció d'aquest grup electrogen s'ha tingut en compte tant la potència instal·lada com la potència dels inversors, es preveu que no totes les vivendes utilitzaran el 100 % de la potència instal·lada i que les bateries no es trobaran buides al 100%. En el cas de donar-se un d'aquests fets, es podria subministrar tota la potència per les vivendes (20 kW), i la resta per a la càrrega d'acumuladors (12 kW) en el pitjor dels casos, oferint una càrrega lenta però constant durant el temps d'utilització del generador de forma contínua al voltant de les 9 hores gràcies al dipòsit de 93 litres i un consum de 10,8 litres/hora.

Les emissions sonores s'estableixen al voltant del 68 dB a una distància de 7 metres del punt de mesura.



Figura 89. Grup electrogen ITC power.

El grup electrogen disposa d'un selector d'arrencada automàtica (recepció d'ordre ON per part de l'inversor de bateries) mitjançant un relé a 12 V, o arrencada manual, que s'haurà d'efectuar des del punt d'instal·lació del grup.

El panell de control disposa de 3 proteccions per al tall del circuit monofàsic i trifàsic, una per cada sortida AC i dues proteccions contra sobretensions pel circuit trifàsic, disposa de preses directes monofàsiques i trifàsiques.

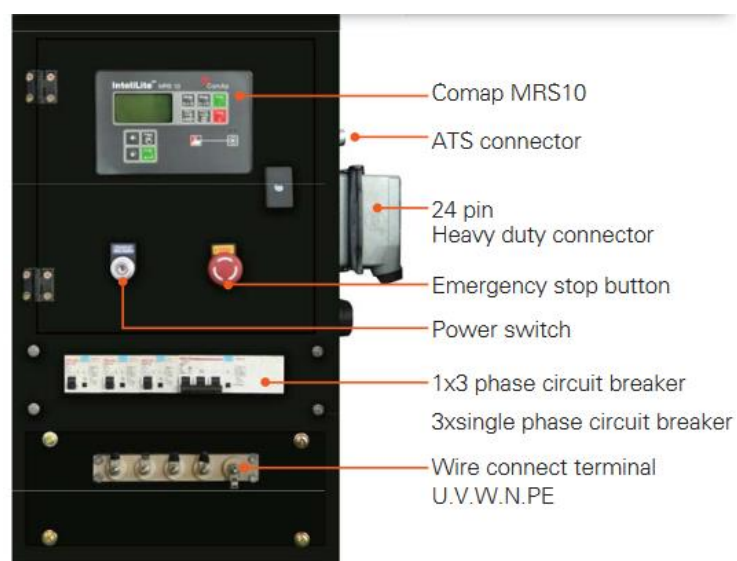


Figura 90. Panell de control i proteccions del grup electrogen. ITC power.

Permet la configuració en mode manual o automàtic mitjançant la pantalla de control del Generador, a més de visualitzar les condicions de funcionament. El senyal de connexió la subministrarà l'inversor carregador mitjançant un relé d'activació.



Figura 91. Panell de configuració dels sistemes de protecció i avis. ITC Power, IntelliLite MRS10.

El grup electrogen s'ancorarà a terra utilitzant els silent blocs subministrats amb el propi grup electrogen, que són blocs de material elàstic de tipus polimèric que minimitzen els sorolls i les vibracions.

Es recomana realitzar una revisió anual, per part del servei tècnic de la casa ITC Power, per la substitució d'olis i filtres, així com l'engegada cada 2 mesos davant períodes d'inactivitat del propi grup electrogen. Mitjançant el comptador d'hores del que disposa es pot comprovar si s'assoleixen els següents intervals, per tal d'avisar al servei tècnic qualificat sempre que sigui necessari.

CAUTION!	
	Do not carry out maintenance operations when the electric power supply is turned on: always check to ensure that the appliances are properly earthed. During diagnosis and maintenance operations, make sure that your hands and feet are dry, and whenever possible use insulating stands.

FREQUENCY	
Controls (when in use)	Frequency
Check oil level in engine	150
Check coolant level	150
Clean heat exchangers	150
Clean air filter	150
Drain water from the fuel pre-filter	150 hours <sup>(1)</sup>
Check/top up electrolyte level in batteries and clean terminals	Half-yearly

	Planned maintenance	Frequency
	Check state of oil vapour filter (indicator may be present)	300 hours <sup>(2)</sup>
	Change oil	900 hours <sup>(3) (4)</sup>
	Change oil filter/s	900 hours <sup>(3) (4) (5)</sup>
	Change fuel filter	900 hours <sup>(3) (1) (5)</sup>
	Change fuel pre-filter	900 hours <sup>(3) (1)</sup>
	Check exhaust pipe/s for damage	Half-yearly
	Drain/suck water and condensation from fuel tank	Half-yearly <sup>(1)</sup>
	Check / change alternator belt	1200 hours or 2 years
	Change air filter	2 years <sup>(6)</sup>
	Change coolant	1200 hours or 2 years
	Change oil vapour filter	2 years <sup>(4)</sup>

Figura 92. Accions de manteniment segons hores de funcionament. ITC Power, grupo electrogeno insonorizado.



### 8.4.10 Cablejat

La sortida de CA, es derivarà cap a cada una de les vivendes fins la CPM on s'ubicaran les proteccions de la instal·lació interior.

En funció del tram que recorren entre elements, la intensitat o potència amb la que treballarà (el cas més restrictiu) , la intensitat de curtcircuit i limitant la caiguda de tensió a 1,5% per la instal·lació solar fotovoltaica, s'establiran les seccions pertinents en funció de la intensitat màxima o de la caiguda de tensió, en cada cas el més restrictiu.

Tractarem un total de 6 trams de cablejat, establint el tipus de cablejat utilitzat i les condicions d'instal·lació per tal d'aplicar factors de correcció si és necessari, que són, per temperatures diferents de 40 °C, per agrupació de circuits, tipus d'instal·lació i material de l'aïllament.

Com podem veure en la figura que es disposa seguidament, se seguiran diferents circuits, circuit amb radiació solar i consum d'energia (trams 1, 2 i 3), circuit amb radiació solar sense consum (trams 1, 2, 3, 5, 4), demanda sense radiació (trams 4 i 5) i en cas de falta d'energia emmagatzemada (6, 4 i 5).

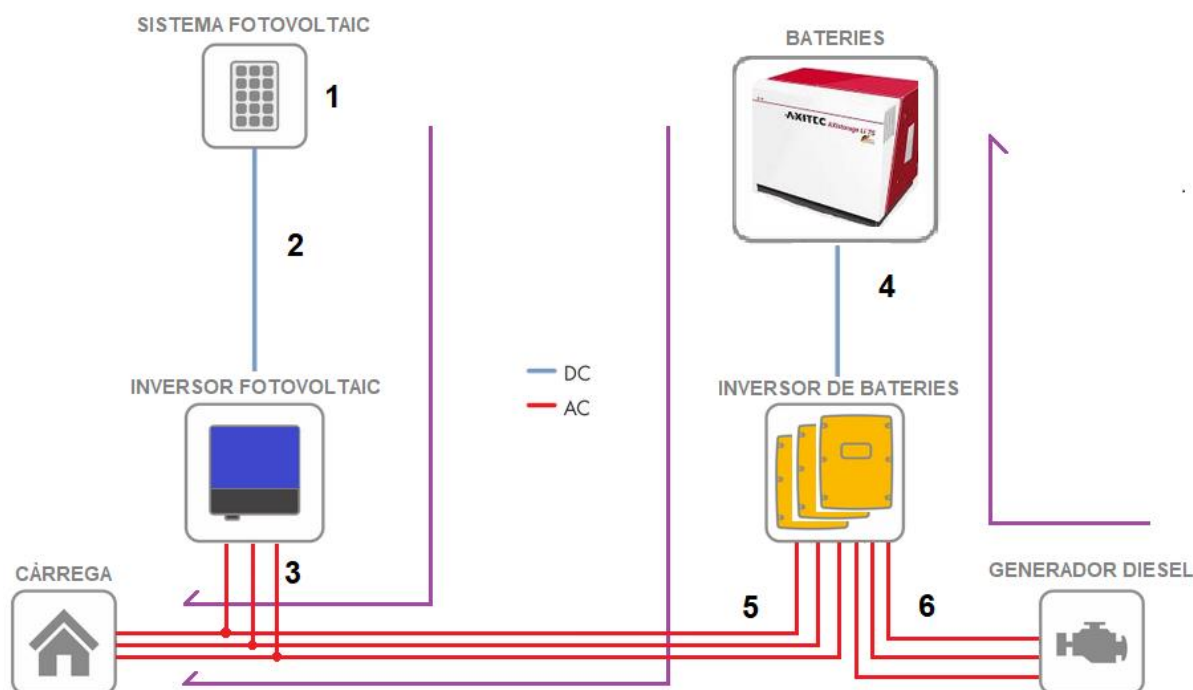


Figura 93. Esquema de circuits per a sistema trifàsic.

Tram 1, Connexionat dels mòduls. Aquest tram, presenta exposició als rajos ultraviolats, instal·lació a l'aire lliure i temperatures superiors a 40 °C, previsió 50 °C. És un Tram de corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, s'agruparan un total de 6 circuits, en un tram molt reduït, per a tots els trams s'utilitzarà cablejat Exzhellent-solar ZZ-F (AS) de General Cable.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
Tram 1	Isc mòdul	8,60	1,25	10,75	E	2 XLPE	0,90	0,89	13,42

Taula 71. Resum intensitat tram 1.

Tram 2, Connexionat del Generador a l'inversor fotovoltaic. El cablejat es disposarà a l'interior de tub, es preveuen temperatures superiors a 40 °C, previsió 50 °C en muntatge superficial. És un Tram de corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat Exzhellent-solar ZZ-F (AS) de General Cable, tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
Tram 2	Igsc	25,80	1,25	32,25	D	2 XLPE	1	1,14	28,29

Taula 72. Resum intensitat tram 2.

Tram 3, Connexionat de l'inversor a l'habitatge. El cablejat d'aquest tram es disposarà a l'interior de canaleta perforada en muntatge superficial. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV i trifàsic en CA.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
Tram 3	linv FV	43,30	1,25	54,13	D	3 XLPE	0,90	1,14	52,75

Taula 73. Resum intensitat tram 3.

Tram 4, Connexionat acumuladors amb inversor de bateries. El cablejat es disposarà a l'interior de canaleta perforada amb tapa practicable. Tram de Corrent continu. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termoestable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
Tram 4	Ibat inv	140,00	1,25	175	B1	2 XLPE	1,00	1,00	175

Taula 74. Resum intensitat tram 4.

Tram 5, Inversors amb habitatge. El cablejat es disposarà a l'interior canaleta perforada. Tram

de Corrent altern trifàsic. S'utilitzarà cablejat amb aïllament termostable per temperatura superior a 90°C, en aquest tram serà cablejat XLPE RZ1-K (AS), tensió 0,6/1 kV.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 5</b>	<b>linv CA</b>	86,95	1,25	108,69	B1	3 XLPE	0,90	1,00	120,76

Taula 75. Resum intensitat tram 5.

Tram Grup, Cablejat grup electrogen a l'inversor. El cablejat es disposarà a l'interior de tub, soterrat en sortida del grup i tub en superfície. Tram de Corrent altern trifàsic.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 6</b>	<b>I grup</b>	57,70	1,25	72,13	B1	3 XPLE	1,00	1,00	72,13

Taula 76. Resum intensitat tram 6.

Un cop establertes les intensitats pertinents, realitzem la comprovació de seccions corresponents per complir amb el requisit de caiguda de tensió per als diferents circuits pels que circularà el corrent. Assignem el major % de caiguda de tensió als trams amb la tensió més baixa (55,5 V), i els % més baixos pels trams de 400 V.

Primerament, el circuit que recorrerà els trams 1, 2 i 3, que s'utilitzarà amb radiació solar i consum de les càrregues de l'habitatge.

		Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )
<b>Tram 1</b>	Isc mòdul	40,00	0,25	19,51
<b>Tram 2</b>	Igsc	30,00	0,39	28,14
<b>Tram 3*</b>	linv FV	42,00	0,86	25,44
<b>Total</b>	-----	<b>112,00</b>	<b>1,50</b>	

Taula 77. Resum seccions per C.d.T, trams 1,2 i 3.

Seguidament comprovarem les caigudes de tensió circuit que recorrerà els trams 6, 4 i 5, corresponent a radiació solar nul·la i consum de les càrregues de l'habitatge i bateries descarregades, per tant, des del grup electrogen.

		Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )
<b>Tram 6</b>	I grup	12,00	0,55	15,14
<b>Tram 4</b>	Ibat inv	3,00	0,61	68,92
<b>Tram 5</b>	linv CA*	4,00	0,10	41,83
<b>Total</b>	-----	<b>19,00</b>	<b>1,26</b>	

Taula 78. Resum seccions per C.d.T, trams 4,5 i 6.

\*Els cablejats dels trams 3 i 5 s'ubicaran a un embarrat comú format per 4 platines de coure (R,S,T i N), i posteriorment en sortiran 4 línies cap a cada habitatge, amb una secció de 25 mm<sup>2</sup>.

Com podem observar, la caiguda de tensió acumulada no és superior al 1,5 %, per tant, complim amb la normativa (ITC BT 40).

Finalment, realitzem la comparació i comprovació de seccions calculades segons intensitat i caiguda de tensió, per establir la secció final.

		Secció per T <sup>a</sup> (mm <sup>2</sup> )	Secció Cdt (mm <sup>2</sup> )	Secció Comercial final (mm <sup>2</sup> )
<b>Tram 1</b>	Isc mòdul	1,50	24,36	25,00
<b>Tram 2</b>	IGsc	2,50	24,69	25,00
<b>Tram 3</b>	linv FV	10,00	24,79	25,00
<b>Tram 4</b>	Ibat inv	70,00	68,92	70,00
<b>Tram 5</b>	linv CA	50,00	46,48	50,00
<b>Tram 6</b>	I grup	16,00	15,14	16,00

Taula 79. Resum seccions finals utilitzades.

#### 8.4.11 Protecció del cablejat

En funció del tram s'utilitzen diferents elements de protecció per als cables, bàsicament, s'utilitzen 2 tipus d'elements, que són la canaleta i el tub, instal·lació dels quals respon al càlcul de seccions realitzat.

Tram	Element utilitzat	Característiques
Generador - Inversors FV	Tub flexible	2 x Corrugat, 63mm Øext
Inversor Fv - Embarrat Instal·lació Interior	Tub flexible	PVC perforada 100x70 mm
Embarrat Instal·lació interior - Habitatges	Tub flexible	4 x Corrugat, 63mm Øext
Inversor Fv - Inversor Bat	Canaleta	PVC perforada 100x70 mm
Inversor Bat – Embarrat Instal·lació Interior	Canaleta	PVC perforada 150x70 mm
Inversor Bat - Grup Elec.	Canaleta	Metàl·lica 150x70 mm
Inversor Bat - Bateria	Canaleta	PVC perforada 150x70 mm

Taula 80. Característiques de protecció del cablejat.

La unió del tub flexible amb el tub rígid, introduint el tub flexible a l'interior del tub rígid en fora de U invertida, per evitar l'entrada d'aigua.

## 8.4.12 Proteccions

A part dels elements de protecció que incorporen els equips, s'han instal·lat diferents proteccions a la resta de la instal·lació. Bàsicament contra sobreintensitats i sobre tensions.

### 8.4.12.1 Sobreintensitats

Començant per les agrupacions de mòduls, es protegiran els mòduls contra corrents inverses que es puguin produir com a conseqüència d'un mal funcionament d'un dels mòduls. Es disposa de diferents opcions com són díodes de bloqueig, fusibles i interruptors magnetotèrmics. En aquest cas es col·locaran fusibles gPV (cilíndrics per aplicacions fotovoltaïques) amb seccionadors, ja que no existeix alta dificultat d'accés, són una opció més econòmica que els magnetotèrmics i dissipen menys potència que els díodes.

Els fusibles es calculen per actuar entre 1,5 i 2 vegades el corrent de curtcircuit d'un mòdul ( $I_{sc} = 8,48 \text{ A}$ ) i 1,2 cops la tensió del generador en condicions CEM ( $U_{Goc} = 625,60 \text{ V}$ ).

$$I_{sc} \cdot 2 = I_{\text{fusible}} \quad (\text{Eq. 30})$$

$$U_{Goc} \cdot 1,2 = V_{\text{fusible}} \quad (\text{Eq. 31})$$

Obtenim una  $I_{sc}$  de 16,92 A i una  $U_{Goc}$  de 750,72 V. A la sortida de cada conjunt de mòduls en sèrie, s'hi ha instal·lat seccionadors fusibles específics per aplicacions fotovoltaïques NH1, per CC, unipolars de 20 A i fins a una tensió de 1.000 V CC, amb un poder de tall de 30 kA, pel positiu de cada branca en paral·lel (6 seccionadors amb fusible en total). El motiu pel qual es disposaran fusibles amb base seccionador, per tal de disposar de la capacitat de desconnectar una o varies branques per manteniment o avaries.

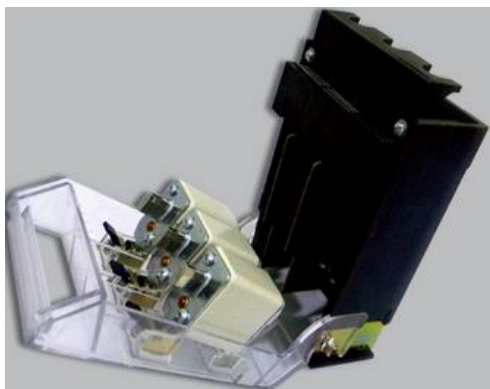


Figura 94. Seccionador fusible NH1, df electronics, 2017.

En aquest cas, gràcies al fet que els inversors disposen de dues entrades, es pot prescindir de la protecció addicional pel grup de mòduls, ja que els fusibles seccionadors ens permeten el seccionament de cada branca per separat.

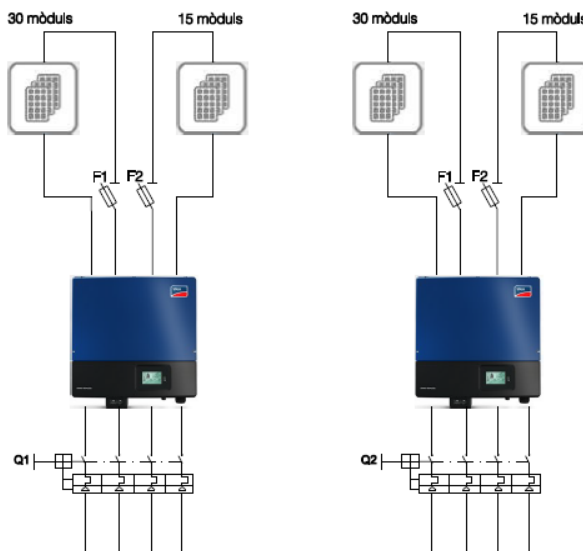


Figura 95. Esquema bàsic connexionat inversors.

La sortida dels inversors fotovoltaics es protegeix amb un element que permet el seccionament per tal d'operar amb seguretat en cas d'avaria. Per aquest motiu, s'utilitzaran dos interruptors magnetotèrmics tetrapolars per CA, 230 V. Seran de corba dispar C,  $I_n = 40$  A, poder de tall 15 kA, partint de la potència nominal de cada inversor obtenim  $I_n$  de 22,13 A i sobredimensionant per 1,5 obtenim 33,19 A.

$$\frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = I_n \quad (\text{Eq. 32})$$

$$I_n \cdot 1,5 = I_{\text{fusible}} \quad (\text{Eq. 33})$$

La unió entre l'inversor de bateries i el sistema d'acumulació, s'haurà de protegir degudament de forma individual, l'element més indicat per aquesta finalitat són els fusibles gG, amb base seccionador.

Es dimensionarà a raó d'1,5 el corrent de càrrega màxim (140 A) de cada inversor de bateries.

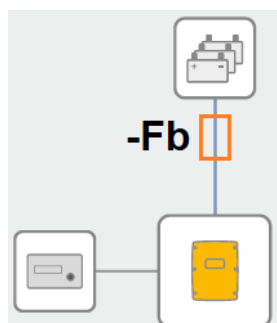


Figura 96. Esquema bàsic situació fusible de bateries.

Com s'ha comentat, per una intensitat màxima de 140 A, sobredimensionada a raó d'1,5 vegades, obtenim 210 A s'instal·larà un fusible al positiu de cada inversor de bateries, del tipus NH2, per CC, unipolar de 200 A, tensió de fins a 1.000 V CC, amb un poder de tall de 30 kA, de la casa Df.

$$I_{\text{inv bat}} \cdot 1,5 = I_{\text{fusible bat}} \quad (\text{Eq. 34})$$

Es col·locarà un magnetotèrmic bipolar (F+N) a l'entrada de cada inversor de bateries, costat de CA, per una intensitat obtinguda a raó de la potència màxima durant 5 minuts, de 9.100 W d'entrada de cada inversor de bateries de 39 A, apliquem un sobredimensionament d'1,5 vegades amb resultat de 58 A.

$$\frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = I_{\text{inv bat}} \quad (\text{Eq. 35})$$

$$I_n \cdot 1,5 = I_{\text{magnetotèrmic}} \quad (\text{Eq. 36})$$

Per tant, es disposaran sis magnetotèrmics de 63 A, amb un poder de tall de 15 kA i corba C, un per a cada inversor de bateries pel costat de CA.

#### 8.4.12.2 Sobretensions

Les sobretensions en les instal·lacions fotovoltaïques poden aparèixer bàsicament a causa de descàrregues d'origen atmosfèrics (llamps), per aquest fet, es protegeix el sistema mitjançant un protector contra sobretensions amb capacitat de tall 65 kA, de la casa Ciprotec, model PSC3-12,5/1.000PV, dotat de 3 mòduls desendollables, tensió màxima de circuit obert 1.000 VDC. Aquest mòdul es disposa entre positiu, negatiu i terra de la instal·lació del generador. Previst de protecció en mode comú i diferencial.

Gama	PSC3 FOTOVOLTAICO	
Referencia	PSC3-12,5/600 PV	PSC3-12,5/1000 PV
Código sin IR	77738370	77738375
Código con IR	77738371	77738376
Uc (Uoc max)	600 Vdc	1000 Vdc
I <sub>max</sub> (8/20 µs)	65 kA	
I <sub>imp</sub> (10/350 µs)	12,5 kA	
I <sub>n</sub>	20 kA	
IEC 61643-11	Tipo 1+2	
U <sub>p</sub>	≤ 2,6 kV	≤ 3,6 kV
t <sub>a</sub>	< 25 ns	
I <sub>scwpv</sub>	-	
Fusible previo	10 A	
Formato	Desenchufable	

Taula 81. Característiques tècniques del protector. Ciprotec PSC3-12,5.

#### 8.4.13 Multicluster Box 6.3-11

El multicluster 6.3 és un armari que s'utilitza per muntar xarxes aïllades amb varis inversors Sunny Island. Constitueix una combinació d'equips de commutació estacionaria (distribuïdor principal de CA) a la que es poden connectar els Sunny Island (inversors de bateries), els equips consumidors, el generador i el grup electrogen de les plantes fotovoltaïques.

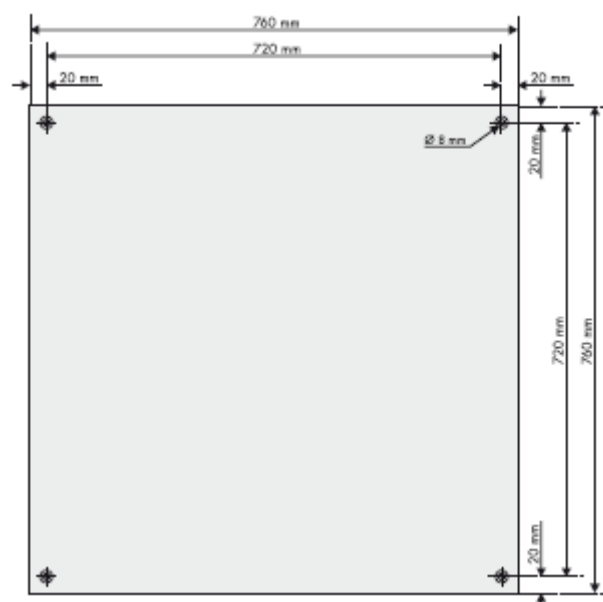


Figura 97. Mides de la caixa Multicluster box.

La multicluster Box inclou un espai per a cada protecció necessària de tota l'estesa d'equips que conformen la instal·lació de generació fotovoltaica i tractat del senyal fins al punt d'utilització.



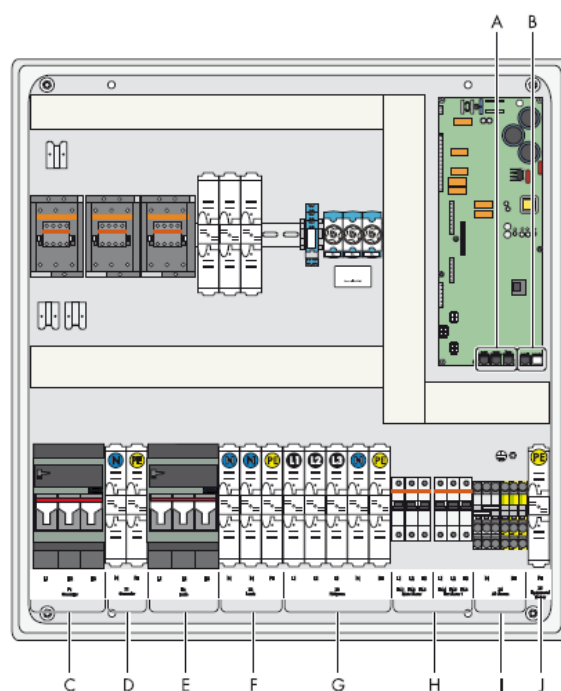


Figura 98. Configuració de la multicluster box 6.3.

Els punts d'utilització es descriuen seguidament seguin la nomenclatura indicada en la imatge anterior.

Componente	Descripción
A	Hembrillas RJ45 para la conexión del cable de datos para señales de control y medición
B	Hembrilla RJ45 para la conexión del cable de datos para la comunicación
C	Interruptor-seccionador para ruptura de carga <b>F1 Generator</b> para la conexión del generador (L1, L2, L3)
D	Bornes de conexión <b>X1 Generator</b> para la conexión del generador (N, PE)
E	Interruptor-seccionador para ruptura de carga <b>F2 Loads</b> para la conexión de los equipos consumidores (L1, L2, L3)
F	Bornes de conexión <b>X2 Loads</b> para la conexión de los equipos consumidores (N, PE)
G	Bornes de conexión <b>X3 PV-System</b> para la conexión de la planta fotovoltaica (L1, L2, L3, N, PE)
H	Interruptor automático para la conexión del Sunny Island (L)
I	Bornes de conexión <b>X4 All Clusters</b> para la conexión del Sunny Island (N, PE)
J	Borne de conexión <b>X5 Equipotential Busbar</b> para la conexión del conductor de puesta a tierra (para la toma a tierra de la totalidad del sistema multiclúster)

Figura 99. Llegenda Caixa de distribució. SMA Multicluster box 6.3, 2017.

A continuació es detallaran tots els apartats de connexionat de les diferents parts de la instal·lació amb les proteccions corresponents.

#### 8.4.13.1 El connexionat del grup electrogen (C)

Permet la connexió d'un generador, monofàsic o trifàsic, així com un generador dièsel o inclús la xarxa pública. Els conductors L1, L2, L3 passen a través d'un interruptor-seccionador per ruptura de càrrega.

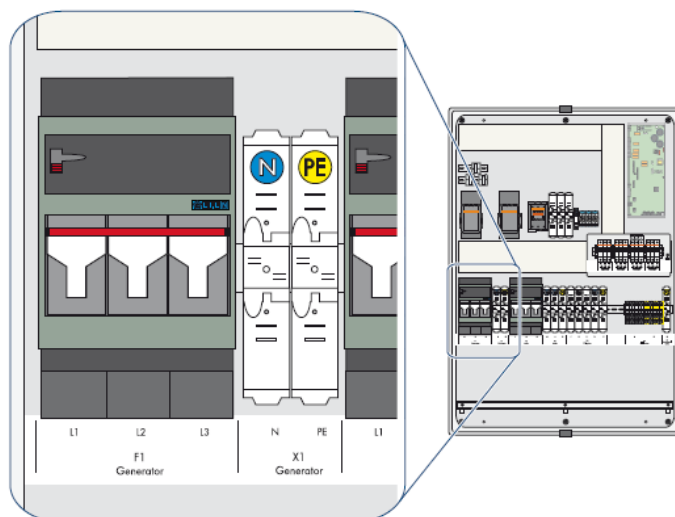


Figura 100. Element de protecció del generador. SMA Multiclustbox 6.3, 2017.

#### 8.4.13.2 Connexionat dels equips consumidors (F)

Les fases L1, L2 i L3 passen a través d'un interruptor seccionador per ruptura de càrrega. Com l'anterior, necessaris per protegir en cas de sobrecàrrega els cables de sortida en el funcionament de xarxa aïllada.

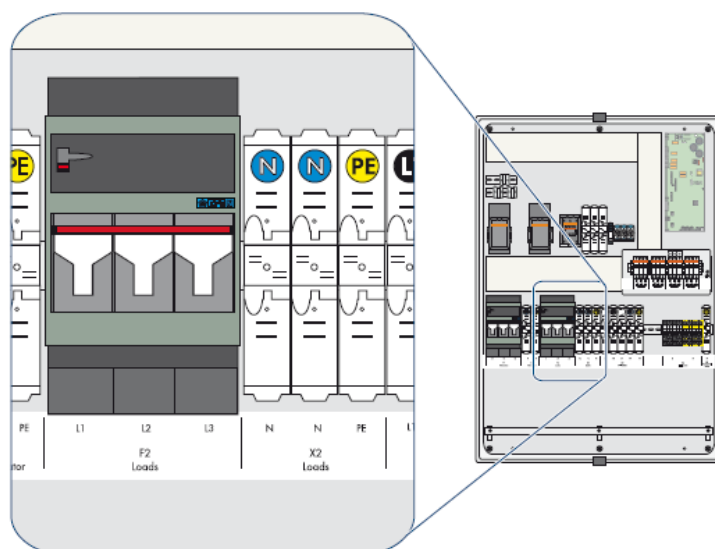


Figura 101. Protecció dispositius equips consumidors. SMA Multiclustbox 6.3, 2017.

### 8.4.13.3 Connexió de la planta fotovoltaica

Els bornes de connexió del sistema fotovoltaic, de sortida dels inversors es mostren seguidament, en la connexió X3.

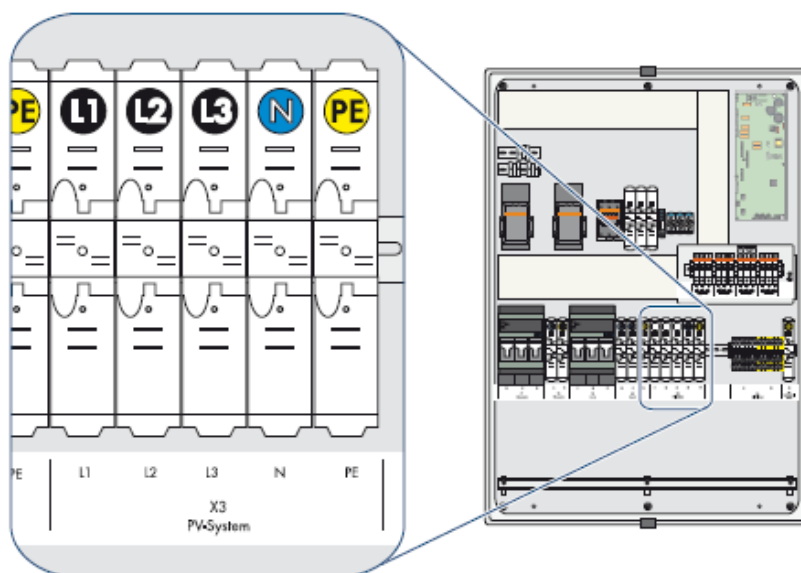


Figura 102. X3 Sistema fotovoltaic.

### 8.4.13.4 Connexionat Sunny Island

Tots els Inversors Sunny Island estan protegits mitjançant un disjuntor a l'interior de la caixa de distribució i protecció.

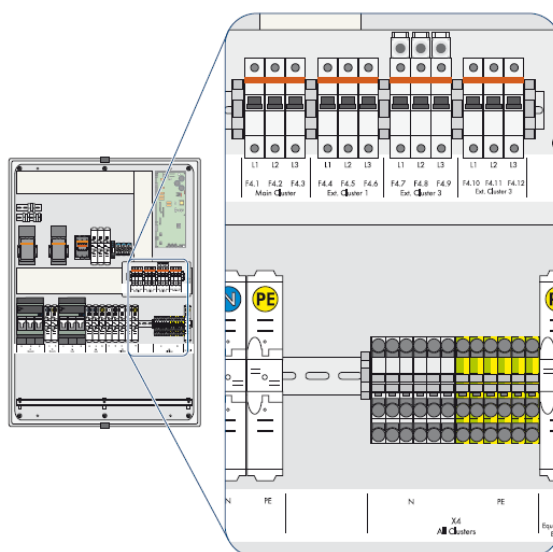


Figura 103. Proteccions dels inversors de bateries. SMA Multiclustor box 6.3, 2017.

#### 8.4.13.5 Posada a terra del sistema multicluster.

Els conductors neutre dins de la Multicluster Box no estan connectades de fàbrica al conductor de protecció. Per permetre el funcionament segur del sistema multiclúster, s'haurà de dur a terme les mesures prèvies a la posta en funcionament.

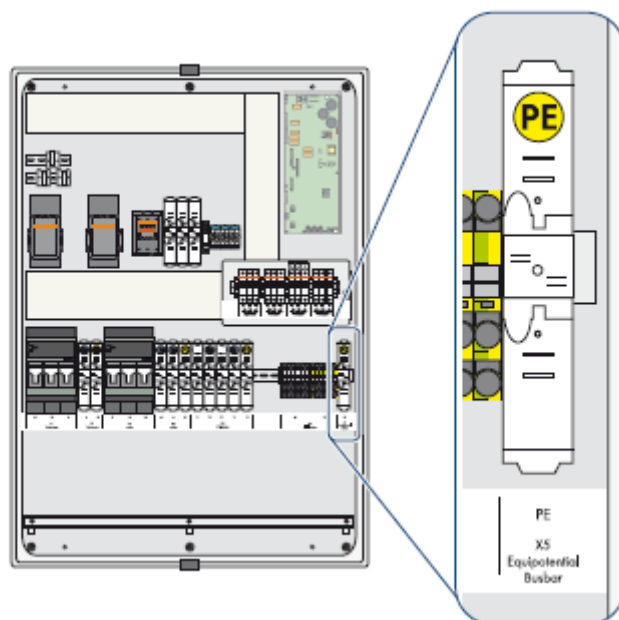


Figura 104. Borne de posada a terra. SMA Multicluster box 6.3, 2017.

Es connectarà PE al terminal de presa de terra X5 Equipotential Busbar i s'unirà amb la barra equipotencial.

Es col·locarà a terra el sistema multiclúster fora de la pròpia caixa, al costat del generador o de l'equip consumidor. Per tal de dur a terme aquesta acció es connectarà el neutre amb el conductor de protecció.

#### 8.4.13.6 Connexionat dels cables de dades

El multicluster box transmet senyals de mesures de tensió i corrent als Sunny Island. Aquestes senyals es transmeten mitjançant cables de dades subministrats per senyals de control i mesures (cable subministrat en el kit, de color vermell). La caixa es podrà controlar mitjançant la connexió del clúster principal amb una interfície CAN.

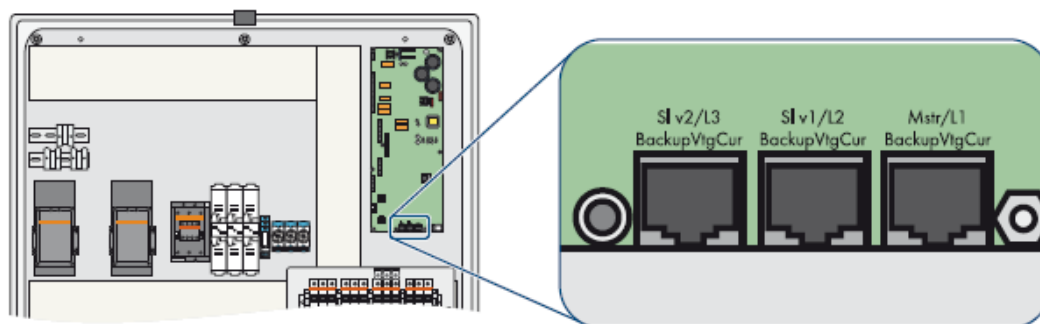


Figura 105. Connexionat gestió de dades.

S'insereix el cable de dades per als senyals de control i mesures (vermell) per el mestre del clúster principal Mstr/L1

S'insereix el cable de dades per als senyals de control i mesures per l'esclau del clúster principal Slv1/L2.

S'insereix el cable de dades per als senyals de control i mesures per l'esclau del clúster principal Slv2/L3.

#### 8.4.13.7 Cablejat de dades per la comunicació

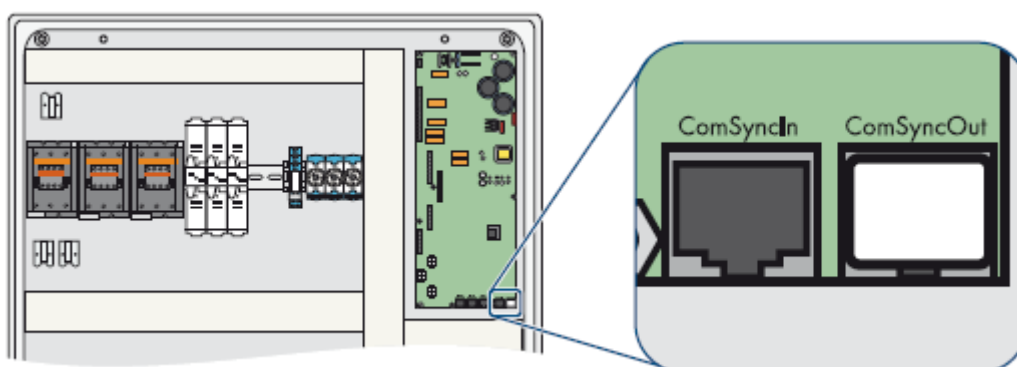


Figura 106. Connexionat de dades

S'insereix el cable de dades (negre) per la comunicació entre el Sunny Island i la Multicluster box al connector femella ComSyncIn. Inserir el terminador al connector femella ComSyncOut.

Finalment, es connecta l'extrem ComSyncIn al clúster principal de Sunny Island, com que estan interconnectats, es pot connectar a qualsevol dels inversors.

Comprovem que la nostre instal·lació s'adapta a les característiques de la multicluster box.

#### Conexión del equipo consumidor

Cantidad	1 x trifásica
Potencia asignada	55 kW
Tensión de servicio asignada entre L y N	230 V
Tensión de servicio asignada entre L1 y L2	400 V
Corriente con valores nominales	3 x 80 A
Diámetro de borne de espiga para conexión N	6 mm
Diámetro de borne de espiga para conexión PE	6 mm
Diámetro de los tornillos en el interruptor-seccionador para ruptura de carga para la conexión L1, L2, L3	8 mm
Máximo par de apriete de borne de espiga	6 Nm
Par de apriete máximo del interruptor-seccionador para ruptura de carga	14 Nm
Fusible	APROO
Máximo tamaño de fusible permitido	80 A

Taula 82. Característiques tècniques, caixa de distribució, a habitatges. SMA Multicluster box 6.3, 2017.

Com podem observar, s'admet una potència de fins a 55 kW, en aquest cas la potència de l'equip consumidor en el pitjor dels casos serà de 20 kW. En referència a la intensitat, s'admet un corrent de sortida de fins a 80 A per fase, tenint en compte que a cada habitatge s'hi repartirà cablejat trifàsic per una potència de 20 kW, amb un corrent necessari de  $I_n = 28,86$  A.

#### Conexión del Sunny Island

Número máximo de Sunny Island	6
Potencia asignada del Sunny Island	36 kW
Tensión de servicio asignada entre L y N	230 V
Tensión de servicio asignada entre L1 y L2	400 V
Corriente con valores nominales de Sunny Island	3 x 52,2 A
Corriente de cortocircuito máxima imparcial en el borne de inyección	$\leq 17$ kA

Taula 83. Característiques tècniques caixa de distribució, inversors de bateries. SMA Multicluster box 6.3, 2017.

Com podem veure, es permet la connexió de fins a 6 Inversors de bateries Sunny Island 8.0H, que suposa un increment de 6 kW per unitat (36 kW en total). Com a màxim, accepten una Intensitat de sortida de 50 A, que no es veurà superada ja que cada habitatge "estirarà" una intensitat com hem dit de 28,86 A.

#### 8.4.14 Monitorat de la instal·lació

Com en la instal·lació per un habitatge individual amb bateries de liti, primerament, s'instal·larà l'equip SMA Cluster Controller, permet el monitoratge i control professional per consums descentralitzats. És la unitat central de comunicació per l'enregistrament de dades.



Figura 107. SMA Cluster Controller.

Disposa d'entrades i sortides digitals i analògiques, ofereix un ràpid intercanvi de dades mitjançant una interfície de dades basada en ethernet (per exemple, Modbus TCP). El sistema de configuració s'aconsegueix amb el servidor web integrat de Sunny Portal que permet visualitzar i configurar de forma ràpida. Permet:

Creació de la xarxa Speedwire, lectura, entrega i gestió de les dades de la planta, configuració de paràmetres dels equips, informació de potència activa actual total de la planta, avis per e-mail en cas d'estat crític de la planta, enviament de dades de la planta al servidor o al portal d'internet Sunny portal i actualització automàtica del propi equip i dels inversors.

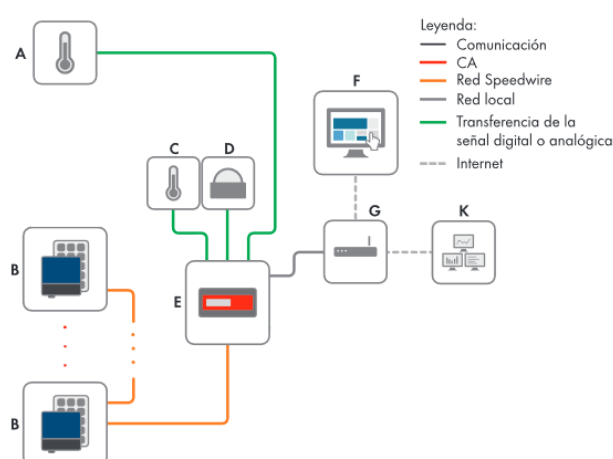


Figura 108. Esquema connexionat Cluster Controller.

El clúster controller permet la modificació de paràmetres per part de l'usuari i de l'instal·lador, separant les possibilitats de cada usuari sota contrasenya. En funció del tipus d'usuari permet:

Autorización	Grupo de usuarios	
	Usuario	Instalador
Llevar a cabo ajustes del sistema en el Cluster Controller (consulte el capítulo 6, página 38)	✓	✓
Configurar el Cluster Controller para la red local (consulte el capítulo 17.1.1, página 96)	✓	✓
Cambiar el puerto HTTP (consulte el capítulo 17.4, página 98) o NAT (consulte el capítulo 17.5, página 99)	✓	✓
Leer la potencia de los inversores y los ajustes de los parámetros de los inversores a través del menú del equipo (consulte el capítulo 4.2.4, página 26)	✓	✓
Ajustar los parámetros de los inversores (consulte el capítulo 7, página 43)	–	✓
Modificar los parámetros SMA Grid Guard de los equipos (consulte el capítulo 15.5, página 92)	–	Solo con código SMA Grid Guard ✓
Añadir equipos a la planta o sustituir equipos en la planta (consulte el capítulo 10, página 58)	–	✓
Modificar la contraseña de la planta para el grupo de usuarios <b>Usuario</b> (consulte el capítulo 15.2, página 88)	✓	✓
Modificar la contraseña de la planta para el grupo de usuarios <b>Instalador</b> (consulte el capítulo 15.2, página 88)	–	✓
Reinicie el Cluster Controller por medio de la interfaz de usuario (consulte el capítulo 18.3, página 122)	–	✓

Taula 84. Opcions de gestió segons usuari domèstic o expert. SMA Cluster Controller, 2017.

Podem accedir al Cluster Controller i controlar la instal·lació, s'introdueix la direcció IP de l'equip al navegador d'internet i s'accedeix sota contrasenya al portal SMA PORTAL.

Des del portal, procedim a ajustar la temperatura procedent de la unitat de temperatura, temps d'existència de la planta i es procedeix a la sincronització amb tots els equips connectats amb el Rapidwire. Es connecta el sensor d'irradiació, amb el que s'ha d'ajustar la corba característica del sensor (converteix el corrent en mA que emet el sensor d'irradiació en valors d'irradiació proporcionals en W/m<sup>2</sup> i els mostra).

Serà necessari desactivar els inversors de la planta amb la funció Webconnect que es disposa activada de sèrie. Aquesta funció realitza la connexió automàtica dels inversors al portal de monitoratge i provocaria la connexió de forma individual. Es realitza accedint al menú, Ajustes del equipo.

Les entrades USB permeten l'exportació de dades per l'anàlisi, ja que les dades antigues s'eliminen per mantenir l'espai intern de l'equip. Altrament, es pot configurar el Sunny Portal (portal de monitoratge) per l'enviament de dades en períodes més curts. Per eliminar la probabilitat de pèrdua de dades es poden tenir en compte aquests intervals d'emmagatzematge de dades.



Número de inversores conectados	Tiempo de almacenamiento aproximado	
	4 GB de capacidad de almacenamiento	8 GB de capacidad de almacenamiento
5	10 años	20 años
10	5 años	10 años
25	2 años	4 años
50	1 año	2 años
75	9 meses	18 meses

Taula 85. Capacitat d'emmagatzematge de dades. SMA Cluster Controller.

Un cop interconnectats els equips, es procedirà a accedir al portal Sunny Portal, i registrar els equips. Serà necessari utilitzar rangs de direccions diferents per la xarxa Speedwire i la LAN per tal de que el Cluster Controller assigni de forma correcta les direccions IP. Seguint el procediment.

Anotar la direcció IP, la mascara de subxarxa i la direcció de la passarel·la del PC, es connecta el PC a la connexió X13 o X14 del Cluster controller. A la pantalla apareixerà la direcció IP del clúster Controller, s'escull External Communication, i es modifica la direcció IP. S'accedeix al Cluster Controller a partir de la direcció IP, s'inicia sessió i es comprova la connexió.

#### 8.4.14.1 Sunny Remote Control

En aquest cas, s'instal·laran 2, Sunny Remote Control, per als 2 inversors mestres de bateries Sunny Island 8.0H, permeten un ús més senzill i flexible, amb el que aconseguim traslladar la unitat de comandament a l'exterior dels inversors. Es pot desplaçar fins a 20 metres i processa la informació de fins a 3 equips (mestre més dos esclaus), per tant s'hauran d'utilitzar dos equips Sunny Remote Control, per tal de configurar d'una sola ordres els equips esclaus que hi penguin.



Figura 109. Controlador d'inversors. SMA Sunny Remote Control, 2017.

Es connecta mitjançant únicament un cable RJ45 per la connexió elèctrica i la comunicació i inclou una targeta SD que serveix d'interfase de servei.

A la targeta SD s'emmagatzema, informació pel control de la planta i facilita els treballs de manteniment. Amb la SD també s'actualitza el firmware dels inversors Sunny Island, i s'emmagatzemen les dades següents:

Configuració de paràmetres, dades de mesures, en intervals de minuts de Bateria, Inversors de bateries, Generador, i xarxa aïllada, esdeveniments i errors (alarmes) i valors estadístics dels acumuladors.

#### 8.4.14.2 Sunny Home Manager

Aquest equip monitora tots els fluxos energètics de l'habitatge, detecta automàticament el potencial d'estalvi i permet un ús eficient de l'energia solar, en aquest cas, s'instal·laran 4 equips, un per a cada habitatge per tal de treballar de forma separada al portal web Sunny portal.

A més és compatible amb els endolls sense fils WLAN estàndard, pel control dels equips senzills.



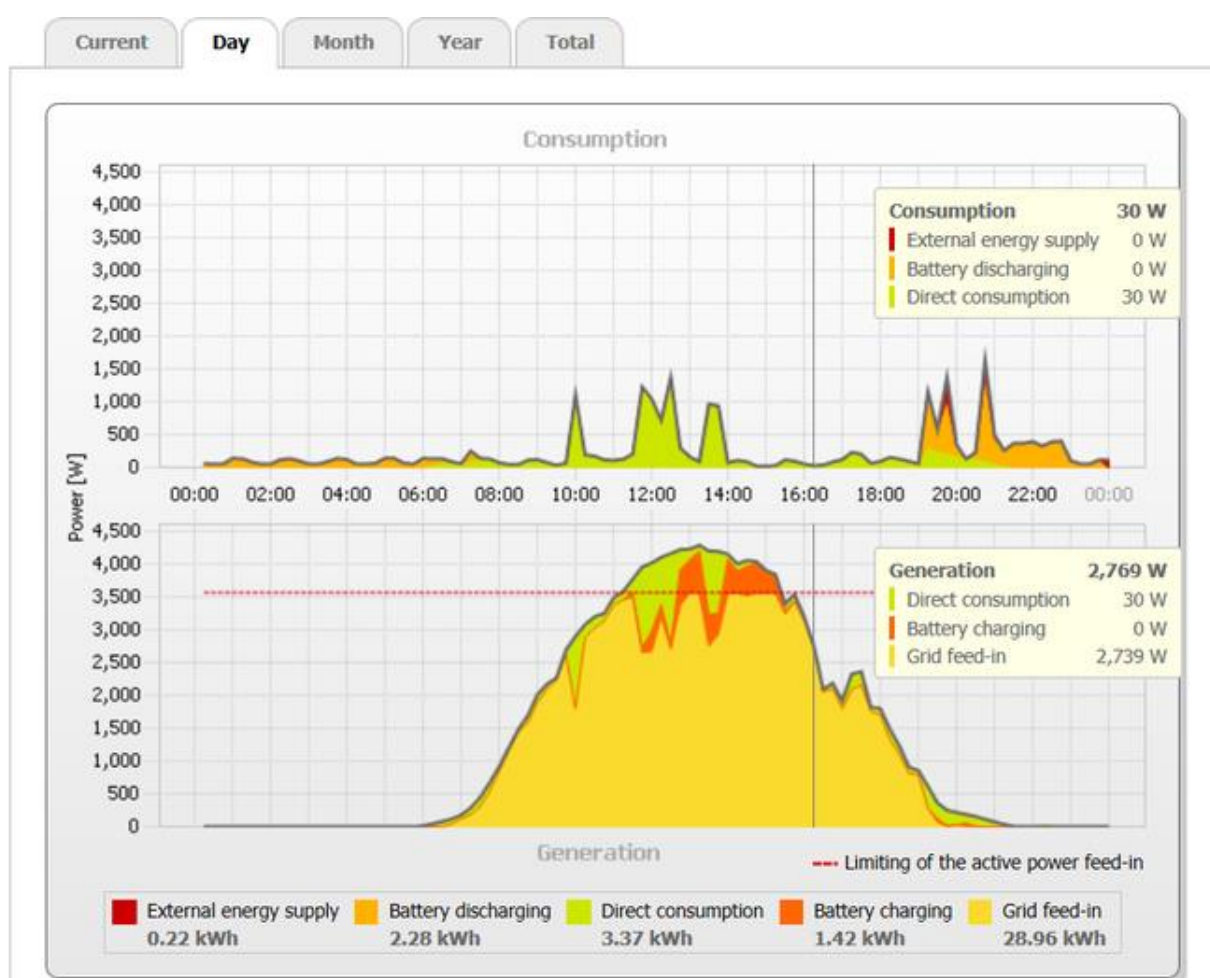
Figura 110. Endolls controlats per Wifi. SMA residencias asilades, 2017.

Un aspecte molt important d'aquest equip, és que permet mitjançant novament el portal Sunny Portal, descobrir el potencial d'estalvi. Es pot analitzar, per exemple, el consum del rentaplats, la rentadora o el frigorífic. Aquest equip analitza el consum d'energia de totes les càrregues de l'habitatge i connecta automàticament els electrodomèstics segons la meteorologia, així doncs contribueix altament en una reducció del consum d'energia i en una utilització molt més conscient i optimitzada.

El Sunny Home manager utilitza tot el potencial d'energia solar a partir de dades obtingudes d'internet com les previsions meteorològiques locals i la connexió digital als inversors i a tots els electrodomèstics per un màxim rendiment.

La pantalla d'estat mostra un gràfic a temps real amb les dades de potència, previsions de temps i pronòstic de generació, a part, crea automàticament un horari pels equips consumidors controlables.

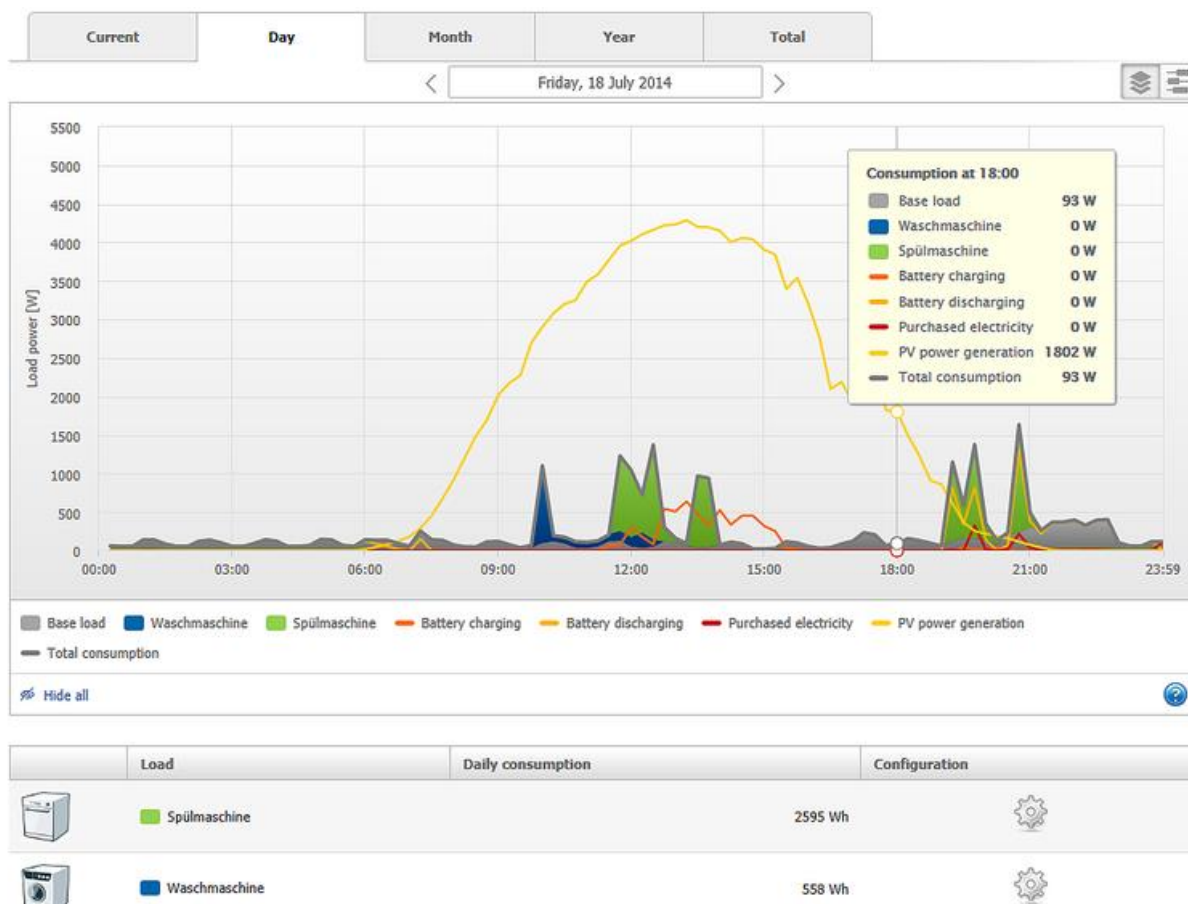
Des de les oficines tècniques, els enginyers, disposen del Sunny Portal Professional Package (juntament amb el Sunny Home manager), poden disposar de totes les dades per al monitorat professional de plantes de 5 kWp fins a 50 kWp, amb dades cada 5 minuts per tal d'aprendre la naturalesa de cada instal·lació i efectuar les modificacions més precises, estalviant costos als clients i generant una font d'ingressos pel control d'instal·lacions.



Gràfic 36. Balanç d'energia Sunny Portal. SMA Sunny portal, 2017.

Permet la confecció de gràfics per analitzar de forma ràpida els paràmetres, com per exemple en la figura anterior, on ens mostra en la part superior un perfil de consum d'un habitatge al llarg d'un dia, separat en consum directe, consum de bateries o consum d'energia auxiliar com per exemple un grup electrogen.

En la part inferior, es pot veure el perfil de generació de la instal·lació al llarg d'un dia, amb les mateixes dades que l'anterior, però a més indicant el consum existent.



Gràfic 37. Balanç de càrrega/descàrrega i control. SMA Sunny portal, 2017.

Altrament, en la figura anterior, podem observa el perfil de consum enregistrat dels electrodomèstics connectats al Sunny Home Manager. Recollint el perfil de rentadora i del rentaplats (en blau i verd respectivament), la càrrega de la bateria (taronja fosc), descàrrega de la bateria (taronja clar) i la generació d'energia.

Així doncs, s'ha procedit a la interconnexió dels equips mitjançant un bus CAN per establir la comunicació de la forma següent:

Connexionat dels acumuladors, cada acumulador disposa a la part posterior de 3 entrades de comunicació, que són, USB, CAN i interior CAN. Primerament s'establiran els màsters, al que es connectarà el bus CAN interior, i en sortirà el bus can fins a cada acumulador. Del can interior del màster es connectarà a la presa RJ45 del Cluster Controller.

Per als inversors fotovoltaics connectats en paral·lel es realitzarà el mateix procediment, accedint mitjançant una connexió USB i el software instal·lat, s'assignarà el màster i l'esclau, el màster es connectarà al Cluster controller i l'esclau es connectarà al màster. Seguirem el mateix procediment per als inversors de bateries.

Per la falta d'entrades RJ45 del Cluster Controller, s'utilitzarà un Switch de 16 entrades ethernet.

#### 8.4.15 Ubicació dels elements fotovoltaics

Per la quantitat d'equips a instal·lar i la mida dels mateixos, i pel fet de ser una instal·lació conjunta per a quatre habitatges, s'ha decidit ubicar la instal·lació dels equips en un traster comú de 27 m<sup>2</sup> (6,75 m<sup>2</sup> per habitatge) del que disposen els habitatges. Aquest traster a estat adaptat a les necessitats de la instal·lació mitjançant quatre reixes de ventilació per facilitar la renovació d'aire, creant un espai tancat per a la ubicació del grup electrogen i instal·lant una xemeneia per a la sortida de fums de combustió del grup electrogen.

La ubicació dels elements de la instal·lació fotovoltaica, excloent els mateixos captadors i les caixes de connexions que ja incorporen, es col·locaran a l'interior de la sala esmentada, amb porta protegida amb clau.

#### 8.4.16 Habitació per la instal·lació

A l'interior de la sala de màquines s'hi disposaran els dos inversors fotovoltaics trifàsics, els sis inversors de bateries i els 19 acumuladors. Es respectaran les distàncies establertes pel fabricant per a cada un dels aparells, ja que tots els esmentats disposen de ventilació activa i és necessari un espai per a la correcta regulació de la temperatura.

Les proteccions es trobaran a l'interior de l'armari SMA Multicluster 6.3, armari protegit amb pintura aïllant i clau per l'apertura.

La resta de proteccions i elements de maniobra esmentats, s'ubicaran en un quadre amb tapa transparent, per 25 elements, situat al lateral dret de l'inversor fotovoltaic, a una alçada d'1,4 metres del terra de la sala.

S'instal·laran a una alçada d'1,3 metres del terra de la sala, i ancorats a la paret mitjançant tacs, amb una separació entre si de 0,3 metres, els dos inversors trifàsics Sunny Tripower.

Seguidament s'instal·laran els 6 Inversors de bateries Sunny Island 8.0H amb una separació de 30 cm entre inversors i 1,9 metres pel segon grup de 3 inversors de bateries. Entremig, s'hi disposarà el sistema de control SMA Clúster controller i a una distància de 25 cm per la part superior d'aquest s'hi instal·larà el swich d'expansió, juntament amb el controlador d'inversors de bateries Sunny Remote Control i el Sunny Home Manager. En aquest punt mitjà s'hi trobarà la caixa de protecció de l'embarat trifàsic de 250 A.

Com hem detallat a l'apartat 8.4.11 Protecció del cablejat, la interconnexió d'aquests elements serà canaleta perforada de PVC amb tapa practicable, i tubs corrugats flexibles. Els embarrats de CA i CC, s'ubicaran a l'interior de caixes per embarat, amb tapa transparent i tancaments de seguretat.

Tots els elements de protecció detallats a l'apartat 8.4.12 Proteccions, excepte els fusibles de les bateries que van incorporats a l'interior de la pròpia carcassa, es disposaran a l'interior d'una caixa de distribució. Disposada sota la part inferior dels inversors trifàsics.

Els 19 acumuladors, es disposaran en 9 columnes en total, 6 columnes de 2 acumuladors i 2 columnes de 3 acumuladors i un últim acumulador de forma individual. Per indicacions del fabricant es necessita una distància mínima en qualsevol dels seus costats de 30 cm, per tal de garantir l'apertura de la porta d'accés als fusibles (lateral dret), l'accés a les connexions de dades (part posterior) i la correcta ventilació de l'equip. La carcassa garanteix la correcta separació en les bateries apilades.

Finalment, el grup electrogen, s'instal·larà en un petit tancament a l'interior del propi recinte, construït de forma expressa per a la ubicació del mateix. Aquesta divisió, disposarà de porta i sortida de fums.

Al mateix recinte es disposarà de dos extintors, un per als equips elèctrics de 6 kg de Neu carbònica (CO<sub>2</sub>), i l'altre de les mateixes característiques juntament amb el grup electrogen.

## 9 ESTUDI ECONÒMIC

Un cop realitzats els 3 models d'instal·lació, per tal de poder comparar amb més precisió els diferents aspectes de la instal·lació, procedim a realitzar una valoració econòmica a un horitzó de 25 anys.

En aquest estudi es tindran en compte tots els paràmetres que afecten l'aspecte econòmic tant a curt com a mig termini, d'inversió inicial o de substitucions necessàries passats 20 o 25 anys.

Establerts totes els equips necessaris per al subministrament elèctric i el material necessari per a la protecció i canalització dels cablejats de cada instal·lació, es procedeix a pressupostar de forma individual les instal·lacions estudiades.

Degut a que l'objecte d'aquest projecte és el del grup d'habitatges, serà aquest el que es reflectirà de forma íntegra a l'estat d'amidaments i el pressupost. En aquest cas, es comentaran els aspectes més diferenciats de cada instal·lació per entendre el preu final assolit.

Els preus establerts en l'any d'estudi s'iniciaran l'any 2015, per treballar amb 3 anys de dades reals (2015, 2016 i 2017) i comprovar-ne l'evolució, basant-nos en les dades de l'informe de preus energètics regulats de l'IDAE, tarifes elèctriques.

A partir de l'1 de gener de 2014, per aplicació del Reial Decret-Llei 17/ 2013, de 27 de desembre, pel que es determina el preu de l'energia elèctrica als contractes subjectes al preu voluntari pel petit consumidor al primer trimestre de 2014, s'establien que les tarifes anteriors d'últim recurs d'electricitat passaven a ser voluntaris pel petit consumidor. Per a potències de menys de 10 kW, s'establia un terme de potència superior en un 17,94 % més que amb el TUR, BOE nº 235, 1 d'octubre de 2013, i terme d'energia de 0,124107 €/kWh (un 4,89 % menys que amb el TUR, BOE nº 235, 1 d'octubre de 2013).

El període compres entre 2013 i 2016 es fa difícil d'analitzar pels canvis produïts en el sistema de contractes de preu voluntari pel petit consumidor i la tarifa d'últim recurs.

S'aplicaran els costos de comercialització, del terme de potència de 0,3333 €/kWh (2015), 0,25942 €/kW i mes (Retribució fixa d'aplicació de 2015 a 2018) i el terme d'energia de 0,001970 €/kW i mes (per 2015), 0,001589 €/kW i mes (per 2016) i 0,000557 €/kW (per 2017 i 2018).

Per als 3 estudis econòmics a realitzar es compararà, el cost de la connexió a la xarxa i la factura elèctrica associada a 25 anys, s'iniciarà l'estudi amb un cost del kW estimat en 3,170286 €/kW de terme de potència previst per a 5,75 kW de contractació en tarifa 2.0 sense discriminació horària. S'aplica l'impost elèctric, establert en un 5,113 % del cost del kWh. S'aplicarà també els costos de comercialització en referència als termes de potència i energia, esmentats. Seguidament també s'afegiran els costos del peatge d'accés, novament per terme de potència i d'energia, essent 3,17 €/kW/mes i 0,04427 €/kWh/mes respectivament.

Es tindran en compte els guanys que s'obtenen de la instal·lació fotovoltaica respecte el consum connectat a xarxa incloent les diferents despeses que es produeixen. Partint del càlcul dels kWh consumits multiplicat pel preu del kWh actual i la tarifa del terme de potència. Aquest últim, es considerarà un augment del terme d'energia de l'IPC amb un increment del 3% anual, tal com indica l'institut nacional d'estadística.

S'iniciarà l'estudi partint de la inversió inicial, que es pressupostarà per a cada una de les diferents instal·lacions estudiades. Seguidament, es valoraran les taxes addicionals per aquest tenint en compte que la companyia present en la zona de la instal·lació és ENDESA S.A., per tal de comparar-ho amb una connexió típica a la xarxa, i es tindrà en compte el cost hipotètic d'instal·lar una escomesa elèctrica monofàsica (per la instal·lació 1), 8.2 Instal·lació fotovoltaica per un habitatge aïllat amb bateries de gel, i la instal·lació 2, 8.3 Instal·lació fotovoltaica per un habitatge aïllat amb bateries de liti) i trifàsica (per la instal·lació 3, 8.4 Instal·lació comú per un grup d'habitatges aïllats), amb una longitud d'1 km aproximadament, tensada sobre pals de fusta.

A més, es preveuran un fons de reserva estimat amb un valor inicial del 0,004 de la inversió inicial i que creix de forma progressiva un 0,06 del valor de l'any anterior, per a possibles avaries o substitucions.

Es tindrà en compte l'IVA de les despeses de cada any al llarg dels 25 anys d'estudi. Com que la inversió més important es realitza al primer any i la resta d'anys el que es comptabilitza és un manteniment i una reserva hipotètics, el valor d'IVA pren una importància relativa i poc determinant.

Seguidament, calcularem el flux de caixa anual i l'acumulat, l'anual tenint en compte 3 termes, l'estalvi de la factura elèctrica que s'obté dels panells, les despeses inicials i per manteniment de cada any i l'IVA. Podrem comprovar així el flux de caixa acumulat, calculat sumant els valors de flux anual a la inversió inicial negativa, serveix per determinar el temps d'amortització estimat i



per veure el flux de caixa total, el qual correspon als diners que hipotèticament s'estalviaria de pagar el titular de la línia a la companyia elèctrica.

Concepte	Increment	Període
Pèrdues de producció dels panells	- 0.5%	anual
Manteniment 1er any	0.01 %	de la inversió
Manteniment anys següents	0.03%	any anterior
Reserva	0.004	de la inversió
Reserva anys següents	0.06	any anterior
Llicència d'obres	3%	de la inversió
Horitzó temporal	25	anys

Taula 86. Conceptes principals aplicats.

### 9.1 Instal·lació individual amb bateries de Gel

En aquesta instal·lació, es pretén comparar l'ús de tecnologies que es preveu que quedaran obsoletes a mig termini, per tal de valorar si davant les noves tecnologies es recomana l'ús en noves instal·lacions o si per altra banda, és millor la utilització d'altres equips. En aquest cas, l'element diferenciador són les bateries de plom-àcid amb electrolit de gel.

Descripció	Quantitat	Preu Ut (€)	Import (€)
Captadors 300W 24V, Aixitec PerfectBlack	18,00	236,99	4.265,86
Regulador Victron BlueSolar MPPT, 150/100	1,00	716,93	716,93
Inversor, Vitron Quattro 48/8000/110-100/100	1,00	2.615,57	2.615,57
Monitor de bateries Victron BMV-700 amb cable RJ12	1,00	108,23	108,23
Derivador Victron Shunt 500A/50mV	1,00	47,80	47,80
Cable RJ45 blindat 5 m	5,00	6,87	34,37
Cable RJ12, 5 m	5,00	4,75	23,74
Victron Color Control CX amb cable de connexió	1,00	430,16	430,16
VE Direct cable 3 m	2,00	13,79	27,57
Sensor de temperatura bateries BMV Victron Energy	2,00	24,10	48,19
Bateria OpZV, Tudor GNB Sonnechestein C120, 1.413Ah	24,00	414,65	9.951,54
Kit Estructura 4 mòduls teulada inclinada, ECO393	5,00	144,99	724,94
Contrapesos estructura fotovoltaica	18,00	9,48	170,64
Armari exterior 1.730x1.600, Gepower controls RVN 34	2,00	275,33	550,66
Vigilant aïllament Ciprotec ISO-CHECK 500 EV	1,00	220,99	220,99
Protector sobretensió 12,5/600 PV T1+2, Ciprotec PSM3	1,00	381,69	381,69
Grup electrogen ITC power DHY11KE 10 kVA	1,00	4.289,70	4.289,70
h Operaris diversos	1,00	2.058,40	2.058,40
Cablejat de la instal·lació	1,00	1.832,71	1.832,71
Altres equips, apartaments general i elèctrica	1,00	1.371,77	2.048,85
Total sense IVA			30.548,49

Taula 87. Pressupost bàsic instal·lació bateries de gel.

Un cop esmentats els equips principals d'aquesta instal·lació, i establert el cost final d'aquesta, assolint els 30.548,49 € sense I.V.A.

					Cost comercialització			
IPC	Anys		Cost Energia	Impost el.	T.potència	T.energia	Demanda any	Cost Energia
%			€/kWh	5,0113%	€/kW/mes	€/kWh/mes	kWh/any	€/kWh any
0%	2015	1	0,124107	0,1304526	0,33333	0,001970	4.015	708,45
3%	2016	2	0,120384	0,1265390	0,25942	0,001589	4.015	691,20
3%	2017	3	0,119180	0,1252736	0,25942	0,000557	4.015	681,98
3%	2018	4	0,120372	0,1265264	0,25942	0,000557	4.015	687,01
3%	2019	5	0,121575	0,1277916	0,25942	0,000557	4.015	692,09
3%	2020	6	0,122791	0,1290695	0,25942	0,000557	4.015	697,22
3%	2021	7	0,124019	0,1303602	0,25942	0,000557	4.015	702,40
3%	2022	8	0,125259	0,1316638	0,25942	0,000557	4.015	707,64
3%	2023	9	0,126512	0,1329805	0,25942	0,000557	4.015	712,92
3%	2024	10	0,127777	0,1343103	0,25942	0,000557	4.015	718,26
3%	2025	11	0,129055	0,1356534	0,25942	0,000557	4.015	723,65
3%	2026	12	0,130345	0,1370099	0,25942	0,000557	4.015	729,10
3%	2027	13	0,131649	0,1383800	0,25942	0,000557	4.015	734,60
3%	2028	14	0,132965	0,1397638	0,25942	0,000557	4.015	740,16
3%	2029	15	0,134295	0,1411615	0,25942	0,000557	4.015	745,77
3%	2030	16	0,135638	0,1425731	0,25942	0,000557	4.015	751,44
3%	2031	17	0,136994	0,1439988	0,25942	0,000557	4.015	757,16
3%	2032	18	0,138364	0,1454388	0,25942	0,000557	4.015	762,94
3%	2033	19	0,139748	0,1468932	0,25942	0,000557	4.015	768,78
3%	2034	20	0,141145	0,1483621	0,25942	0,000557	4.015	774,68
3%	2035	21	0,142557	0,1498457	0,25942	0,000557	4.015	780,64
3%	2036	22	0,143982	0,1513442	0,25942	0,000557	4.015	786,65
3%	2037	23	0,145422	0,1528576	0,25942	0,000557	4.015	792,73
3%	2038	24	0,146876	0,1543862	0,25942	0,000557	4.015	798,87
3%	2039	25	0,148345	0,1559301	0,25942	0,000557	4.015	805,06

Taula 88. Costos factura elèctrica.

Peatge d'accés						
Any	Terme potència	Terme energia	P.Contracte	Cost P.Cont.	Lloguer Compt.	Cost any
	€/kW/mes	€/kWh/mes	kW	€/mes	€/mes	€/any
1	3,17	0,044027	5,75	244,79	0,54	953,77
2	3,27	0,044027	5,75	246,25	0,54	937,99
3	3,36	0,044027	5,75	253,01	0,54	935,53
4	3,46	0,044027	5,75	259,97	0,54	947,52
5	3,57	0,044027	5,75	267,14	0,54	959,77
6	3,68	0,044027	5,75	274,53	0,54	972,29
7	3,79	0,044027	5,75	282,14	0,54	985,08
8	3,90	0,044027	5,75	289,97	0,54	998,15
9	4,02	0,044027	5,75	298,04	0,54	1.011,50
10	4,14	0,044027	5,75	306,36	0,54	1.025,16
11	4,26	0,044027	5,75	314,92	0,54	1.039,11
12	4,39	0,044027	5,75	323,74	0,54	1.053,38

Taula 89. Costos factura elèctrica.

Peatge d'accés						
Any	Terme potència	Terme potència	P.Contract.	Cost P.Contract.	Lloguer Compt.	Cost any
	€/kW/mes	€/kW/mes	kW	€/mes	€/mes	€/any
13	4,52	0,044027	5,75	332,82	0,54	1.067,96
14	4,66	0,044027	5,75	342,18	0,54	1.082,88
15	4,80	0,044027	5,75	351,82	0,54	1.098,12
16	4,94	0,044027	5,75	361,74	0,54	1.113,72
17	5,09	0,044027	5,75	371,97	0,54	1.129,67
18	5,24	0,044027	5,75	382,50	0,54	1.145,98
19	5,40	0,044027	5,75	393,34	0,54	1.162,67
20	5,56	0,044027	5,75	404,52	0,54	1.179,74
21	5,73	0,044027	5,75	416,02	0,54	1.197,20
22	5,90	0,044027	5,75	427,88	0,54	1.215,07
23	6,07	0,044027	5,75	440,08	0,54	1.233,35
24	6,26	0,044027	5,75	452,66	0,54	1.252,06
25	6,44	0,044027	5,75	465,61	0,54	1.271,21
						<b>26.968,88</b>

Taula 90. Costos factura elèctrica.

Com podem veure a la taula anterior, amb un horitzó de 25 anys s'obté un total de 26.968 € corresponents als kWh consumits i al preu del kW del terme de potència, cost que, pel fet de no estar connectats a la xarxa, s'estalviarà l'usuari.

PRODUCCIÓ I RELACIÓ DE COSTOS DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA							
Any	Generació	Manteniment	IVA	Reserva	Substitucions	IVA	Llicència obres
	kWh/any	€	€	€	€	€	€
1	6.179,09	30,65	6,44	122,61	-	-	919,55
2	6.148,19	30,74	6,46	129,96	-	-	-
3	6.117,45	30,84	6,48	137,76	-	-	-
4	6.086,86	30,93	6,49	146,03	-	-	-
5	6.056,43	31,02	6,51	154,79	-	-	-
6	6.026,14	31,11	6,53	164,07	-	-	-
7	5.996,01	31,21	6,55	173,92	-	-	-
8	5.966,03	31,30	6,57	184,35	-	-	-
9	5.936,20	31,39	6,59	195,42	-	-	-
10	5.906,52	31,49	6,61	207,14	9.951,00	2.089,71	-
11	5.876,99	31,58	6,63	219,57	-	-	-
12	5.847,61	31,68	6,65	232,74	-	-	-
13	5.818,37	31,77	6,67	246,71	-	-	-
14	5.789,28	31,87	6,69	261,51	-	-	-
15	5.760,33	31,96	6,71	277,20	-	-	-
16	5.731,53	32,06	6,73	293,83	-	-	-
17	5.702,87	32,16	6,75	311,46	-	-	-
18	5.674,36	32,25	6,77	330,15	-	-	-
19	5.645,98	32,35	6,79	349,96	-	-	-
20	5.617,75	32,45	6,81	370,96	9.951,00	2.089,71	-
21	5.589,67	32,54	6,83	393,21	-	-	-

Taula 91. Producció i altres costos.

PRODUCCIÓ I RELACIÓ DE COSTOS DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA							
Any	Generació	Manteniment	IVA	Reserva	Substitucions	IVA	Llicència obres
	kWh/any	€	€	€	€	€	€
22	5.561,72	32,64	6,85	416,81	-	-	-
23	5.533,91	32,74	6,88	441,82	-	-	-
24	5.506,24	32,84	6,90	468,32	-	-	-
25	5.478,71	32,94	6,92	496,42	4.265,00	895,65	-

Taula 92. Producció i altres costos.

En la taula anterior podem observar la part reservada per manteniment i per a reserves per emergències o substitucions, a més de les substitucions realitzades en l'horitzó dels 10 anys per l'equip de bateries (cada 10 anys) i als 25 per la substitució dels mòduls fotovoltaics (cada 25 anys).

Seguidament, podem observar els factors que es tenen en compte amb i sense IVA, essent aquests, el preu de la factura, la inversió inicial, la suma del cost de substitucions més reserves i manteniment i el cost hipotètic de dur l'escomesa elèctrica fins al punt de connexió per al subministrament de l'habitatge, per tal de poder comparar el que costaria dur la línia elèctrica a l'habitatge, que s'estima en un valor de 26.949,56 € aproximadament, ja que el valor exacte només el pot donar la companyia que opera a la zona, en aquest cas ENDESA S.A.

AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA						
Any	Factura elec.	IVA	Inversió inicial	IVA	Subs+Reserv.	IVA
	€/any	€	€	€	€	€
1	953,77	200,29	- 30.651,52	- 6.436,82	- 1.072,80	- 225,29
2	937,99	196,98	-	-	- 160,71	- 33,75
3	935,53	196,46	-	-	- 168,60	- 35,41
4	947,52	198,98	-	-	- 176,95	- 37,16
5	959,77	201,55	-	-	- 185,81	- 39,02
6	972,29	204,18	-	-	- 195,19	- 40,99
7	985,08	206,87	-	-	- 205,13	- 43,08
8	998,15	209,61	-	-	- 215,66	- 45,29
9	1.011,50	212,42	-	-	- 226,81	- 47,63
10	1.025,16	215,28	-	-	- 10.189,63	- 2.139,82
11	1.039,11	218,21	-	-	- 251,15	- 52,74
12	1.053,38	221,21	-	-	- 264,42	- 55,53
13	1.067,96	224,27	-	-	- 278,48	- 58,48
14	1.082,88	227,40	-	-	- 293,38	- 61,61
15	1.098,12	230,61	-	-	- 309,16	- 64,92
16	1.113,72	233,88	-	-	- 325,89	- 68,44
17	1.129,67	237,23	-	-	- 343,62	- 72,16
18	1.145,98	240,66	-	-	- 362,40	- 76,10
19	1.162,67	244,16	-	-	- 382,31	- 80,28
20	1.179,74	247,74	-	-	- 10.354,40	- 2.174,42

Taula 93. Amortització de la instal·lació.

Any	Factura elec.	IVA	Inversió inicial	IVA	Subs+Reserv.	IVA
	€/any	€	€	€	€	€
21	1.197,20	251,41	-	-	- 425,76	- 89,41
22	1.215,07	255,16	-	-	- 449,45	- 94,38
23	1.233,35	259,00	-	-	- 474,56	- 99,66
24	1.252,06	262,93	-	-	- 501,16	- 105,24
25	1.271,21	266,96	-	-	- 4.794,36	- 1.006,82

Taula 94. Amortització de la instal·lació.

Finalment, podem realitzar l'acumulat, i establir els costos anuals de la instal·lació, resultants dels valors calculats.

AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA				
Any	Escomesa	Estalvi	Acumulat	IVA
	€	€/any	€/any	€/any
1	26.949,56	- 3.820,99	- 3.820,99	- 4.623,40
2	-	777,29	- 3.043,70	- 3.682,88
3	-	766,93	- 2.276,77	- 2.754,89
4	-	770,57	- 1.506,21	- 1.822,51
5	-	773,96	- 732,24	- 886,02
6	-	777,10	44,85	54,27
7	-	779,95	824,81	998,02
8	-	782,49	1.607,30	1.944,83
9	-	784,69	2.391,99	2.894,31
10	-	- 9.164,47	- 6.772,48	- 8.194,70
11	-	787,96	- 5.984,52	- 7.241,27
12	-	788,96	- 5.195,56	- 6.286,63
13	-	789,48	- 4.406,08	- 5.331,36
14	-	789,50	- 3.616,58	- 4.376,07
15	-	788,96	- 2.827,62	- 3.421,43
16	-	787,83	- 2.039,80	- 2.468,16
17	-	786,05	- 1.253,75	- 1.517,04
18	-	783,58	- 470,17	- 568,91
19	-	780,36	310,18	375,32
20	-	- 9.174,67	- 8.864,49	- 10.726,03
21	-	771,44	- 8.093,04	- 9.792,58
22	-	765,62	- 7.327,42	- 8.866,18
23	-	758,80	- 6.568,63	- 7.948,04
24	-	750,90	- 5.817,72	- 7.039,45
25	-	- 3.523,15	- 9.340,87	- 11.302,45

Taula 95. Amortització de la instal·lació

Finalment, podem realitzar l'acumulat, i establir els costos anuals de la instal·lació, resultants dels valors calculats.

Podem comprovar que la instal·lació s'amortitzaria passats 6 anys de la inversió inicial, obtenint un estalvi de fins a 2.391,99 € el novè any, però el fet de substituir el sistema d'acumuladors, fa que novament passem a valors negatius. El valor més baix s'assoleix el novè any, amb un valor de +2.391,99 € d'estalvi en relació a un habitatge connectat a la xarxa, després d'aquest període, serà necessària la substitució de les bateries, afegint novament un increment negatiu i assolint els -6.772,48 €.

A l'horitzó dels 25 anys, s'obté un valor negatiu de -9.340,87 € deguts a les substitucions previstes d'acumuladors (2 substitucions) i als captadors fotovoltaics (una substitució).

## 9.2 Instal·lació individual amb bateries de liti

En aquesta instal·lació s'utilitzen les tecnologies més innovadores tant de captació com de tractat de l'energia fins al seu emmagatzemament. L'aprofitament de l'energia utilitzada és major que per als altres tipus d'equips, però s'ha de valorar si econòmicament és també una millor opció. Procedim doncs, a realitzar un pressupost aproximat del cost d'aquesta instal·lació, detallant els equips que la diferencien de la resta d'instal·lacions.

Descripció	Quantitat	Preu Ut (€)	Import (€)
Captadors 300W, Aixitec PerfectBlack	18,00	236,99	4.265,86
Inversor fotovoltaic SMA Sunny Boy 5000 TL	1,00	942,63	942,63
Inversor de bateries SMA Sunny Island 8.0 H	2,00	2.160,80	4.321,60
SMA Sunny Remote Control SRC-20	1,00	180,61	180,61
SMA Cluster Controller 25	1,00	566,70	566,70
Sunny Home Manager	1,00	258,33	258,33
Endoll Bluetooth per Sunny Home	12,00	63,00	756,03
Bateries Liti Axitec Axistorage Li7s	5,00	3.184,92	16.246,94
Cable RJ45 blindat 5 m	11,00	6,87	75,60
Caixa de 5 Terminadors RJ45	1,00	2,25	2,25
Router TP-link TL-WR1043ND	1,00	27,60	27,60
Switch 8 ports Hamlet	1,00	17,73	17,73
Kit Estructura 4 mòduls teulada inclinada, ECO393	18,00	40,13	722,38
Vigilant aïllament Ciprotec ISO-CHECK 500 EV	1,00	220,99	220,99
Protector sobretensió 12,5/600 PV T1+2, Ciprotec PSC3	1,00	381,69	381,69
Interruptor magnetotèrmic 40 A, Schneider	1,00	80,27	80,27
Interruptor magnetotèrmic 2p iC60L 32 A, Schneider	2,00	76,31	152,62
Extintor CO2 5 kg	1,00	70,00	70,00
Grup electrogen monofàsic ITC power DHY11KE 12 kVA	1,00	4.615,97	4.615,97
Cable de la instal·lació	1,00	1.292,57	1.292,57
h Operaris diversos	1,00	1.628,80	1.628,80
Altres equips, apartaments general i elèctrica	1,00	1.314,41	1.314,41
Total sense IVA			38.141,58

Taula 96. Resum del pressupost amb bateries de liti.

Un cop esmentats els equips principals d'aquesta instal·lació, i establert el cost final d'aquesta, assolint els 38.141,58 € sense I.V.A.

					Cost comercialització			
IPC	Anys		Cost Energia	Impost el.	T.potència	T.energia	Demanda any	Cost Energia
%			€/kWh	5,0113%	€/kW/mes	€/kWh/mes	kWh/any	€/kWh any
0%	2015	1	0,124107	0,1304526	0,33333	0,001970	4.015	708,45
3%	2016	2	0,120384	0,1265390	0,25942	0,001589	4.015	691,20
3%	2017	3	0,119180	0,1252736	0,25942	0,000557	4.015	681,98
3%	2018	4	0,120372	0,1265264	0,25942	0,000557	4.015	687,01
3%	2019	5	0,121575	0,1277916	0,25942	0,000557	4.015	692,09
3%	2020	6	0,122791	0,1290695	0,25942	0,000557	4.015	697,22
3%	2021	7	0,124019	0,1303602	0,25942	0,000557	4.015	702,40
3%	2022	8	0,125259	0,1316638	0,25942	0,000557	4.015	707,64
3%	2023	9	0,126512	0,1329805	0,25942	0,000557	4.015	712,92
3%	2024	10	0,127777	0,1343103	0,25942	0,000557	4.015	718,26
3%	2025	11	0,129055	0,1356534	0,25942	0,000557	4.015	723,65
3%	2026	12	0,130345	0,1370099	0,25942	0,000557	4.015	729,10
3%	2027	13	0,131649	0,1383800	0,25942	0,000557	4.015	734,60
3%	2028	14	0,132965	0,1397638	0,25942	0,000557	4.015	740,16
3%	2029	15	0,134295	0,1411615	0,25942	0,000557	4.015	745,77
3%	2030	16	0,135638	0,1425731	0,25942	0,000557	4.015	751,44
3%	2031	17	0,136994	0,1439988	0,25942	0,000557	4.015	757,16
3%	2032	18	0,138364	0,1454388	0,25942	0,000557	4.015	762,94
3%	2033	19	0,139748	0,1468932	0,25942	0,000557	4.015	768,78
3%	2034	20	0,141145	0,1483621	0,25942	0,000557	4.015	774,68
3%	2035	21	0,142557	0,1498457	0,25942	0,000557	4.015	780,64
3%	2036	22	0,143982	0,1513442	0,25942	0,000557	4.015	786,65
3%	2037	23	0,145422	0,1528576	0,25942	0,000557	4.015	792,73
3%	2038	24	0,146876	0,1543862	0,25942	0,000557	4.015	798,87
3%	2039	25	0,148345	0,1559301	0,25942	0,000557	4.015	805,06

Taula 97. Costos factura elèctrica.

Peatge d'accés						
Any	Terme potència	Terme energia	P.Contracte	Cost P.Cont.	Lloguer Compt.	Cost any
	€/kW/mes	€/kWh/mes	kW	€/mes	€/mes	€/any
1	3,17	0,044027	5,75	244,79	0,54	953,77
2	3,27	0,044027	5,75	246,25	0,54	937,99
3	3,36	0,044027	5,75	253,01	0,54	935,53
4	3,46	0,044027	5,75	259,97	0,54	947,52
5	3,57	0,044027	5,75	267,14	0,54	959,77
6	3,68	0,044027	5,75	274,53	0,54	972,29
7	3,79	0,044027	5,75	282,14	0,54	985,08
8	3,90	0,044027	5,75	289,97	0,54	998,15
9	4,02	0,044027	5,75	298,04	0,54	1.011,50
10	4,14	0,044027	5,75	306,36	0,54	1.025,16
11	4,26	0,044027	5,75	314,92	0,54	1.039,11
12	4,39	0,044027	5,75	323,74	0,54	1.053,38

Taula 98. Costos factura elèctrica.



Peatge d'accés						
Any	Terme potència	Terme energia	P. Contracte	Cost P.Cont.	Llog. Compt.	Cost any
	€/kW/mes	€/kWh/mes	kW	€/mes	€/mes	€/any
13	4,52	0,044027	5,75	332,82	0,54	1.067,96
14	4,66	0,044027	5,75	342,18	0,54	1.082,88
15	4,80	0,044027	5,75	351,82	0,54	1.098,12
16	4,94	0,044027	5,75	361,74	0,54	1.113,72
17	5,09	0,044027	5,75	371,97	0,54	1.129,67
18	5,24	0,044027	5,75	382,50	0,54	1.145,98
19	5,40	0,044027	5,75	393,34	0,54	1.162,67
20	5,56	0,044027	5,75	404,52	0,54	1.179,74
21	5,73	0,044027	5,75	416,02	0,54	1.197,20
22	5,90	0,044027	5,75	427,88	0,54	1.215,07
23	6,07	0,044027	5,75	440,08	0,54	1.233,35
24	6,26	0,044027	5,75	452,66	0,54	1.252,06
25	6,44	0,044027	5,75	465,61	0,54	1.271,21
						<b>26.968,88</b>

Taula 99. Costos factura elèctrica.

Com podem veure a la taula anterior, amb un horitzó de 25 anys s'obté un total de 26.968,88 € corresponents als kWh consumits i al preu del kW del terme de potència.

PRODUCCIÓ I RELACIÓ DE COSTOS DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA							
Any	Generació	Manteniment	IVA	Reserva	Substitucions	IVA	Llicència obres
	kWh/any	€	€	€	€	€	€
1	6.078,35	38,24	8,03	152,98	-	-	1.147,34
2	6.041,87	38,36	8,06	162,16	-	-	-
3	6.005,62	38,47	8,08	171,89	-	-	-
4	5.969,59	38,59	8,10	182,20	-	-	-
5	5.933,77	38,71	8,13	193,13	-	-	-
6	5.898,17	38,82	8,15	204,72	-	-	-
7	5.862,78	38,94	8,18	217,00	-	-	-
8	5.827,60	39,06	8,20	230,02	-	-	-
9	5.792,64	39,17	8,23	243,82	-	-	-
10	5.757,88	39,29	8,25	258,45	-	-	-
11	5.723,34	39,41	8,28	273,96	-	-	-
12	5.689,00	39,53	8,30	290,40	-	-	-
13	5.654,86	39,64	8,33	307,82	-	-	-
14	5.620,93	39,76	8,35	326,29	-	-	-
15	5.587,21	39,88	8,38	345,87	-	-	-
16	5.553,68	40,00	8,40	366,62	-	-	-
17	5.520,36	40,12	8,43	388,62	-	-	-
18	5.487,24	40,24	8,45	411,94	-	-	-
19	5.454,32	40,36	8,48	436,65	-	-	-
20	5.421,59	40,48	8,50	-	11.081,45	2.327,10	-
21	5.389,06	40,61	8,53	34,70	-	-	-

Taula 100. Costos de la instal·lació FV.



PRODUCCIÓ I RELACIÓ DE COSTOS DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA							
Any	Generació	Manteniment	IVA	Reserva	Substitucions	IVA	Llicència obres
	kWh/any	€	€	€	€	€	€
22	5.356,73	40,73	8,55	36,78	-	-	-
23	5.324,59	40,85	8,58	38,99	-	-	-
24	5.292,64	40,97	8,60	41,33	-	-	-
25	5.260,88	41,10	8,63	43,81	4.265,00	895,65	-

Taula 101. Costos de la instal·lació FV.

En la taula anterior podem observar la part reservada per manteniment i per a reserves, a més de les substitucions realitzades en l'horitzó dels 20 anys pel conjunt d'acumuladors (cada 20 anys), valor amb el que s'utilitzarà la reserva acumulada i als 25 per la substitució dels mòduls fotovoltaics (cada 25 anys).

Seguidament, podrem observar els costos acumulats i estalvis, en el cas que es produeixin, separant els costos sense IVA i amb IVA, i remarcant amb color vermell els costos en negatiu i en verd els estalvis acumulats.

AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA						
	Factura elec.	IVA	Inversió inicial	IVA	Subs+Reserv.	IVA
	€/any	€	€	€	€	€
1	953,77	200,29	- 38.244,61	- 8.031,37	- 1.338,56	- 281,10
2	937,99	196,98	-	-	- 200,52	- 42,11
3	935,53	196,46	-	-	- 210,36	- 44,18
4	947,52	198,98	-	-	- 220,79	- 46,37
5	959,77	201,55	-	-	- 231,84	- 48,69
6	972,29	204,18	-	-	- 243,54	- 51,14
7	985,08	206,87	-	-	- 255,94	- 53,75
8	998,15	209,61	-	-	- 269,08	- 56,51
9	1.011,50	212,42	-	-	- 283,00	- 59,43
10	1.025,16	215,28	-	-	- 297,74	- 62,53
11	1.039,11	218,21	-	-	- 313,37	- 65,81
12	1.053,38	221,21	-	-	- 329,92	- 69,28
13	1.067,96	224,27	-	-	- 347,47	- 72,97
14	1.082,88	227,40	-	-	- 366,06	- 76,87
15	1.098,12	230,61	-	-	- 385,75	- 81,01
16	1.113,72	233,88	-	-	- 406,62	- 85,39
17	1.129,67	237,23	-	-	- 428,74	- 90,04
18	1.145,98	240,66	-	-	- 452,18	- 94,96
19	1.162,67	244,16	-	-	- 477,02	- 100,17
20	1.179,74	247,74	-	-	- 11.121,93	- 2.335,61

Taula 102. Amortització de la instal·lació.

AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA						
Any	Factura elec.	IVA	Inversió inicial	IVA	Subs+Reserv.	IVA
	€/any	€	€	€	€	€
21	1.197,20	251,41	-	-	- 75,31	- 15,81
22	1.215,07	255,16	-	-	- 77,51	- 16,28
23	1.233,35	259,00	-	-	- 79,84	- 16,77
24	1.252,06	262,93	-	-	- 82,30	- 17,28
25	1.271,21	266,96	-	-	- 4.349,91	- 913,48

Taula 103. Amortització de la instal·lació.

Finalment, podem realitzar l'acumulat, i establir els costos anuals de la instal·lació, resultants dels valors calculats.

AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA				
Any	Escomesa	Estalvi	Acumulat	I.V.A
	€	€/any	€/any	€/any
1	26.949,56	- 11.679,84	- 11.679,84	- 14.132,61
2	-	737,48	- 10.942,36	- 13.240,26
3	-	725,17	- 10.217,20	- 12.362,81
4	-	726,73	- 9.490,47	- 11.483,46
5	-	727,93	- 8.762,53	- 10.602,66
6	-	728,75	- 8.033,79	- 9.720,88
7	-	729,14	- 7.304,65	- 8.838,63
8	-	729,07	- 6.575,58	- 7.956,45
9	-	728,51	- 5.847,07	- 7.074,96
10	-	727,41	- 5.119,66	- 6.194,79
11	-	725,74	- 4.393,91	- 5.316,64
12	-	723,45	- 3.670,46	- 4.441,26
13	-	720,50	- 2.949,97	- 3.569,46
14	-	716,82	- 2.233,14	- 2.702,11
15	-	712,37	- 1.520,77	- 1.840,13
16	-	707,09	- 813,68	- 984,55
17	-	700,93	- 112,75	- 136,43
18	-	693,80	581,05	703,07
19	-	685,65	1.266,70	1.532,70
20	-	- 9.942,20	- 8.675,50	- 10.497,36
21	-	1.121,89	- 7.553,61	- 9.139,87
22	-	1.137,56	- 6.416,05	- 7.763,42
23	-	1.153,51	- 5.262,54	- 6.367,67
24	-	1.169,76	- 4.092,78	- 4.952,26
25	-	- 3.078,69	- 7.171,47	- 8.677,48

Taula 104. Amortització de la instal·lació.

Podem comprovar que la instal·lació es pot amortitzar en relació a un habitatge connectat a la xarxa el dinovè any, amb un valor positiu de 1.266,70 €, després d'aquest període, serà

necessària la substitució de les bateries, afegint novament un increment negatiu i assolint els - 8.675,50 €. Però podem comprovar que, l'últim any d'estudi, recau en un valor negatiu de - 7.171,47 €, essent 2.169,87 € menys que la instal·lació amb bateries de gel.

A més cal destacar, que amb aquesta instal·lació s'aprofita un 20 % més de l'energia emmagatzemada i que per cada canvi d'acumuladors de liti, representa un estalvi de 3.655,06 €, respecte les bateries de plom-àcid.

### 9.3 Instal·lació pel grup de vivendes

Finalment, realitzem l'estudi pel grup de vivendes amb una instal·lació comú. En aquest cas, es tractarà de la mateixa forma, multiplicant per 4 el total del cost anual de la factura elèctrica, i tenint en compte una estimació d'escomesa aèria trifàsica per realitzar la comparació esmentada del cost de realitzar la connexió a la xarxa envers la instal·lació fotovoltaica.

Descripció	Quantitat	Preu Ut (€)	Import (€)
Captadors 255W, Aixitec AXIWorlplus	90,00	137,46	12.371,40
Inversor fotovoltaic SMA Sunny tripower 15000 TL	2,00	2.147,30	4.294,60
Inversor de bateries SMA Sunny Island 8.0 H	6,00	2.160,80	12.964,80
SMA Sunny Remote Control SRC-20	2,00	180,61	361,22
SMA Cluster Controller 25	1,00	566,70	566,70
Sunny Home Manager	4,00	258,33	1.033,32
Endoll Bluetooth per Sunny Home	48,00	63,00	3.024,12
Bateries Liti Axitec Axistorage Li7s	19,00	3.184,92	61.323,32
Cable RJ45 blindat 3 m	32,00	4,34	138,79
Caixa de 5 Terminadors RJ45	2,00	2,25	4,50
Router TP-link TL-WR1043ND	1,00	27,60	27,60
Switch 18 ports Hamlet	1,00	17,73	17,73
Connectors RJ45, Cat6	8,00	0,62	4,99
Estructura inclinada ajustable FV915	90,00	39,97	3.597,66
m3 de formigó injectat	7,00	55,30	387,10
Protector sobretensió 12,5/1000 PV T1+2, Ciprotec	1,00	400,73	400,73
SMA Multicluster box 6.3	1,00	2.765,00	2.765,00
Grup electrogen ITC power DHY11KE 40 kVA	1,00	6.715,00	6.715,00
Cablejat de la instal·lació	1,00	7.608,31	7.608,31
h Operaris diversos	1,00	7.053,92	7.053,92
Altres equips, aparells general i elèctrica	1,00	2.934,88	2.934,88
		Total sens IVA	127.595,68

Taula 105. Resum pressupost grup vivendes.

Amb el resum del pressupost del grup d'habitatges, podem observar que s'assoleix un cost de la instal·lació de 135.418,06 € sense IVA, amb el que recaurien 33.854,515 € per habitatge, essent un cost més baix que realitzant la instal·lació de forma individual amb bateries de liti.

Un cop analitzat el cost de la instal·lació, procedim a la valoració del cost de la factura elèctrica que s'obtindria pel grup de vivendes al cap de 25 anys d'utilització connectats a la xarxa.

					Cost comercialització		
IPC	Anys		Cost Energ.	Impost elec.	Terme potència	Terme energia	Demanda anual
			€/kWh	5,0113%	€/kW/mes	€/kWh/mes	kWh/any
0%	2015	1	0,124107	0,1304526	0,33333	0,001970	4.015
3%	2016	2	0,120384	0,1265390	0,25942	0,001589	4.015
3%	2017	3	0,119180	0,1252736	0,25942	0,000557	4.015
3%	2018	4	0,120372	0,1265264	0,25942	0,000557	4.015
3%	2019	5	0,121575	0,1277916	0,25942	0,000557	4.015
3%	2020	6	0,122791	0,1290695	0,25942	0,000557	4.015
3%	2021	7	0,124019	0,1303602	0,25942	0,000557	4.015
3%	2022	8	0,125259	0,1316638	0,25942	0,000557	4.015
3%	2023	9	0,126512	0,1329805	0,25942	0,000557	4.015
3%	2024	10	0,127777	0,1343103	0,25942	0,000557	4.015
3%	2025	11	0,129055	0,1356534	0,25942	0,000557	4.015
3%	2026	12	0,130345	0,1370099	0,25942	0,000557	4.015
3%	2027	13	0,131649	0,1383800	0,25942	0,000557	4.015
3%	2028	14	0,132965	0,1397638	0,25942	0,000557	4.015
3%	2029	15	0,134295	0,1411615	0,25942	0,000557	4.015
3%	2030	16	0,135638	0,1425731	0,25942	0,000557	4.015
3%	2031	17	0,136994	0,1439988	0,25942	0,000557	4.015
3%	2032	18	0,138364	0,1454388	0,25942	0,000557	4.015
3%	2033	19	0,139748	0,1468932	0,25942	0,000557	4.015
3%	2034	20	0,141145	0,1483621	0,25942	0,000557	4.015
3%	2035	21	0,142557	0,1498457	0,25942	0,000557	4.015
3%	2036	22	0,143982	0,1513442	0,25942	0,000557	4.015
3%	2037	23	0,145422	0,1528576	0,25942	0,000557	4.015
3%	2038	24	0,146876	0,1543862	0,25942	0,000557	4.015
3%	2039	25	0,148345	0,1559301	0,25942	0,000557	4.015

Taula 106. Cost factura elèctrica.

Peatge d'accés						
Any	Terme potència	Terme energia	P.Contracte	Cost P.Contract.	LI. Compt.	Cost anyx4
	€/kW/mes	€/kWh/mes	kW	€/mes	€/mes	€/any
1	3,17	0,044027	5,75	244,79	0,54	3.815,09
2	3,27	0,044027	5,75	246,25	0,54	3.751,97
3	3,36	0,044027	5,75	253,01	0,54	3.742,11
4	3,46	0,044027	5,75	259,97	0,54	3.790,08
5	3,57	0,044027	5,75	267,14	0,54	3.839,08
6	3,68	0,044027	5,75	274,53	0,54	3.889,15

Taula 107. Cost factura elèctrica.

Peatge d'accés						
Any	Terme potència	Terme energia	P.Contracte	Cost P.Contract.	Ll. Compt.	Cost anyx4
	€/kW/mes	€/kWh/mes	kW	€/mes	€/mes	€/any
7	3,79	0,044027	5,75	282,14	0,54	3.940,31
8	3,90	0,044027	5,75	289,97	0,54	3.992,59
9	4,02	0,044027	5,75	298,04	0,54	4.046,02
10	4,14	0,044027	5,75	306,36	0,54	4.100,63
11	4,26	0,044027	5,75	314,92	0,54	4.156,45
12	4,39	0,044027	5,75	323,74	0,54	4.213,51
13	4,52	0,044027	5,75	332,82	0,54	4.271,85
14	4,66	0,044027	5,75	342,18	0,54	4.331,50
15	4,80	0,044027	5,75	351,82	0,54	4.392,50
16	4,94	0,044027	5,75	361,74	0,54	4.454,87
17	5,09	0,044027	5,75	371,97	0,54	4.518,67
18	5,24	0,044027	5,75	382,50	0,54	4.583,92
19	5,40	0,044027	5,75	393,34	0,54	4.650,66
20	5,56	0,044027	5,75	404,52	0,54	4.718,94
21	5,73	0,044027	5,75	416,02	0,54	4.788,80
22	5,90	0,044027	5,75	427,88	0,54	4.860,27
23	6,07	0,044027	5,75	440,08	0,54	4.933,41
24	6,26	0,044027	5,75	452,66	0,54	5.008,26
25	6,44	0,044027	5,75	465,61	0,54	5.084,86
						<b>107.875,51</b>

Taula 108. Cost factura elèctrica.

Com podem observar, el cost de la factura dels 4 habitatges al cap de 25 anys, assoliria un mínim de 107.875,51 €, restant a part els costos de manteniment de comptadors.

PRODUCCIÓ I RELACIÓ DE COSTOS DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA							
Any	Generació	Manten.	IVA	Reserva	Substit.	IVA	Llicència obres
	kWh/any	€	€	€	€	€	€
1	26.370,01	127,56	26,79	510,23		-	3.826,76
2	26.238,16	127,94	26,87	540,85		-	-
3	26.106,97	128,33	26,95	544,09		-	-
4	25.976,43	128,71	27,03	547,36		-	-
5	25.846,55	129,10	27,11	550,64		-	-
6	25.717,32	129,48	27,19	553,95		-	-
7	25.588,73	129,87	27,27	557,27		-	-
8	25.460,79	130,26	27,35	560,61		-	-
9	25.333,48	130,65	27,44	563,98		-	-
10	25.206,82	131,04	27,52	567,36		-	-
11	25.080,78	131,44	27,60	570,77		-	-
12	24.955,38	131,83	27,68	574,19		-	-
13	24.830,60	132,23	27,77	577,64		-	-
14	24.706,45	132,62	27,85	581,10		-	-
15	24.582,92	133,02	27,93	584,59		-	-
16	24.460,00	133,42	28,02	588,10		-	-

Taula 109. Cost instal·lació fotovoltaica.

PRODUCCIÓ I RELACIÓ DE COSTOS DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA							
Any	Generació	Manten.	IVA	Reserva	Substit.	IVA	Llicència obres
	kWh/any	€	€	€	€	€	€
17	24.337,70	133,82	28,10	591,62		-	-
18	24.216,01	134,22	28,19	595,17		-	-
19	24.094,93	134,63	28,27	598,74		-	-
20	23.974,46	135,03	28,36	602,34	49.962,40	10.492,10	-
21	23.854,59	135,43	28,44	52,62		-	-
22	23.735,31	135,84	28,53	52,93		-	-
23	23.616,64	136,25	28,61	53,25		-	-
24	23.498,55	136,66	28,70	53,57		-	-
25	23.381,06	137,07	28,78	53,89	12.371,40		-

Taula 110. Cost instal·lació fotovoltaica.

Tal com podem observar a la taula anterior, es realitza una reserva per possibles avaries o per a substitucions, passats 20 anys, s'utilitza la reserva per contribuir a minorar el cost de la substitució dels acumuladors, que suposa un cost de 61.323 € o el que és el mateix 15.330,75 € per habitatge. I passats 25 anys, es realitza la substitució del sistema de captació, suposant un cost de 16.921 €, en aquest cas, no es preveu l'ús de la reserva ja que es disposa de poca base acumulada. Per tant, suposa un cost de 4.230,25 € per habitatge.

AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA						
Any	Factura elec.	IVA	Inversió inicial	IVA	Subs + Reserv.	IVA
	€/any	€	€	€	€	€
1	3.815,09	801,17	- 127.558,71	- 26.787,33	- 4.464,55	- 937,56
2	3.751,97	787,91	-	-	- 668,79	- 140,45
3	3.742,11	785,84	-	-	- 672,42	- 141,21
4	3.790,08	795,92	-	-	- 676,07	- 141,97
5	3.839,08	806,21	-	-	- 679,74	- 142,75
6	3.889,15	816,72	-	-	- 683,43	- 143,52
7	3.940,31	827,47	-	-	- 687,14	- 144,30
8	3.992,59	838,44	-	-	- 690,88	- 145,08
9	4.046,02	849,66	-	-	- 694,63	- 145,87
10	4.100,63	861,13	-	-	- 698,41	- 146,67
11	4.156,45	872,85	-	-	- 702,20	- 147,46
12	4.213,51	884,84	-	-	- 706,02	- 148,26
13	4.271,85	897,09	-	-	- 709,86	- 149,07
14	4.331,50	909,62	-	-	- 713,73	- 149,88
15	4.392,50	922,42	-	-	- 717,61	- 150,70
16	4.454,87	935,52	-	-	- 721,52	- 151,52
17	4.518,67	948,92	-	-	- 725,45	- 152,34
18	4.583,92	962,62	-	-	- 729,40	- 153,17
19	4.650,66	976,64	-	-	- 733,37	- 154,01
20	4.718,94	990,98	-	-	- 50.097,43	- 10.520,46
21	4.788,80	1.005,65	-	-	- 188,05	- 39,49
22	4.860,27	1.020,66	-	-	- 188,77	- 39,64

Taula 111. Amortització de la instal·lació fotovoltaica.

AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA						
Any	Factura elec.	IVA	Inversió inicial	IVA	Subs + Reserv.	IVA
	€/any	€	€	€	€	€
23	4.933,41	1.036,02	-	-	189,50	39,79
24	5.008,26	1.051,73	-	-	190,23	39,95
25	5.084,86	1.067,82	-	-	190,96	40,10

Taula 112. Amortització de la instal·lació fotovoltaica.

AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA				
Any	Escomesa	Estalvi	Acumulat	IVA
	€	€/any	€/any	€/any
1	52.998,63	- 75.209,54	- 75.209,54	- 91.003,55
2		3.083,18	- 72.126,37	- 87.272,90
3		3.069,69	- 69.056,67	- 83.558,57
4		3.114,01	- 65.942,66	- 79.790,62
5		3.159,34	- 62.783,32	- 75.967,82
6		3.205,72	- 59.577,60	- 72.088,90
7		3.253,17	- 56.324,43	- 68.152,56
8		3.301,71	- 53.022,72	- 64.157,49
9		3.351,39	- 49.671,33	- 60.102,31
10		3.402,22	- 46.269,10	- 55.985,62
11		3.454,25	- 42.814,86	- 51.805,98
12		3.507,49	- 39.307,37	- 47.561,92
13		3.561,99	- 35.745,38	- 43.251,91
14		3.617,78	- 32.127,60	- 38.874,40
15		3.674,89	- 28.452,71	- 34.427,78
16		3.733,36	- 24.719,35	- 29.910,42
17		3.793,22	- 20.926,13	- 25.320,62
18		3.854,52	- 17.071,61	- 20.656,65
19		3.917,29	- 13.154,32	- 15.916,73
20		- 45.378,48	- 58.532,80	- 70.824,69
21		4.600,75	- 53.932,06	- 65.257,79
22		4.671,50	- 49.260,56	- 59.605,27
23		4.743,91	- 44.516,64	- 53.865,14
24		4.818,03	- 39.698,61	- 48.035,32
25		4.893,90	- 34.804,71	- 42.113,70

Taula 113. Amortització de la instal·lació fotovoltaica.

Calculades les despeses i els estalvis de la comparació, establim l'estalvi acumulat anual en un període de 25 anys. En aquest cas, no assolim cap valor positiu i com a màxim, s'assoleixen els 13.154,32 € negatius, entre l'any 19 i 20, on es produeix la substitució d'acumuladors.

Tot i no assolir cap valor positiu, com en els altres casos, cal destacar tres fets molt rellevants. Primerament, el cost de la instal·lació de l'escomesa no augmentarà amb la proporció amb el que creixen el nombre d'habitatges i en conseqüència la inversió inicial, aquest fet farà que l'amortització sigui molt més llarga o inexistent que en comparació amb habitatges individuals als que la instal·lació de l'escomesa serà més similar al cost de la instal·lació fotovoltaica. En segon

punt, l'acumulat final de -34.804,71 € és pel total dels quatre habitatges i per tant, s'ha de dividir entre quatre per comprovar l'aportació total que serà de 8.701,17 €, essent un acumulat negatiu inferior a l'habitatge amb bateries de Gel i superior en 1.529,70 € de la instal·lació amb bateries de liti. En últim punt, s'ha de destacar, que el fet de realitzar una instal·lació conjunta suposa una inversió inicial de 127.455,68 €, suposant una aportació de 31.863,92 € per habitatge, que serà suposa 6.277,66 € menys que l'habitatge únic amb bateries de liti.

#### 9.4 Resum bàsic cost escomesa aèria

Per la realització dels diferents estudis econòmics realitzats per a cada instal·lació estudiada, s'ha tingut en compte una estimació aproximada del cost d'efectuar la instal·lació d'una escomesa aèria sobre pals de fusta, del CT més proper fins a l'habitatge o grup d'habitatges, amb una distància aproximada d'1 km. Per a la primera i segona instal·lació, corresponents a habitatges individuals aïllats, es tindrà en compte una escomesa monofàsica, i per la darrera instal·lació, corresponent al grup d'habitatges es tindrà en compte una escomesa trifàsica. Primerament, podem observar un resum bàsic del cost aproximat de l'escomesa monofàsica.

Concepte	Import (€)
Suports de fusta de pi (20 u), 6 metres d'alçada, diàmetre base 22 cm, final 11 cm	5.800,00
Equips i maquinària, mà d'obra i costos complementaris, instal·lació suports	3.227,19
Cablejat BT prysmian, xarxa aèria tensada, RZ1-k, 0,6/1kV, 1x120mm²+1x90mm² XLPE	9.180,00
Equips i maquinària, mà d'obra i costos complementaris, instal·lació cablejat	2.718,30
Accessoris per cablejat, tubs retràctils, mà d'obra i costos complementaris	332,11
Caixa general de protecció, bornes, tubs, mà d'obra, material aux, costos complementaris	324,49
Derivació individual monofàsica enterrada, cablejat 1x25mm²+1x16mm² RZ1-K, XPLE	402,78
Material auxiliar, mà d'obra, maquinària, costos complementaris instal·lació DI	399,02
Projecte	1.100,00
Direcció d'obra	560,00
Permisos de pas	700,00
Llicència municipal	1.050,00
Taxes indústria	180,00
Connexió a companyia	670,00
<b>Total (€) sense IVA</b>	<b>26.643,89</b>

Taula 114. Resum cost escomesa monofàsica.

Seguidament, podem analitzar el cost bàsic aproximat de l'escomesa trifàsica, per al subministrament dels quatre habitatges.

Concepte	Import (€)
Suports de fusta de pi (25 u), 6 metres d'alçada, diàmetre base 22 cm.	7.250,00
Equips i maquinària, mà d'obra i costos complementaris, instal·lació suports	4.285,29

Taula 115. Resum cost escomesa trifàsica.



Concepte		Import (€)
Cablejat BT prysmian, xarxa aèria tensada, RZ1-k, 0,6/1kV, 3x185mm²+1x95mm² XLPE		21.800,00
Equips i maquinària, mà d'obra i costos complementaris, instal·lació cablejat		2.970,70
Accessoris per cablejat, tubs retràctils, mà d'obra i costos complementaris		332,11
Centralització de comptadors, proteccions embarrat, seccionament, rellotge tarifari i bornes		1.739,21
Equips i maquinària, mà d'obra i costos complementaris, instal·lació centralització compt.		2.050,78
Caixa general de protecció, bornes, tubs, mà d'obra, material aux, costos complementaris		353,99
Derivació individual monofàsica enterrada, cablejat 3x25mm²+1x16mm² RZ1-K, XPPE		3.662,10
Material auxiliar, mà d'obra, maquinària, costos complementaris instal·lació DI		606,87
Línia general d'alimentació, cablejat coure RZ1-k XKPE , tubs flexibles de polietilè.		189,48
Material auxiliar, mà d'obra i costos complementaris instal·lació LGA		75,31
Projecte		3.500,00
Direcció d'obra		1.800,00
Permisos de pas		900,00
Llicència municipal		2.088,00
Taxes indústria		250,00
Connexió a companyia		1.022,35
Total (€) sense IVA		52.114,63

Taula 116. Resum cost escomesa trifàsica.

Un cop analitzat doncs el cost de les escomeses, podem concloure en el cost en €/kWh final de les instal·lacions a 25 anys, tenint en compte el cost de l'escomesa es redueix de forma molt notable, resultant per a les tres instal·lacions en, 0,06 €/kWh per l'habitatge aïllat amb bateries de gel (instal·lació 1), 0,07 €/kWh per l'habitatge aïllat amb bateries de liti (instal·lació 2) i de 0,09 €/kWh per el grup d'habitatges aïllats (kWh). Tot i que com a referència es prenen els preus sense tenir en compte el cost de l'escomesa per la seva aproximació en el preu final, obtenim doncs un cost final de 0,24 €/kWh per l'habitatge aïllat amb bateries de gel (instal·lació 1), 0,26 €/kWh per l'habitatge aïllat amb bateries de liti (instal·lació 2) i de 0,17 €/kWh per el grup d'habitatges aïllats (kWh), destacant que, tot i ser superior al cost del kWh comercial, el grup d'habitatges s'ajusta molt més que la resta d'instal·lacions.

## 10 RESUM DEL PRESSUPOST

El cost total del present projecte, que engloba les instal·lacions d'un grup de quatre habitatges unifamiliars on es realitzaran per la part elèctrica, la posada a terra, la instal·lació elèctrica interior de cada habitatge i la instal·lació de generació fotovoltaica comú, ascendeix a cent cinquanta-cinc mil vuit-cents setanta-nou euros amb seixanta-tres cèntims, sense IVA.

## 11 CONCLUSIONS

Un cop realitzades les diferents instal·lacions fotovoltaïques, es poden extreure diferents conclusions per tal de valorar els pros i contres de cada una de les instal·lacions comparades.

En totes elles, s'ha previst un consum d'11 kWh diaris, consum d'energia força elevat per tal d'avaluar la viabilitat d'una instal·lació amb la màxima semblança amb un habitatge típic connectat a xarxa en les quals s'utilitzen una gran quantitat d'equips que representen consums elèctrics. En aquest cas s'ha de destacar que l'habitatge estudiat és un habitatge relativament gran pel que fa a superfície i que s'utilitza tot l'any de forma continuada, per aquest motiu els costos de la instal·lació seran més elevats que en les instal·lacions típiques que utilitzen instal·lacions fotovoltaïques que solen ser petites vivendes de cap de setmana. Dit això, la primera conclusió és que, es pot subministrar energia elèctrica provinent d'una instal·lació únicament fotovoltaica amb totes les garanties, per consums elevats com és el cas d'un habitatge individual o per consums molt elevats com pel grup d'habitatges. En el desenvolupament de les instal·lacions, s'ha comprovat la importància de sobredimensionar un 10 % la instal·lació de captació, ja que en cas contrari, a un temps inferior dels 25 anys previstos, la instal·lació fotovoltaica no podria subministrar tota l'energia diària necessària per cobrir la demanda de l'habitatge.

Després d'analitzar el mercat per tal de treballar amb els equips que incorporen les tecnologies més innovadores i comparar així una instal·lació amb els equips més comuns i que en primera instància són més econòmics, amb les últimes tecnologies que solen ser més costoses. El fet de la diferència de cost inicial provoca un canvi de les tecnologies més lent però després d'efectuar les instal·lacions i els corresponents estudis econòmics s'ha pogut contrastar que, realment la diferència de costos és menor del que sembla de forma inicial. Ens referim doncs bàsicament en l'ús de bateries de plom-àcid o bateries d'ió de liti.

Inicialment, la inversió en bateries de plom-àcid és menor a la inversió de bateries de liti. Utilitzant les bateries de plom-àcid es fa necessària una inversió de 9.951,54 € (sense IVA) per obtenir una capacitat en C5 d'emmagatzemament de 2,08 kWh per acumulador i un total de 50,06 kWh, dels quals se'n podran utilitzar 30,04 kWh. En quan a les bateries de liti de la instal·lació individual es fa necessària una inversió de 16.246,94 € (sense IVA), proporcionen una capacitat d'emmagatzemament de 6,8 kWh per acumulador, assolint un total de 34 kWh pel conjunt d'acumuladors, amb la capacitat d'aprofitar-ne 27,2 kWh, es precisa menys capacitat d'emmagatzematge per les gairebé nul·les pèrdues pel tractat de l'energia. Per tant, podem

comprovar que, amb les bateries de liti s'aprofita un 20 % més d'energia que amb les bateries de plom-àcid que per assolir el mateix nivell d'energia útil s'han d'instal·lar 13,22 kWh addicionals. En l'aspecte econòmic, com s'ha comentat la inversió inicial de les bateries de liti serà 6.295,40 € superior a les bateries de plom-àcid, però després de l'estudi de les vides útils dels acumuladors, es produeix un fet molt destacable, en les bateries de plom-àcid es fa necessària la substitució d'aquests equips al voltant dels 3.500 cicles DOD (uns 10 anys aproximadament), mentre que les bateries de liti assoleixen fins als 6.600 cicles DOD (uns 20 anys aproximadament), per tant, cada 10 anys s'hauran de substituir les de plom-àcid i cada 20 anys les d'ió de liti. En l'horitzó dels 20 anys, serà necessària la substitució dues vegades dels acumuladors de plom-àcid i d'una vegada els equips d'ió de liti, resultant en una inversió de 19.903,08 € (per les de plom-àcid) i una inversió de 16.246,94 €, obtenint un estalvi de 3.656,14 € cada 20 anys.

Com a resultat de la reflexió anterior, i de les previsions de baixada de preu de les bateries d'ió de liti gràcies al creixement de l'ús d'aquesta tecnologia en el sector de l'automoció, es va decidir utilitzar un sistema d'acumuladors formats per bateries d'ió de liti per a la instal·lació comú del grup de 4 habitatges objecte del projecte.

Un cop decidits els equips i tecnologies a utilitzar gràcies a la realització dels dos estudis de forma separada d'un habitatge aïllat, s'ha procedit a realitzar la comparació de la instal·lació d'un habitatge individual amb bateries de liti i un grup d'habitatges amb una instal·lació comú amb la mateixa tecnologia. Desenvolupada doncs la instal·lació pel grup d'habitatges, comprovem que el fet d'unir la instal·lació per tal de treballar en comú presenta avantatges i inconvenients en diferents aspectes. El fet de treballar amb més d'un habitatge amb una única instal·lació comú, permet treballar amb factors de simultaneïtat, que han contribuït en el fet que, econòmicament, tot i ser necessària una inversió inicial elevada (127.455,68€ sense IVA), dividint l'aportació de per als 4 habitatges s'obté un total de 31.863,92 € d'inversió inicial per a cada habitatge.

Per tant, podem establir que el cost inicial és menor al cost d'inversió inicial d'un habitatge individual aïllat, concretament 6.277,66 € menys per habitatge. Tot i ser un estalvi important, cal destacar que dependrà de l'espai disponible en la zona per a realitzar la instal·lació dels equips de tractat de l'energia i per la zona d'instal·lació dels captadors fotovoltaics pot fer incrementar el cost de la instal·lació fent reduir aquest estalvi. El fet d'unir les instal·lacions, provoca un augment de la potència a instal·lar que en sobrepassar els 10 kW provoca la necessitat de treballar amb un sistema trifàsic, en treballar en sistema trifàsic el cost de les instal·lacions augmenta considerablement, sobretot en referència al cablejat i les proteccions. Cal destacar

però, que el fet de treballar amb la configuració utilitzada proporciona una alta seguretat de funcionament i de subministrament d'energia, ja que els equips es desdoblen, donant l'opció de seguir en funcionament en cas d'avaries parcials i aconseguint un major rendiment de la instal·lació. També es proporciona una base econòmica més sòlida davant de possibles avaries en dividir els costos entre el nombre d'habitatges que alimenta la instal·lació. Pel conjunt d'aquests fets, se'n pot extreure que unir la instal·lació pel conjunt d'habitatges és millor opció que fer-ho de forma individual.

A part de l'aspecte econòmic, també s'ha d'incidir en l'aspecte mediambiental, el grup de 4 habitatges suposen un estalvi anual d'emissions de CO<sub>2</sub> de 7,99 TCO<sub>2</sub> (tenint en compte el mix Espanyol de 2016 establert per l'oficina Catalana del Canvi Climàtic, 308 gCO<sub>2</sub>/kWh). Evidentment, aquest estalvi d'emissions no és net, ja que s'ha optat per instal·lar un grup electrogen per tal de disminuir la capacitat necessària d'emmagatzemament de les bateries i augmentar la seguretat de subministrament d'energia elèctrica. La presència del grup electrogen s'ha considerat necessària ja que econòmicament és més viable l'ús del grup que l'augment de mòduls fotovoltaics i d'acumuladors en conseqüència. A part de com s'ha dit, assegurar el subministrament en tot moment en cas de males condicions climatològiques i allargar la vida útil del sistema d'acumuladors gràcies a l'ús d'inversors carregadors, amb els que amb l'ús del grup electrogen es garanteix la càrrega correcta en tot moment. Així doncs, per a la zona de la instal·lació se sol utilitzar un valor de 5 dies seguits com a màxim, amb condicions climatològiques adverses que provoquin una generació nul·la per part dels captadors fotovoltaics. Per tant, es preveuen unes emissions generades pel grup electrogen del grup d'habitatges d'1,4 TCO<sub>2</sub> a l'any (tenint en compte unes emissions de 2,37 kgCO<sub>2</sub>/litre gasoil), resultant per tant un estalvi anual de 6,59 TCO<sub>2</sub>, i un estalvi als 25 anys de 152,77 TCO<sub>2</sub>.

Un dels objectius principals del projecte era el de valorar si l'ús d'un sistema fotovoltaic aïllat (sense connexió a la xarxa) pot competir contra la connexió típica a la xarxa en zones urbanitzades. Després dels estudis realitzats, es pot concloure que en l'aspecte econòmic una instal·lació fotovoltaica aïllada amb l'ús de bateries per emmagatzematge de l'energia per a un habitatge d'ús diari no pot competir econòmicament contra els costos d'energia d'un habitatge connectat a xarxa de forma típica. Tot i que es produeix un punt d'inflexió, que pot marcar la diferència d'aquesta comparativa, que recau en que si tècnicament existeix la possibilitat de realitzar la instal·lació d'escomesa aèria des del CT més proper fins a l'habitatge, el cost d'aquesta instal·lació pot arribar a ser major que el cost de la instal·lació fotovoltaica.

Actualment es descarta la possibilitat d'obtenir un benefici econòmic o un estalvi utilitzant un sistema fotovoltaic aïllat en una zona urbanitzada en comparació amb un habitatge connectat a la xarxa amb totes les despeses que representa, i aquest fet es deu bàsicament al fet que, en períodes d'entre 10 i 25 anys successivament serà necessària la substitució de tant de bateries com de captadors fotovoltaics, fent que la inversió no es pugui amortitzar tal com es pot comprovar a l'apartat 8.4 Instal·lació comú per un grup de quatre d'habitatges. Com s'ha comentat, el preu de les bateries d'ió de liti s'ha reduït dràsticament els darrers anys i si les previsions es compleixen, en l'horitzó dels 10 anys es produirà una baixada important dels preus que pot provocar que aquest tipus d'instal·lació resultin econòmicament més viables. S'ha comprovat que en nombroses instal·lacions el sistema d'acumuladors es dimensiona per sota dels 3 dies que marca la normativa, compensant aquest fet amb la presència d'un grup electrogen, i en aquest cas, en reduir el cost del sistema d'acumulació, la instal·lació es pot amortitzar en un termini d'aproximadament 20 anys, creiem que aquest fet s'ha de comentar, per establir la capacitat real d'amortitzar les instal·lacions aïllades, però, aquesta opció es veu bloquejada per la normativa actual, i per això en aquest estudi s'ha treballat amb una autonomia mínima del sistema d'acumuladors de 3 dies.

Per últim, també volem destacar que, l'ús de vivendes amb potències instal·lades baixes i consums diaris poc importants, és més rendible que per a vivendes com la que s'ha estudiat, ja que el cost dels equips creix exponencialment amb la potència amb la que hauran de treballar.

Marc Comas Clariana  
Graduat en Enginyeria elèctrica

Torroella de Montgrí, 19 de juliol de 2017.

## 12 RELACIÓ DE DOCUMENTS

Aquest projecte consta dels següents documents: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

### 13 BIBLIOGRAFIA

AIXITEC. Mòduls fotovoltaics. (<http://www.axitecsolar.com/es/modulos-solares.html>, 4 març 2017).

AXITEC. Bateria ió Liti, AXistorage Li-7s. ([http://www.axitecsolar.com/data/document\\_files/DB\\_storage\\_7S\\_EN.pdf](http://www.axitecsolar.com/data/document_files/DB_storage_7S_EN.pdf), 18 d'abril 2017).

BAE. Bateria per aplicacions solars fotovoltaiques. (<http://www.bae-berlin.de/en/products/photovoltaic.html>, 14 maig 2017).

CALVO D. Que autoconsumo fotovoltaico es más rentable, krannich solar. (<http://es.krannich-solar.eu/2016/04/26/autoconsumo-fotovolatico-mas-rentable/>, 20 març 2017).

CASTAÑER MUÑOZ, L., Energía solar fotovoltaica. Edicions UPC, Barcelona, 1994.

CASTEJÓN OLIVA, A., SANTAMARIA HERRANZ, G., Instalaciones solares fotovoltaicas. Editorial Editex. Madrid. 2010.

CIPROTEC. Proteccions sobretensions, V-Check. ([http://www.cirprotec.com/es/Sobretensiones/Protectores-contrasobretensiones-permanentes-POP/Red-electrica-segun-IEC\\_carrilDIN/Permanentes-Transitorias-POP-DPS/Actuacion-sobre-IGA-incluido-.-Compacto/V-CHECK-MPT-mini](http://www.cirprotec.com/es/Sobretensiones/Protectores-contrasobretensiones-permanentes-POP/Red-electrica-segun-IEC_carrilDIN/Permanentes-Transitorias-POP-DPS/Actuacion-sobre-IGA-incluido-.-Compacto/V-CHECK-MPT-mini), 7 maig 2017).

CIPROTEC. Vigilants d'aïllament, ISO-Check. ([http://www.cirprotec.com/es/Control-y\\_vigilancia/Vigilantes-de-aislamiento/Vigilantes-de-aislamiento/ISO-CHECK/ISO-CHECK](http://www.cirprotec.com/es/Control-y_vigilancia/Vigilantes-de-aislamiento/Vigilantes-de-aislamiento/ISO-CHECK/ISO-CHECK), 7 maig 2017).

COAC. Atlas radiació solar Catalunya. ([http://www.coac.net/mediambient/renovables/energia\\_renovables/atlas\\_radiacio\\_solar\\_catalunya.htm](http://www.coac.net/mediambient/renovables/energia_renovables/atlas_radiacio_solar_catalunya.htm), 13 març 2017).

DF ELECTRIC. Proteccions fusibles. (<http://www.df-sa.es/es/productos>, 15 d'abril 2017).

EXIDE. Bateria disponibles, aplicacions fotovoltaiques. (<http://www2.exide.com/us/en/product-solutions/transportation/findabattery-trans-ext.aspx>, 12 maig 2017).



GENCAT. Factor de emisión asociado a la energia elèctrica, el mix electrico. ([http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015\\_tcm7-453238.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015_tcm7-453238.pdf), 23 maig 2017).

GENERAL CABLE. Cablejats utilitzats per les instal·lacions. (<http://www.generalcable.com/eu/es/information-center/catalogues-library>, 14 maig 2017)

GNB INDUSTRIAL POWER. Bateries solar fotovoltaica. ([http://www2.exide.com/Media/files/Downloads/IndustEuro/Sonnenschein\\_SOLAR\\_en.pdf](http://www2.exide.com/Media/files/Downloads/IndustEuro/Sonnenschein_SOLAR_en.pdf), 12 maig 2017).

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, C., Manual de energia solar fotovoltaica. IDAE, Madrid , 2000.

ICAEN. Quadern pràctic nº4. Energia Solar fotovoltaica. Barcelona 2009.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACION Y AHORRO DE LA ENERGÍA. Energía del sol (<http://www.idae.es/index.php/id.652/reلمenu.324/mod.pags/mem.detalle>, 5 d'abril 2017).

IRENA. Renewable power generation costs in 2014.( [https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Power\\_Costs\\_2014\\_repot.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_repot.pdf), 18 març 2017).

IRENA. REthinking Energy towards a new power energy, 2014. ([https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA/NFP\\_IRENA\\_Report\\_REthinking-Energy\\_0914.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA/NFP_IRENA_Report_REthinking-Energy_0914.pdf), 18 març 2017).

IRENA. REthinking Energy towards a new power energy, 2015. ([http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/11/IRENA-\\_REthinking\\_Energy\\_2nd\\_report\\_2015.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/11/IRENA-_REthinking_Energy_2nd_report_2015.pdf), 8 abril 2017)

IRENA. REthinking Energy towards a new power energy, 2016. ([http://www.apren.pt/fotos/Newsletter/conteudos/irena\\_remap\\_2016\\_edition\\_report\\_1459440394.pdf](http://www.apren.pt/fotos/Newsletter/conteudos/irena_remap_2016_edition_report_1459440394.pdf), 8 abril 2017).

IRENA. REthinking Energy towards a new power energy, 2017. ([http://www.apren.pt/fotos/Newsletter/conteudos/rethinking\\_energy\\_2017\\_irena\\_1486121175.pdf](http://www.apren.pt/fotos/Newsletter/conteudos/rethinking_energy_2017_irena_1486121175.pdf), 10 abril 2017).

ITC POWER. Grups electrògens dièsel insonoritzats. (<https://itcpower.com/wpcontent/uploads/2017/05/cat-diesel-insonorizado-ITCPower.pdf>, 18 maig 2017).

MAPAMA. Inventario de emisiones de españa, emisiones de gases de efecto invernadero. ([http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015\\_tcm7-453238.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015_tcm7-453238.pdf), 24 maig 2017).

MORENO ALFONSO, N,. Instalaciones de energia fotovoltaica, como rentabilizarla, Editorial Garceta, Madrid, 2010.

PETER F.VARADI, Sun Above de horizon Metheoric rise of the solar energy. Editorial Pan Stanford, Singapur. 2014.

PV CYCLE. Empresa de gestió de residus fotovoltaics. (<http://www.pvcycle.org/services/european-union/>, 19 maig 2017).

PVGIS. Dades irradiació solar segons latitud. (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe>, 12 d'abril del 2017).

REGLAMENT ELECTROTECNIC DE BAIXA TENSIO, Mc Graw Hill, Madrid, 2013.

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Caixa distribució multicluster box. (<https://www.sma.de/es/productos/inversor-con-bateria/muticluster-boxes-para-sunny-island.html>, 3 maig 2017).

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Clúster Controller. (<https://www.sma.de/es/productos/monitorizacion-y-control/sma-cluster-controller.html>, 3 maig 2017).

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Inversor de bateries, Sunny Island 6.0, 8.0H. (<https://www.sma.de/es/productos/inversor-con-bateria/sunny-island-60h-80h.html>, 21 abril 2017).

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Inversor fotovoltaic monofàsic, Sunny Boy 5.000TL. (<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-boy-3000tl-3600tl-4000tl-5000tl-con-reactive-power-control.html>, 21 abril 2017).

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Inversor fotovoltaic trifàsic, Sunny Tripower 15.000TL. (<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-tripower-15000tl-20000tl-25000tl.html>, 12 abril 2017).

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Portal de monitorat, Sunny Portal. (<https://www.sma.de/es/productos/monitorizacion-y-control/sunny-portal.html>, 6 d'abril 2017).

SOLAR INNOVA. Huella de carbono, fabricación de módulos FV. (<http://www.solarinnova.net/images/stories/es/productos/fotovoltaica/modulos/manual/pdf/si-esf-m-huella-carbono.pdf>, 25 maig 2017).

SONNENSCHNEIDER. Bateries disponibles, A600. (<http://www.sonnenschein.org/A600.htm>, 8 maig 2017 ).

SUPORTS DESARROLLO&SOLUCIONES. Suports mòduls fotovoltaics segons instal·lació.([http://www.suports.es/?page\\_id=24](http://www.suports.es/?page_id=24), 13 maig 2017)

UNEF. El tiempo de la energia solar fotovoltaica, informe anual 2016. ([https://unef.es/wpcontent/uploads/dlm\\_uploads/2016/08/Informe-Anual-UNEF-2016\\_El-tiempode-la-energia-solarfotovoltaica.pdf](https://unef.es/wpcontent/uploads/dlm_uploads/2016/08/Informe-Anual-UNEF-2016_El-tiempode-la-energia-solarfotovoltaica.pdf), 10 març 2017).

UNEF. La energia fotovoltaica, una alternativa real, informe anual 2015. ([https://unef.es/wpcontent/uploads/2015/10/MEMO-UNEF\\_2015.pdf](https://unef.es/wpcontent/uploads/2015/10/MEMO-UNEF_2015.pdf), 10 març 2017).

VICTRON ENERGY. Bateries disponibles, tipus. (<https://www.victronenergy.com.es/batteries>, 8 maig 2017).

VICTRON ENERGY. Controlador de càrrega Smart Solar. (<https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers/smartsolar-150-85-150-100>, 2 juny 2017).

VICTRON ENERGY. Inversor fotovoltaic Quattro. (<https://www.victronenergy.com.es/upload/Documents/Datasheet-Quattro-3kVA-15kVA-ES>, 12 març 2017).

VICTRON ENERGY. Monitors de bateries. (<https://www.victronenergy.com.es/batterymonitors/bmv-700>, 1 juny 2017).

VICTRON ENERGY. Sistemes de supervisió, Color Control CX. (<https://www.victronenergy.com.es/panel-systems-remote-monitoring/color-control>, 1 juny 2017).

## 14 GLOSSARI

AEE: Aparells elèctrics i electrònics.

AM: Air mass.

BMS: Battery management System.

BOE: Boletín oficial del Estado.

CA: Corrent altern.

CAN: Controller Area Network.

CC: Corrent Continu.

CDT: Caiguda de tensió.

CEM: Condicions estàndard de mesura.

CTE: Codi Tècnic de l'Edificació.

DB: Document bàsic.

DOD: Depth of duty.

FI: Factor d'irradiació.

FS: Factor d'ombres.

FV: Fotovoltaic.

GEI: Gasos d'efecte hivernacle.

GHG: The Greenhouse Protocol.

HE: Ahorro de Energía.

HSP: Hores solar pic.

ICP: Interruptor de control de potència.

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

IGA: Interruptor general automàtic.

IPC: Índex de preus de consum.

IRENA: The International renewable energy agency.

IVA: Impost sobre el valor Afegit.

LCD: Liquid crystal display.

LED: Light Emitter Diode.

MPPT: Maximum power point tracker.

NREL: National renewable energy laboratory.

PR: Performance Ratio.

PV: Photovoltaic.

PVC: Policlorur de Vinil.

PWM: Pulse-width modulation .

RAEE: Residus d'aparells elèctrics i electrònics.

RD: Reial Decret.

REBT: Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

SD: Secure digital.

TUR: Tarifa d'últim recurs.

UNE: Una Norma Espanyola.

UNEF: Union Española fotovoltaica.

WLAN: Local Area Network.

## A CÀLCULS ELÈCTRICS

Els càlculs utilitzats per dimensionar la instal·lació en els diferents capítols del present projecte, són els citats seguidament.

Intensitats monofàsica CA (A).

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos(\theta)} \quad (\text{Eq. 37})$$

Intensitats trifàsica CA (A).

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\theta)} \quad (\text{Eq. 38})$$

Caiguda de tensió monofàsica AC (%).

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{S \cdot V \cdot K} \cdot \frac{100}{V} \quad (\text{Eq. 39})$$

Caiguda de tensió trifàsica AC (%).

$$e = \frac{P \cdot L}{S \cdot V \cdot K} \cdot \frac{100}{V} \quad (\text{Eq. 40})$$

Secció (mm<sup>2</sup>) segons I (A) monofàsica i CC,  $\gamma_{\theta} = 45 \text{ s} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$ .

$$S = \frac{200 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta U \% \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} \quad (\text{Eq. 41})$$

Secció (mm<sup>2</sup>) segons I (A) trifàsica,  $\gamma_{\theta} = 45 \text{ s} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$ .

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta U \% \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} \quad (\text{Eq. 42})$$

Posada a terra.

$$R_c = \frac{2 \cdot \rho}{L} \quad (\text{Eq. 43})$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_P} \quad (\text{Eq. 44})$$

$$R_p = \frac{\rho}{N_{pic} \cdot L_{pic}} \quad (\text{Eq. 45})$$

On,  $R_t$  resistència total,  $R_c$  resistència del conductor enterrat,  $R_p$  resistència de las piquetes de 2m,  $N_{pic}$  nombre de piquetes.

La relació de càlculs realitzats per al dimensionament de la instal·lació elèctrica, circuits, línies, cablejat i proteccions, s'han recollit en les tres taules següents, seguint les prescripcions que senyala el REBT, per instal·lacions interiors.

Circuit	Concepte	Fs	Fu	P.unit	Un.	Psub.	Cos	L (m)	S.calc.(mm²)
C1	Enllumenat 1	0,75	0,60	10	25	113	1,00	22,25	0,06
C2	Preses d'ús general	0,20	0,25	1.640	13	1.066	1,00	15,53	0,37
C4 (1)	Rentadora	0,50	0,75	1.450	1	544	0,85	4,00	0,04
C4 (2)	Rentaplats	0,50	0,50	1.450	1	361	0,90	18,00	0,12
C4 (3)	Ventiladors	0,50	0,40	50	4	40	0,90	14,46	0,01
C5	Bany, Cuina	0,40	0,50	1.950	4	1.560	1,00	18,05	0,63
C6	Enllumenat 2	0,75	0,60	10	24	108	1,00	19,50	0,05
C7	Preses d'ús general 2	0,20	0,25	1.640	14	1.148	1,00	16,50	0,43

Taula 117. Càlculs instal·lació elèctrica.

Circuit	Concepte	K	I (A)	Icc	C.D.T (V) parcial	C.D.T (%) parcial
C1	Enllumenat 1	1,00	0,49	0,61	0,26	0,11
C2	Preses d'ús general	1,00	4,63	5,79	1,03	0,45
C4 (1)	Rentadora	1,25	2,23	2,78	0,11	0,05
C4 (2)	Rentaplats	1,25	1,39	1,74	0,31	0,14
C4 (3)	Ventiladors	1,25	0,15	0,19	0,04	0,02
C5	Bany, Cuina	1,00	6,78	8,48	1,09	0,48
C6	Enllumenat 2	1,00	0,47	0,59	0,22	0,09
C7	Preses d'ús general 2	1,00	4,99	6,24	1,18	0,51

Taula 118. Càlculs instal·lació elèctrica.

Circuit	Concepte	C.D.T (V) Total	C.D.T (%) Total	S.utilitz. (mm²)	PIA
C1	Enllumenat 1	0,26	0,11	1,50	10
C2	Preses d'ús general	1,03	0,45	2,50	16
C4 (1)	Rentadora	0,11	0,05	4,00	20

Taula 119. Càlculs instal·lació elèctrica.

Circuit	Concepte	C.D.T (V) Total	C.D.T (%) Total	S.utilitz. (mm <sup>2</sup> )	PIA
<b>C4 (2)</b>	Rentaplats	0,31	0,14	4,00	20
<b>C4 (3)</b>	Ventiladors	0,04	0,02	2,50	10
<b>C5</b>	Bany, Cuina	1,09	0,48	4,00	16
<b>C6</b>	Enllumenat 2	0,22	0,09	1,50	10
<b>C7</b>	Preses d'ús general 2	1,18	0,51	2,50	16

Taula 120. Càlculs instal·lació elèctrica.



## B CÀLCULS FOTOVOLTAICA

Les fórmules utilitzades per dimensionar el cablejat, seccions i proteccions, utilitzades per la part de la instal·lació que treballa amb CC, es recullen seguidament.

Intensitat CC (A).

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} \quad (\text{Eq. 46})$$

Caiguda de tensió (%/m).

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U\%}{L_t} \quad (\text{Eq. 47})$$

Secció (mm<sup>2</sup>) segons I (A) monofàsica i CC,  $\gamma_{\theta} = 45 \text{ s}\cdot\text{m}/\text{mm}^2$ .

$$S = \frac{200 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta U\% \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} \quad (\text{Eq. 48})$$

Secció (mm<sup>2</sup>) segons I (A) trifàsica, i conductivitat  $\gamma_{\theta} = 45 \text{ s}\cdot\text{m}/\text{mm}^2$ .

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta U\% \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} \quad (\text{Eq. 49})$$

Els resultats obtinguts queden recollits en les següents taules, per a cada instal·lació estudiada, per tal de dimensionar les intensitats de treball i les seccions a instal·lar. Primerament, es calcularà la intensitat màxima de treball segons tipus d'instal·lació, i aplicant un coeficient de seguretat d'1,25 %.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 1</b>	Isc mòdul	9,08	1,25	11,35	E	2 XLPE	0,75	0,89	17,00
<b>Tram 2</b>	IGsc	54,45	1,25	68,06	B1	2 XLPE	1,00	0,89	76,47
<b>Tram 3</b>	IR	54,45	1,25	68,06	B1	2 XLPE	1,00	1,00	68,06
<b>Tram 4</b>	linv CC	100,00	1,25	125,00	B1	2 XLPE	1,00	1,00	125,00
<b>Tram 5</b>	linv CA	28,26	1,25	35,33	B1	2 XLPE	1,00	1,00	35,33
<b>Tram 6</b>	I grup	45,50	1,25	56,88	D	2 XPLE	1,00	1,14	49,89

Taula 121. Càlculs Intensitats instal·lació 1.

Seguidament, es comprovarà la secció necessària per complir amb la caiguda de tensió, utilitzant els següents valors pel càlcul.

Concepte	Valor
Caiguda de tensió (%)	1,50
$\Delta u_u$ (%/m)	0,08
Tensió Sistema (V)	48,00
Conductivitat (s·m/mm <sup>2</sup> )	45,00
Tensió CA (V)	230,00
Tensió Mín Generador (V)	98,10

Taula 122. Valors utilitzats pel dimensionament de cablejat, instal·lació 1.

	Longitud (m)	AU(%) Assignat	Secció C.d.t mm <sup>2</sup>
<b>Tram 1</b>	12,00	0,60	10,28
<b>Tram 2</b>	3,00	0,33	28,03
<b>Tram 4</b>	2,00	0,37	62,56
<b>Tram 5</b>	2,00	0,20	6,06
<b>Total (m)</b>	<b>19,00</b>	<b>1,50</b>	-

Taula 123. Càlculs Caiguda de tensió i secció, instal·lació 1.

Com s'ha comentat, el tram 3 s'assignarà la caiguda de tensió del tram 1 més el tram 2.

	Longitud (m)	AU(%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )
<b>Tram 3</b>	2,00	0,93	13,55

Taula 124. Càlculs Caiguda de tensió i secció, instal·lació 1.

Per últim, es comprovarà la caiguda de tensió quan l'energia procedeix del segon circuit, provinent del grup electrogen.

	Longitud (m)	AU(%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )
<b>Tram 6</b>	20,00	0,70	27,19
<b>Tram 4,2</b>	2,00	0,40	57,87
<b>Tram 5,2</b>	2,00	0,40	2,96
<b>Total</b>	<b>26,00</b>	<b>1,50</b>	-

Taula 125. Càlculs Caiguda de tensió i secció, instal·lació 1.

De la comparació dels resultats obtinguts per intensitat màxima i per caiguda de tensió es fixaran les seccions finals per la instal·lació 1, tal com es pot comprovar a la taula 32, de l'apartat 8.2.10.

Es repeteixen els càlculs per la instal·lació 2, habitatge individual amb bateries de liti. Primerament, es calcularà la intensitat màxima de treball segons tipus d'instal·lació, i aplicant un coeficient de seguretat d'1,25 %.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 1</b>	Isc mòdul	9,08	1,25	11,35	E	2 XLPE	0,80	0,89	15,94
<b>Tram 3</b>	linv FV	22,82	1,25	28,53	B1	3 XLPE	0,80	1,00	35,66
<b>Tram 4</b>	Ibat inv	140,00	1,25	175,00	B1	2 XLPE	1,00	1,00	175,00
<b>Tram 5</b>	linv CA	103,00	1,25	128,75	B1	3 XLPE	1,00	1,00	128,75
<b>Tram 6</b>	I grup	54,50	1,25	68,13	D	2 XPPE	1,00	1,14	59,76

Taula 126. Càlculs Intensitats instal·lació 2.

Seguidament, es comprovarà la secció necessària per complir amb la caiguda de tensió, utilitzant els següents valors pel càlcul.

Concepte	Valor
Caiguda de tensió (%)	1,50
$\Delta u_u$ (%/m)	0,05
Tensió Sistema (V)	55,50
Conductivitat (s·m/mm <sup>2</sup> )	45,00
Tensió CA (V)	230,00
Tensió min Generador (V)	294,30

Taula 127. Valors utilitzats pel dimensionament de cablejat, instal·lació 2.

	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )	Secció Correcció mm <sup>2</sup>
<b>Tram 1</b>	26,00	1,05	4,24	5,96
<b>Tram 3</b>	6,00	0,45	6,36	7,96
<b>Total</b>	<b>32,00</b>	<b>1,50</b>		

Taula 128. Càlculs Caiguda de tensió i secció, instal·lació 2.

	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )	Secció Correcció mm <sup>2</sup>
<b>Tram 6</b>	12,00	0,50	27,36	24,00
<b>Tram 5</b>	6,00	0,29	44,58	44,58
<b>Total</b>	<b>21,50</b>	<b>1,50</b>		

Taula 129. Càlculs Caiguda de tensió i secció, instal·lació 2.

De la comparació dels resultats obtinguts per intensitat màxima i per caiguda de tensió es fixaran les seccions finals per la instal·lació 1, tal com es pot comprovar a la taula 52, de l'apartat 8.3.10.

Es repeteixen els càlculs per la darrera instal·lació estudiada, la instal·lació 3, pel grup d'habitatges. Primerament, es calcularà la intensitat màxima de treball segons tipus d'instal·lació, i aplicant un coeficient de seguretat d'1,25 %.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 1</b>	Isc mòdul	8,60	1,25	10,75	E	2 XLPE	0,90	0,89	13,42
<b>Tram 2</b>	Igsc	25,80	1,25	32,25	D	2 XLPE	1,00	1,14	28,29

Taula 130. Càlculs Intensitats instal·lació 3.

		I ini (A)	F.seg	I (2)(A)	Codi	Aïllament	Agrup.	Temp.	I fi (A)
<b>Tram 3</b>	linv FV	43,30	1,25	54,13	D	3 XLPE	0,90	1,14	52,75
<b>Tram 4</b>	lbat inv	140,00	1,25	175,00	B1	2 XLPE	1,00	1,00	175,00
<b>Tram 5</b>	linv CA	86,95	1,25	108,69	B1	3 XLPE	0,90	1,00	120,76
<b>Tram 6</b>	l grup	57,70	1,25	72,13	B1	3 XPLE	1,00	1,00	72,13

Taula 131. Càlculs Intensitats instal·lació 3.

Seguidament, es comprovarà la secció necessària per complir amb la caiguda de tensió, utilitzant els següents valors pel càlcul.

Concepte	Valor
<b>Caiguda de tensió (%)</b>	1,50
<b><math>\Delta u</math> (%/m)</b>	0,01
<b>Tensió Sistema (V)</b>	55,50
<b>Conductivitat (s·m/mm<sup>2</sup>)</b>	45,00
<b>Tensió CA (V)</b>	400,00
<b>Tensió Generador (V)</b>	391,75

Taula 132. Valors utilitzats pel dimensionament de cablejat, instal·lació 3.

	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )	Secció Correcció mm <sup>2</sup>
<b>Tram 1</b>	40,00	0,25	19,51	24,36
<b>Tram 2</b>	30,00	0,39	28,14	24,69

Taula 133. Càlculs Caiguda de tensió i secció, instal·lació 3.

	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )	Secció Correcció mm <sup>2</sup>
<b>Tram 3</b>	42,00	0,86	25,44	24,79
<b>Total</b>	<b>112,00</b>	<b>1,50</b>		

Taula 134. Càlculs Caiguda de tensió i secció, instal·lació 3.

	Longitud (m)	AU (%) Assignat	Secció C.d.t (mm <sup>2</sup> )	Secció Correcció mm <sup>2</sup>
<b>Tram 6</b>	12,00	0,55	15,14	15,14
<b>Tram 4</b>	3,00	0,61	68,92	68,92
<b>Tram 5</b>	4,00	0,10	41,83	46,48
<b>Total</b>	<b>19,00</b>	<b>1,26</b>		

Taula 135. Càlculs Caiguda de tensió i secció, instal·lació 3.

De la comparació dels resultats obtinguts per intensitat màxima i per caiguda de tensió es fixaran les seccions finals per la instal·lació 1, tal com es pot comprovar a la taula 79, de l'apartat 8.4.10.

Per al dimensionament de la instal·lació fotovoltaica, el procediment adoptat, es desenvolupa seguidament, partint de les necessitats energètiques de la instal·lació  $E_{dc} = 10.958,80 \text{ Wh}$ .

Per establir la inclinació i l'orientació, en funció de les pèrdues, establím el període de disseny, per al mes més desfavorable de l'any en relació a la irradiació solar.

<i>Período de diseño</i>	$\beta_{opt}$	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi + 10$	1,7
Julio	$\phi - 20$	1
Anual	$\phi - 10$	1,15

Taula 136. Pèrdues orientació.

Com hem vist, la vivenda es troba a una latitud de 42,05° Nord, per tant, establím l'orientació i inclinació òptima, en azimuth  $\alpha = 0^\circ$  i  $\beta_{opt} = 58^\circ$  (aquest últim recomanat pel programari PVsyst).

Com s'ha vist al llarg del desenvolupament del treball, s'han desenvolupat 3 instal·lacions, per tant, d'ara endavant, ens referirem a la instal·lació individual amb bateries de gel com a instal·lació 1. Ens referirem a la instal·lació individual amb bateries de liti com a instal·lació 2. I per últim ens referirem a la instal·lació del grup de vivendes com a instal·lació 3.

En aquest cas, és possible utilitzar la inclinació òptima per característiques constructives de la instal·lació que podrà ser de fins a 58°, tot i que s'haurà de corregir segons IDAE el factor d'irradiació.

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2] \quad (\text{Eq. 50})$$

Obtenim com a resultat,  $FI = 0,995737$ .

A partir del factor d'irradiació i la constant K, que relaciona la irradiació en pla horitzontal  $G_{dm}(0)$  i la irradiació amb la inclinació per al mes de disseny, que com s'indica a la Taula 129, per al mes de desembre prenem un valor d'1,7, podem calcular la irradiació global diària que incidirà sobre la superfície del generador fotovoltaic en el període de disseny. Sabent que la irradiació al pla horitzontal  $G_{dm}(0) = 1,86 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$ .

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS \quad (\text{Eq. 51})$$

Obtenim com a resultat,  $G_{dm}(0, 58) = 3,135 \text{ kWh/m}^2$ , que es traduirà en les hores solar pic, és a dir 3,149 HSP diàries.

Pel cas de la instal·lació 3 (grup d'habitatges), les pèrdues per ombres, d'un 1,2 %, faran variar aquest factor.

$$FS = 1 - \text{Pèrdues} \quad (\text{Eq. 52})$$

Obtenim com a resultat,  $G_{dm}(0, 58) = 3,135 \text{ kWh/m}^2$ , que es traduirà en les hores solar pic, és a dir 3,124 HSP diàries.

Establim ara el PR de la instal·lació, que segons l'IDAE, per instal·lacions amb regulador, inversor i bateries, es pot prendre el valor de 0,7 (instal·lació amb bateries de plom àcid) i 0,72 (instal·lacions amb bateries de liti). La normativa estableix un mínim de potència del generador, en funció, del performance ratio, irradiació en condicions CEM (temperatura de la Cel·la fotovoltaica 25°C, irradiància 1.000 W/m² i AM (massa d'aire 1,5 ) i demanda d'energia diària.

$$P_{mp,mín} = \frac{ED \cdot GEM}{G_{dm} \cdot PR} \quad (\text{Eq. 53})$$

Per tant, la potència que com a mínim a de tenir el generador és de 4.993,88 W (instal·lació 1), 4.934,76 W (instal·lació 2) i 18.370,99 W (instal·lació 3). I com a màxim 1,2 vegades superior, (requisit obligatori).

$$P_{mp,mín} < 1,2 \cdot P_{mp,mín} \quad (\text{Eq. 54})$$

La potència màxima del generador no a de superar els 5.992,66 Wp (instal·lació 1), 5.921,70 Wp (instal·lació 2) i 22.045,18 W (instal·lació 3). Per tal de saber l'energia màxima diària que haurà de subministrar el generador, tenint en compte el rendiment de la instal·lació i la demanda real de la instal·lació.

$$ED_{sub} = \frac{E_{dc}(Wh)}{PR} \quad (\text{Eq. 55})$$

Obtenim per tant, una energia de subministrament de 15.655,429 Wh/dia (Instal·lació 1), 15.220,556 Wh/dia (instal·lació 2) i 57.838,111 Wh/dia (instal·lació 3).

Establim les hores solars pic, valor en el qual es rebrà una hipotètica irradiació de 1.000 W/m².

$$HSP = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta)}{1.000} \quad (\text{Eq. 56})$$

Obtenim un total de 3,14 hores solar pic diàries (Instal·lacions 1 i 2) i 3,12 (instal·lació 3).

En conjunt, per respondre a les necessitats d'energia amb les dades obtingudes, el generador aportarà una potència de 4.972,31 W (instal·lació 1), 4.834,19 W (instal·lació 2), 18.513,73 W (instal·lació 3) segons la següent equació.

$$P_{\text{conjunt}} = \frac{E_{\text{Dsub}}}{HSP} \quad (\text{Eq. 57})$$

Per les seves característiques tècniques i la relació entre rendiment preu, s'han escollit, mòduls fotovoltaics AIXITEC AXIperfectBLK de 300 W la unitat (per a les instal·lacions 1 i 2) i AIXITEC de 255 W (instal·lació 3). S'establiran el nombre de mòduls necessaris segons la següent equació.

$$n^{\circ} \text{ mòduls} = \frac{P_{\text{conjunt}}}{P_{\text{modul}}} \quad (\text{Eq. 58})$$

Finalment, s'obtenen 18 mòduls (per la instal·lació 1 i 2) i 90 mòduls (instal·lació 3).

$$P_{\text{max}} = n^{\circ} \text{ mòduls} \cdot P_{\text{modul}} \quad (\text{Eq. 59})$$

Resum dels càlculs esmentats per a cada instal·lació de forma separada.

La connexió en sèrie, paral·lel entre mòduls resulta de gran importància, ja que s'ha d'ajustar de forma convenient per tal de controlar els valors de les intensitats, en aquest punt, es necessita conèixer les característiques tècniques dels mòduls de forma individual, valors en condicions estàndard de prova (CTM) irradiació de 1.000 W/m² a l'espectre AM1,5 i temperatura de 25°C.

Pn (Wp)	Umpp (V)	Impp (A)	Isc (A)	Uoc (V)	A (mA/°C)	B (mV/°C)	η (%)
300	36,50	8,22	8,95	43,40	0,00358	-0,1085	18,44

Taula 137. Característiques del mòdul fotovoltaic instal·lació 1 i 2.

P <sub>n</sub> (Wp)	U <sub>mpp</sub> (V)	I <sub>mpp</sub> (A)	I <sub>sc</sub> (A)	U <sub>oc</sub> (V)	A (mA/°C)	B (mV/°C)	η (%)
255	30,80	8,28	8,48	37,92	0,00339	-0,1338	15,58%

Taula 138. Característiques del mòdul fotovoltaic instal·lació 3.

Establim la connexió dels mòduls sabent que el fabricant indica la tensió màxima del sistema a 1.000 VCC, primerament, s'han de corregir els valors per temperatura per tal d'assegurar que s'assoleixen els mínims per l'arrencada dels equips i que no se superen els màxims que suporta cada equip. Per la zona on es troba la instal·lació, tal es recull en els històrics del servei meteorològic de Catalunya, s'estableixen uns mínims de -3,3 °C i de +42 °C, que per la superfície dels captadors s'utilitzarà una temperatura de +60°C.

Per a la correcció de les temperatures s'aplicaran les fórmules següents.

Valor mínim U<sub>mpp</sub>.

$$U_{mpp} (+60^{\circ}\text{C}) = U_{mpp} + \beta \cdot (T-25) \quad (\text{Eq. 60})$$

Valor màxim U<sub>mpp</sub>.

$$U_{mpp} (-3,3^{\circ}\text{C}) = U_{mpp} + \beta \cdot (T-25) \quad (\text{Eq. 61})$$

Tensió màxima en buit U<sub>oc</sub>

$$U_{oc} (-3,3^{\circ}\text{C}) = U_{oc} + \beta \cdot (T-25) \quad (\text{Eq. 62})$$

Intensitat màxima de curtcircuit I<sub>sc</sub>.

$$I_{Gsc} (+60^{\circ}\text{C}) = I_{Gsc} + \alpha \cdot (T-25) \quad (\text{Eq. 63})$$

Intensitat màxima de en punt de màxima potència I<sub>mpp</sub> (A)

$$I_{mpp} (+60^{\circ}\text{C}) = I_{mpp} + \alpha \cdot (T-25) \quad (\text{Eq. 64})$$



Per tant, treballarem amb els nous paràmetres per augmentar la seguretat i fiabilitat dels càlculs dels paràmetres del generador. Cal destacar doncs, que l'augment de temperatura provoca un descens de tensió mentre que el mateix augment de temperatura provoca un augment d'intensitat.

<b>Pn(Wp)</b>	<b>Umpp màx (-3,3 °C)(V)</b>	<b>Umpp mín (+60°C)(A)</b>	<b>Impp (60°C)(A)</b>	<b>Isc(A)</b>	<b>Uoc(V)</b>
300	36,50	32,70	8,35	9,08	46,47

Taula 139. Característiques corregides del mòdul fotovoltaic instal·lació 1 i 2.

<b>Pn(Wp)</b>	<b>Umpp màx (-3,3 °C)(V)</b>	<b>Umpp mín (+60°C)(A)</b>	<b>Impp (60°C)(A)</b>	<b>Isc(A)</b>	<b>Uoc(V)</b>
255	34,59	26,12	8,40	8,60	41,71

Taula 140. Característiques corregides del mòdul fotovoltaic instal·lació 3.

Seguidament, un cop establerts el nombre de mòduls necessaris per a cada instal·lació, i els paràmetres dels mòduls de cada instal·lació, podem calcular els paràmetres dels generadors fotovoltaics.

Es troba la tensió del circuit obert del generador, a partir del nombre de mòduls en sèrie, i la tensió de circuit obert d'un mòdul.

$$U_{GOC} = N_s \cdot U_{oc} \quad (\text{Eq. 65})$$

La Intensitat de curt-circuit del generador, a partir del nombre de mòduls en paral·lel i la intensitat de curtcircuit d'un mòdul Isc.

$$I_{Gsc} = N_p \cdot I_{sc} \quad (\text{Eq. 66})$$

Tensió en punt de màxima potència del generador, a partir dels mòduls en sèrie i la tensió de màxima potència d'un mòdul.

$$U_{Gmpp} = N_s \cdot U_{mpp} \quad (\text{Eq. 67})$$

Intensitat en punt de màxima potència del generador, a partir dels mòduls en paral·lel i la intensitat de màxima potència d'un mòdul Impp.

$$I_{Gmpp} = N_p \cdot I_{mpp} \quad (\text{Eq. 68})$$

Serà necessari establir el connexionat utilitzat per a cada instal·lació tal com es mostra següidament.

nº Mòduls	Mòduls paral·lel	Mòduls sèrie	Potència Final (W)
18	6	3	5.400

Taula 141. Connexionat generador FV instal·lació 1.

Pel cas de la instal·lació 2, l'inversor utilitzat disposa de dues entrades, per tant, pel dimensionament dels fusibles, es treballarà per separat cada entrada, primerament observem la configuració general de l'inversor.

nº Mòduls	Mòduls paral·lel	Mòduls sèrie	Potència Final (W)
18	2	9	5.400

Taula 142. Connexionat generador FV instal·lació 2.

Seguidament, observem les característiques de cada entrada, A i B.

nº Mòduls	Mòduls paral·lel	Mòduls sèrie	Potència Final (W)
9	1	9	2.700

Taula 143. Connexionat generador FV instal·lació 2, entrada A.

nº Mòduls	Mòduls paral·lel	Mòduls sèrie	Potència Final (W)
9	1	9	2.700

Taula 144. Connexionat generador FV instal·lació 2, entrada B.

Pel cas de la instal·lació 3, es disposa de dos inversors FV, per tant, dividirem el connexionat per cada inversor per establir-ne les característiques del generador.

nº Mòduls	Mòduls paral·lel	Mòduls sèrie	Potència Final (W)
45	3	15	11.475

Taula 145. Connexionat generador FV instal·lació 3, inversor 1.

La taula anterior referent a un dels inversors es repetirà dues vegades, ja que els dos inversors treballen en paral·lel, obtenim doncs una potència final de 22.950 Wp.

Del connexionat de cada inversor, es realitzaran els càlculs de cada entrada A i B, per tant.

nº Mòduls	Mòduls paral·lel	Mòduls sèrie	Potència Final (W)
30	2	15	7.650

Taula 146. Connexionat generador FV instal·lació 3, inversor 1, entrada A.

nº Mòduls	Mòduls paral·lel	Mòduls sèrie	Potència Final (W)
15	1	15	3.825

Taula 147. Connexionat generador FV instal·lació 3, inversor 1, entrada B.

Un cop establerts els connexionat i les equacions necessàries, podem definir els paràmetres de cada generador FV utilitzat en les 3 instal·lacions.

DADES DEL GENERADOR FV 1			
U <sub>goc</sub>	Tensió de circuit obert del generador	139,41	V
I <sub>gsc</sub>	Intensitat de Curtcircuit del generador	54,45	A
U <sub>gmpp</sub> màx	Tensió màxima en punt de màxima potència del generador	118,71	V
I <sub>gmpp</sub>	Intensitat punt màxima potència	50,07	A
U <sub>gmpp</sub> min	Tensió mínima en punt de màxima potència del generador	98,11	V

Taula 148. Paràmetres del generador FV instal·lació 1.

Com hem vist, repetirem el procés anterior, mostrant primerament les característiques generals del generador FV i seguidament de cada entrada, valors utilitzats pels càlculs de seccions (tenint en compte les Intensitats x1,25) i proteccions.

DADES DEL GENERADOR FV 2			
U <sub>goc</sub>	Tensió de circuit obert del generador	418,23	V
I <sub>gsc</sub>	Intensitat de Curtcircuit del generador	18,15	A
U <sub>gmpp</sub> màx	Tensió màxima en punt de màxima potència del generador	356,13	V
I <sub>gmpp</sub>	Intensitat punt màxima potència	16,69	A
U <sub>gmpp</sub> min	Tensió mínima en punt de màxima potència del generador	294,32	V

Taula 149. Paràmetres del generador FV instal·lació 2.

Com s'ha mostrat, l'inversor disposa de dues entrades i cada entrada tindrà la mateixa configuració, i presentarà els següents paràmetres.

DADES DEL GENERADOR FV 2, entrada A i entrada B			
U <sub>goc</sub>	Tensió de circuit obert del generador	418,23	V
I <sub>gsc</sub>	Intensitat de Curtcircuit del generador	9,08	A
U <sub>gmpp</sub>	Tensió màxima en punt de màxima potència del generador	356,13	V
I <sub>gmpp</sub>	Intensitat punt màxima potència	8,35	A
U <sub>gmpp</sub>	Tensió mínima en punt de màxima potència del generador	294,32	V

Taula 150. Paràmetres del generador FV instal·lació 2, entrades inversor A i B.

Finalment, podem comprovar els paràmetres de la instal·lació 3.

DADES DEL GENERADOR FV 3			
U <sub>goc</sub>	Tensió de circuit obert del generador	625,60	V
I <sub>gsc</sub>	Intensitat de Curtcircuit del generador	51,59	A
U <sub>gmpp</sub> màx	Tensió en punt de màxima potència del generador	518,80	V
I <sub>gmpp</sub>	Intensitat punt màxima potència	50,39	A
U <sub>gmpp</sub> min	Tensió mínima en punt de màxima potència del generador	391,76	V

Taula 151. Paràmetres del generador FV instal·lació 3.

En aquest cas es disposa de dos inversors amb la mateixa configuració.

DADES DEL GENERADOR FV 3, inversor 1 i 2			
U <sub>goc</sub>	Tensió de circuit obert del generador	625,60	V
I <sub>gsc</sub>	Intensitat de Curtcircuit del generador	25,80	A
U <sub>gmpp</sub> màx	Tensió en punt de màxima potència del generador	518,80	V
I <sub>gmpp</sub>	Intensitat punt màxima potència	25,20	A
U <sub>gmpp</sub> min	Tensió mínima en punt de màxima potència del generador	391,76	V

Taula 152. Paràmetres del generador FV instal·lació 3, inversors.

Cada inversor disposa de dues entrades amb diferents configuracions de mòduls. Primerament mostrarem la configuració de l'entrada A i seguidament l'entrada B.

DADES DEL GENERADOR FV 3, inversor entrada A			
U <sub>goc</sub>	Tensió de circuit obert del generador	625,60	V
I <sub>gsc</sub>	Intensitat de Curtcircuit del generador	17,20	A
U <sub>gmpp</sub> màx	Tensió en punt de màxima potència del generador	518,80	V
I <sub>gmpp</sub>	Intensitat punt màxima potència	16,80	A
U <sub>gmpp</sub> min	Tensió mínima en punt de màxima potència del generador	391,76	V

Taula 153. Paràmetres del generador FV instal·lació 3, entrada A.

DADES DEL GENERADOR FV 3, inversor entrada B			
U <sub>goc</sub>	Tensió de circuit obert del generador	625,60	V
I <sub>gsc</sub>	Intensitat de Curtcircuit del generador	8,60	A
U <sub>gmpp</sub> màx	Tensió en punt de màxima potència del generador	518,80	V
I <sub>gmpp</sub>	Intensitat punt màxima potència	8,40	A
U <sub>gmpp</sub> min	Tensió mínima en punt de màxima potència del generador	391,76	V

Taula 154. Paràmetres del generador FV instal·lació 3, entrada B.

Un cop definits tots els paràmetres, procedirem al dimensionament de les bateries, com s'ha comentat, l'IDAE estableix un mínim de 3 dies, valor que utilitzarem pel dimensionament de la instal·lació, ja que disposem de grup electrogen i per tant no és necessari augmentar més el valor de dies d'autonomia.

Per les instal·lacions amb bateries de plom-àcid es recomana una profunditat de descàrrega del

60% i per les bateries de liti una profunditat de descàrrega de 80 %. A partir de l'energia mitjana diària de consum  $E_{dc}$ , establerta en 8 kWh al dia per a les instal·lacions 1 i 2, i de 30,4 kWh al dia per la instal·lació 3, establim doncs l'energia mitjana total de consum  $E_{tc}$  en tots els dies d'autonomia.

$$E_{tc} = A \cdot E_{dc} \quad (\text{Eq. 69})$$

Obtenim un valor de 24 kWh per a les instal·lacions 1 i 2, i un valor de 91,2 kWh per a la instal·lació 3.

L'energia mitjana total de la bateria per a tots els dies d'autonomia s'estableix de la forma següent. Tenint en compte, que el rendiment resulta del producte entre el rendiment de l'inversor Victron Quattro i el rendiment del regulador Victron Smart Solar (instal·lació 1) que són de 0,97 i 0,96 % respectivament, els rendiments de l'inversor fotovoltaic Sunny Boy 5.000 TL i l'inversor de bateries Sunny Island que són de 0,98 i 0,96 % respectivament (instal·lació 2) i finalment els rendiments dels inversors fotovoltaics Sunny Tripower 15.000 TL i l'inversor de bateries Sunny Island que són de 0,984 i 0,96 % respectivament (instal·lació 3).

A més, també es té en compte el factor de la profunditat de descàrrega, que recau en l'energia útil que es pot aprofitar dels acumuladors, que com s'ha explicat serà del 60% per les bateries de plom àcid gel (instal·lació 1) i del 80% de la capacitat total de les bateries de liti (instal·lacions 2 i 3).

$$E_{tb} = \frac{E_{tc}}{\eta \cdot PD} \quad (\text{Eq. 70})$$

Per tant, es defineix una nova energia necessària final per als 3 dies d'autonomia per a cada instal·lació que seran, 42.600,32 Wh (per la instal·lació 1), 33.806,45 Wh (per la instal·lació 2) i un total de 121.173,47 Wh (instal·lació 3).

Amb els valors de necessitat d'energia total dels acumuladors  $E_{tc}$  establim el temps final d'utilització per tots els dies d'autonomia en les pitjors condicions de subministrament  $t_{final}$ , és a dir, utilitzant la màxima potència  $P_{ins}$ , des de la instal·lació interior d'usuari fins a esgotar la bateria, amb irradiació solar nul·la.

$$t_{\text{final}} = \frac{E_{\text{tc}}}{P_{\text{ins}}} \quad (\text{Eq. 71})$$

Amb una potència d'instal·lació interior de 4,94 kW (instal·lacions 1), 4,94 kW (instal·lació 2) i de 19,75 kW (instal·lació 3), la descàrrega en aquest cas es produiria com a màxim en 8,63 hores, 6,85 hores i 6,13 hores per a les instal·lacions 1, 2 i 3 respectivament.

La bateria haurà de subministrar una energia en Ah, en funció de  $E_{\text{tc}}$  i la tensió del sistema corresponent a 48 V (instal·lació 1) i de 55,5 V (instal·lació 2 i 3).

$$A_{\text{htb}} = \frac{E_{\text{tc}}}{V_{\text{n}}} \quad (\text{Eq. 72})$$

Com a resultat de l'equació anterior, obtenim una capacitat necessària d'energia emmagatzemada pel conjunt del sistema d'acumulació de 887,50 Ah (instal·lació 1), 609,12 Ah (instal·lació 2) i 2.183,15 Ah (instal·lació 3).

Per tal de comprovar la intensitat que podem trobar en el pitjor dels casos, que es donaria en el cas que l'usuari connectes el 100% de les càrregues de l'habitatge fins a esgotar les bateries, intensitat que hauran de suportar els cables.

$$I_{\text{b}} = \frac{A_{\text{htb}}}{t_{\text{final}}} \quad (\text{Eq. 73})$$

Com a resultat, el sistema podrà presentar com a màxim una intensitat de descàrrega de les bateries de 109,75 A (instal·lació 1), de 94,91 A (instal·lació 2) i de 379,67 A (instal·lació 3), intensitats que no es contemplen ja que en cap cas, s'utilitzarà el 100% d'equips de la instal·lació a màxima potència sense cap irradiació solar i durant un mínim de 6,13 hores i en l'hipotètic cas de donar-se aquest fet els inversors i inversors de bateries limitarien aquesta descàrrega, allargant els temps de descàrrega i disminuint la intensitat de descàrrega esmentada.

Finalment, es realitzarà una correcció de la capacitat necessària per l'acció de la temperatura, que pel fet de trobar-se a l'interior d'armaris o sales de màquines es preveu, que no baixi dels 10 °C.

$$C_{\text{n}}' = \frac{C_{\text{n}}}{1 - \frac{T-20}{160}} \quad (\text{Eq. 74})$$

Aplicant l'equació anterior, es realitza una correcció de la capacitat nominal necessària i resulten 946,67 Ah (per la instal·lació 1), una capacitat nominal de 649,73 Ah (per la instal·lació 2) i finalment una capacitat nominal de 2.328,26 Ah (per la instal·lació 3).

Per establir el règim de descàrrega a l'hora d'escollir la bateria més adequada, en aquesta situació podem dir que el règim de descàrrega en les pitjors condicions es en C8,63 hores, C6,85 hores i C6,13 hores per a les instal·lacions 1,2 i 3 respectivament. Per tant, buscarem un valor de temps de descàrrega pròxim a les als temps de descàrregues esmentades.

Concepte	Nm.	Valor	Unitats
Tensió del sistema	Vn	48,00	V
Profunditat de descàrrega	PD%	0,60	%
Energia mitjana diària de consum	Edc	8.000,00	Wh
Energia total en els dies d'autonomia 3	Etc wh/3dies	24.000,00	Wh
Potència màxima Vivenda	Pmax (W)	4,90	kW
Temps final d'utilització (Pitjors condicions)	td	8,63	h
Capacitat nominal bateries	Cn	887,50	Ah
Intensitat descàrrega a Pmax de forma contínua	Ib	109,75	A
Rendiment Regulador	$\eta_{reg}$	0,968	%
Rendiment Inversor	$\eta_{inv}$	0,97	%
Temperatura mínima	Tmin	10,00	°C
Capacitat nominal corregida per temp.	Cn'	946,67	Ah
Capacitat Final Instal·lada C10	Cn	1.114,00	Ah

Taula 155. Resum dades de càlcul Acumuladors instal·lació 1.

Seguidament, es podran comprovar les dades de càlcul utilitzades pel dimensionament dels acumuladors de liti de la instal·lació 2.

Concepte	Nm.	Valor	Unitats
Tensió del sistema	Vn	55,50	V
Profunditat de descàrrega	PD%	0,80	%
Energia mitjana diària de consum	Edc	8.000,00	Wh
Energia total en els dies d'autonomia 3	Etc wh/3dies	24.000,00	Wh
Potència màxima Vivenda	Pmax (W)	4,90	kW
Temps final d'utilització (Pitjors condicions)	td	6,85	h
Capacitat nominal bateries	Cn	609,12	Ah
Intensitat descàrrega a Pmax de forma contínua	Ib	94,91	A
Rendiment Inversor bateries	$\eta_{invbat}$	0,95	%
Rendiment Inversor	$\eta_{inv}$	0,963	%
Temperatura mínima	Tmin	10,00	°C

Taula 156. Resum dades de càlcul Acumuladors instal·lació 2.

Concepte	Nm.	Valor	Unitats
Capacitat nominal corregida per temp.	Cn'	649,73	Ah
Capacitat Final Instal·lada C10	Cn	607,50	Ah

Taula 157. Resum dades de càlcul Acumuladors instal·lació 2.

Per últim, s'exposaran les dades utilitzades pel dimensionament dels acumuladors de liti del grup d'habitatges, instal·lació 3.

Concepte	Nm.	Valor	Unitats
Tensió del sistema	Vn	55,50	V
Profunditat de descàrrega	PD%	0,80	%
Energia mitjana diària de consum	Edc	30.400,00	Wh
Energia total en els dies d'autonomia 3	Etc wh/3dies	91.200,00	Wh
Potència màxima grup habitatges	Pmax (W)	19,75	kW
Temps final d'utilització (Pitjors condicions)	td	6,13	h
Capacitat nominal bateries	Cn	2.183,31	Ah
Intensitat descàrrega a Pmax de forma contínua	Ib	379,67	A
Rendiment Inv bat	$\eta_{invbat}$	0,95	%
Rendiment Inversor	$\eta_{inv}$	0,97	%
Temperatura mínima	Tmin	10,00	°C
Capacitat nominal corregida per temp.	Cn'	2.328,86	Ah
Capacitat Final Instal·lada C10	Cn	2.308,50	Ah

Taula 158. Resum dades de càlcul Acumuladors instal·lació 3.



## C CÀLCULS ESTRUCTURES

Les fórmules utilitzades pel càlcul dels esforços als quals es veuen sotmesos els mòduls fotovoltaics es recullen seguidament.

Per calcular la força que fa el vent sobre els captadors, tenint en compte el vent provinent del nord.

$$f_v = p \cdot S \cdot \sin^2 \alpha \quad (\text{Eq. 75})$$

On  $p$ , és la pressió frontal del vent en ( $\text{N/m}^2$ ), en funció de la velocitat del vent, en aquest cas contemplant una velocitat de 100,8 km/h.

Velocitat del vent (m/s)	Velocitat del vent (km/h)	Pressió del vent ( $\text{N/m}^2$ )
28	100,8	479
34	122,4	707
38	136,8	883

Taula 159. Pressió del vent en relació a la velocitat. Quadern pràctic nº 4, Institut Català d'energia.

$S$ , és la superfície dels mòduls en ( $\text{m}^2$ ), calculat en aquest cas segons fileres de mòduls. Fileres de 2 i 4 mòduls (per les instal·lacions 1 i 2) i fileres de 15 mòduls (per la instal·lació 3).

A partir del coeficient eòlic de sobrecàrrega obtindrem la sobrecàrrega que exercirà el vent sobre les línies de mòduls, que sumats a la pressió inicial resultarà el total de  $\text{kg/m}^2$ .

$$p = c \cdot w \quad (\text{Eq. 76})$$

On  $c$  és el coeficient eòlic i  $w$  la pressió dinàmica ( $\text{kg/m}^2$ ).

L'altre cas a analitzar es el cas de nevada, en aquest cas, ens basarem en el pitjor dels casos, vents amb calamarsada i neu, pel que el NBE-AE-88. Obtenim doncs, una nova pressió en  $\text{kg/m}^2$  mitjançant la següent formula indicada pel CTE per inclinacions menors de  $60^\circ$ .

$$p' = p \cdot \cos \alpha \quad (\text{Eq. 77})$$

On  $p'$  és la nova pressió en  $\text{kg/m}^2$ ,  $p$  la pressió inicial, i  $\alpha$  la inclinació dels mòduls ( $58^\circ$ ).

Segons els històrics meteorològics, es defineix un gruix de neu de 35 cm, pel que es corregirà la pressió.

$$p'' = p' \cdot h_m \quad (\text{Eq. 78})$$

On  $p''$  serà la nova pressió en ( $\text{kg/m}^2$ ) i  $h_m$  la màxima caiguda de neu en (m).

Pel reforç de l'estructura i els suports a col·locar, s'instal·laran blocs de formigó, tal com s'ha pogut veure a la Figura 69, el punt B és la meitat de la distància entre A i C, es calcularà el moment que pot exercir la força del vent al suport a C. Es calcularà doncs el moment sobre A i sobre C.

$$M_a = f_v \cdot d_{AB} \quad (\text{Eq. 79})$$

$$M_c = f_v \cdot d_{BC} \quad (\text{Eq. 80})$$

Obtenim el moment aplicat en ( $\text{kp} \cdot \text{m}$ ),  $f_v$  és la força del vent en (kN),  $d_{AB}$  i  $d_{BC}$  són les distàncies de separació.

Un cop tenim calculats els moments, i comprovem que el superior és el moment  $M_c$ , trobem el pes horitzontal, tal com es pot observar a la Figura 70.

$$P_{es\ h} = \frac{M_{\max}}{d_{AB}} \quad (\text{Eq. 81})$$

I finalment, podem trobar el pes final a aplicar en kp, amb el que podem obtenir el volum necessari de formigó a col·locar en blocs (instal·lació 1 i 2) o injectat a terra formigonat (instal·lació 3).

$$P_{es} = \frac{P_{es\ h}}{\cos \alpha} \quad (\text{Eq. 82})$$

Com hem comentat, per últim, trobem el volum de formigó a col·locar.

$$V = \frac{P_{es}}{\rho} \quad (\text{Eq. 83})$$

On  $V$  és el volum en  $\text{m}^3$  de formigó, i  $\rho$  el pes específic del formigó a col·locar.

En relació al càlcul per les separacions utilitzades per a la instal·lació de les fileres de mòduls, responen a la següent relació de càlculs. S'ha de procurar una separació entre fileres que garanteixi un mínim de 4 hores de sol els dies de menys elevació solar (solstici d'hivern).

La distància mínima entre la part superior d'una fila i la part inferior de la següent, ha de complir l'expressió següent.

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \Phi)} \quad (\text{Eq. 84})$$

On  $d$  és la distància mínima en metres,  $h$  l'alçada de l'obstacle projectada sobre la vertical en metres i  $\Phi$  la latitud del lloc en graus.

L'alçada projectada sobre la vertical d'una fila es calcula a partir de l'angle d'inclinació i la longitud del mòdul.

$$h = L \cdot \sin \beta \quad (\text{Eq. 85})$$

On  $h$  l'alçada de l'obstacle projectada sobre la vertical en metres i  $\beta$  la inclinació del mòdul en graus i  $L$  la longitud del mòdul en metres.

També ho podem trobar mitjançant la distància mínima entre la part inferior de les files dels mòduls.

$$D_{\min} = d \cdot L \cos \beta \quad (\text{Eq. 86})$$

On  $D_{\min}$  és la distància mínima entre les files de mòduls en metres,  $d$  la distància mínima en metres, l'alçada de l'obstacle projectada sobre la vertical en metres i  $\beta$  la inclinació del mòdul en graus i  $L$  la longitud del mòdul en metres.

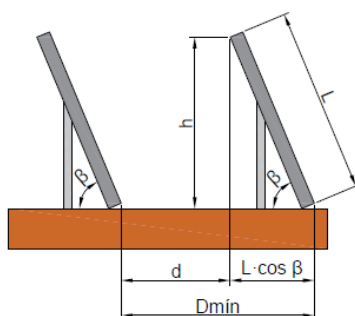


Figura 111. Distàncies pel càlcul de separacions.

## D PROGRAMARI PVSYSY

Per tal de comprovar els càlculs realitzats, s'ha utilitzat una simulació de cada instal·lació estudiada amb el programari PVSYSY 6.53. Aquest programa permet realitzar simulacions molt acurades del funcionament dels sistemes fotovoltaics convencionals. La primera simulació que s'exposarà és la corresponent a la instal·lació 1, habitatge aïllat amb bateries de gel.

## Sistema Aislado: Parámetros de la simulación

## Parámetros de la simulación

<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	58°	Acimut	0°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			

## Características generador FV

<b>Módulo FV</b> <small>Original PVsyst database</small>	Si-poly	Modelo	<b>AXIpower AC-300P/156-72S</b>	
		Fabricante	Axitec Energy	
Número de módulos FV		En serie	3 módulos	En paralelo 6 cadenas
Nº total de módulos FV		Nº módulos	18	Pnom unitaria 300 Wp
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>5.40 kWp</b>	En cond. funciona. 4833 Wp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	99 V	I mpp 49 A
Superficie total		Superficie módulos	<b>34.9 m²</b>	Superf. célula 31.5 m²

## Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	34 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de Tensión	0.7 V	Fracción de Pérdidas	0.6 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.4 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

## Parámetro del Sistema

	Tipo de sistema	<b>Sistema Aislado</b>		
<b>Batería</b>	Modelo	<b>A600 12 OPzV 1400</b>		
	Fabricante	Sonnenschein		
Características del banco de baterías	Tensión	48 V	Capacidad Nominal	1363 Ah
	Nº de unidades	24 en serie		
	Temperatura	Fijo (20°C)		
<b>Controller</b>	Modelo	Smart Solar 150/100 MPPT		
	Fabricante	Victron Energy		
	Tecnología	MPPT converter		
Convertidor	Eficiencias Máx. y EURO	97.5/96.3 %	Coef. temp.	-5.0 mV/°C/elem.
Battery management control	Threshold commands as	Battery voltage		
	Carga	54.0/50.1 V	Corresp. SOC	0.89/0.75
	Descarga	45.9/48.9 V	Corresp. SOC	0.13/0.45
<b>Necesidades de los usuarios</b>	Cons. domésticos diarios media	Modulación estacional 10.9 kWh/Día		

Figura 112. Paràmetres de la simulació utilitzats, instal·lació 1.

## Sistema Aislado: Definición del sombreado cercano

### Sombras cercanas

Orientación Campos FV

Módulos FV

Generador FV

Batería

banco de baterías

Necesidades de los usuarios

### Sombreado lineal

inclinación 58°

Modelo

N° de módulos

Modelo

N° de unidades

Cons. domésticos diarios

58°

AXIpower AC-300P/156-72SPnom

18

A600 12 OPzV 1400

24

Modulación estacional

acimut 0°

300 Wp

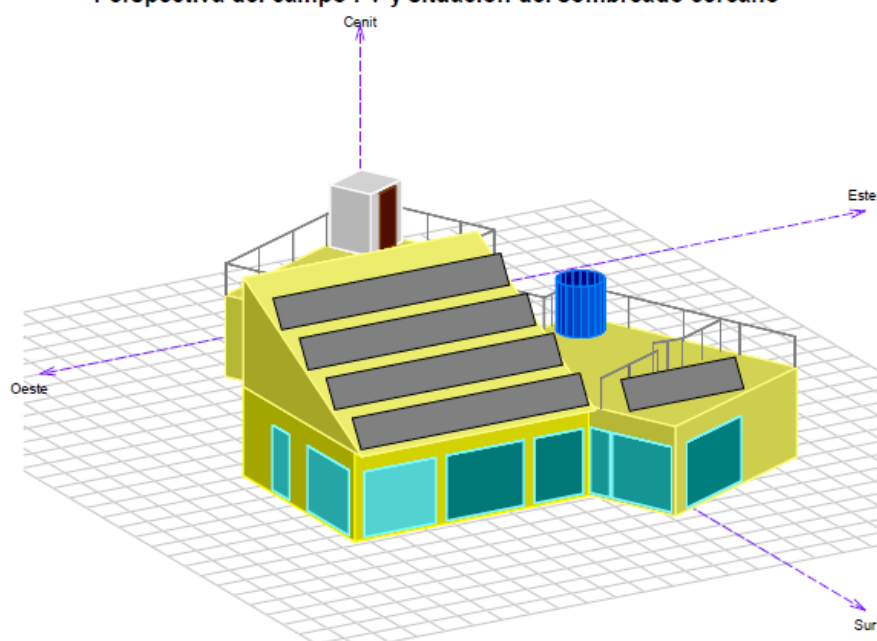
Pnom total 5.40 kWp

Tecnología errada, Gel

Tensión/Capacidad 48 V / 1363 Ah

global 3965 kWh/año

### Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano



### Diagrama de Iso-sombreados

Proyecto Aislado at Estartit torroelHora Solar

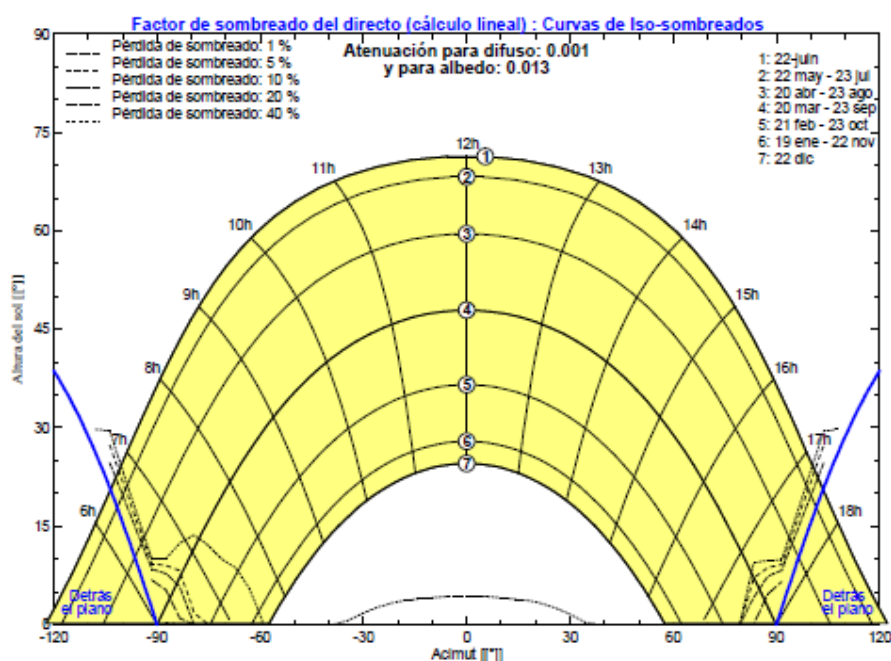


Figura 113. Definició d'ombres instal·lació 1.

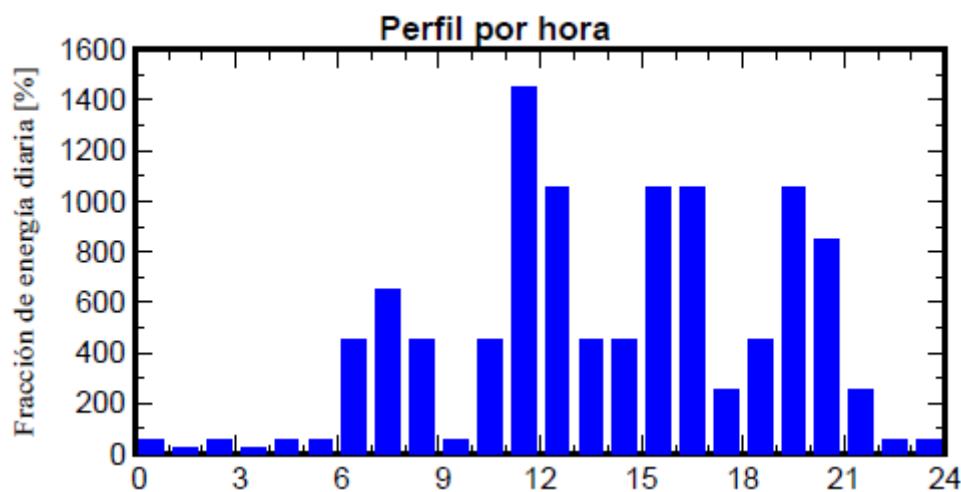
## Sistema Aislado: Necesidades detalladas del usuario

<b>Parámetros principales del sistema</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Aislado</b>
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal	
Orientación Campos FV	inclinación	58° acimut 0°
Módulos FV	Modelo	AXIpower AC-300P/156-72SPnom 300 Wp
Generador FV	N° de módulos	18 Pnom total <b>5.40 kWp</b>
Batería	Modelo	A600 12 OPzV 1400 Tecnología errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	24 Tensión/Capacidad <b>48 V / 1363 Ah</b>
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Modulación estacional global 3965 kWh/año

### Cons. domésticos diarios, Modulación estacional, media = 10.9 kWh/día

Verano (Jun-Ago)				
	Número	Potencia	Utilización	Energía
Lampades LED	40	10 W/lámpara	3 h/día	1000 Wh/día
TV / PC / Mobile	8	100 W/art.	3 h/día	2000 Wh/día
Aparells domèstics	2	400 W/art.	2 h/día	1600 Wh/día
Frigorífic Combi BxC	1		14 Wh/día	599 Wh/día
Rentadora i Rentaplats BxC	2		2 Wh/día	4000 Wh/día
Ventiladors	4	40 W total	3 h/día	400 Wh/día
Bomba Imp.	1	400 W total	2 h/día	800 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	600 Wh/día
Energia total diària				10999 Wh/día
Otoño (Sep-Nov)				
	Número	Potencia	Utilización	Energía
Lampades LED	40	10 W/lámpara	4 h/día	1400 Wh/día
TV / PC / Mobile	8	100 W/art.	2 h/día	1600 Wh/día
Aparells domèstics	2	500 W/art.	2 h/día	2000 Wh/día
Frigorífic Combi BxC	1		12 Wh/día	288 Wh/día
Rentadora i Rentaplats BxC	2		2 Wh/día	4000 Wh/día
Bomba Imp.	1	400 W total	2 h/día	800 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	600 Wh/día
Energia total diària				10688 Wh/día
Invierno (Dic-Feb)				
	Número	Potencia	Utilización	Energía
Lampades LED	40	10 W/lámpara	4 h/día	1600 Wh/día
TV / PC / Mobile	8	100 W/art.	2 h/día	1600 Wh/día
Aparells domèstics	2	400 W/art.	2 h/día	1600 Wh/día
Frigorífic Combi BxC	1		11 Wh/día	600 Wh/día
Rentadora i Rentaplats BxC	2		2 Wh/día	4000 Wh/día
Bomba Imp.	1	400 W total	2 h/día	800 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	600 Wh/día
Energia total diària				10800 Wh/día
Primavera (Mar-May)				
	Número	Potencia	Utilización	Energía
Lampades LED	40	10 W/lámpara	3 h/día	1200 Wh/día
TV / PC / Mobile	8	100 W/art.	3 h/día	2000 Wh/día
Aparells domèstics	2	380 W/art.	2 h/día	1520 Wh/día
Frigorífic Combi BxC	1		12 Wh/día	600 Wh/día
Rentadora i Rentaplats BxC	2		2 Wh/día	4000 Wh/día
Ventiladors	4	40 W total	2 h/día	240 Wh/día
Bomba Imp.	1	400 W total	2 h/día	800 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	600 Wh/día
Energia total diària				10960 Wh/día

Figura 114. Necesitats d'energia diàries, instal·lació 1.

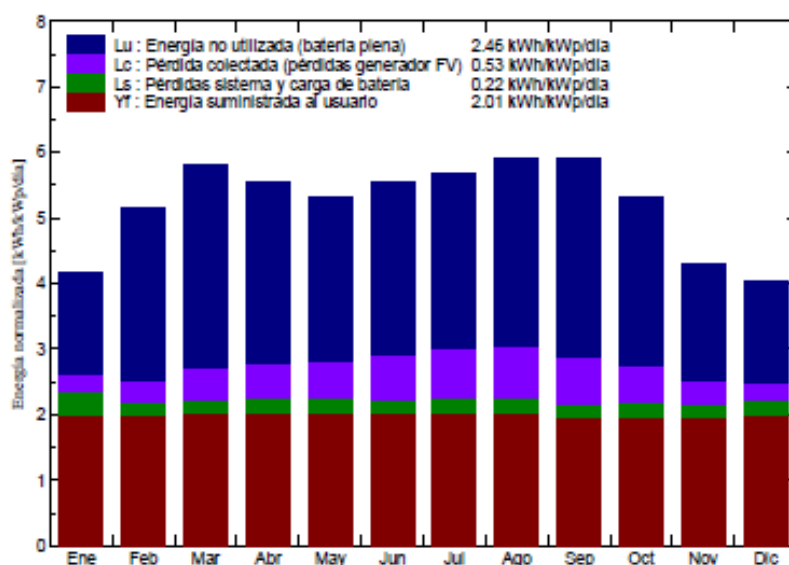


Gràfic 38. Perfil horari de consum.

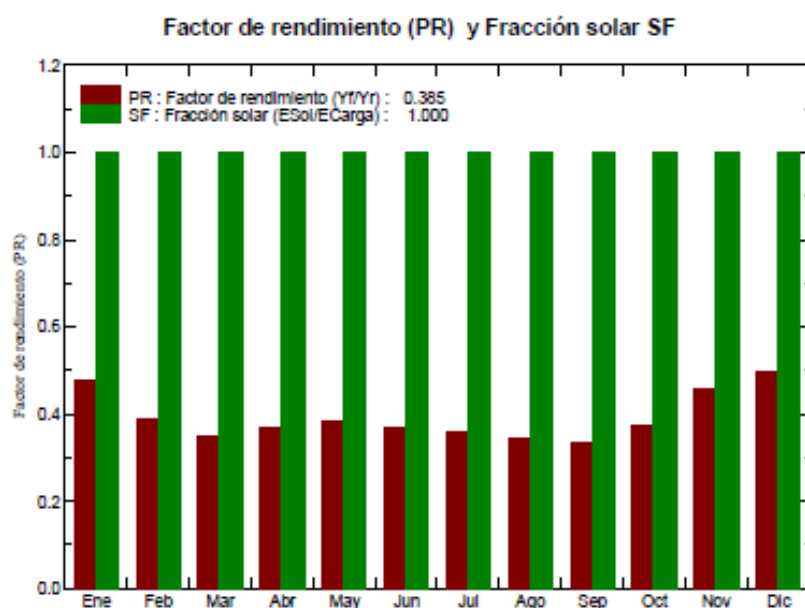
## Sistema Aislado: Resultados principales

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal	
Orientación Campos FV	inclinación	58°
Módulos FV	Modelo	AXIpower AC-300P/156-72SPnom
Generador FV	Nº de módulos	18
Batería	Modelo	A600 12 OPzV 1400
banco de baterías	Nº de unidades	24
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Modulación estacional
		global
		acimut 0°
		300 Wp
		Pnom total <b>5.40 kWp</b>
		tecnología errada, Gel
		Tensión/Capacidad <b>48 V / 1363 Ah</b>
		3965 kWh/año
<b>Resultados principales de la simulación</b>		
Producción del Sistema	<b>Energía disponible</b>	<b>9086 kWh/año</b>
	Energía utilizada	3965 kWh/año
	Factor de rendimiento (PR)	38.5 %
	Fracción de tiempo	0.0 %
	Producción específica	1683 kWh/kWp/año
	Exced. (inutilizado)	4842 kWh/año
	Fracción solar SF	100.0 %
	Energía faltante	0 kWh/año
Pérdida de carga		

### Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 5.40 kWp



Gràfic 39. Produccions normalitzades.



Gràfic 40. Rendiment instal·lació i fracció solar, instal·lació 1.

**Balances y resultados principales**

	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
Enero	64.2	127.2	642.1	260.0	0.000	334.8	334.8	1.000
Febrero	86.2	141.3	713.6	394.4	0.000	302.4	302.4	1.000
Marzo	140.4	175.5	878.6	517.1	0.000	339.8	339.8	1.000
Abril	161.7	160.2	798.6	446.4	0.000	328.8	328.8	1.000
Mayo	200.9	157.6	779.9	416.5	0.000	339.8	339.8	1.000
Junio	219.3	158.6	772.6	425.0	0.000	330.0	330.0	1.000
Julio	225.7	168.0	804.9	443.8	0.000	341.0	341.0	1.000
Agosto	195.9	176.6	841.4	479.1	0.000	341.0	341.0	1.000
Septiembre	148.2	172.0	827.9	486.8	0.000	320.6	320.6	1.000
Octubre	109.1	161.1	782.8	428.6	0.000	331.3	331.3	1.000
Noviembre	67.8	127.1	629.1	289.4	0.000	320.6	320.6	1.000
Diciembre	56.7	122.7	615.0	255.1	0.000	334.8	334.8	1.000
Año	1676.2	1847.8	9086.3	4842.1	0.000	3964.8	3964.8	1.000

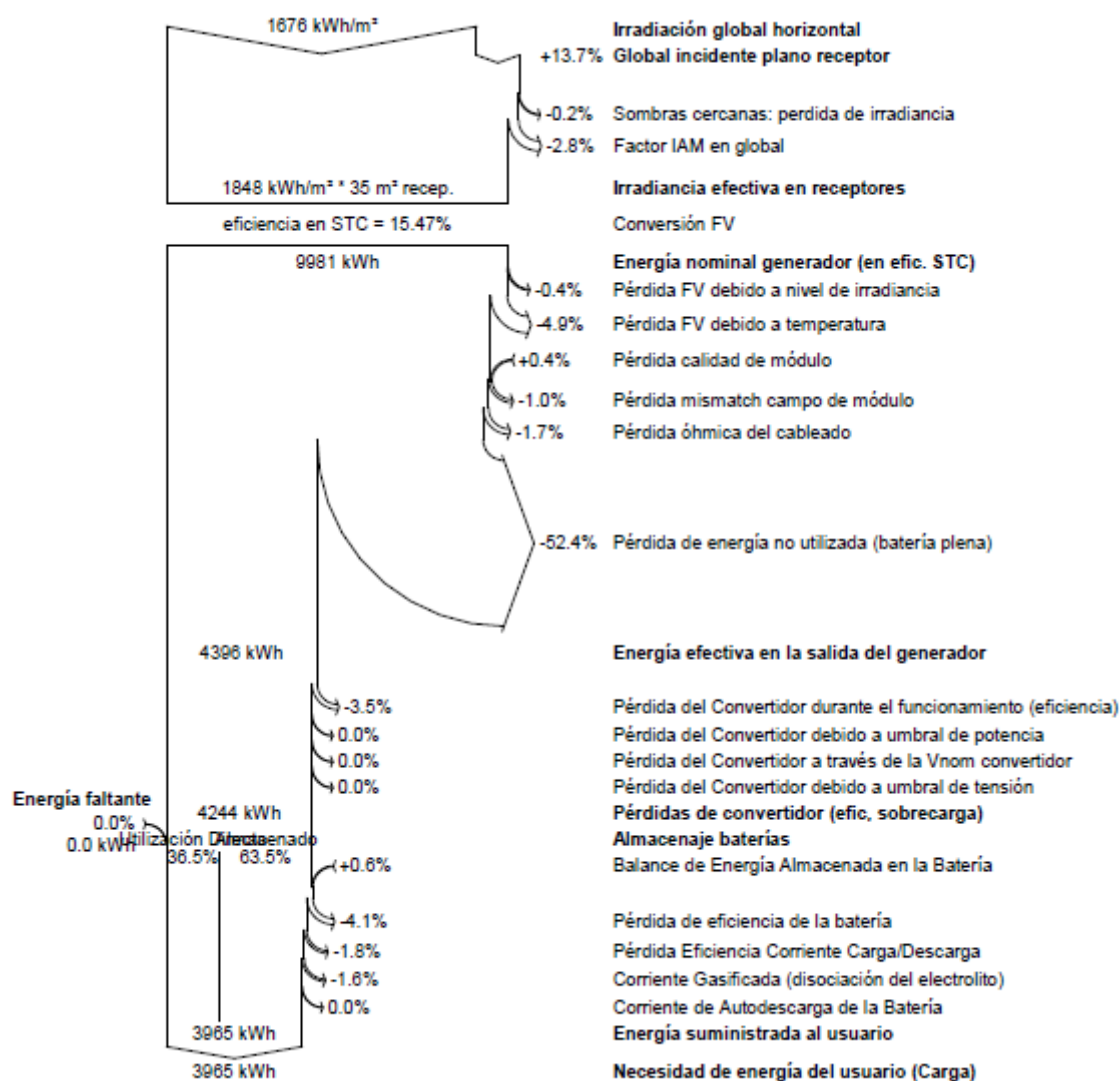
Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	E Miss	Energía faltante
	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	E User	Energía suministrada al usuario
	E Avail	Energía Solar Disponible	E Load	Necesidad de energía del usuario (Carga)
	EUnused	Pérdida de energía no utilizada (batería plena)	SolFrac	Fracción solar (EUtilizada/ECarga)

Taula 160. Resultats principals, instal·lació 1.



## Sistema Aislado: Diagrama de pérdidas

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado
Sombras cercanas	Sombreado lineal	
Orientación Campos FV	inclinación	58° acimut 0°
Módulos FV	Modelo	AXIpower AC-300P/156-72SPnom 300 Wp
Generador FV	N° de módulos	18 Pnom total 5.40 kWp
Batería	Modelo	A600 12 OPzV 1400 Tecnología errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	24 Tensión/Capacidad 48 V / 1363 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Modulación estacional global 3965 kWh/año



Gràfic 41. Diagrama de pèrdues de la instal·lació 1.

Per la versió del programari PVSYST utilitzat, no permet realitzar estudis amb bateries de liti, ni per potències elevades com el cas de la instal·lació del grup d'habitatges, per aquest fet, s'ha utilitzat el programari únicament per les simulacions d'ombres de la instal·lació 2 (habitatge aïllat amb bateries de liti) i instal·lació 3 (grup d'habitatges amb bateries de liti).

## Sistema Aislado: Definición del sombreado cercano

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado con generador auxiliar		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	58°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	AXIpower AC-300P/156-72SP	P <sub>nom</sub>	300 Wp
Generador FV	N° de módulos	18	P <sub>nom</sub> total	<b>5.40 kWp</b>
Batería	Modelo	Axistorage li-7s	Tecnología	errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	5	Tensión/Capacidad	<b>56 V / 610 Ah</b>
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Modulación estacional	global	3965 kWh/año

### Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

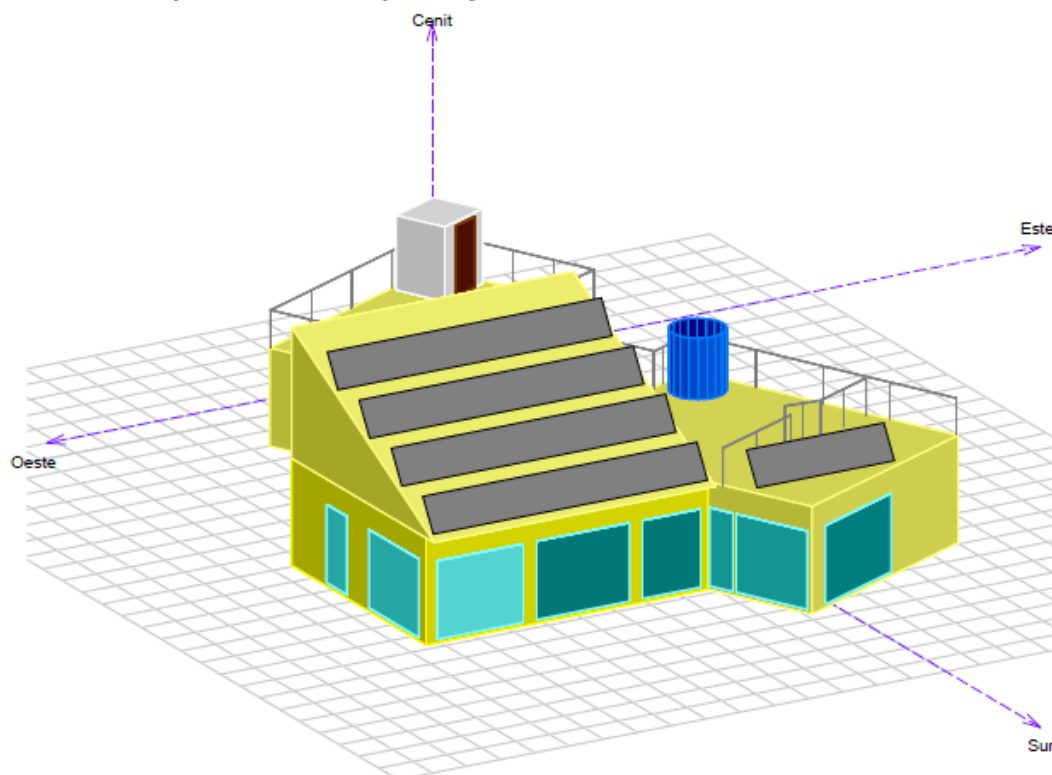


Figura 115. Definició situació mòduls, instal·lació 2.

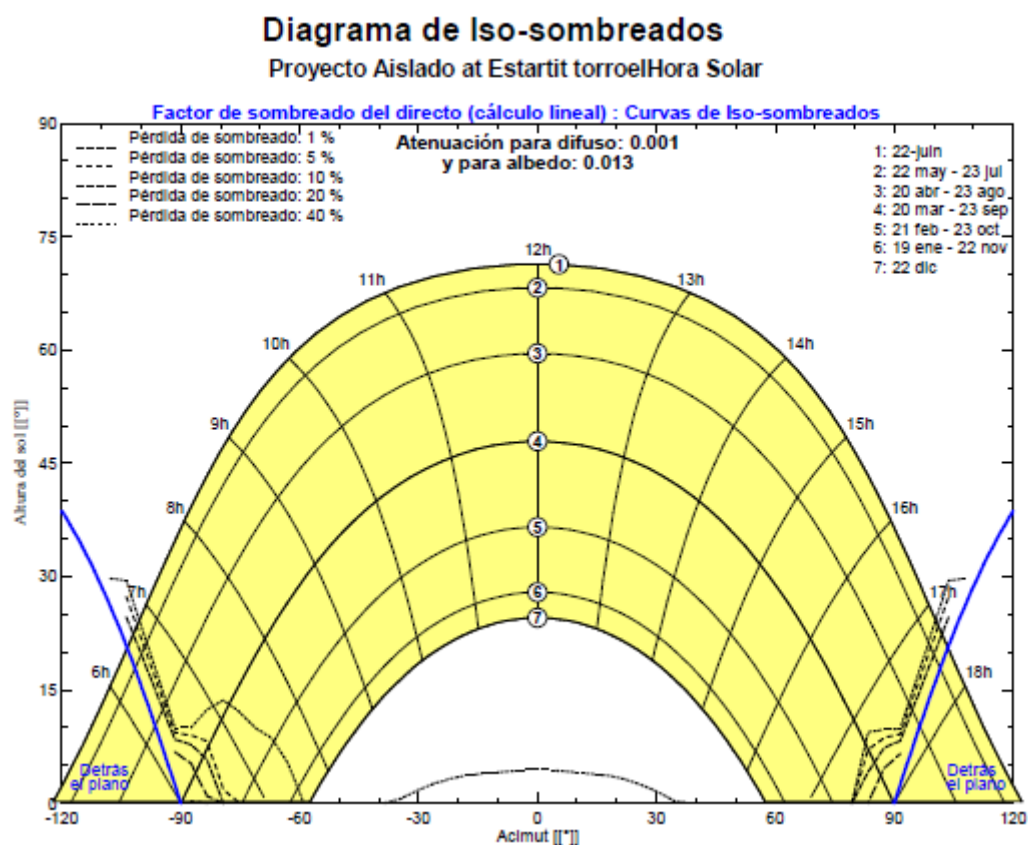


Figura 116. Definició del perfil d'ombres, instal·lació 2.

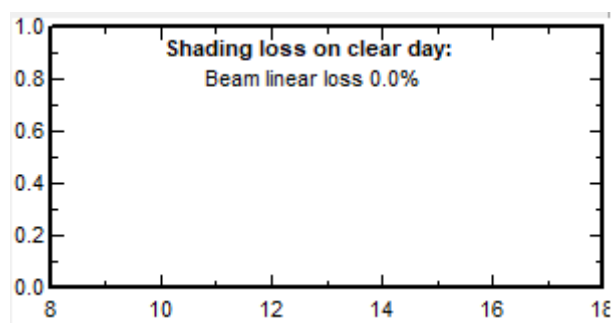


Figura 117. Resultats pèrdues per ombres instal·lació 2.

Per últim mostrem la simulació d'ombres per la darrera instal·lació, corresponent als 4 habitatges.

## Sistema Aislado: Definición del sombreado cercano

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado con generador auxiliar			
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal				
Orientación Campos FV	inclinación	58°	acimut	0°	
Módulos FV	Modelo	AXIpower AC-255P/156-60SP	P <sub>nom</sub>	255 Wp	
Generador FV	N° de módulos	90	P <sub>nom</sub> total	<b>22.95 kWp</b>	
Batería	Modelo	Axistorage li-7s	Tecnología	errada, Gel	
banco de baterías	N° de unidades	19	Tensión/Capacidad	<b>56 V / 2318 Ah</b>	
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Modulación estacional	global	15.86 MWh/año	

## Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

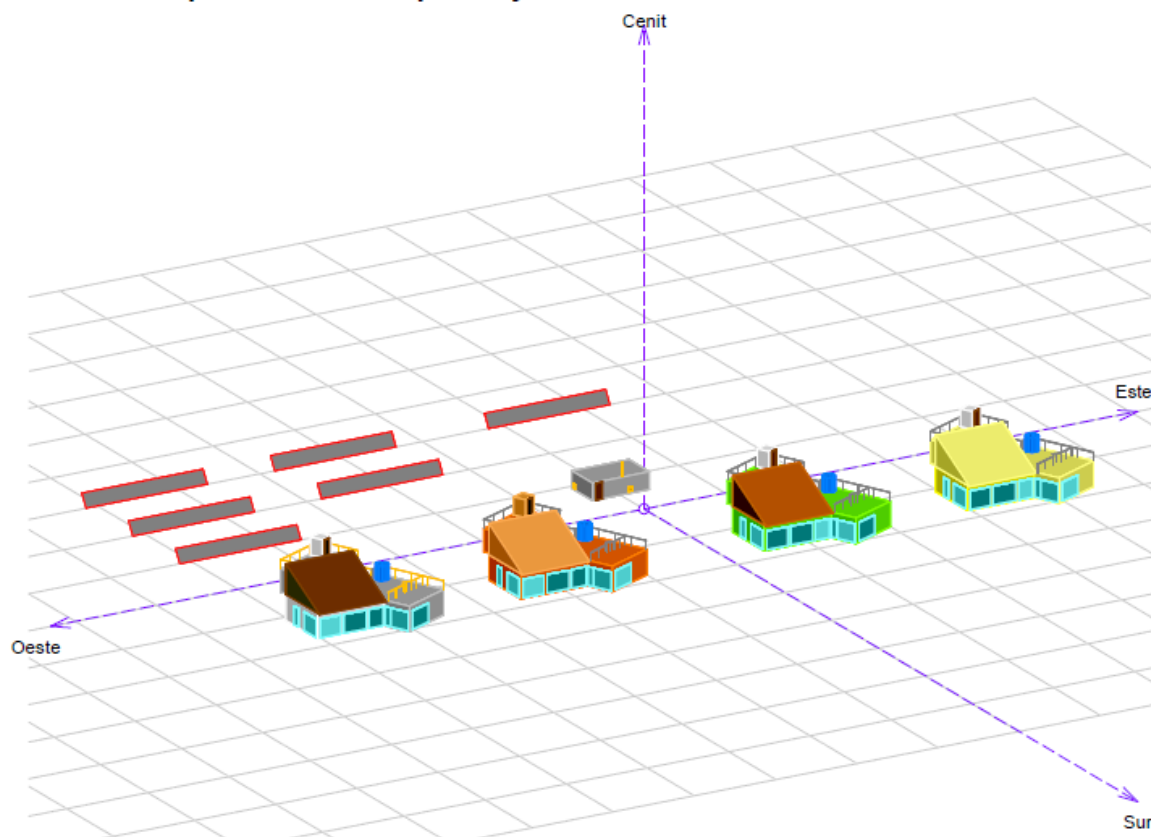


Figura 118. Definició situació mòduls, instal·lació 2.

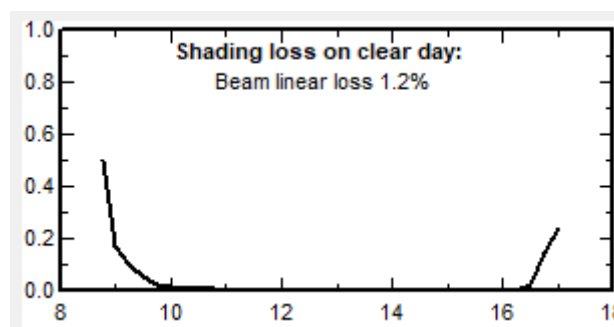


Figura 119. Resultats pèrdues per ombres instal·lació 3.

## Diagrama de Iso-sombreados

Proyecto Aislado at Estarrit torroelHora Solar

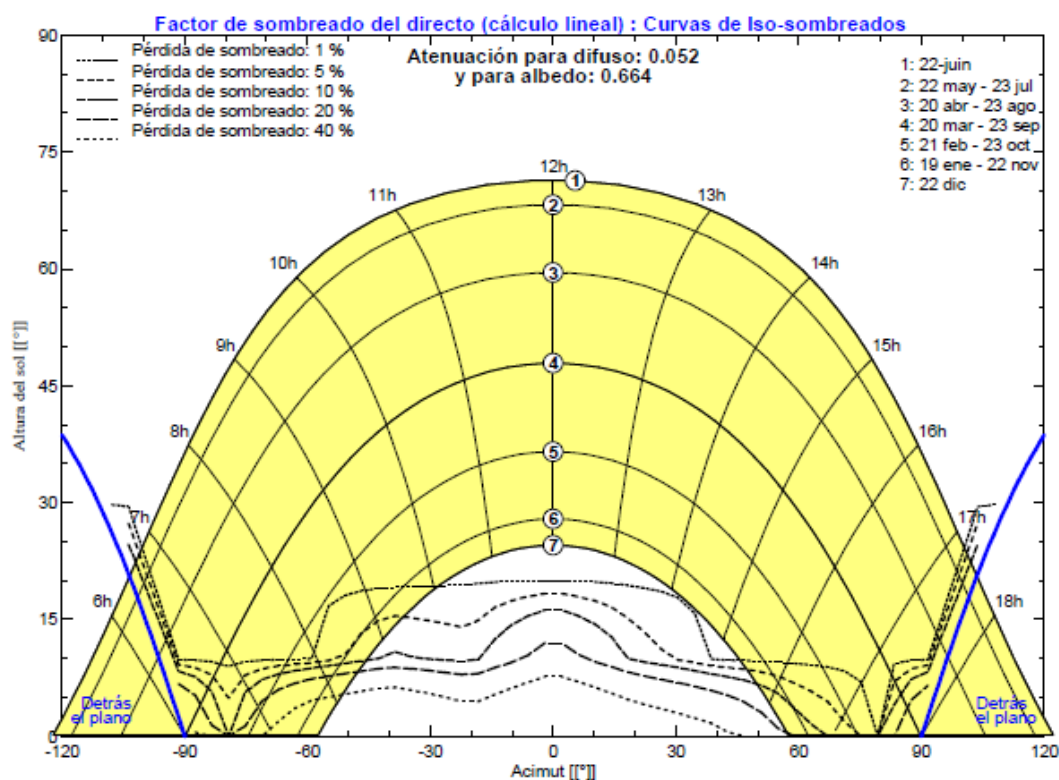


Figura 120. Definició del perfil d'ombres, instal·lació 3.



## E PROGRAMARI SMA DESIGN

Per la carència de simulacions amb bateries de liti dels programaris més utilitzats, s'ha treballat amb el programari SMA Design, amb el que es pot comprovar la compatibilitat dels sistemes utilitzats, amb aquest programa s'ha pogut comprovar que els càlculs realitzats són correctes per treballar amb condicions de seguretat.

En aquest cas, s'ha realitzat la simulació de la instal·lació 2 i la instal·lació 3 (corresponents a les instal·lacions amb liti), ja que el primer model estudiat s'ha simulat amb un programari més precís per les seves característiques com hem explicat.

<b>Nombre del proyecto:</b>	<b>Habitatge Liti</b>	<b>Emplazamiento: Spain / Torroella de Montgrí</b>
<b>Número del proyecto:</b>	1	Datos meteorológicos importados (Torroella de Montgrí) Tensión de red: 230V (230V / 400V)

Vista general del sistema	
<b>18 x Axitec GmbH AC-300T/156-60S (AXIperfect BLK) (08/2016) (Generador FV)</b> Acimut: 0 °, Inclinación: 58 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 5,40 kWp	
 <b>1 x SB 5000TL-21</b>	
<b>Sistema de baterías</b>	
 <b>2 x Sunny Island 8.0H</b>	Baterías: Litio Capacidad nominal total: 35,60 kWh (equivale a 742Ah con C10) Disponible: 28,48 kWh (equivale a 593Ah con C10)

Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	18	Rendimiento energético específico*:	1306 kWh/kWp
Potencia pico:	5,40 kWp	Pérdidas de línea (% de la energía):	0,33 %
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Carga desequilibrada:	4,60 kVA
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	4,60 kW	Energía fotovoltaica utilizada:	4.365,96 kWh
Potencia activa de CA:	5,00 kW	Porcentaje de energía fotovoltaica utilizada:	61,9 %
Relación de la potencia activa:	92,6 %	Porcentaje de energía fotovoltaica en el suministro de energía (a lo largo del día):	154,4 %
Energía fotovoltaica máx. disponible*:	7.049,80 kWh	Grado de cobertura solar medio anual:	99,6 %
Factor de aprovecham. de energía:	100 %		

Figura 121. Característiques principals instal·lació 1.

**Nombre del proyecto: Habitatge Liti**

Número del proyecto: 1


**Emplazamiento: Spain / Torroella de Montgrí**
**Temperatura ambiente:**

Temperatura mínima: -3 °C

Temperatura de diseño: 20 °C

Temperatura máxima: 41 °C

**Subproyecto 1**
**1 x SB 5000TL-21 (Parte de la planta 1)**

Potencia pico:	5,40 kWp
Cantidad total de módulos:	18
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potencia de CC (cos $\varphi$ = 1) máx.:	5,25 kW
Potencia activa máx. de CA (cos $\varphi$ = 1):	5,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	97 % 
Factor de dimensionamiento:	108 %
Factor de desfase cos $\varphi$ :	1


**SB 5000TL-21**
**Datos de diseño fotovoltaicos**
**Entrada A: Generador FV**

9 x Axitec GmbH AC-300T/156-60S (AXIperfect BLK) (08/2016), Acimut: 0 °, Inclinação: 58 °, Tipo de montaje: Techo

**Entrada B: Generador FV**

9 x Axitec GmbH AC-300T/156-60S (AXIperfect BLK) (08/2016), Acimut: 0 °, Inclinação: 58 °, Tipo de montaje: Techo


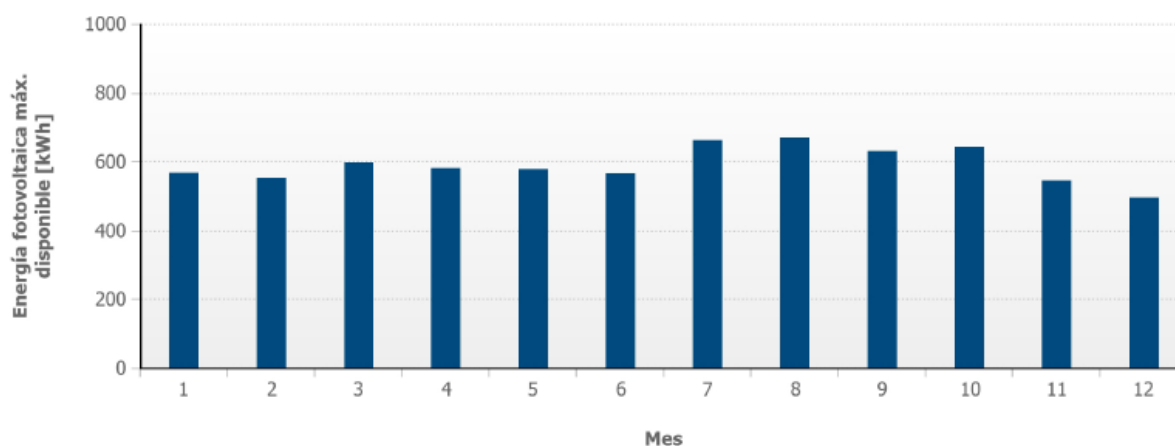
	 CC	 BT	 Total
Pérdida de potencia en funcionamiento nominal	20,12 W	9,39 W	29,51 W
Pérdida relativa de potencia en funcionamiento nominal	0,40 %	0,19 %	0,59 %
Longitud total del cable	104,00 m	6,00 m	110,00 m
Secciones de cable	6 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup> 10 mm <sup>2</sup>

Figura 122. Unió inversor i Generador FV, instal·lació 2.

**Energía fotovoltaica máx. disponible por mes**


Gràfic 42. Energia FV disponible al mes en kWh



Mes	Energía fotovoltaica máx. disponible [kWh]	Energía fotovoltaica utilizada [kWh]	Consumo [kWh]	Grado de cobertura solar
1	565	404	370	100 %
2	548	369	339	100 %
3	594	387	352	100 %
4	578	372	343	100 %
5	575	355	324	100 %
6	564	329	304	100 %
7	658	342	316	100 %
8	667	342	315	100 %
9	627	291	266	100 %
10	640	393	359	100 %
11	542	387	361	100 %
12	492	396	367	96 %

Figura 123. Resultats principals del generador FV, instal·lació 2.

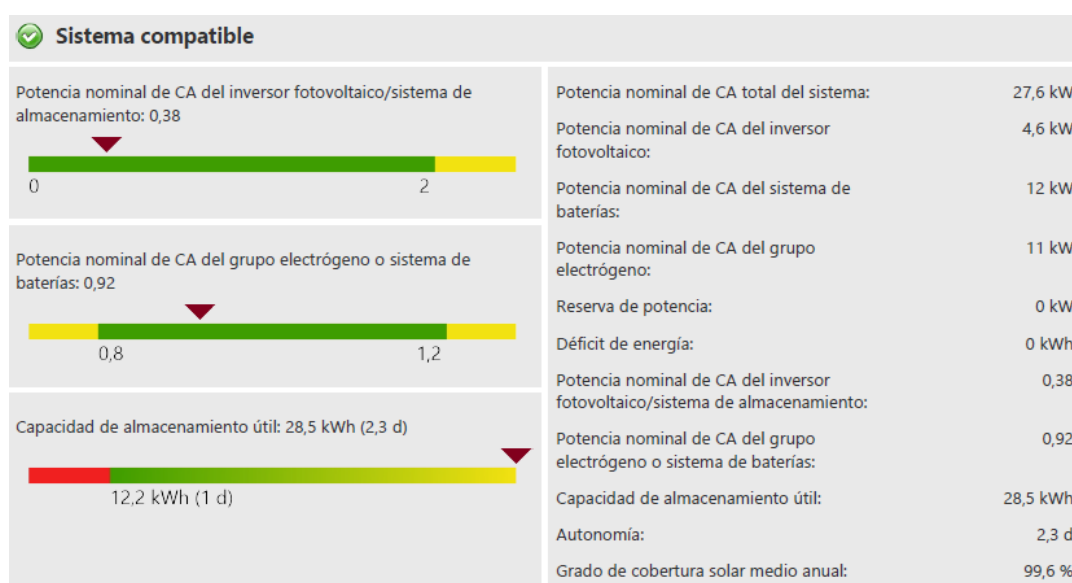


Figura 124. Anàlisi de compatibilitat, instal·lació 2.

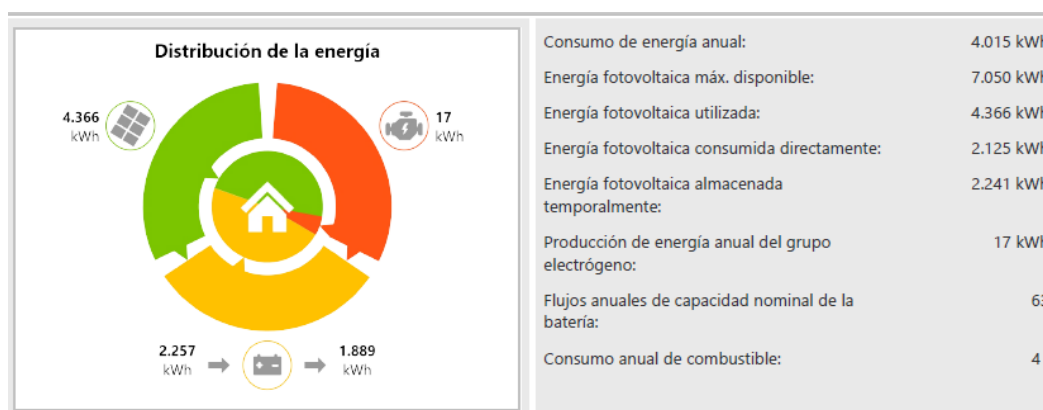
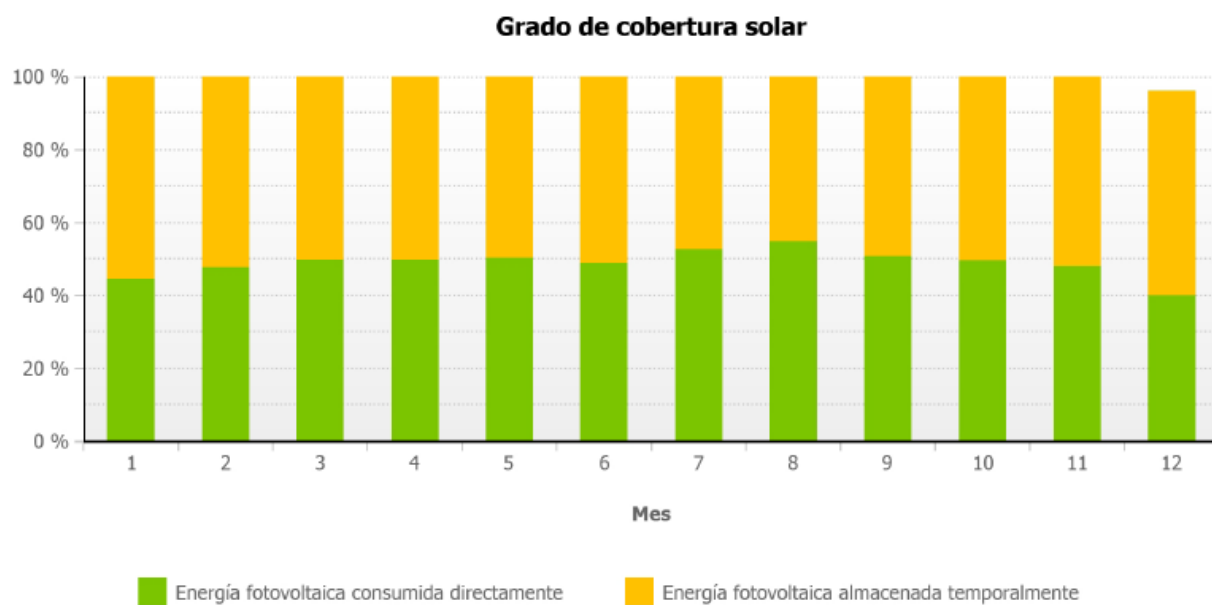


Figura 125. Repartiment d'energia, instal·lació 2.





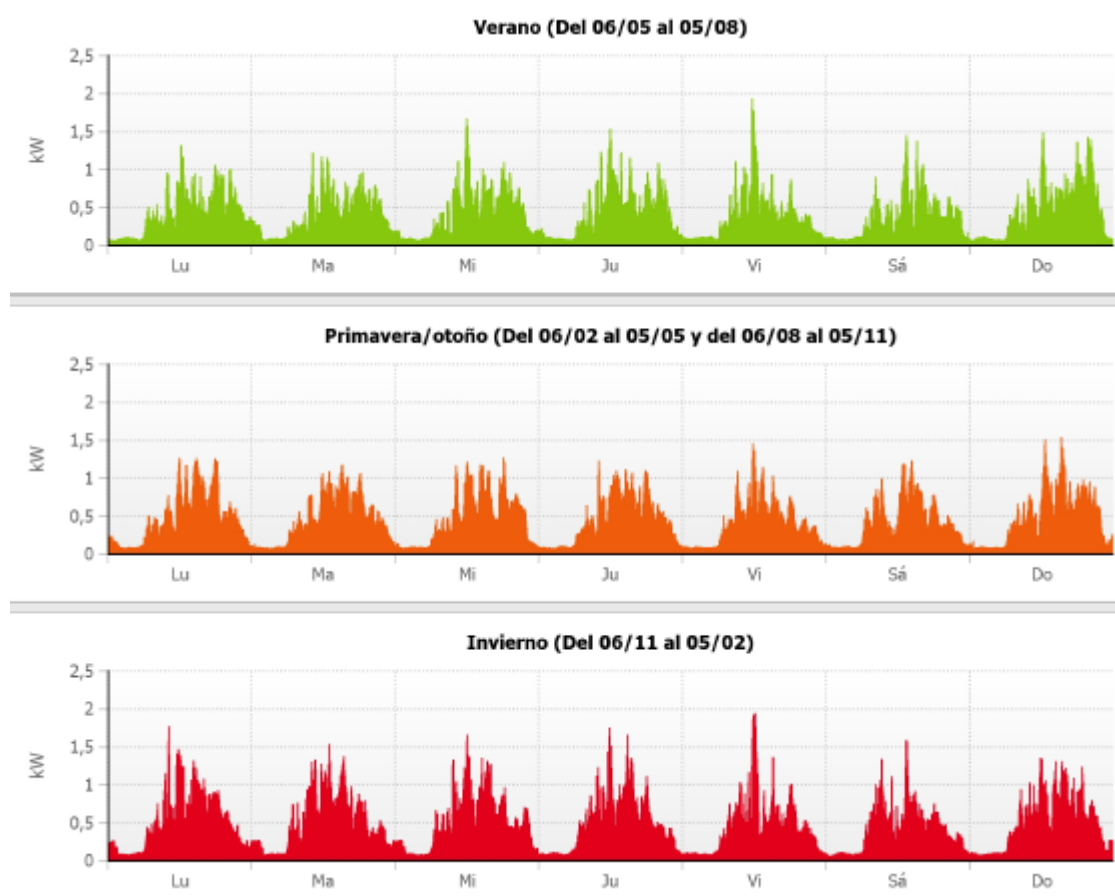
Gràfic 43. Cobertura solar mensual, instal·lació 2.

Mes	Grado de cobertura solar [%]	Porcentaje de energía fotovoltaica utilizada [%]	Consumo de combustible [l]
1	100	71	0
2	100	67	0
3	100	65	0
4	100	64	0
5	100	62	0
6	100	58	0
7	100	52	0
8	100	51	0
9	100	46	0
10	100	61	0
11	100	71	0
12	96	81	4

Figura 126. Repartiment d'energia, instal·lació 2.

Potencia			
Potencia de CA a 25 °C:		12 kW	
Potencia de CA a 40 °C:		10,9 kW	
Potencia de CA a 25 °C por 30 min:		16 kW	
Batería			
Baterías:		Litio	
Capacidad nominal total:		35,60 kWh (equivale a 742Ah con C10)	
Disponible:		28,48 kWh (equivale a 593Ah con C10)	
Componentes del sistema			
Equipo		Ajustes por clúster/equipo	
Clúster 1	 2 x Sunny Island 8.0H	Baterías:	Litio
		Capacidad:	35,60 kWh (equivale a 742Ah con C10)
		Disponible:	80 % (equivale a 593Ah con C10)
 Sistema compatible			

Figura 127. Sistema d'acumulació, instal·lació 2.



Gràfic 44. Perfils de càrrega estacional utilitzats.

Seguidament, mostrarem la simulació de la instal·lació 3, corresponent al grup d'habitatges amb la instal·lació comú.

<b>Nombre del proyecto:</b>	<b>4 Habitatges liti</b>	<b>Emplazamiento: Spain / Torroella de Montgrí</b>
<b>Número del proyecto:</b>	---	Datos meteorológicos importados (Torroella de Montgrí)
		Tensión de red: 230V (230V / 400V)

#### Vista general del sistema

##### 90 x Axitec GmbH AC-255P/156-60SE (AXI worldplus SE) (08/2016) (Generador FV 1)

Acimut: 0 °, Inclinación: 58 °, Tipo de montaje: Montaje libre, Potencia pico: 22,95 kWp



1 x STP 15000TL-30



1 x STP 15000TL-30

#### Sistema de baterías



1 x MC-Box-6.3

Baterías: Litio



6 x Sunny Island 8.0H

Capacidad nominal total: 129,20 kWh (equivale a 2692Ah con C10)

Disponibile: 103,36 kWh (equivale a 2153Ah con C10)

Gràfic 45. Resum d'equips utilitzats, instal·lació 3.

#### Datos de diseño fotovoltaicos

Cantidad total de módulos:	90	Rendimiento energético específico*:	1382 kWh/kWp
Potencia pico:	22,95 kWp	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	30,00 kW	Energía fotovoltaica utilizada:	17.745,39 kWh
Potencia activa de CA:	30,00 kW	Porcentaje de energía fotovoltaica utilizada:	55,9 %
Relación de la potencia activa:	130,7 %	Porcentaje de energía fotovoltaica en el suministro de energía (a lo largo del día):	226,2 %
Energía fotovoltaica máx. disponible*:	31.723,00 kWh	Grado de cobertura solar medio anual:	99,8 %
Factor de aprovecham. de energía:	100 %		

Taula 161. Resum dades de disseny, instal·lació 3.

**Nombre del proyecto:** 4 Habitatges liti  
**Número del proyecto:**

**Emplazamiento:** Spain / Torroella de Montgrí  
**Temperatura ambiente:**  
 Temperatura mínima: -1 °C  
 Temperatura de diseño: 17 °C  
 Temperatura máxima: 37 °C

#### Subproyecto 1

##### 1 x STP 15000TL-30 (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	11,48 kWp
Cantidad total de módulos:	45
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potencia de CC (cos $\varphi = 1$ ) máx.:	15,33 kW
Potencia activa máx. de CA (cos $\varphi = 1$ ):	15,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	134 %
Factor de dimensionamiento:	76,5 %
Factor de desfase cos $\varphi$ :	1



STP 15000TL-30

##### Datos de diseño fotovoltaicos

###### Entrada A: Generador FV 1

30 x Axitec GmbH AC-255P/156-60SE (AXI worldplus SE) (08/2016), Acimut: 0 °, Inclinación: 58 °, Tipo de montaje: Montaje libre

###### Entrada B: Generador FV 1

15 x Axitec GmbH AC-255P/156-60SE (AXI worldplus SE) (08/2016), Acimut: 0 °, Inclinación: 58 °, Tipo de montaje: Montaje libre

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	2	1	
Módulos fotovoltaicos por string:	15	15	
Potencia pico (de entrada):	7,65 kWp	3,83 kWp	

Figura 128. Dades inversor 1 amb grup de mòduls, instal·lació 3.

**Nombre del proyecto:** 4 Habitatges liti  
**Número del proyecto:**

**Emplazamiento:** Spain / Torroella de Montgrí  
**Temperatura ambiente:**  
 Temperatura mínima: -1 °C  
 Temperatura de diseño: 17 °C  
 Temperatura máxima: 37 °C

#### Subproyecto 1

##### 1 x STP 15000TL-30 (Parte de la planta 2)

Potencia pico:	11,48 kWp
Cantidad total de módulos:	45
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potencia de CC (cos $\varphi = 1$ ) máx.:	15,33 kW
Potencia activa máx. de CA (cos $\varphi = 1$ ):	15,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	134 %
Factor de dimensionamiento:	76,5 %
Factor de desfase cos $\varphi$ :	1



STP 15000TL-30

##### Datos de diseño fotovoltaicos

###### Entrada A: Generador FV 1

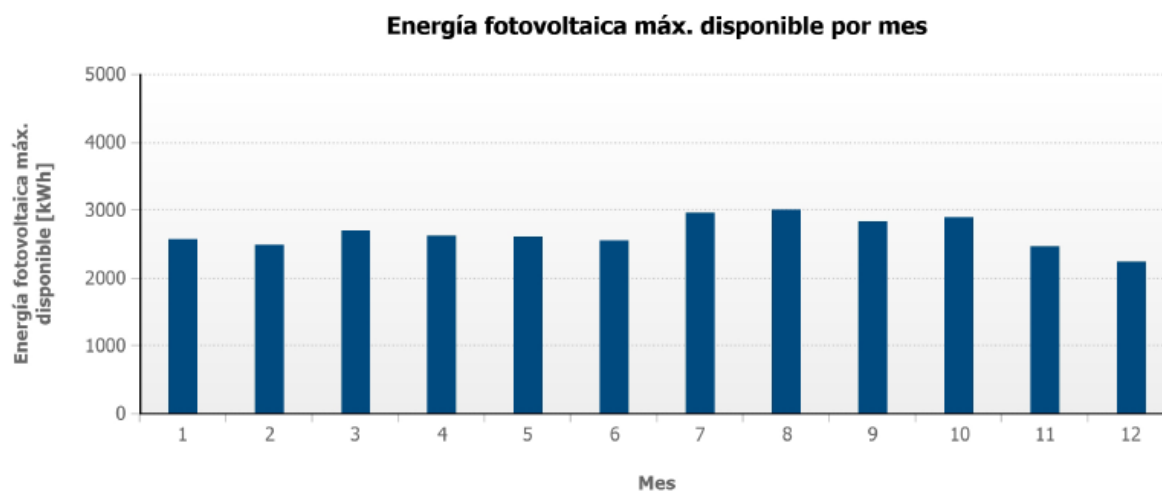
30 x Axitec GmbH AC-255P/156-60SE (AXI worldplus SE) (08/2016), Acimut: 0 °, Inclinación: 58 °, Tipo de montaje: Montaje libre

###### Entrada B: Generador FV 1

15 x Axitec GmbH AC-255P/156-60SE (AXI worldplus SE) (08/2016), Acimut: 0 °, Inclinación: 58 °, Tipo de montaje: Montaje libre

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	2	1	
Módulos fotovoltaicos por string:	15	15	
Potencia pico (de entrada):	7,65 kWp	3,83 kWp	

Figura 129. Dades inversor 2 amb grup de mòduls, instal·lació 3.



Gràfic 46. Energía FV disponible al mes en kWh, instal·lació 3.

Mes	Energía fotovoltaica máx. disponible [kWh]	Energía fotovoltaica utilizada [kWh]	Consumo [kWh]	Grado de cobertura solar
1	2550	1498	1356	100 %
2	2474	1384	1239	100 %
3	2681	1511	1361	100 %
4	2605	1474	1321	100 %
5	2587	1457	1361	98 %
6	2533	1457	1320	100 %
7	2947	1496	1365	100 %
8	2988	1498	1364	100 %
9	2813	1469	1326	100 %
10	2877	1499	1360	100 %
11	2446	1476	1326	100 %
12	2221	1526	1361	100 %

Figura 130. Resultats principals del generador FV, instal·lació 3.

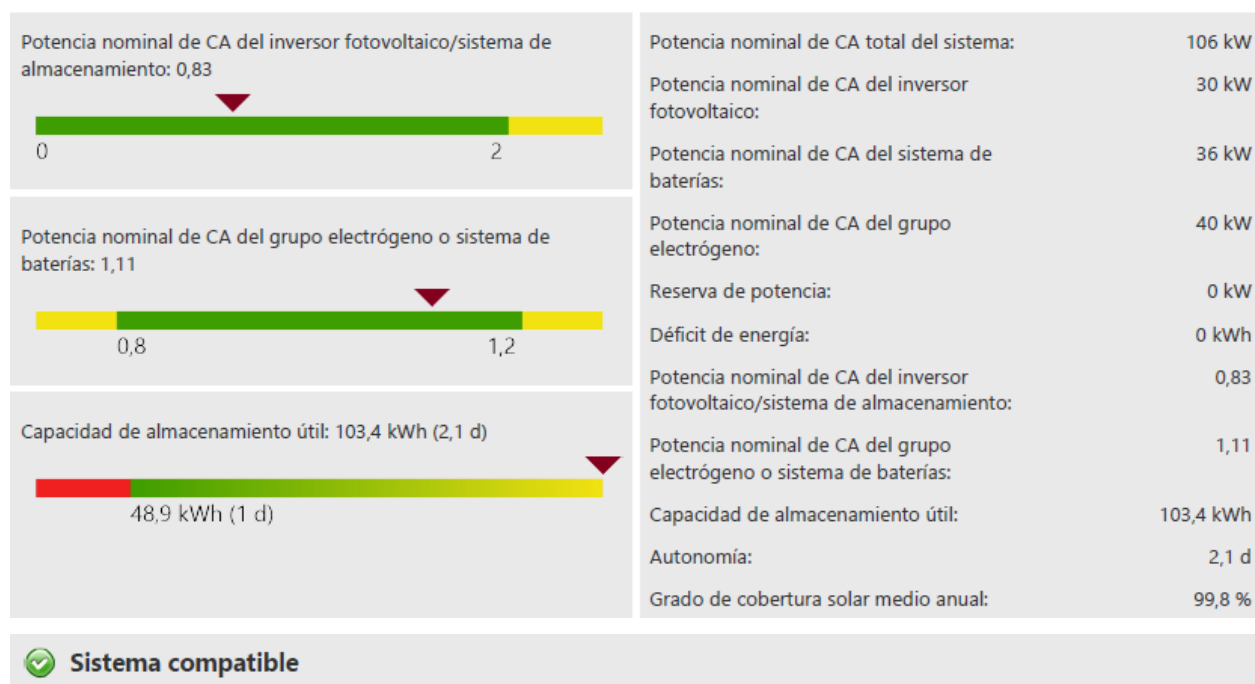


Figura 131. Anàlisi de compatibilitat, instal·lació 3.

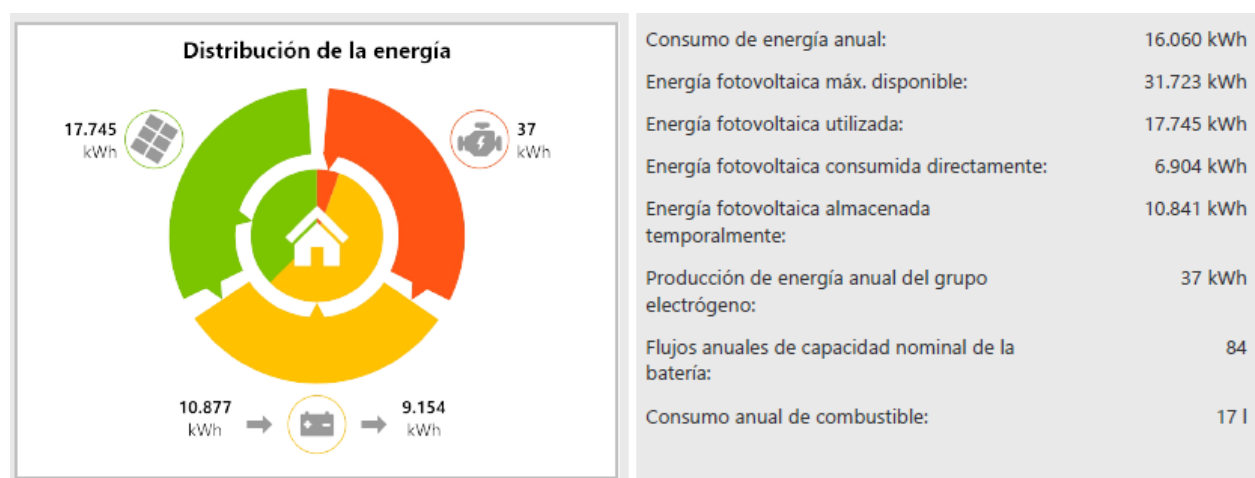
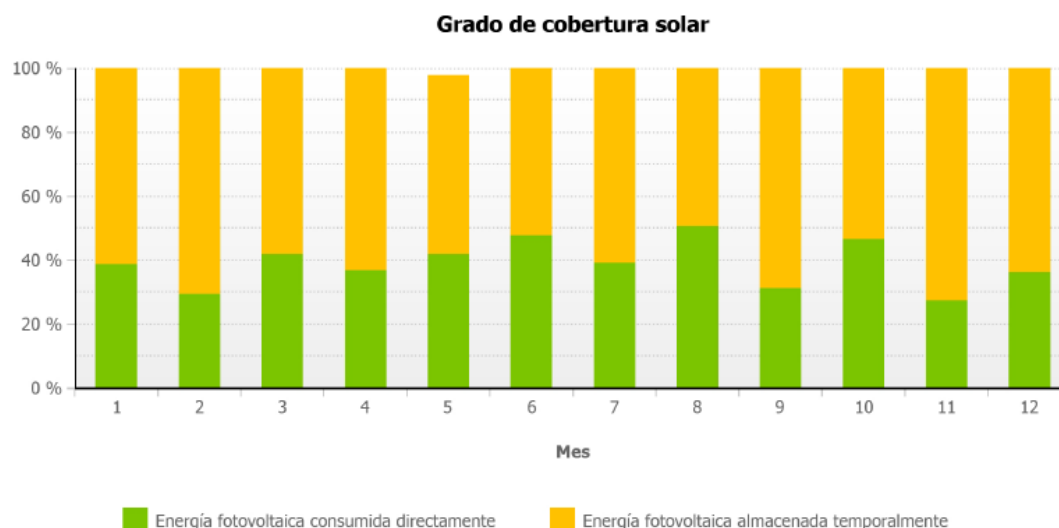


Figura 132. Repartiment d'energia, instal·lació 3.



Gràfic 47. Cobertura solar mensual, instal·lació 3.

Potencia			
Potencia de CA a 25 °C:		36 kW	
Potencia de CA a 40 °C:		32,6 kW	
Potencia de CA a 25 °C por 30 min:		48 kW	
Batería			
Baterías:		Litio	
Capacidad nominal total:		129,20 kWh (equivale a 2692Ah con C10)	
Disponible:		103,36 kWh (equivale a 2153Ah con C10)	
Componentes del sistema			
Equipo		Ajustes por clúster/equipo	
Multicluster Box	 MC-Box-6.3		
Clúster 1	 3 x Sunny Island 8.0H	Baterías:	Litio
Clúster 2	 3 x Sunny Island 8.0H	Capacidad:	64,60 kWh (equivale a 1346Ah con C10)
		Disponible:	80 % (equivale a 1077Ah con C10)
 Sistema compatible			

Figura 133. Sistema d'acumulació, instal·lació 3.

En els dos casos, s'obté un resultat de compatibilitat, amb absència d'errors ni advertències, excepte en els inversors fotovoltaics de la darrera instal·lació, els quals estan sobredimensionats per les característiques del generador fotovoltaic instal·lat, aquest fet no representa un inconvenient, ja que permet l'ampliació del generador per a possibles ampliacions futures.