

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica

Títol: Comunitat energètica en el polígon industrial de Ciutadella de Menorca

Document: 1. Memòria

Alumne: Joan Marquet Moll

Tutor: Albert Figueras Coma

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any): Juny/2023

ÍNDEX

1 INTRODUCCIÓ	4
1.1 ANTECEDENTS.....	4
1.2 OBJECTE.....	4
1.3 ABAST	5
2 PROMOTOR.....	6
3 INTSAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA.....	7
3.1 CLASSIFICACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ.....	7
3.2 EMPLAÇAMENT DE LA INSTAL·LACIÓ.....	7
3.3 DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ.....	8
3.3.1 POTÈNCIA CONTRACTADA DE L'EDIFICI EXISTENT	9
3.3.2 CONSUM ANUAL D'ENERGIA DELS ESTABLIMENTS ADHERITS A L'AUTOCONSUM.....	9
3.3.3 POTÈNCIA MÀXIMA DE LA INSTAL·LACIÓ GENERADORA	11
3.3.5 AFECTACIÓ D'OMBRES.....	12
3.3.6 NOMBRE DE MÒDULS	14
3.4 CARACTERÍSTIQUES DELS COMPONENTS.....	15
3.4.1 GENERADORS SOLARS FOTOVOLTAICS.....	15
3.4.2 INVERSORS.....	15
3.4.3 CONNEXIONAT DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS	16
3.4.4 ESTRUCTURA DE SUPORT.....	17
3.4.5 POSADA A TERRA DEL CAMP FOTOVOLTAIC.....	18
3.4.6 CAIXA DE CONNEXIÓ CA	19
3.4.7 CAIXA DE CONNEXIÓ CC	19
3.4.8 INTERCONNEXIÓ DE CORRENT ALTERN I EQUIP DE MESURA	20
3.4.9 MONITORITZACIÓ I CONTROL.....	20
3.4.10 CONDUCTORS I CANALITZACIONS.....	21

3.5 CONDICIONS TÈCNIQUES DE LA CONNEXIÓ A LA XARXA	22
4 AVALUACIÓ ENERGÈTICA	25
4.1 DADES DE RADIACIÓ SOLAR.....	25
4.2 CÀLCUL DE LA PRODUCCIÓ ENERGÈTICA	25
4.3 RESULTATS	25
5 ESTALVI MEDIAMBIENTAL	27
6 CARREGADOR DE VEHICLE ELÈCTRIC.....	28
6.1 EMPLAÇAMENTS DE LA INSTAL·LACIÓ	28
6.2 DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ.....	30
6.2.1 DESCRIPCIÓ DE LA L'ESTACIÓ DE RECÀRREGA	31
6.2.2 CANALITZACIONS.....	32
6.2.3 INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA.....	32
7 RESUM DEL PRESSUPOST.....	34
8 CONCLUSIONS	35
9 RELACIÓ DE DOCUMENTS	36
10 BIBLIOGRAFIA.....	37
11 GLOSSARI	38
A CÀLCULS INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA	40
A.1 DIMENSIONAT DEL CABLEJAT	40
A.1.1 CÀLCUL DE LA SECCIÓ PER CAIGUDA DE TENSIÓ	40
A.1.2 CÀLCUL DE LA INTENSITAT MÀXIMA ADMISSIBLE	41
A.2 DIMENSIONAT DE LES CANALITZACIONS.....	42
A.3 DIMENSIONAT DE LES PROTECCIONS.....	42
A.3.1 FUSIBLES.....	42
A.3.2 INTERRUPTORS AUTOMÀTICS	43
A.3.3 INTERRUPTORS DIFERENCIALS.....	44
A.3.4 PROTECCIÓ CONTRA SOBRETENSIONS PERMANENTS	44
B CÀLCULS CARREGADOR VEHICLE ELÈCTRIC.....	46
B.1 DIMENSIONAT DEL CABLEJAT	46

B.1.1 CÀLCUL DE LA SECCIÓ PER CAIGUDA DE TENSIÓ	46
B.1.2 CÀLCUL DE LA INTENSITAT MÀXIMA ADMISSIBLE	47
B.2 DIMENSIONAT DE LES CANALITZACIONS.....	47
B.3 DIMENSIONAT DE LES PROTECCIONS.....	48
B.3.1 INTERRUPTORS AUTOMÀTICS	48
B.3.2 INTERRUPTORS DIFERENCIALS.....	49
B.3.3 PROTECCIÓ CONTRA SOBRETENSIONS PERMANENTS	49
C POSADA EN SERVEI DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA.....	51
D MANTENIMENT I OPERACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ	52
E ESTUDI ECONÒMIC.....	54
E.1 ESTUDI ECONÒMIC DÈNIX SA.....	54
E.2 ESTUDI ECONÒMIC EROSKI SA	55
E.3 ESTUDI ECONÒMIC DIELECTRO BALEAR SA	57
E.4 ESTUDI ECONÒMIC SA DAMM.....	58

1 INTRODUCCIÓ

1.1 ANTECEDENTS

Els promotors, en els seus objectius d'augmentar l'autosuficiència dels seus recursos energètics, aposten decididament per la generació d'energia a partir de recursos locals renovables i gratuïts, propis i auto-gestionables.

Actualment, l'energia solar fotovoltaica és una de les tecnologies amb més recorregut, experiència d'instal·lació i amb un futur més prometedor del global de les tecnologies d'energia renovables existents al mercat. La disminució de preus en més del 80% en menys de 10 anys i l'aparició contínua de millors productes ha dotat al sector d'una dinàmica global molt ràpida vers la seva instal·lació i una gran flexibilitat d'integració en edificis existents. L'evolució legislativa a nivell estatal contempla la regulació de l'autoconsum energètic per mitjà del Reial Decret Llei 15/2018, el Reial Decret 244/2019 i el Reial Decret Llei 19/2021.

L'autoconsum col·lectiu és una modalitat d'autoconsum que permet el repartiment d'energia auto-produïda entre diferents consumidors elèctrics. Aquests consumidors poden estar connectats a través de xarxa interior (de manera directa) o fer servir la xarxa de distribució local per al transport de l'energia del punt de generació al punt de consum final.

1.2 OBJECTE

L'objecte del present projecte és la legalització, instal·lació i execució dels càlculs corresponents a la instal·lació fotovoltaica amb una potència de 130,9 kWp (100 kW nominals), situada en la coberta de "Dènix SA" del polígon industrial de Ciutadella de Menorca.

Aquest projecte contempla l'autoconsum col·lectiu connectat a xarxa interior per tal de cobrir part dels consums propis i, alhora, cobrir part del consum energètic de Dènix SA, Dielectro Balear SA, SA DAMM i Eroski SA, situats a poca distància, beneficiant-se de l'energia generada d'acord a uns coeficients beta pre-acordats.

A més, el present projecte detallarà la legalització i execució dels càlculs necessaris de punts de recàrrega de vehicle elèctric als establiments de Mercadona SA, SA DAMM, Dènix SA i Eroski SA.

Per acabar, es realitzarà un estudi econòmic per veure la viabilitat, eficiència i el temps d'amortització de la instal·lació a nivell individual.

1.3 ABAST

L'àmbit d'aplicació del present projecte és en referent a la instal·lació i posada a punt dels equips generadors fotovoltaics i la instal·lació i posada en marxa dels punts de recàrrega de vehicle elèctric juntament amb la seva derivació fins al quadre elèctric de protecció i comandament ja existent.

2 PROMOTOR

Nom o raó social: Indústria Renovable Ciutadella

CIF: A06004565

Direcció: Carrer Bijuters, 6

Població: Ciutadella de Menorca

CP: 07760 Província: Illes Balears

Tlf.: 622 90 85 29 @:industriarenovable@ciutadella.es

3 INTSAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA

En aquest capítol es desenvolupa el disseny i execució de la instal·lació fotovoltaica d'acord amb els requeriments marcats per les diferents legislacions en vigor aplicables.

3.1 CLASSIFICACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

La instal·lació que es planteja, segons els RDL 15/2018 i RD 244/2019 és de tipus:

Instal·lació fotovoltaica en autoconsum col·lectiu pròxima a través de xarxa, amb al menys un consumidor connectat en xarxa interior, de fins a 100 kW acollida a compensació econòmica d'excedents en sòl urbà.

En aquesta configuració la instal·lació és per autoconsum col·lectiu a través de xarxa, és a dir, que l'energia generada es reparteix entre els usuaris que en formen part en funció dels coeficients definits en el contracte de repartiment.

En aquest cas, hi haurà un consumidor connectat a xarxa interior, Dènix SA. Degut a que l'electricitat generada utilitzarà la xarxa pública de distribució per a arribar als seus consumidors finals, serà necessari sol·licitar punt de connexió a la companyia distribuïdora i signar un contracte d'accés a la xarxa.

Segons ITC-BT-04 / Art 3 del Real decret 842/2002 – Instal·lacions que precisen projecte, les instal·lacions projectades seran objecte de projecte tècnic per la seva posada en marxa o legalització final, al tractar-se de:

Grup c. Local moll de potència, o generadors de potència igual superior a 10 kW.

Segons ITC-BT-05 / Art 4 del Real decret 842/2002 – Verificacions i inspeccions, les instal·lacions projectades seran objecte de inspeccions i verificacions per la seva posada en marxa o legalització final

3.2 EMPLAÇAMENT DE LA INSTAL·LACIÓ

La instal·lació fotovoltaica estarà emplaçada sobre la coberta propietat de DÈNIX SA, establiment destinat a l'elaboració de còpies d'armes amb una superfície gràfica de 8.442 m² i una superfície construïda de 2.232 m².

Altres dades de l'edifici:

Carrer Bijuters, 6, 07760 Ciutadella de Menorca (Illes Balears)

Referència Cadastral: 3290908EE7239S0002AY

Coordenades UTM: X: 573127 / Y: 4428813

Altitud: 30,7 m



Figura 1: Emplaçament de la instal·lació fotovoltaica

3.3 DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

En aquest punt es descriuen les condicions tècniques d'una instal·lació fotovoltaica garantint la seguretat de les persones i els elements més importants en la seva execució.

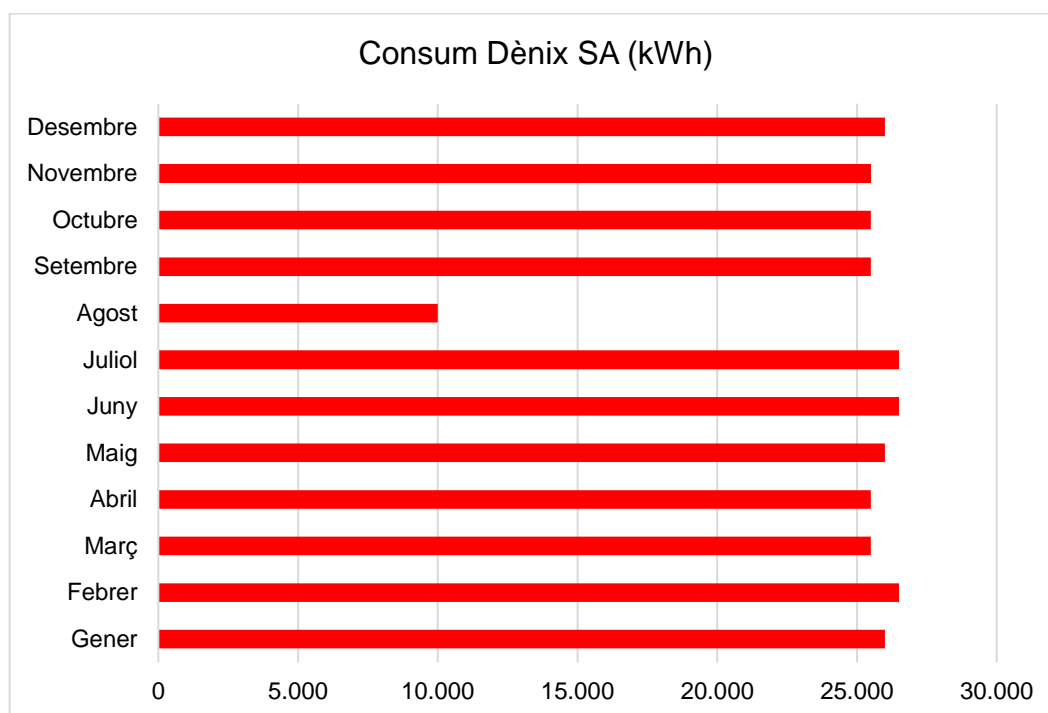
En aquest apartat s'analitzaran les possibilitats que ofereix una instal·lació d'energia solar fotovoltaica formada per un conjunt de mòduls muntats sobre una estructura a la coberta. A nivell tècnic s'exposaran i analitzaran els diferents elements que integren la instal·lació per assegurar el seu correcte funcionament. També es fa un estudi d'aquells elements que puguin afectar negativament al seu rendiment.

3.3.1 POTÈNCIA CONTRACTADA DE L'EDIFICI EXISTENT

Dènix SA disposa d'una tarifa 3.0TD amb una potència contractada de 139 kW en cadascun dels períodes P1 a P6, en un subministrament trifàsic. Malgrat això, l'interruptor general existent és de 250A pel que la potència admissible actual és d'aproximadament 173 kW. Això vol dir que l'escomesa existent permet l'exportació de potència de la instal·lació proposada, sense necessitat de dur a terme modificacions al punt de connexió.

3.3.2 CONSUM ANUAL D'ENERGIA DELS ESTABLIMENTS ADHERITS A L'AUTOCONSUM

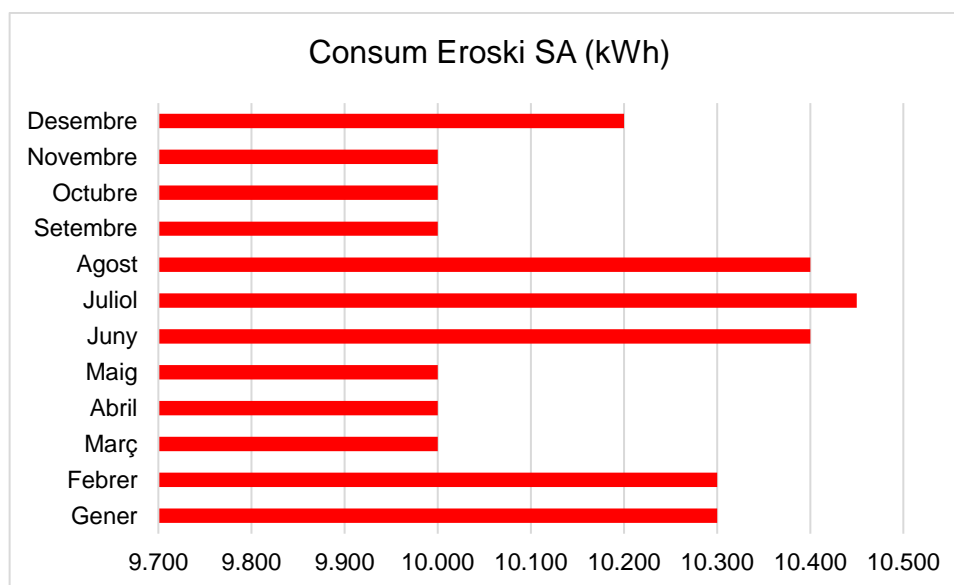
El consum anual d'electricitat de Dènix SA durant el transcurs de 2022 va ser de 295.000 kWh, es manté bastant regular al llarg de l'any degut al seu horari permanent de 6:30h del matí a 14:30h de la tarda, exceptuant el mes d'agost en que l'empresa roman tancada durant dues setmanes, i queden en funcionament el sistema d'enllumenat exterior i el sistema d'alarma.



Gràfic 1: Consum anual Dènix

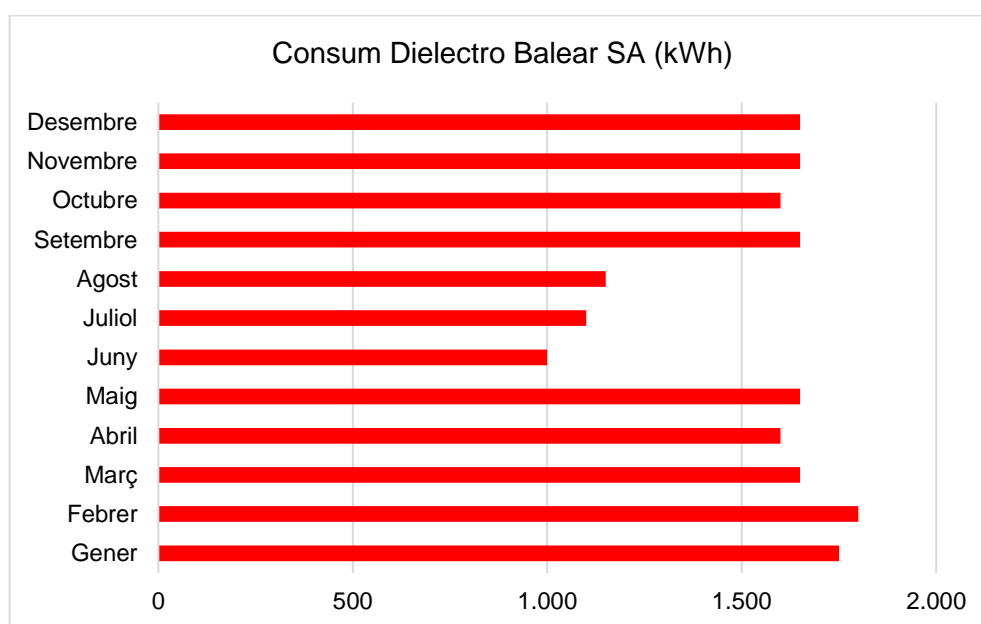
Quan al subministrament del supermercat Eroski, s'observa un consum anual de 122.050 kWh, amb petites variacions als mesos d'hivern i d'estiu degut a una major demanda de climatització.

Cal dir que aquest augment de consum als mesos d'estiu és quan hi ha més volum de treball a l'illa en conseqüència del turisme.



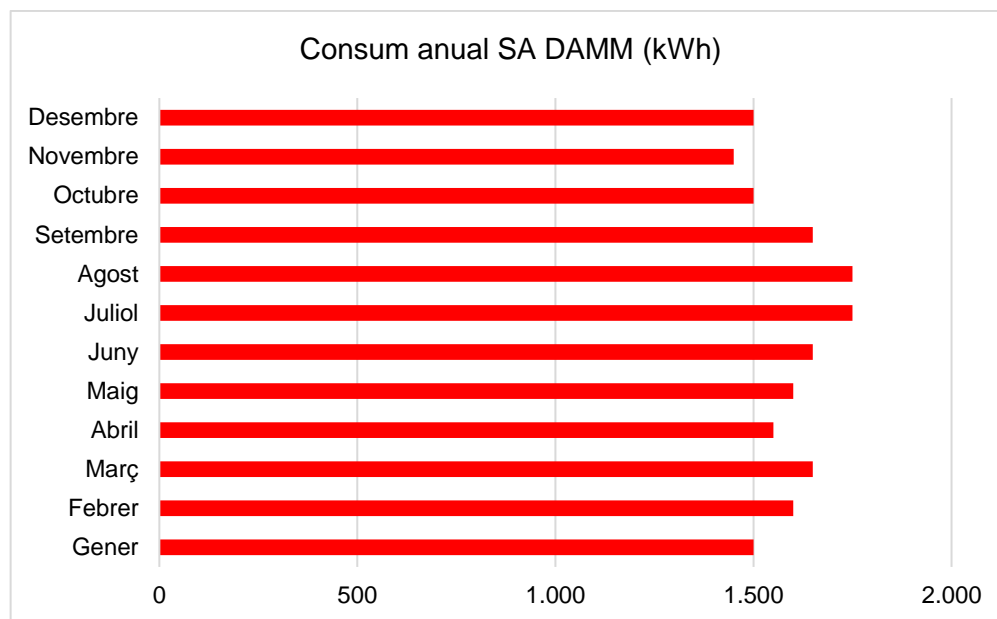
Gràfic 2: Consum anual Eroski SA

En referència al subministrament de Dielectro Balear, s'observa un consum anual de 18.250 kWh, amb un consum regular al llarg de l'any, exceptuant els mesos d'estiu en que es treballa en horari d'estiu de 7h a 15h.



Gràfic 3: Consum anual Dielectro Balear SA

En quant al subministrament de SA DAMM, s'observa un consum anual de 19.150 kWh, amb un consum relativament superior als mesos d'estiu, degut a la major demanda de treball.



Gràfic 4: Consum anual SA DAMM

3.3.3 POTÈNCIA MÀXIMA DE LA INSTAL·LACIÓ GENERADORA

Donades les característiques de l'obra i els nivells d'electrificació dels aparells projectats, pot establir-se la potència total instal·lada i generada per la instal·lació.

POTÈNCIA TOTAL PREVISTA PER INSTAL·LACIÓ		
Concepte	Potència instal·lada total (kWp)	Potència nominal (kW)
Instal·lació Fotovoltaica	130,90	100,00

Taula 1: Potència pic i nominal de la instal·lació

3.3.4 TIPOLOGIA DE L'EDIFICI

Atès que la instal·lació fotovoltaica projectada ocuparà la coberta, és necessari analitzar-ne la seva ocupació i execució. L'edifici disposa de diferents seccions de coberta, totes inclinades 9°. Per al sistema solar, s'ocuparà tota la coberta exceptuant les àrees que es vegin afectades per ombres de les xemeneies o del muret frontal de la nau.

Les nau està orientada a 74° Sud Oest, i en conseqüència les cobertes estan orientades 16° Sud Est i 164° Nord Oest.



Figura 2: Detall tipus coberta

Les afectacions visuals a la reforma de les instal·lacions guardaran coherència respecte les afectacions visuals a l'interior de l'edifici.

Es respectarà la integració arquitectònica i visual de la instal·lació fotovoltaica vers l'edifici. Aquest fet implica que es respectaran les ordenances municipals d'edificació, es respectarà també el pas per actuacions de manteniment que s'hagin de realitzar a les cobertes i, s'informarà sobre el possible risc elèctric per part de visitants a la coberta, així com també es respectarà una distància de seguretat per evitar danys fortuïts per cops o xoc amb el material instal·lat.

3.3.5 AFECTACIÓ D'OMBRES

Un dels aspectes més transcendents en el disseny d'una instal·lació fotovoltaica és la correcta ubicació i col·locació dels panells fotovoltaics per evitar l'afectació de les ombres parcials o totals sobre aquestes. S'observa que hi ha alguns elements de coberta que poden projectar ombres sobre la instal·lació, com són les xemeneies i el mur frontal de la façana.

Per aquest motiu, s'ha creat un model de simulació en tres dimensions a partir del software HeliScope, per tal de determinar l'afectació anual sobre la producció teòrica del sistema de les ombres dels diferents elements estructurals i arquitectònics de l'edifici. Amb el programa s'ha realitzat una simulació per tal de calcular l'afectació dels diferents elements que puguin produir ombra sobre la instal·lació solar fotovoltaica, per cada dia de l'any i en funció de l'altura (zenit) i azimut (angle d'orientació respecte el nord) del sol, així com també la seva aproximació vers l'òrbita i els valors de radiació.

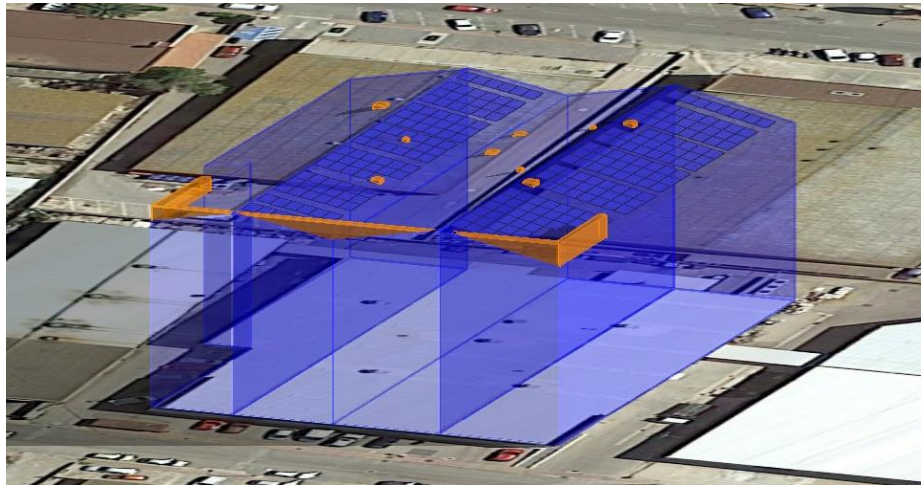


Figura 3: Afectació ombres a la instal·lació 1

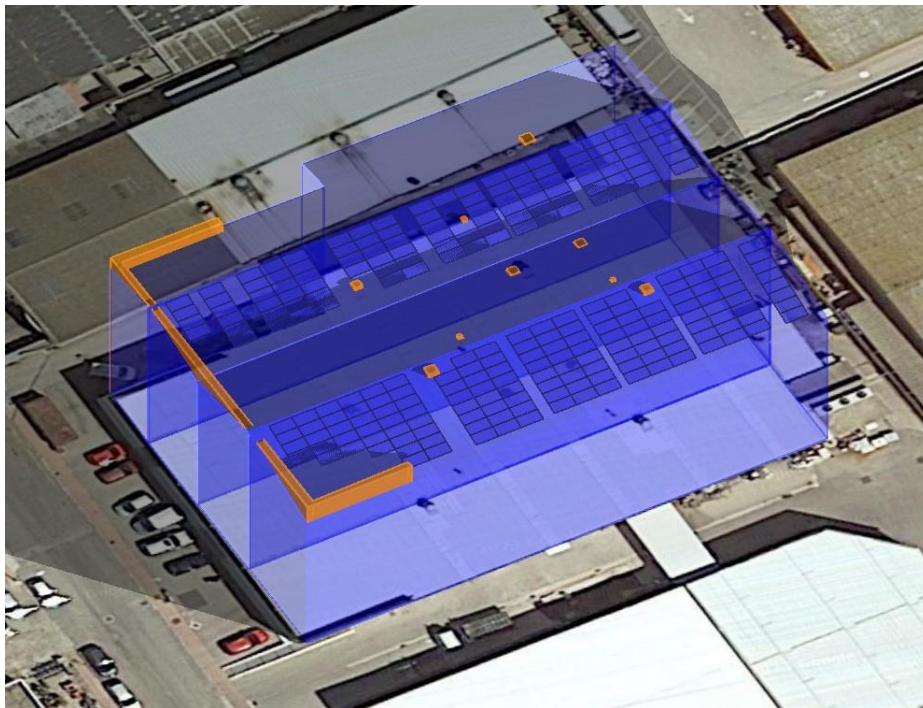


Figura 4: Afectació ombres a la instal·lació 2

En aquesta següent figura es visualitzen les ombres possibles durant el període del matí, de les sis i mitja a les dues i mitja.

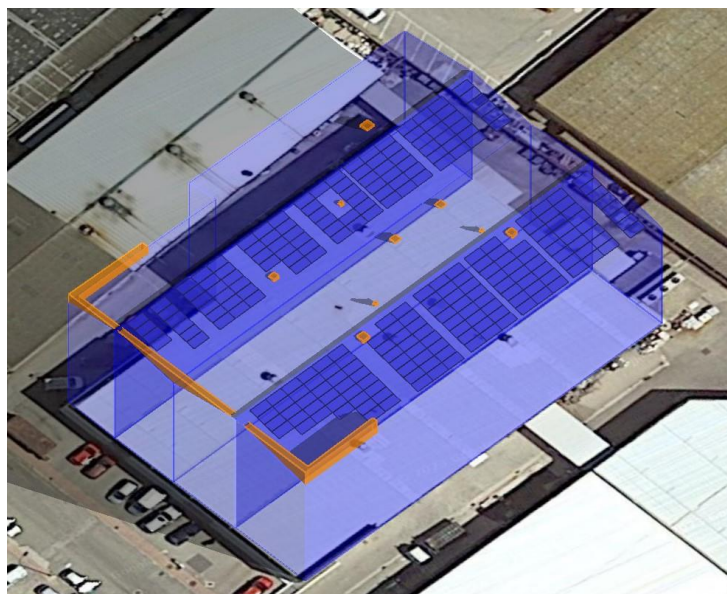


Figura 5: Afectació ombres a la instal·lació 3

Un cop analitzats els valors anuals de la simulació, es conclou que l'afectació total de les ombres serà d'un 0,4%.

☰ Shading by Field Segment									
Description	Tilt	Azimuth	Modules	Nameplate	Shaded Irradiance	AC Energy	TOF ²	Solar Access	Avg TSRF ²
Field Segment 2	10.0°	163.0°	101	55.6 kWp	1,808.4kWh/m ²	80.5 MWh ¹	92.0%	99.5%	91.5%
Field Segment 4	12.0°	163.3°	137	75.4 kWp	1,834.7kWh/m ²	110.6 MWh ¹	93.1%	99.7%	92.8%
Totals, weighted by kWp			238	130.9 kWp	1,823.5kWh/m ²	191.2 MWh	92.6%	99.6%	92.3%

Figura 6: Resultats simulació d'ombres

3.3.6 NOMBRE DE MÒDULS

La instal·lació estarà formada per 238 mòduls amb una potència unitària de 550 Wp que totalitzaran 130,90 kWp de potència instal·lada.

La instal·lació disposarà de 2 inversors Huawei SUN2000-50KTL-M3 a 3x230/400V AC, que permetrà convertir el corrent continu a corrent altern. Els inversors disposen de grau de protecció IP 66 i estaran ubicats a l'entrada de la nau, al costat del quadre general de distribució elèctrica.

3.4 CARACTERÍSTIQUES DELS COMPONENTS

Els principals equips que conformen la instal·lació són els que es detallaran seguidament:

3.4.1 GENERADORS SOLARS FOTOVOLTAICS

A continuació es descriuen les principals característiques i especificacions tècniques mínimes que han de complir els mòduls fotovoltaics del present projecte per una radiació estàndard de 1.000 W/m² i 25°C.

S'ha escollit el model JAM72S30 550/MR/1500V que presenta les següents característiques:

Paràmetres Elèctrics STC	JAM72S30 550/MR/1500V
Potència nominal (Wp)	550
Classificació de la classe de potència	0/+5 W
Tensió nominal Vmpp (V)	41,96
Corrent nominal Impp (A)	13,11
Tensió a circuit obert Voc (V)	49,90
Corrent curtcircuit Isc (A)	14,00
Eficiència del mòdul (%)	21,30
Garantia de producte	12 anys
Garantia de producció	25 anys

Taula 2: Característiques tècniques mòdul fotovoltaic

3.4.2 INVERSORS

Els panells solars generen electricitat en corrent continu. Per a poder ser injectada en una xarxa elèctrica de corrent altern a 3x230/400V es fa us dels anomenats inversors. Aquests seran de tipus i característiques específiques per a un sistema de connexió a la xarxa, de tensió i freqüència donat. La creació d'harmònics estarà compresa dins dels límits fixats en la guia sobre qualitat d'ona de les xarxes UNESA i segons la norma CEI 100-3-2.

S'utilitzaran inversors que tinguin integrades les proteccions necessàries per a la interconnexió, aïllament galvànic, protecció de màxima i mínima tensió, protecció de màxima/mínima freqüència i desconexió automàtica en cas de tall de la corrent de xarxa. Hauran d'acomplir amb la normativa aplicable descrita en el RD1699/2011 i disposar de tots els certificats exigibles per la normativa actual.

Es disposaran de 2 inversors de 50 kWn de la marca Huawei amb un índex de protecció IP66. Disposen de proteccions per garantir la transferència de corrent, disposen de la certificació CE i compleixen la normativa RD 1699/2011. Aquests equips s'instal·laran a la sala del quadre general de distribució elèctrica.

A continuació es detallen les característiques mínimes que hauran de complir els inversors:

Paràmetres Elèctrics	Huawei SUN2000-50KTL-M3
Potència nominal (W)	50.000
Tensió d'entrada màxima (V)	1.100
Corrent màxima per entrada MPPT (A)	30
Nombre MPPTs	4
Nombre total d'inversors	2
Tensió nominal CA	3x230/400 V
Eficiència (%)	98
Tensió mínima d'arrencada (V)	200
Rang de tensió d'entrada	200 ~ 1.000 V

Taula 3: Característiques tècniques dels inversors

3.4.3 CONNEXIONAT DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS

Els panells fotovoltaics es connecten entre ells en sèrie i paral·lel per poder operar en tensions que permetin una conversió eficient de l'energia de CC a CA. La instal·lació en coberta es realitzarà mitjançant la unió de vuit strings en paral·lel per inversor. Els mòduls queden distribuïts de la següent manera:

Inversor 1:

Entrada A: 2x String de 14 mòduls de 550W

Entrada B: 2x String de 14 mòduls de 550W

Entrada C: 2x String de 15 mòduls de 550W

Entrada D: 2x String de 15 mòduls de 550W

Inversor 2:

Entrada A: 2x String de 16 mòduls de 550W

Entrada B: 2x String de 15 mòduls de 550W

Entrada C: 2x String de 15 mòduls de 550W

Entrada D: 2x String de 15 mòduls de 550W

Les connexions es disposaran a l'interior de caixes estanques situades a l'ombra projectada pel mur de la façana principal per evitar l'exposició directe a la radiació solar.

El cablejat transcorrerà per la superfície de la coberta, protegit contra cops i intempèrie per safata protegida de resistència mínima IK10 fins el mur de la façana principal on s'hi situarà la baixant mitjançant tub amb les mateixes característiques de protecció. Totes les unions es realitzaran mitjançant connectors específics per instal·lacions fotovoltaïques. El cablejat de corrent continu serà d'alta seguretat (AS), lliure d'halògens, no propagador de flama i amb baixa emissió de gasos corrosius. El conductor serà flexible de coure i amb les característiques següents.

Resistència a temperatures extremes (- 40°C a 120°C).

Tensió nominal 0,6/1 kV CA i 1,8 kV CC.

Resistència als raigs ultraviolats.

Resistència a l'ozó.

El recorregut dels cables de corrent continu per la coberta es realitzarà de tal manera que l'àrea tancada pels conductors positiu i negatiu d'un grup de panells en sèrie sigui el més petita possible, amb la finalitat de reduir el màxim les possibles sobretensions d'origen atmosfèric produïdes per acumulació de carregues electrostàtiques.

3.4.4 ESTRUCTURA DE SUPORT

L'estructura de suport dels mòduls a utilitzar serà un sistema coplanar ancorat a la coberta de xapa. Per tal de complir amb les condicions de la zona, els paràmetres de disseny del sistema seran els següents:

Condicció de disseny: Codi Tècnic de l'Edificació

Vida útil de l'estructura: 25 anys

Altura de l'edifici: 9 m

Velocitat de disseny del vent: 69,45 m/s (250 km/h)

Els mòduls, col·locats en horitzontal, es disposen en files d'entre 1 i 8 mòduls. L'estructura serà d'alumini amb cargolaria d'acer inoxidable, seguint la orientació i inclinació de la pròpia coberta (163° Sud Est i 9° d'inclinació). L'estructura s'ancorarà a la xapa de la coberta.

A continuació es mostra una fotografia d'exemple de l'estructura de fixació dels mòduls:

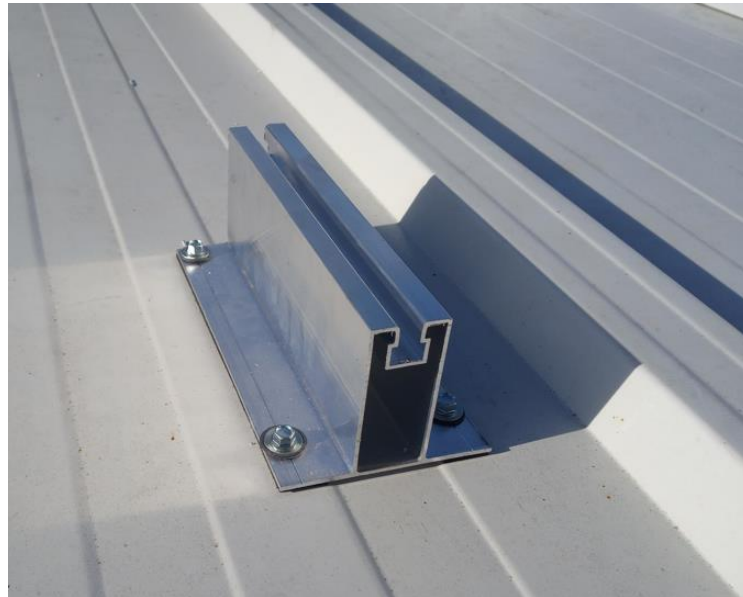


Figura 7: Estructura de fixació a xapa 1



Figura 8: Estructura de fixació a xapa 2

3.4.5 POSADA A TERRA DEL CAMP FOTOVOLTAIC

El sistema de generació en corrent continu tindrà una posada a terra independent, instal·lada de forma que no alteri les condicions de la xarxa elèctrica. Aquest sistema connectarà les

masses dels equips de generació assegurant que no es produeixin tensions perilloses ni transferència de defectes a la xarxa.

Es disposarà de dues piques de coure de dos metres i d'un dispositiu de connexió per prendre mesures de la resistència a terra. La secció de la línia serà de 16 mm².

El sistema de generació en corrent altern estarà connectat al terra existent de cadascun dels edificis de forma que no alteri les condicions de la xarxa elèctrica.

3.4.6 CAIXA DE CONNEXIÓ CA

A la sortida dels inversors, s'instal·larà un quadre de proteccions de corrent altern. A aquest quadre arribarà la sortida de CA dels inversors, i disposarà de protecció magneto tèrmica i diferencial per a cada inversor, a més dels dispositius contra sobretensions permanents i transitòries respectius.

També s'instal·larà un interruptor magneto tèrmic diferencial general on arribaran els conductors d'ambdós inversors aigües amunt de les seves respectives proteccions, aquest interruptor serà designat com l'interruptor general de la instal·lació, i serà el que s'haurà de baixar en voler realitzar tasques de manteniment en els equips.

Aquestes proteccions s'instal·laran en un quadre destinat a aquest ús, al costat dels mateixos inversors.

3.4.7 CAIXA DE CONNEXIÓ CC

A l'entrada dels inversors, s'instal·larà un quadre de proteccions de corrent continu. A aquest quadre arribaran els strings dels generadors fotovoltaics, disposarà de protecció mitjançant fusibles específics de corrent continu, a més de dispositius de sobretensions (també específics per corrent contínua) per a cada MPPT dels inversors.

Aquestes proteccions s'instal·laran en un quadre destinat a aquest ús, al costat dels mateixos inversors.

3.4.8 INTERCONNEXIÓ DE CORRENT ALTERN I EQUIP DE MESURA

A la sortida del quadre de connexions en corrent alterna, la línia d'AC es derivarà sota canal fins al costat de l'actual comptador TMF-10 139/277 kW.

Per tal de complir amb la normativa s'haurà d'instal·lar una caixa de derivació i mesura, CDM, aigües avall de la CGP ja que no es permet tenir dues línies generals d'alimentació.

Així com indica el seu nom, aquesta derivarà dues sortides, una cap el comptador TMF-10 139/277 kW existent, i l'altre cap el nou comptador TMF-10 55/111kW necessari per poder establir el sistema d'autoconsum col·lectiu.

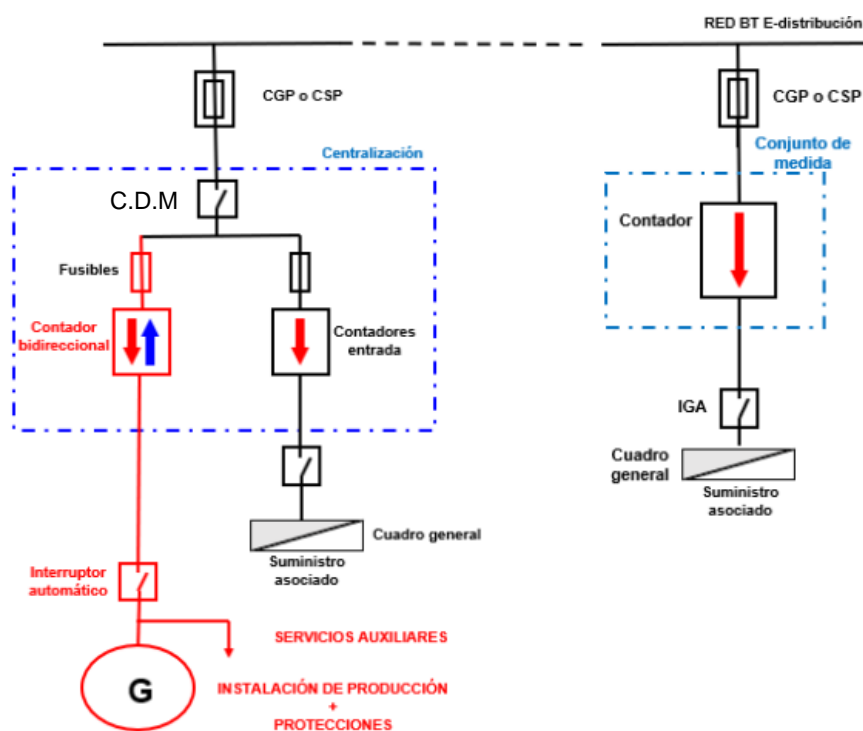


Figura 9: Esquema de connexió del sistema de generació fotovoltaic per autoconsum col·lectiu

3.4.9 MONITORITZACIÓ I CONTROL

El sistema de monitorització ha de permetre visualitzar els principals paràmetres de la instal·lació a través d'una plataforma web accessible a través de navegador web. Per tal de que aquest sistema sigui compatible amb l'inversor proposat, es proposa com a solució l'equip SmartLogger3000A del mateix fabricant que l'inversor (Huawei), juntament amb un comptador elèctric DTSU666 també del mateix fabricant, amb pinces amperimètriques de 250A.

Huawei disposa d'una plataforma en línia i una aplicació mòbil des d'on es permet monitoritzar les dades de la instal·lació solar a través de l'SmartLogger3000A. Per la connexió del sistema de gestió a internet s'utilitzarà la infraestructura informàtica existent.

D'altra banda, es contracta la plataforma de WATTABIT W-MANAGER per a comunitats energètiques, la qual permet:

Monitorització de la producció: bé a través de les dades de l'inversor, bé a través del comptador de generació.

Monitorització dels consums individuals dels usuaris de la comunitat energètica: bé a través de les dades de distribuïdora, bé mitjançant un dispositiu de comptatge instal·lat a cada subministrament.

Càlcul de la producció disponible per cada usuari, en base als coeficients de repartiment.

Càlcul de l'autoconsum directe, la compensació, la cobertura solar, i els excedents.



Figura 10: Plataforma WATTABIT W-MANAGER de monitorització i gestió de comunitats energètiques

3.4.10 CONDUCTORS I CANALITZACIONS

El conductor d'interconnexió entre mòduls fotovoltaics serà de 10 mm² de coure flexible i aïllat amb doble capa tipus ZZ-F (AS) 1,8 KV 0,6/1KV AC. Les línies d'enllaç del generador fotovoltaic amb els inversors seran segons UNE 21123. En tot cas, la secció dels conductors del corrent continu serà suficient perquè la caiguda de tensió sigui inferior al 1,5 %. Per tant, en distàncies llargues com es tenen en el present projecte s'incrementarà la secció fins els 10 mm². Al tractar-se d'una instal·lació de corrent continu, els colors normalitzats seran vermell pel pol positiu i negre pel negatiu.

Les connexions entre conductors i els mòduls fotovoltaics es farà mitjançant connectors aeris de goma amb connexió estanca. Es tindrà especial cura en les connexions en ambdós pols i degut a la particularitat del corrent continu, s'asseguraran les connexions, fixant de nou tots

els connectors i revisant tots els contactes, a fi i efecte de minimitzar el manteniment per avaries.

Degut al perill que suposa l'acoblament inductiu dels cables, s'instal·laran de manera que ambdós pols, positiu i negatiu, estiguin el més a prop possible, per tal que les bobines d'acoblament inductiu siguin el més petites possible, en previsió de descarregues atmosfèriques.

El cablejat de corrent continu, entre mòduls o entre caixes de connexió de corrent continu i els inversors, transcorre per la coberta i es realitzarà mitjançant safata metàl·lica de secció apropiada al nombre de conductors segons indicacions del punt 3 de la ITC BT 21, i estaran polits per la part interior per evitar que els cables puguin patir algun defecte en el seu aïllament.

En el cas de corrent altern es tindran diferents seccions per cada cas en particular. La secció de sortida de cada inversor trifàsic serà de 50 mm² més el cable de terra de 25 mm², aquests cables es connectaran a un interruptor general en que la seva sortida es realitzarà mitjançant cable de 120 mm² més el de terra de 70 mm² de secció, aquests conductors es connectaran ja en el TMF 10 destinat al comptatge d'energia de la instal·lació.

El tram des del conjunt de mesura fins la C.D.M. es realitza mitjançant conductors de secció igual a 185 mm² enterrats sota tub rígid de PVC.

En tot cas, les canalitzacions del cablejat de corrent altern, entre els inversors i el punt de connexió a xarxa, es realitzarà mitjançant tubs i safata metàl·lica; quan transcorrin per la superfície seguiran les especificacions del punt 1.2.1 de la ITC BT 21 i quan transcorrin pel passos d'instal·lacions d'acord amb l'establert en el punt 1.2.2.

3.5 CONDICIONS TÈCNIQUES DE LA CONNEXIÓ A LA XARXA

S'han previst unes proteccions per la desconexió del productor d'energia per connectar-se a la xarxa, de manera que qualsevol variació o anomalia en les condicions de treball imposades per la companyia elèctrica permeti la desconexió per no afectar als usuaris de la xarxa. Aquestes proteccions garanteixen la qualitat de la corrent injectada, limitant la tensió nominal i la freqüència dintre dels marges permesos pel RD 1699/2011.

Les seves funcions bàsiques son:

La desconexió automàtica de la xarxa en cas de defecte de la instal·lació.

Evitar l'alimentació a altres usuaris d'una tensió o freqüència anòmla.

Permetre el reenganxament automàtic.

Les proteccions utilitzades seran:

Protecció de màxima i mínima freqüència, ajust entre 48 i 50,5 Hz amb i temporització de 0,1 a 1 seg.

Protecció magnetotèrmica (una per inversor) que suporti el 125 % de la potencia nominal del generador.

Protecció diferencial classe A amb una sensibilitat de 300 mA.

Desconnexió i connexió automàtica en cas de tall de la xarxa.

Les característiques tècniques dels elements de protecció són les següents:

Interruptor Magnetotèrmic UNE-EN 60.898-1 (IEC 60.529)	
Protecció	IP20
Tensió nominal	3x230/400 V
Intensitat regulada	100
Intensitat nominal	100
Poder de tall Icc	10 kA
Temps de vida	20.000 actuacions
Nº de contactes	4

Taula 4: Característiques mínimes interruptor magnetotèrmic

Interruptor Diferencial UNE-EN 61.008-1 (IEC 60.529)	
Protecció	IP40
Tensió nominal	3x230/400 V
Tipus	AC
Intensitat nominal	100
Temps de vida	20.000 actuacions
Nº de contactes	4
Transformador toroïdal o Sensibilitat	300 mA

Taula 5: Característiques mínimes interruptor diferencial

Val a dir que es posen aquestes proteccions per a cada inversor de la instal·lació, de manera individual.

Per acabar, aigües avall d'aquesta instal·lació és posa un interruptor magneto tèrmic amb qualitats d'interruptor diferencial per protegir a les persones front contactes tant indirectes com directes en el tram que va fins el TMF-10 55/111 kW, d'acord a les següents característiques:

Interruptor Magnetotèrmic i Diferencial IEC 60.529	
Protecció	IP40
Tensió nominal	3x230/400 V
Intensitat regulada	160 A
Intensitat nominal	160 A
Poder de tall lcc	45 kA
Temps de vida	20.000 actuacions
Nº de contactes	4
Intensitat nominal bloc diferencial	160 A
Transformador toroïdal o Sensibilitat - Bloc diferencial	100 mA

Taula 6: Característiques mínimes interruptor magnetotèrmic/diferencial

4 AVALUACIÓ ENERGÈTICA

4.1 DADES DE RADIACIÓ SOLAR

Per l'ajust dels paràmetres dels equips, cal disposar de les dades de temperatures ambient i de radiació de la zona. Les dades d'irradiació utilitzats per al càlcul i dimensionament de la instal·lació, s'han extret del PVGIS.

Dades tèrmiques de la radiació a la zona		
Mes	Hh (kWh/m ²)	T24h (°C)
Gener	68,98	14,00
Febrer	103,52	14,00
Març	121,32	13,80
Abril	168,07	16,00
Maig	220,30	19,40
Juny	215,10	22,10
Juliol	224,00	24,90
Agost	202,16	25,80
Setembre	146,14	23,30
Octubre	110,43	19,10
Novembre	75,81	17,50
Desembre	54,98	13,40
Mitjana	142,57	18,61

Taula 7: Resum de dades d'irradiació i temperatura anual

4.2 CÀLCUL DE LA PRODUCCIÓ ENERGÈTICA

La producció de la instal·lació s'ha estimat mitjançant el software de simulació HelioScope. A partir de la modelització en 3D de la instal·lació és capaç de calcular la producció fotovoltaica que generarà tenint en compte la ubicació, inclinació i orientació dels panells, i afectació d'ombres en les diferents hores del dia.

4.3 RESULTATS

La instal·lació permetrà una generació de fins a 191,20 MWh anuals. Per tal de dur a terme la simulació energètica, s'han considerat les corbes de consum horari dels diferents subministraments dels edificis adherits a l'autoconsum col·lectiu.

En tractar-se d'un autoconsum col·lectiu s'han estipulat uns coeficients de repartiment d'energia d'acord a l'import liquidat en el pressupost.

Usuaris	Dènix SA	Eroski SA	Dielectro Balear SA	SA DAMM	TOTAL
Valor de repartiment	54,00%	30,00%	8,00%	8,00%	100,00%
Generació disponible (kWh)	103.248,00	57.360,00	15.296,00	15.296,00	191.200,00
Autoconsum instantani	91,00%	95,00%	67,00%	68,00%	80,25%
Cobertura solar estimada	32,00%	45,00%	56,00%	55,00%	47,00%
Estalvi econòmic anual estimat	21.134,87	12.131,64	2.507,01	2.533,02	38.306,54

Taula 8: Resum repartiment d'energia

Per a l'estalvi econòmic s'ha estimat un preu de compra d'energia de 0,22 €, d'altra banda, s'ha estimat un preu de compensació de 0,05 €.

El sistema permet la visualització instantània dels valors produïts i l'energia consumida, els usuaris poden anar prenent consciència dels consums i la seva interacció amb l'energia fotovoltaica i reduir el consum energètic, o accionar càrregues o elements en hores de major radiació.

5 ESTALVI MEDIAMBIENTAL

L'estalvi mediambiental serà el producte de tota aquella energia provinent de font renovable (estalviada) pel seu corresponent factor d'emissió.

ESTALVI MEDIAMBIENTAL ASSOCIAT A LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA	
Energia anual generada per la instal·lació fotovoltaica (kWh)	191.200,00
Factor d'emissió kgCO ₂ /kWh	0,28
ESTALVI MEDIAMBIENTAL kg CO ₂ anuals	53.410,00

Taula 9: Estalvi mediambiental

6 CARREGADOR DE VEHICLE ELÈCTRIC

En aquest capítol es desenvolupa el disseny i execució de la instal·lació de punts de recàrrega de vehicles elèctrics d'acord amb els requeriments marcats per les diferents legislacions en vigor aplicables.

Els punts de recàrrega disposaran de lector de targetes RFID, aquestes targetes estaran facilitades als empleats dels establiments de tal manera que es podrà carregar els vehicles de l'establiment sense haver d'efectuar un pagament, sinó que aquest cost econòmic es repercutirà en la factura elèctrica. En el cas del Mercadona SA i Eroski SA els punts de recàrrega estaran donats d'alta en la plataforma "Electromaps" en que es podran controlar i alhora establir tarifes de recàrrega per als demés usuaris aliens a l'establiment, és a dir, els clients del supermercat.

6.1 EMPLAÇAMENTS DE LA INSTAL·LACIÓ

La instal·lació dels punts de recàrrega de vehicle elèctrics estaran emplaçats dintre la propietat de la parcel·la de cada establiment, tots els punts seguiran la mateixa tipologia de instal·lació, enclavats al terra de l'establiment en qüestió.

Dades emplaçament punt de recàrrega de Dènix SA:

Carrer Bijuters, 6, 07760 Ciutadella de Menorca (Illes Balears)

Referència Cadastral: 3290908EE7239S0002AY

Coordenades UTM: X: 573127 / Y: 4428813



Figura 11: Emplaçament punt de recàrrega de vehicle elèctric Dènix SA

Dades emplaçament punt de recàrrega de Eroski SA:

Carrer Sabaters, 8, 07760 Ciutadella de Menorca (Illes Balears)

Referència Cadastral: 3491108EE7239S0001DT

Coordenades UTM: X: 573263 / Y: 4428902



Figura 12: Emplaçament punt de recàrrega de vehicle elèctric Eroski SA

Dades emplaçament punt de recàrrega de SA DAMM:

Carrer Sabaters, 16, 07760 Ciutadella de Menorca (Illes Balears)

Referència Cadastral: 3392107EE7239S0001JT

Coordenades UTM: X: 573215 / Y: 4429055

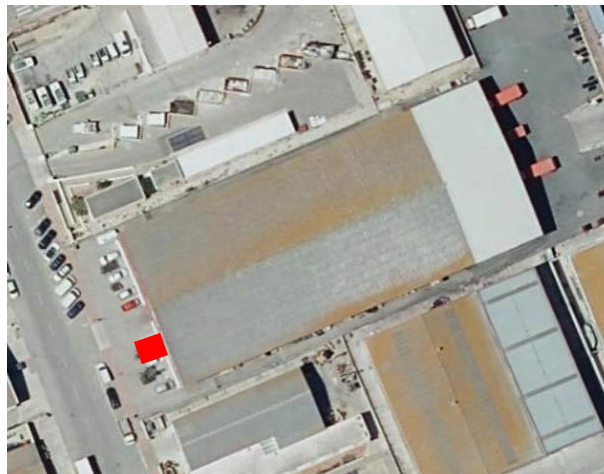


Figura 13: Emplaçament punt de recàrrega de vehicle elèctric SA DAMM

Dades emplaçament punt de recàrrega de Mercadona SA:

Carrer Industrials, 14, 07760 Ciutadella de Menorca (Illes Balears)

Referència Cadastral: 3089210EE7238N0001XE

Coordenades UTM: X: 572948 / Y: 4428748



Figura 14: Emplaçament punt de recàrrega de vehicle elèctric Mercadona SA

6.2 DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

En aquest punt es descriuen les condicions tècniques necessàries per la instal·lació de punts de recàrrega de vehicle elèctric garantint la seguretat de les persones, i els elements més importants en la seva execució.

A nivell tècnic s'exposaran i analitzaran els diferents elements que integren la instal·lació per assegurar el seu correcte funcionament.

6.2.1 DESCRIPCIÓ DE LA L'ESTACIÓ DE RECÀRREGA

Els punts de recàrrega instal·lats són del fabricant Cicular, model Urban T22 amb les següents característiques:

Trifàsic

Potència de càrrega fins a 22 kW/toma (màx. 2 tomes)

Corrent configurable 6 – 32 A

Connector tipus 2

Connexió: Ethernet / Wifi / Bluetooth

Índex de protecció IP54/ IK10



Figura 15: Dimensions del carregador

D'acord amb la UNE-EN 61851-1, hi ha normalitzats 4 modes de càrrega conductiva per al vehicle elèctric, amb diferents característiques i funcions de la recàrrega, que estan definides per les capacitats de l'estació de recàrrega i per la base de presa de corrent.

En aquest cas el model de recàrrega és el Mode 3: Recàrrega utilitzant una base de presa de corrent especialment dissenyada per a la recàrrega del vehicle elèctric. Aquest mode utilitza sempre una estació de recàrrega o SAVE (Sistema d'alimentació específic per a VE). Les funcions de control i protecció són a l'estació de recàrrega.

6.2.2 CANALITZACIONS

El cablejat de corrent altern, entre quadre general i carregador de vehicle elèctric es realitzarà mitjançant tubs i safata metàl·lica, generalment aniran enterrats a rasa sota tub i enclavats a paret sota tub també, seguint en tot moment la ITC-BT 21.

6.2.3 INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA

La instal·lació fa servir el subministrament actual de l'establiment en qüestió, en el que s'ha afegit un circuit addicional per a la connexió del punt de recàrrega, aquest circuit penja aigües avall del comptador en el quadre general de l'establiment si hi ha espai per les respectives proteccions, o bé en un sub-quadre en els casos en que no sigui possible la instal·lació d'aquestes proteccions en el quadre general. La línia del circuit tindrà una secció de 35 mm² fins al carregador, on després es connectarà al interruptor general del carregador i es dividirà en 2 circuits, un per cada toma del carregador, ambdós circuits disposen d'un comptador digital d'energia, que realitzarà la funció de "parkimetro" per tal de treure'n benefici, el carregador es connectarà a un portal on la gent s'haurà de registrar per poder utilitzar el carregador, en aquest hi haurà les tarifes de càrrega amb els costos associats.

La línia de 35 mm² del quadre general al carregador estarà protegida per un interruptor magnetotèrmic de les següents característiques:

Interruptor Magnetotèrmic UNE-EN 60.898-1 (IEC 60.529)	
Protecció	IP20
Tensió nominal	3x230/400 V
Intensitat regulada	80 A
Intensitat nominal	80 A
Poder de tall Icc	10 kA
Temps de vida	20.000 actuacions
Nº de contactes	4

Taula 10: Característiques mínimes interruptor magnetotèrmic línia VE

En quan a l'interruptor diferencial, aquest comptarà amb les següents característiques:

Interruptor Diferencial UNE-EN 61.008-2-1 (IEC 60.529)	
Tensió nominal	3x230/400 V
Intensitat nominal	80 A
Temps de vida	20.000 actuacions
Nº de contactes	4
Transformador toroïdal o Sensibilitat	300 mA
Classe de protecció contra fuites a terra	AC

Taula 11: Característiques mínimes interruptor diferencial línia VE

A dintre el carregador el circuit disposarà de protecció magneto tèrmica i diferencial tipus B per cada toma del carregador (2 unitats), a més dels dispositius contra sobretensions permanents i transitòries respectius i comptadors digitals per ambdues tomes. Les característiques tècniques dels elements situats de protecció seran:

Interruptor Magnetotèrmic UNE-EN 20.317 (IEC 60.898-1)	
Protecció	IP20
Tensió nominal	3x230/400 V
Intensitat nominal	40 A
Poder de tall lcc	6 kA
Temps de vida	20.000 actuacions
Nº de contactes	4

Taula 12: Característiques mínimes interruptor magnetotèrmic VE

Interruptor Diferencial UNE-EN 61.008-2-1 (IEC 60.529)	
Tensió nominal	3x230/400 V
Intensitat nominal	40 A
Temps de vida	20.000 actuacions
Nº de contactes	4
Transformador toroïdal o Sensibilitat	300 mA
Classe de protecció contra fuites a terra	B-SI

Taula 13: Característiques mínimes interruptor diferencial VE

7 RESUM DEL PRESSUPOST

El cost econòmic de la instal·lació, execució i posada en funcionament del present projecte ascendeix a un total de cent quaranta-nou mil dos-cents seixanta-cinc euros amb seixanta-tres cèntims, sense IVA.

D'aquest total Dènix SA aporta cinquanta-tres mil sis-cents quinze coma vuitanta-quatre euros, Eroski SA cinquanta-dos mil sis-cents setanta-dos coma seixanta-quatre euros, Dielectro Balear SA onze mil tres-cents trenta-set coma vuitanta-vuit euros, SA DAMM vint-i-un mil quatre-cents vuitanta-vuit coma cinquanta-set euros i Mercadona SA deu mil cent cinquanta coma seixanta-nou euros. L'IVA queda repartit d'acord al percentatge d'inversió de cadascun.

8 CONCLUSIONS

L'objecte del present projecte és la creació d'una comunitat energètica en el polígon industrial de Ciutadella de Menorca per aconseguir una reducció en la factura elèctrica juntament amb l'aposta per la generació d'energia neta provinent de recurs renovable mitjançant l'energia solar fotovoltaica.

La modalitat d'autoconsum col·lectiu a través de xarxa permet a varis establiments a beneficiar-se de la generació en una planta fotovoltaica pròxima ($d < 2.000$ metres), fet que ha impulsat als diferents promotors a la seva execució. A més, en el present projecte és detalla l'execució de la instal·lació de punts de recàrrega de vehicle elèctric situats a varis dels establiments adherits a l'autoconsum col·lectiu.

Mitjançant l'execució del present projecte s'aconsegueix una generació de 191,20 MWh/any, que repercutirà en una reducció en la factura elèctrica de cada establiment, la instal·lació serà amortitzada en aproximadament quatre anys i mig.

Joan Marquet Moll
Graduat en Enginyeria Elèctrica

Ciutadella de Menorca, 1 de Juny de 2023

9 RELACIÓ DE DOCUMENTS

El present projecte està compost per cinc documents independents, en el següent ordre: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost. Inclou resum degut a l'abast del projecte.

10 BIBLIOGRAFIA

Circutor. Estación de recarga exterior. (<https://circutor.com/productos/recarga-inteligente-para-vehiculos-electricos/estacion-de-recarga-exterior/product/V10623/>, 15 de març de 2023)

Estructures Sunfer. Catalogo. (<https://sunferenergy.com/>, 5 de març de 2023)

EU Science Hub. PVGIS Online Tool. (https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool_en, 25 de febrer de 2023)

Gobierno de España. IDAE Guía profesional de tramitación del autoconsumo. (<https://www.idae.es/publicaciones/guia-profesional-de-tramitacion-del-autoconsumo>, 3 de març de 2023)

Google Maps.

(<https://www.google.com/maps/@40.0039424,3.8391245,80m/data=!3m1!1e3?hl=es>, 15 de febrer de 2023)

HeliosScope. The #1 Sales & Design Software for C&I Solar. (<https://helioscope.aurorasolar.com/>, 23 de febrer de 2023)

Huawei. SmartDesign.

(<https://eu.smartdesign.huawei.com:31943/login/login.action?target=https%3A%2F%2Fhu.smartdesign.huawei.com%3A31943%2Findex.html>, 20 de febrer de 2023)

IDEIB. (<https://ideib.caib.es/visor/>, 25 de febrer de 2023)

Schneider Electric. (<https://www.se.com/es/es/>, 8 de març de 2023)

SolarEdge. Designer. (<https://designer.solaredge.com/sites>, 15 de febrer de 2023)

TOPCABLE. Cables de baja tensión. (<https://www.topcable.com/es/>, 15 de març de 2023)

11 GLOSSARI

AC: Corrent Altern.

CA: Corrent Altern.

CC: Corrent Continu.

CDM: Caixa de Derivació i Mesura.

CEI : Comunitat d'Estats Independents.

CGP: Caixa General de Protecció.

CIF: Codi de Identificació Fiscal.

CP: Codi Postal.

IDAE : Institut per la Diversificació i l'Estalvi de l'Energia.

IEC: Comissió Electrotècnica Internacional.

IPC: Índex de variació de preu de consum.

ITC-BT : Instrucció Tècnica Complementària de Baixa Tensió.

LGA: Línia General d'Alimentació.

MPPT : Seguidor del punt de màxima potència.

RD : Reial Decret.

RDL : Reial Decret Llei.

REBT: Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

RFID: Radio Freqüència IDentificació.

PIA: Petit interruptor automàtic.

PRI: Període de retorn de la inversió.

STC : Condicions estàndard de mesura, baix las que se avaluen els panells fotovoltaics.

UNE : Una Norma Espanyola.

UNESA: Associació Espanyola de la Indústria Elèctrica.

UTM: Universal Transverse Mercator.

VE: Vehicle Elèctric.

A CÀLCULS INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA

En els següents apartats es mostren els càlculs realitzats per a la elecció dels components del sistema solar fotovoltaic, així com altres càlculs necessaris per a la verificació del disseny.

A.1 DIMENSIONAT DEL CABLEJAT

El cablejat s'ha dimensionat tenint en compte dos factors, la caiguda de tensió i la intensitat màxima admissible.

A.1.1 CÀLCUL DE LA SECCIÓ PER CAIGUDA DE TENSÍO

Per el càlcul de la caiguda de tensió s'han aplicat les següents fórmules, la equació un per la caiguda de tensió en CC i la equació dos per la caiguda de tensió en AC.

$$e_{cc} = \frac{2 \cdot \rho_{90} \cdot L \cdot I}{S} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$e_{ac} = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho_{90} \cdot L \cdot I}{S} \quad (\text{Eq. 2})$$

L: Longitud dels trams (m).

I: Intensitat de la línia (A).

S: Secció de la línia (mm²).

ρ : Resistivitat del coure a 90°C, 0,023 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$.

La instal·lació consta d'un total de 4 trams.

Tram	Concepte	Longitud	Tipus corrent	Muntatge
1	Mòduls - Inversors	60 m	CC	B1
2	Inversors - Interruptor General	10 m	AC	B1
3	Interruptor General - Conjunt de mesura TMF-10	15 m	AC	B1
4	Conjunt de mesura TMF-10 - Caixa de derivació i mesura	10 m	AC	D1

Taula 14: Característiques dels trams

Mitjançant les longituds i característiques de la taula anterior i les equacions un i dos descrites anteriorment, s'han calculat les respectives caigudes de tensió (e%), en que la suma total no pot superar el 1,5 %.

En la següent taula s'han plasmat els resultats.

Tram	Tensió (V)	Intensitat (A)	Secció	DV	CdT (e%)
1	671,36	28,00	10 mm ²	7,23	1,08%
2	400,00	72,20	50 mm ²	0,54	0,13%
3	400,00	144,40	120 mm ²	0,34	0,08%
4	400,00	144,40	185 mm ²	0,29	0,07%
Total					1,37%

Taula 15: Resultats caigudes de tensió

A.1.2 CÀLCUL DE LA INTENSITAT MÀXIMA ADMISSIBLE

S'ha verificat que la intensitat calculada per cada tram sobredimensionada un 125% sigui menor que la intensitat màxima admissible extreta de la taula UNE-HD 60364-5-52:2014 després d'haver aplicat els coeficients d'agrupament (F_{agrup}) i de correcció pertinents (F_c).

Pel tram un s'ha considerat categoria 10b, en quan als trams dos i tres s'ha considerat categoria 8b, mentre que en el tram quatre s'ha considerat categoria E6.

$$I_{\text{MAX ADM}} = I_{\text{MAX}} * F_c * F_{\text{AGRUP}} \quad (\text{Eq. 3})$$

A continuació s'ha verificat el compliment de les intensitats.

Tram	$I_{\text{CALC}} < I_{\text{MAX ADM}} \text{ (A)}$	$I_{\text{MAX}} \text{ (A)}$	F_c	F_{AGRUP}
1	35,00 < 42,84	68	0,9	0,70
2	90,25 < 101,92	151	0,9	0,75
3	180,50 < 186,60	272	0,9	0,75
4	180,50 < 196,42	291	0,9	0,75

Taula 16: Verificació intensitats

A.2 DIMENSIONAT DE LES CANALITZACIONS

El dimensionament de les canalitzacions està especificat per la ITC-BT 21.

En aquest cas es diferenciarien els trams en sub-trams d'acord a la següent taula.

Tram	Concepte	Tipus de canalització	Dimensions	Nº Conductors	Secció conductors
1.1	Distribució coberta	2xSafata regiband	100x35 mm	16	10 mm ²
1.2	Baixant	4xTub rígid PVC	Ø63 mm	8	10 mm ²
1.3	Distribució interior	2xCanaleta	100x50 mm	16	10 mm ²
2	Distribució interior	Canaleta	100x50 mm	6	50 mm ²
3	Distribució interior	Canaleta	100x50 mm	6	120 mm ²
4	Tram enterrat	Tub flexible corrugat PVC	Ø180 mm	5	185 mm ²

Taula 17: Canalitzacions

A.3 DIMENSIONAT DE LES PROTECCIONS

A.3.1 FUSIBLES

Els fusibles protegeixen als conductors enfront de sobrecàrregues i curtcircuits.

Els fusibles col·locats són també seccionadors per poder separar el circuit. Al tenir una secció de 10 mm² la intensitat de curtcircuit dels mòduls fotovoltaics sempre serà inferior a la màxima intensitat suportada per el conductor.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (\text{Eq. 4})$$

I_B : Intensitat de funcionament (A).

I_N : Intensitat nominal del fusible (A).

I_Z : Intensitat màxima admissible del conductor (A).

Concepte	I_B (A)	I_N (A)	I_Z (A)
Fotovoltaica	28,00	32,00	42,84

Taula 18: Intensitat nominal fusibles

A.3.2 INTERRUPTORS AUTOMÀTICS

Igual que els fusibles, els interruptors automàtics protegeixen enfront de sobrecàrregues i curtcircuits la seva intensitat nominal és la immediatament posterior a la proporcionada per l'inversor, per la seva protecció.

Es comprova que la protecció enfront de sobrecàrregues compleix que:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (\text{Eq. 4})$$

I_B : Intensitat de funcionament (A).

I_N : Intensitat nominal del fusible (A).

I_Z : Intensitat màxima admissible del conductor (A).

Concepte	I_B (A)	I_N (A)	I_Z (A)
Inversor 1	90,25	100,00	101,92
Inversor 2	90,25	100,00	101,92
Interruptor general	144,33	160,00	186,60

Taula 19: Característiques PIAs

Enfront de curtcircuit es verifica que els interruptors automàtics compleixen que:

Tallen en un temps inferior a 0,1 s, segons la norma UNE 60898, però si el temps t per el que es calcula l'accionament del PIA fos més lent s'hauria de comprovar la corba i^2t de l'interruptor, de manera que el valor de l'energia específica passant de l'interruptor sigui inferior a l'energia específica passant admissible pel conductor.

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I_{CC}^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$I^2 \cdot t_{\text{interruptor}} \leq I^2 \cdot t_{\text{cable}} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$I^2 \cdot t_{\text{cable}} \leq k^2 \cdot S^2 \quad (\text{Eq. 7})$$

t : Temps d'actuació del PIA (ms).

I: Intensitat de curtcircuit (A).

S: Secció del conductor (mm²).

k: Constant depenent del material, 143 en aquest cas.

T_{cable}: Temps de suport del cable abans que arribi a la seva temperatura crítica (s o ms).

T_{interruptor}: Temps d'actuació del PIA (ms).

A.3.3 INTERRUPTORS DIFERENCIALS

Els interruptors diferencials protegeixen enfront de contactes directes i indirectes i han de complir els dos requisits següents.

Ha d'actuar correctament per al valor de la intensitat de defecte calculada, de manera que la sensibilitat 'S' assignada al diferencial compleixi:

$$S \leq \frac{U_{\text{seg}}}{R_T} \quad (\text{Eq. 8})$$

S: Sensibilitat del dispositiu (mA).

U_{seg}: Tensió de seguretat, 24 V d'acord a la instrucció ITC-BT 18 del reglament REBT.

R_T: Resistència de posada a terra, inferior a 37 ohms d'acord amb la Guia-BT 26.

Ha de desconnectar en un temps compatible amb l'exigit per les corbes de seguretat.

D'altra banda, la sensibilitat de l'interruptor diferencial ha de permetre la circulació de la intensitat de fugida de la instal·lació deguda a les capacitats paràsites dels cables. Així, la intensitat de no dispar del diferencial ha de tenir un valor superior a la intensitat de fugida en el punt d'instal·lació. La norma indica com intensitat mínima de no dispar la meitat de la sensibilitat.

A.3.4 PROTECCIÓ CONTRA SOBRETENSIONS PERMANENTS

La protecció contra sobretensions permanents requereix un sistema de protecció diferent de l'emprat en les sobretensions transitòries. En comptes de derivar a terra per evitar l'excés de tensió, es necessita desconnectar la instal·lació de la xarxa elèctrica per evitar que la sobretensió arribi als equips.

La protecció consisteix en una bobina associada a l'interruptor automàtic que controla la tensió de la instal·lació i que, en cas de sobretensió permanent, provoca el disparament de l'interruptor associat.

B CÀLCULS CARREGADOR VEHICLE ELÈCTRIC

En els següents apartats es mostren els càlculs portats a terme per el correcte funcionament del carregador de vehicle elèctric.

B.1 DIMENSIONAT DEL CABLEJAT

El cablejat s'ha dimensionat tenint en compte dos factors, la caiguda de tensió i la intensitat màxima admissible.

B.1.1 CÀLCUL DE LA SECCIÓ PER CAIGUDA DE TENSÍO

Per el càlcul de la caiguda de tensió s'ha aplicat la següent fórmula:

$$e_{ac} = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho_{90} \cdot L \cdot I}{S} \quad (\text{Eq. 2})$$

L: Longitud dels trams (m).

I: Intensitat de la línia (A).

S: Secció de la línia (mm²).

ρ : Resistivitat del coure a 90°C, 0,023 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$.

La instal·lació consta de dos trams, el primer tram va des del quadre general/sub-quadre amb les proteccions pertinents fins a l'interruptor general del carregador, i el segon tram va des d'aquest interruptor fins a les proteccions respectives de les tomes del carregador de vehicle elèctric.

Tram	Concepte	Longitud	Tipus corrent	Muntatge
1	Quadre General/Caixa Proteccions AC – IG carregador	Variable	AC	D1
2	IG carregador – Proteccions carregador	Variable	AC	B1

Taula 20: Tram cablejat carregador VE

Mitjançant la longitud i característiques de la taula anterior i l'equació dos, s'ha calculat la caiguda de tensió (e%), en que la suma total de caiguda dels dos trams no pot superar el 5 % marcat en la ITC-BT 52.

En la següent taula s'han plasmat els resultats.

Tram	Tensió	Intensitat	Secció	DV	CdT (e%)
1	400,00	63,50	35	1,35	0,34%
2	400,00	32,00	16	0,75	0,19%
Total					1,32%

Taula 21: Resultats caigudes de tensió

B.1.2 CÀLCUL DE LA INTENSITAT MÀXIMA ADMISSIBLE

S'ha verificat que la intensitat calculada sobredimensionada un 125% sigui menor que la intensitat màxima admissible extreta de la taula UNE-HD 60364-5-52:2014 després d'haver aplicat els coeficients d'agrupament i de correcció pertinents. Per el tram 1 s'ha considerat categoria E6, mentre que pel tram 2 s'ha considerat categoria 8b.

$$I_{MAX ADM} = I_{MAX} * F_C * F_{AGRUP} \quad (\text{Eq. 3})$$

A continuació s'ha verificat el compliment de les intensitats.

Tram	$I_{CALC} < I_{MAX ADM} (A)$	$I_{MAX}(A)$	F_C	F_{AGRUP}
1	79,39 < 84,24	117	0,90	0,80
2	39,69 < 55,44	77	0,90	0,80

Taula 22: Verificació intensitats

B.2 DIMENSIONAT DE LES CANALITZACIONS

El dimensionament de les canalitzacions està especificat per la ITC-BT 21.

En aquest cas es diferenciaran els trams en sub-trams d'acord a la següent taula.

Tram	Concepte	Tipus de canalització	Dimensions	Nº Conductors	Secció conductors
1.1	Distribució interior	Canaleta	40x40 mm	6	35 mm ²
1.2	Rasa	Tub Corrugat PVC	Ø90 mm	6	35 mm ²
2.1	Connexions internes	Tub Corrugat PVC	Ø63 mm	6	16 mm ²

Taula 23: Canalitzacions

B.3 DIMENSIONAT DE LES PROTECCIONS

B.3.1 INTERRUPTORS AUTOMÀTICS

Els interruptors automàtics protegeixen enfront de sobrecàrregues i curtcircuits.

Es comprova que la protecció enfront de sobrecàrregues compleix que:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (\text{Eq. 4})$$

I_B : Intensitat de funcionament (A).

I_N : Intensitat nominal del fusible (A).

I_Z : Intensitat màxima admissible del conductor (A).

Concepte	I_B (A)	I_N (A)	I_Z (A)
Línia carregador VE	79,39	80,00	84,24
Connexions internes	32,00	32,00	55,44

Taula 24: Característiques PIA

Enfront de curtcircuit es verifica que els interruptors automàtics compleixen que:

Tallen en un temps inferior a 0,1 s, segons la norma UNE 60898, però si el temps t per el que es calcula l'accionament del PIA fos més lent s'hauria de comprovar la corba i^2t de l'interruptor, de manera que el valor de l'energia específica passant de l'interruptor sigui inferior a l'energia específica passant admissible pel conductor.

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I_{CC}^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$I^2 \cdot t_{\text{interruptor}} \leq I^2 \cdot t_{\text{cable}} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$I^2 \cdot t_{\text{cable}} \leq k^2 \cdot S^2 \quad (\text{Eq. 7})$$

t : Temps d'actuació del PIA (ms).

I: Intensitat de curtcircuit (A).

S: Secció del conductor (mm²).

k: Constant depenent del material, 143 en aquest cas.

T_{cable}: Temps de suport del cable abans que arribi a la seva temperatura crítica (s o ms).

T_{interruptor}: Temps d'actuació del PIA (ms).

B.3.2 INTERRUPTORS DIFERENCIALS

Els interruptors diferencials protegeixen enfront de contactes directes i indirectes i han de complir els dos requisits següents.

Ha d'actuar correctament per al valor de la intensitat de defecte calculada, de manera que la sensibilitat 'S' assignada al diferencial compleixi:

$$S \leq \frac{U_{\text{seg}}}{R_T} \quad (\text{Eq. 8})$$

S: Sensibilitat del dispositiu (mA).

U_{seg}: Tensió de seguretat, 24 V d'acord a la instrucció ITC-BT 18 del reglament REBT.

R_T: Resistència de posada a terra, inferior a 37 ohms d'acord amb la Guia-BT 26.

Ha de desconnectar en un temps compatible amb l'exigit per les corbes de seguretat.

D'altra banda, la sensibilitat de l'interruptor diferencial ha de permetre la circulació de la intensitat de fugida de la instal·lació deguda a les capacitats paràsites dels cables. Així, la intensitat de no dispar del diferencial ha de tenir un valor superior a la intensitat de fugida en el punt d'instal·lació. La norma indica com intensitat mínima de no dispar la meitat de la sensibilitat.

B.3.3 PROTECCIÓ CONTRA SOBRETENSIONS PERMANENTS

La protecció contra sobretensions permanents requereix un sistema de protecció diferent de l'emprat en les sobretensions transitòries. En comptes de derivar a terra per evitar l'excés de tensió, es necessita desconnectar la instal·lació de la xarxa elèctrica per evitar que la sobretensió arribi als equips.

La protecció consisteix en una bobina associada a l'interruptor automàtic que controla la tensió de la instal·lació i que, en cas de sobretensió permanent, provoca el disparament de l'interruptor associat.

C POSADA EN SERVEI DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA

La posada en servei de la instal·lació fotovoltaica contemplarà com a mínim el següent procés:

Funcionament i posada en marxa de tots els sistemes.

Comprovació de polaritat de les series. Mesures de Voc, Vmp, Imp per cada sèrie.

Proves d'arrencada i parada en diferents instants de funcionament.

Proves dels elements i mesures de protecció, seguretat i alarma, així com la seva actuació.

Es donarà per finalitzada la posada en servei de la instal·lació quan tots els elements que formen part del subministrament funcionin correctament durant un mínim de 240 hores seguides, sense interrupcions o parades causades per fallades o errors del sistema subministrat.

Retirada d'obra de tot el material sobrant.

Neteja de les zones ocupades, amb transport de tots els residus a abocador.

Tots els elements subministrats, així com la instal·lació en el seu conjunt, estaran protegits davant defectes de fabricació, instal·lació o disseny per una garantia de tres anys , excepte per:

Mòduls fotovoltaics, per als quals la garantia mínima serà de 12 anys comptats a partir de la data de la signatura de l'acta de recepció.

Inversors fotovoltaics, per als quals la garantia mínima serà de 5 anys comptats a partir de la data de la signatura de l'acta de recepció.

No obstant això, l'instal·lador quedarà obligat a la reparació dels errors de funcionament que es puguin produir si s'apreciés que el seu origen procedeix de defectes ocults de disseny, construcció, materials o muntatge, compromentent-se a esmenar sense cap càrrec.

D MANTENIMENT I OPERACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

Les accions de manteniment i d'operació sobre la instal·lació hauran de ser realitzades per instal·ladors de Baixa Tensió de categoria especialista degudament acreditats. El manteniment sobre la instal·lació fotovoltaica haurà d'incloure un manteniment preventiu consistent en:

Neteja dels mòduls fotovoltaics. Una neteja mínima anual dels mòduls fotovoltaics emprant aigua i detergent no abrasiu.

Verificació de l'estructura de suport. Revisió de danys en l'estructura de suport i el seu ancoratge correcte a la superfície base i dels mòduls fotovoltaics a l'estructura de suport.

Verificació de l'estat dels mòduls.

Comprovació de l'estat dels vidres dels mòduls.

Revisió de danys produïts per l'acció d'agents ambientals, oxidació, etc.

Verificació de l'estat de les connexions i terminals.

Mesura dels paràmetres de voltatge i intensitat (V_{oc} , V_{mpp} , I_{cc} , I_{mpp}) dels diferents subcamps i camps fotovoltaics.

Mesura de la resistència de derivació a terra de l'estructura de suport, les plaques fotovoltaiques i les piques de terra.

Comprovació de l'estat del sistema de monitorització. Detecció d'errors en el display de senyalització. Comprovació del funcionament general del mòdul d'adquisició de dades: detecció d'equips, codis d'error, etc.

Verificació del cablejat i els terminals. Estat mecànic del cablejat de la instal·lació i les posades a terra de les instal·lacions fotovoltaiques.

Comprovació dels elements de protecció. Estat de cada element de protecció: diferencials, magneto tèrmics, fusibles de continua, etc.

Després de cada visita s'haurà de realitzar un informe de manteniment que quedarà arxivat conjuntament a la documentació de l'obra. La instal·lació haurà de disposar en un lloc net, segur, no accessible al públic de la tota la informació d'aquesta. Aquest arxiu estarà compost per:

Manuale d'instal·lació dels equips.

Manuale d'usuaris dels equips.

Garanties dels equips.

Certificats dels equips.

Projecte de la instal·lació.

Protocol de posada en servei de la instal·lació.

Protocol de manteniment preventiu.

Protocol de comunicació de la instal·lació.

Llista de contactes dels principals actors de la instal·lació (instal·ladora, propietat, manteniment, etc.).

La instal·lació haurà de disposar d'un llibre d'incidències on quedin registrades totes les actuacions i anomalies que es presentin en aquesta durant la seva operació. Tant els informes dels manteniments preventius com els dels correctius s'hauran de guardar conjuntament amb el llibre d'incidències.

E ESTUDI ECONÒMIC

En el present capítol es realitza un estudi econòmic per veure el període de retorn de la inversió, PRI, de la instal·lació fotovoltaica a nivell individual comptant amb els beneficis i costos depenent dels valors de repartiment de l'energia.

S'ha tingut en compte que la subvenció per aquest tipus de instal·lació és del 45%, i diferents variables com són la vida útil de la instal·lació de 25 anys, el IPC del 3,30%, la pèrdua lineal de producció del -1,50% i la variació del preu energètic del 1%, aquest tres últims sent valors estimats.

Per el cost del manteniment s'ha tingut en compte el valor de repartiment de l'energia de cada associat a l'autoconsum, en canvi pels beneficis s'ha estimat un preu de compra d'energia de vint-i-dos cèntims, mentre que per la compensació s'ha estimat de de cinc cèntims.

E.1 ESTUDI ECONÒMIC DÈNIX SA

Dènix SA, així com s'ha esmentat en el subapartat 3.3.2 té un perfil molt fotovoltaic ja que consumeix en les majors hores de producció fotovoltaica.

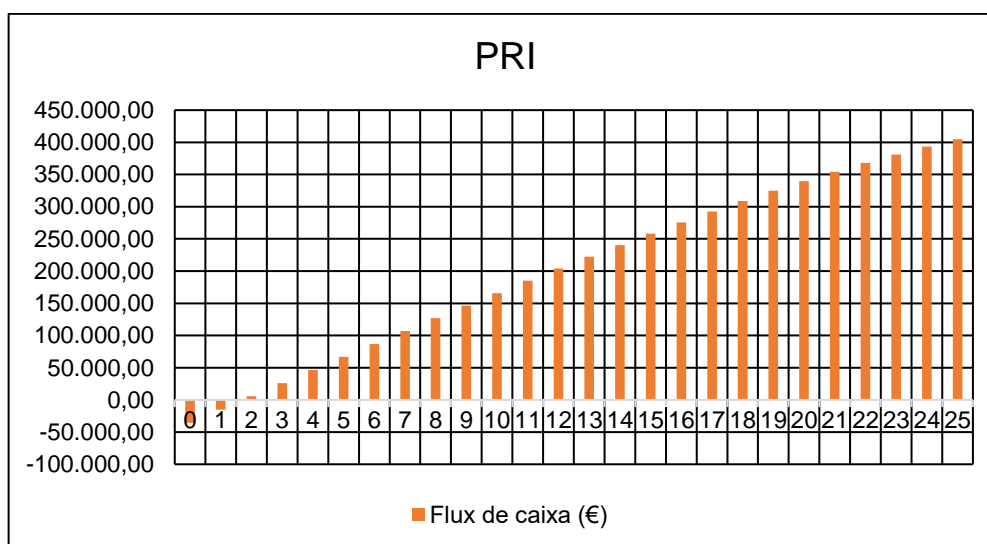
Any	Manteniment (€)	Estalvi Real (€)	Flux de caixa (€)
0			-35.641,42
1	540,00	20.594,87	-15.046,55
2	557,82	20.551,92	5.505,37
3	576,23	20.489,49	25.994,86
4	595,24	20.406,49	46.401,35
5	614,89	20.301,76	66.703,11
6	635,18	20.174,13	86.877,24
7	656,14	20.022,34	106.899,58
8	677,79	19.845,11	126.744,69
9	700,16	19.641,08	146.385,76
10	723,26	19.408,84	165.794,61
11	747,13	19.146,93	184.941,54
12	771,79	18.853,82	203.795,35
13	797,26	18.527,91	222.323,26
14	823,57	18.167,54	240.490,80
15	850,74	17.770,99	258.261,79
16	878,82	17.336,44	275.598,23
17	907,82	16.862,04	292.460,26

Taula 25: Estudi econòmic Dènix SA, 1

Any	Manteniment (€)	Estalvi Real (€)	Flux de caixa (€)
18	937,78	16.345,81	308.806,08
19	968,72	15.785,73	324.591,81
20	1.000,69	15.179,69	339.771,49
21	1.033,71	14.525,46	354.296,96
22	1.067,83	13.820,77	368.117,73
23	1.103,06	13.063,23	381.180,96
24	1.139,47	12.250,34	393.431,31
25	1.177,07	11.379,54	404.810,84

Taula 26: Estudi econòmic Dènix SA, 2

S'ha obtingut un PRI igual a 1,73 anys.



Gràfic 3: PRI Dènix SA

E.2 ESTUDI ECONÒMIC EROSKI SA

Eroski, a diferència de Dènix, té un consum més constant durant tot el dia ja que té cambres frigorífiques, forn de pa, ventilació... funcionant de manera constant durant tot el dia, és per això que aprofita tant les hores de major producció com les hores amb producció més minvant.

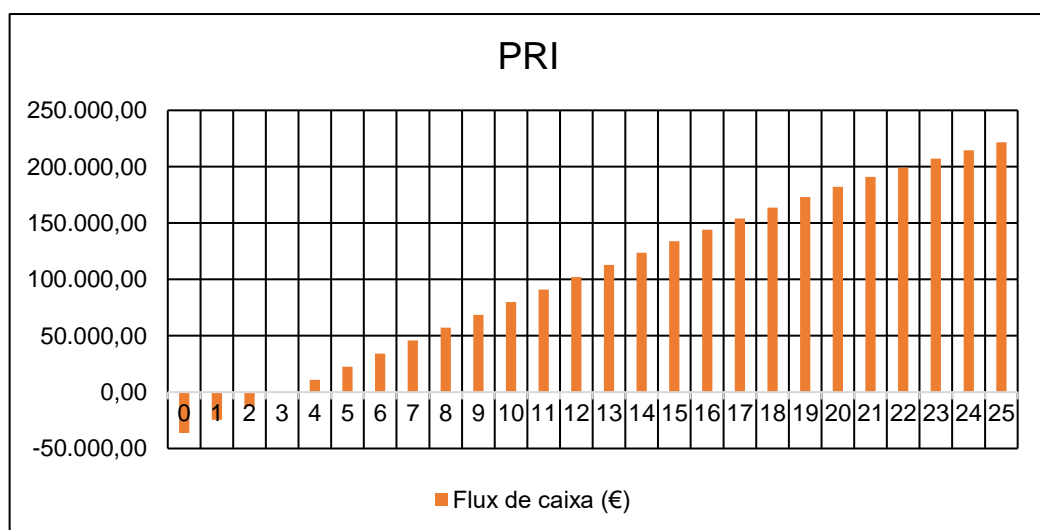
Any	Manteniment (€)	Estalvi Real (€)	Flux de caixa (€)
0			-36.313,75
1	300,00	11.831,64	-24.482,11
2	309,90	11.817,53	-12.664,58

Taula 27: Estudi econòmic Eroski SA, 1

Any	Manteniment (€)	Estalvi Real (€)	Flux de caixa (€)
3	320,13	11.792,84	-871,74
4	330,69	11.756,97	10.885,24
5	341,60	11.709,29	22.594,53
6	352,88	11.649,15	34.243,68
7	364,52	11.575,86	45.819,54
8	376,55	11.488,70	57.308,24
9	388,98	11.386,94	68.695,18
10	401,81	11.269,80	79.964,98
11	415,07	11.136,48	91.101,46
12	428,77	10.986,12	102.087,58
13	442,92	10.817,85	112.905,43
14	457,54	10.630,76	123.536,19
15	472,63	10.423,89	133.960,08
16	488,23	10.196,26	144.156,34
17	504,34	9.946,82	154.103,16
18	520,99	9.674,51	163.777,67
19	538,18	9.378,19	173.155,86
20	555,94	9.056,70	182.212,56
21	574,29	8.708,84	190.921,40
22	593,24	8.333,32	199.254,72
23	612,81	7.928,84	207.183,56
24	633,04	7.494,03	214.677,59
25	653,93	7.027,45	221.705,04

Taula 28: Estudi econòmic Eroski SA, 1

S'ha calculat un PRI de 3,07 anys.



Gràfic 4: PRI Eroski SA

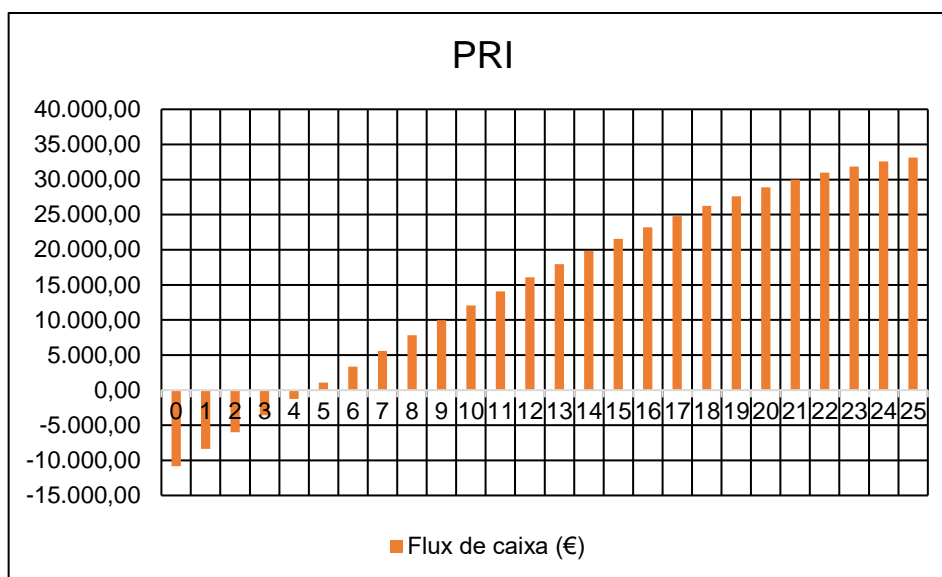
E.3 ESTUDI ECONÒMIC DIELECTRO BALEAR SA

Dielectro Balear SA compta amb un consum constant de focus d'il·luminació de la nau i de climatització de les oficines durant gran part del dia, aprofitant així les hores de sol per la generació i aprofitament de l'energia solar.

Any	Manteniment (€)	Estalvi Real (€)	Flux de caixa (€)
0			-10.805,57
1	80,00	2.427,01	-8.378,56
2	82,64	2.405,05	-5.973,51
3	85,37	2.379,80	-3.593,71
4	88,18	2.351,12	-1.242,60
5	91,09	2.318,80	1.076,20
6	94,10	2.282,67	3.358,87
7	97,21	2.242,53	5.601,40
8	100,41	2.198,18	7.799,58
9	103,73	2.149,41	9.948,99
10	107,15	2.095,99	12.044,98
11	110,69	2.037,70	14.082,68
12	114,34	1.974,31	16.056,99
13	118,11	1.905,55	17.962,54
14	122,01	1.831,18	19.793,73
15	126,04	1.750,93	21.544,66
16	130,20	1.664,51	23.209,16
17	134,49	1.571,63	24.780,79
18	138,93	1.471,99	26.252,77
19	143,51	1.365,27	27.618,05
20	148,25	1.251,15	28.869,20
21	153,14	1.129,29	29.998,49
22	158,20	999,33	30.997,82
23	163,42	860,89	31.858,71
24	168,81	713,60	32.572,31
25	174,38	557,06	33.129,38

Taula 29: Estudi econòmic Dielectro Balear SA

S'ha obtingut un PRI de 4,45 anys.



Gràfic 5: PRI Dielectro Balear SA

E.4 ESTUDI ECONÒMIC SA DAMM

SA DAMM, així com Dielectro Balear SA, compta amb un consum constant de focus d'il·luminació de la nau i de climatització de les oficines durant gran part del dia, de manera que aprofita les principals hores de generació d'energia per autoconsum instantani.

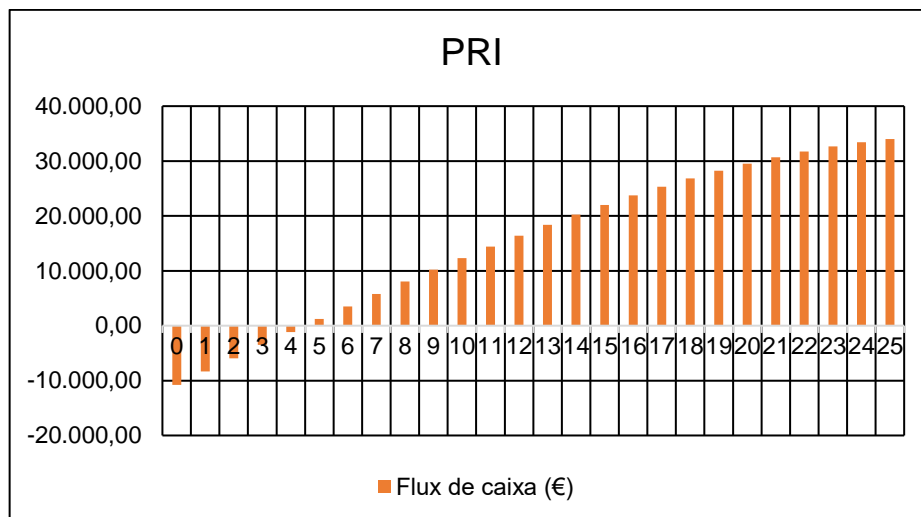
Any	Manteniment (€)	Estalvi Real (€)	Flux de caixa (€)
0			-10.805,57
1	80,00	2.453,02	-8.352,55
2	82,64	2.431,71	-5.920,84
3	85,37	2.407,13	-3.513,71
4	88,18	2.379,13	-1.134,59
5	91,09	2.347,51	1.212,92
6	94,10	2.312,10	3.525,02
7	97,21	2.272,69	5.797,71
8	100,41	2.229,10	8.026,81
9	103,73	2.181,10	10.207,90
10	107,15	2.128,47	12.336,38
11	110,69	2.071,00	14.407,38
12	114,34	2.008,44	16.415,81
13	118,11	1.940,53	18.356,35
14	122,01	1.867,04	20.223,39
15	126,04	1.787,68	22.011,07
16	130,20	1.702,18	23.713,24
17	134,49	1.610,24	25.323,48

Taula 30: Estudi econòmic SA DAMM, 1

Any	Manteniment (€)	Estalvi Real (€)	Flux de caixa (€)
18	138,93	1.511,56	26.835,04
19	143,51	1.405,84	28.240,88
20	148,25	1.292,73	29.533,62
21	153,14	1.171,91	30.705,53
22	158,20	1.043,01	31.748,54
23	163,42	905,67	32.654,21
24	168,81	759,50	33.413,71
25	174,38	604,11	34.017,82

Taula 31: Estudi econòmic SA DAMM, 2

S'ha obtingut un PRI de 4,41 anys.



Gràfic 6: PRI SA DAMM