



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

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Elèctrica**

**DISSENY DE LA IMPLANTACIÓ D'UNA INSTAL·LACIÓ  
FOTOVOLTAICA A UNA INDÚSTRIA PER AUTOCONSUM**



**Memòria i Annexos**

**Autor:** Anton Gomà Villorbina  
**Director:** Jorge el Mariachet Carreño  
**Convocatòria:** Febrer 2021



## **Resum**

El projecte mostrat en aquesta memòria consisteix en el disseny de la implantació d'una instal·lació fotovoltaica per autoconsum connectada a xarxa, situada sobre d'una marquesina en el pàrquing del recinte industrial de l'empresa Cisternas Germans Navarro S.L. La instal·lació fotovoltaica s'utilitzarà per a generar energia per a les seves oficines, amb una potència instal·lada de 27,72 kWp, els excedents s'abocaran a xarxa i estaran acollits a compensació.

Tant el disseny de la instal·lació generadora com el sistema de distribució s'han dissenyat adequant-se a la normativa vigent. L'estudi i els càlculs realitzats per a dissenyar la instal·lació s'han comprovat fent una simulació utilitzant el programa PVsyst, una eina professional que permet l'estudi, la simulació i anàlisi de dades i resultats complets de sistemes fotovoltaics.

S'ha realitzat un estudi mediambiental i un estudi de la reducció d'emissions de diòxid de carboni, que demostren que el projecte s'emmarca dins dels objectius de sostenibilitat de l'Agenda 2030 de les Nacions Unides, el Green Deal de la Unió Europea i el Pacte per a la Transició Energètica de Catalunya.

## Resumen

El proyecto mostrado en esta memoria consiste en el diseño de la implantación de una instalación fotovoltaica para autoconsumo conectada a red, situada encima de una marquesina en el parking del recinto industrial de la empresa Cisternas Germans Navarro S.L. La instalación fotovoltaica se utilizará para generar energía para sus oficinas, con una potencia instalada de 27,72 kWp, los excedentes se verterán a red y estarán acogidos a compensación.

Tanto el diseño de la instalación generadora como el sistema de distribución se han diseñado adecuándose a la normativa vigente. El estudio y los cálculos realizados para diseñar la instalación se han comprobado haciendo una simulación utilizando el programa PVsyst, una herramienta profesional que permite el estudio, la simulación y el análisis de datos y resultados completos de sistemas fotovoltaicos.

Se ha realizado un estudio medioambiental y un estudio de la reducción de emisiones de dióxido de carbono, que demuestran que el proyecto se enmarca dentro de los objetivos de sostenibilidad de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, el Green Deal de la Unión Europea y el Pacto para la Transición Energética de Cataluña.

## **Abstract**

This dissertation consists of the design of the implementation of a photovoltaic installation for self-consumption connected to the electrical grid, located on top of a car parking canopy in the industrial premises of the company named Cisternas Germans Navarro S.L. The photovoltaic installation will be used to generate energy for the company's offices, with an installed power of 27.72 kWp, surpluses will be poured into the grid with economic compensation.

Both the design of the photovoltaic installation and the distribution system have been designed in compliance with the current regulations. The study and calculations to design the installation have been verified by performing a simulation using the PVsyst program, a professional tool that allows the study, simulation and analysis of data and results of photovoltaic systems.

An environmental study and a study of the reduction of carbon dioxide have been conducted, demonstrating that the project is in line with the sustainable development goals of the 2030 Agenda of the United Nations, the European Union Green Deal and the Pact for the Energy Transition of Catalonia.



# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>1</b>
1.1. Origen del treball .....	1
1.2. Motivació .....	2
1.3. Objectius del treball .....	2
<b>2. LEGISLACIÓ VIGENT APLICABLE</b>	<b>3</b>
2.1. Modalitat d'autoconsum .....	3
<b>3. ESTUDI TÈCNIC</b>	<b>5</b>
3.1. Emplaçament de la instal·lació fotovoltaica .....	5
3.2. Càlculs de la instal·lació fotovoltaica .....	5
3.2.1. Estudi de la radiació solar i producció d'energia del sistema fotovoltaic.....	6
3.2.2. Hora solar pic (h.s.p) .....	8
3.2.3. Estudi de la incidència d'ombres.....	8
3.2.4. Elements de la instal·lació FV .....	11
3.2.5. Dimensionat dels panells fotovoltaics .....	17
3.2.6. Estructura d'ancoratge dels panells .....	22
3.2.7. Comprovació dels càlculs realitzats amb PVsyst .....	23
3.3. Dimensionat del sistema de distribució .....	30
3.3.1. Elements del sistema de distribució .....	31
3.4. Sistema de proteccions elèctriques i mesura .....	36
3.4.1. Elements de protecció .....	36
3.4.2. Elements de mesura .....	38
3.5. Presa de terra de la instal·lació fotovoltaica.....	39
<b>4. PRESSUPOST</b>	<b>41</b>
<b>5. ESTUDI MEDIAMBIENTAL</b>	<b>42</b>
5.1. Reducció d'emissions de CO <sub>2</sub> .....	43
<b>6. CONCLUSIONS</b>	<b>44</b>

<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>45</b>
<b>8. ANNEXES</b>	<b>47</b>
8.1. Esquema unifilar de la instal·lació .....	47
8.2. Plànols.....	48
8.3. Datasheet panells .....	50
8.4. Datasheet inversor.....	52
8.5. Datasheet estructura coplanar KH915 .....	54
8.6. Plec de condicions tècniques .....	55



# 1. Introducció

## 1.1. Origen del treball

Aquest treball neix de la necessitat d'una empresa de millorar els seus sistemes d'abastament elèctric a través de fonts d'energia renovable, per avançar cap a un nou model energètic en aquest sentit. L'empresa encarrega a un enginyer, el Sr. Maurici de Diego, la realització del projecte de la instal·lació de panells fotovoltaics per a autoconsum. Al qual amb la presentació del present treball, se li donarà suport per a realitzar-lo.

El model energètic actual és costós econòmic, social i ambientalment. S'ha d'avançar amb la transició energètica eliminant definitivament el fuel i el carbó, assolint així un model energètic net, descentralitzat i sostenible, que permeti minimitzar els costos socials i ambientals, mentre que al mateix moment es redueixin els elevats costos econòmics que genera dependre de tercers.

L'empresa peticionaria de la instal·lació pretén contribuir a avançar cap a aquest nou model energètic, amb la instal·lació de plaques fotovoltaïques per a autoconsum, complint d'aquesta manera amb el Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya, que estableix 7 eixos claus per a aconseguir-ho. Objectius dels quals estan directament relacionats amb la instal·lació que l'empresa vol realitzar (en concret l'eix 2 i el 4): Com la reducció de la dependència dels recursos fòssils, potenciar la diversificació de l'oferta energètica interior, disminuir la dependència energètica exterior, impulsar l'autoconsum d'energia elèctrica amb energies renovables, aconseguir un model energètic basat al 100% en les energies renovables al 2050, etc. Segons el Pacte, la consecució d'aquests objectius representarà l'augment de la resiliència del país a l'hora d'adaptar-se i respondre als canvis que està experimentant el planeta i el sistema energètic i econòmic global.

De la mateixa manera, amb l'execució d'aquest treball, també es persegueix contribuir amb l'agenda 2030 per al Desenvolupament Sostenible, adoptada per tots els Estats Membres de les Nacions Unides. On es troben els 17 Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS o SDGs en anglès). En concret, els objectius numero 9 i 13. L'objectiu 9 es basa en la construcció d'infraestructures resistents, promoure una industrialització inclusiva i sostenible i fomentar la innovació, cosa que la implantació d'aquesta instal·lació contribuiria per fer un pas més per aconseguir-ho. L'objectiu 13, comenta que el 2019 va ser el segon any més calorós de la història, i els nivells de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i d'altres gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera van augmentar fins a nivells rècord el mateix any. Per tant és important prendre mesures urgents per abordar l'emergència climàtica que tenim davant. Amb projectes com el que s'estudiarà en aquest treball, s'aconsegueixen millores en l'àmbit climàtic, reduint el CO<sub>2</sub> que es genera, tot complint amb els objectius esmentats i contribuint a la millora del canvi climàtic.

## 1.2. Motivació

La principal motivació per a la realització d'aquest projecte, és el fet de posar en pràctica tota la teoria apresada durant els anys a la universitat i poder fer-ho realitzant un treball que, una vegada confirmada la seva viabilitat, es pretén fer realitat per part de l'empresa i l'enginyer sol·licitants.

Per altra banda, conèixer i formar part de projectes, que com s'ha comentat anteriorment, milloren la sostenibilitat i permeten fer realitat la idea d'avançar cap a un futur amb un model energètic renovable al 100%. Posant així en practica projectes tant importants com el Pacte Verd Europeu, el Pacte Nacional per a la Transició Energètica a Catalunya o l'agenda per al Desenvolupament Sostenible de les Nacions Unides.

## 1.3. Objectius del treball

L'objectiu del projecte consisteix en el disseny i estudi de viabilitat d'una instal·lació fotovoltaica, per a autoconsum industrial per subministrar electricitat a les oficines de l'empresa Cisternas Germans Navarro SL, situada a Santa Perpètua de Mogoda.

La instal·lació està pensada mitjançant plaques fotovoltaiques, que es situarien en cobertes a muntar sobre les places de pàrquing del recinte de l'empresa. Això ha de permetre una major protecció pels vehicles de les condicions meteorològiques, mentre s'aprofita per disposar de la major superfície possible per tal d'aconseguir la instal·lació de plaques solars suficients per a la generació d'electricitat per abastir les oficines.

La instal·lació serà reforçada per la connexió a la xarxa elèctrica, en el cas que manqui capacitat de generació de la fotovoltaica, ja que no s'espera instal·lar bateries per a l'acumulació.

## 2. Legislació vigent aplicable

La instal·lació realitzada en aquest projecte, ha estat dissenyada segons estableix la legislació vigent. Les normatives aplicades es mostren a continuació:

- **Reial Decret Legislatiu 15/2018**, de 5 d'octubre, de mesures urgents per a la transició energètica i la protecció dels consumidors. Per mitjà de l'article 18 es modifica l'article 9 de la Llei del Sector Elèctric per reconèixer el dret a auto consumir la pròpia energia sense càrrecs addicionals.
- **Llei 24/2013**, de 26 de desembre, del Sector Elèctric. En l'article 9 es reconeix l'autoconsum d'energia elèctrica, establint una distinció entre dues modalitats existents: amb i sense excedents.
- **Reial Decret 244/2019**, de 5 d'abril. Aquesta norma desenvolupa reglamentàriament la figura de l'autoconsum i fixa les condicions administratives, tècniques i econòmiques per les diferents modalitats d'autoconsum d'energia elèctrica.
- Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (REBT).
- Vademècum de FECSA-ENDESA de febrer de 2014.
- Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).

### 2.1. Modalitat d'autoconsum

L'article 4 del Real Decret 244/2019 estableix la classificació de les diferents modalitats d'autoconsum. Així doncs, es decidirà quina modalitat s'utilitzarà per a la instal·lació d'aquest projecte. En base al que estableix el RD 244/2019, es decideix que la modalitat de subministrament serà d'autoconsum amb excedents acompanyats a compensació. Amb aquesta modalitat, la instal·lació subministra energia per a autoconsum, podent vessar l'energia excedent a la xarxa de distribució. Com que serà acompanyada a compensació, el consumidor i el productor s'acullen a un mecanisme de compensació dels excedents d'energia. Per a poder acompanyar-se a aquesta opció, s'han de complir les següents condicions:

- i. Que la font d'energia primària sigui renovable.
- ii. Que la potència total de les instal·lacions de producció no sigui superior a 100 kW.
- iii. Si és necessari fer un contracte de subministrament per a serveis auxiliars de producció, el consumidor ha de subscriure un únic contracte de subministrament per al consum associat i per als consums auxiliars de producció amb una empresa comercialitzadora.
- iv. El consumidor i el productor associat han d'haver subscrit un contracte de compensació d'excedents d'autoconsum.

- v. La instal·lació de producció no ha de tenir atorgat un règim retributiu addicional o específic.

Adicionalment, aquesta instal·lació es classifica com a autoconsum individual.

D'acord amb l'article 5, les instal·lacions de generació associades i els punts de subministrament, hauran de complir amb els requisits tècnics, d'operació i d'intercanvi d'informació continguts en la normativa del sector elèctric i en la reglamentació de qualitat i seguretat industrial que resulti d'aplicació.

En virtut de l'article 7, la instal·lació estarà subjecta a l'obtenció dels permisos d'accés i connexió corresponents, per no trobar-se entre les excepcions previstes, havent de presentar la garantia econòmica prevista en l'article 23 del Reial Decret 1183/2020, de 29 de desembre, d'accés i connexió a les xarxes de transport i distribució d'energia elèctrica.

### 3. Estudi tècnic

#### 3.1. Emplaçament de la instal·lació fotovoltaica

La instal·lació fotovoltaica està situada en el pàrquing del recinte de l'empresa Cisternas Germans Navarro SL, situat al Polígon Industrial de Santiga, a Santa Perpètua de Mogoda. Amb coordenades: 41.5323760569592, 2.1489523837696525.



**Figura 3.1.** Emplaçament de la instal·lació fotovoltaica. (Font: Google Maps)

Les plaques estaran situades damunt una coberta que es muntarà en el pàrquing, on hi ha el requadre en la imatge, amb una amplada de 6 m i una llargada de 24 m, donant una superfície total de 144 m<sup>2</sup>. La zona habilitada per la instal·lació de les plaques solars està lliure d'ombres. Ja que els arbres que hi ha en un dels límits del pàrquing estan al Nord, per tant no generaran ombres sobre la instal·lació.

#### 3.2. Càlculs de la instal·lació fotovoltaica

Una vegada es coneix la localització i la superfície disponible, es pot fer l'estudi de la radiació solar i la producció d'energia del sistema FV(fotovoltaic) sobre la superfície on es farà la instal·lació. Amb l'estudi fet es procedirà a escollir els elements de la instal·lació i calcular el dimensionat del sistema.

### 3.2.1. Estudi de la radiació solar i producció d'energia del sistema fotovoltaic

Per a fer l'estudi de la irradiació sobre un pla fix en la localització desitjada, s'utilitza el software lliure PVGIS. Segons el seu manual d'usuari, PVGIS es una aplicació web que permet al usuari aconseguir dades sobre la radiació solar i la producció d'energia del sistema fotovoltaic, en qualsevol lloc a la major part del món.

En la següent figura es mostra la interfície de PVGIS.

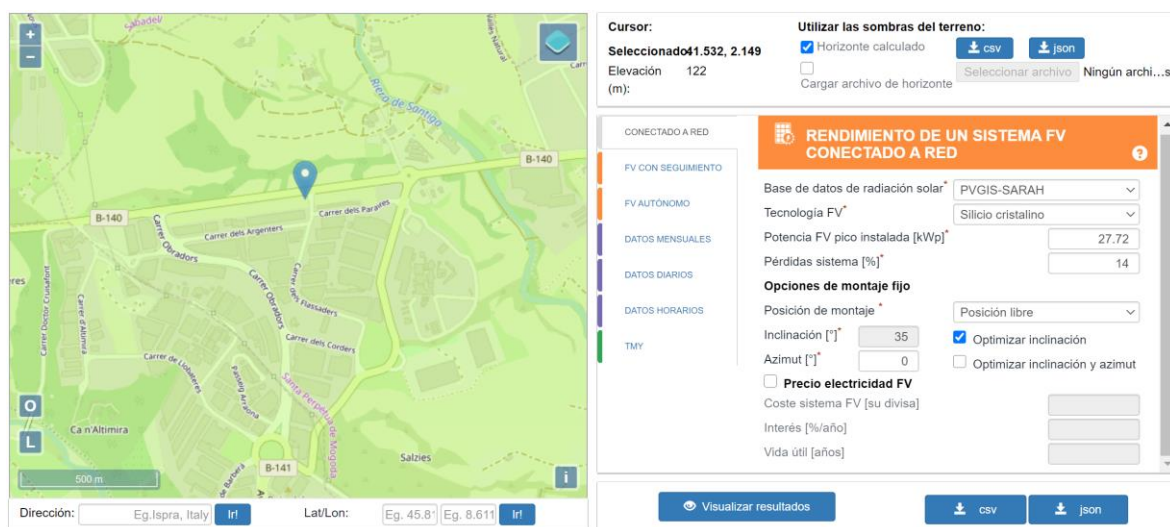


Figura 3.2. Interfície de PVGIS amb les dades de l'emplaçament.

Per poder començar amb l'estudi, s'afegeixen les coordenades de l'emplaçament on estarà la instal·lació fotovoltaica. S'elegeix l'opció 'conectado a red', ja que la instal·lació anirà connectada a la xarxa elèctrica.

Seguidament s'elegeix la base de dades de radiació solar, l'aplicació te varies bases de dades, en aquest cas s'escull la PVGIS-SARAH, ja que segons el manual d'usuari de PVGIS, recomanen utilitzar-la per localitzacions a Europa.

Com a tecnologia FV s'escull 'Silicio cristalino', ja que es el material del que es proposa que siguin les plaques fotovoltaiques. El programa estima les pèrdues degudes als efectes de la temperatura i la irradiància de la tecnologia escollida.

Es configura la potència FV pic instal·lada (kWp) a 27,72, que com més endavant es veurà, és la potència fotovoltaica pic instal·lada en el projecte.

I les pèrdues del sistema s'estimen en 14%, el valor per defecte que dona PVGIS. Aquestes pèrdues equivalen a les pèrdues en el cables, en l'inversor, pols o neu en els mòduls, etc.

Una vegada definits tots els paràmetres, es posa l'opció d'optimitzar la inclinació, així el programa calcularà la inclinació dels mòduls fotovoltaics que proporcionen la major energia durant tot l'any. I es procedeix a simular els resultats.

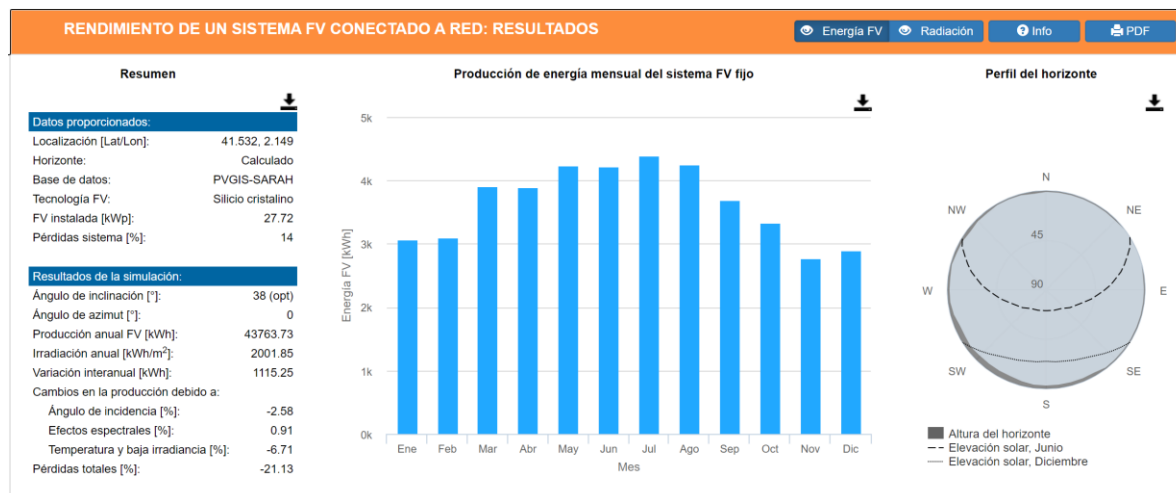


Figura 3.3. Resum dels resultats de la simulació (PVGIS)

En els resultats de la simulació, dona com a angle de inclinació òptim 38º, per tant és l'angle que s'utilitzarà per a les plaques solars.

La instal·lació tindrà una producció anual fotovoltaica de 43763,73 kWh, , rebrà una irradiació anual de 2001,85 kWh/m². El sistema té una variació interanual de 1115,25 kWh. I unes pèrdues totals del 21,13%.

En el gràfic ens mostra l'energia FV generada en kWh pels 27,72 kWp instal·lats cada mes. Es pot interpretar que el juliol és el mes que més energia FV generaran les plaques, amb 4392,87 kWh generats, i amb 141,705 kWh generats per dia. I el novembre serà el mes amb menys energia FV generada, amb 2772,52 kWh generats , amb una generació de 92,41 kWh.

La simulació també dona el perfil de l'horitzó en el punt establert al mapa. On s'aprecia que les ombres llunyanes no afectaran al rendiment de les plaques, ja que no incideixen ombres en la instal·lació.

### 3.2.2. Hora solar pic (h.s.p)

La h.s.p és un valor que expressa les hores de llum solar que hi ha al dia amb una intensitat de 1000 W/m<sup>2</sup>. La producció d'energia mitja de les plaques fotovoltaïques es la mateixa durant aquestes hores solar pic que durant tot el dia. Per tant, sabent el valor de h.s.p i la potència màxima de les plaques, es pot saber la producció d'energia diària que generaran els mòduls.

Segons els càlculs amb el PVGIS, durant el juliol es generen 141,705 kWh, dividint-ho pels kWp instal·lats, que són 27,72, dona 5,11 h. Per tant al juliol les h.s.p són 5,11 hsp. Pel que fa al novembre, es generen 92,41 kWh, que dividint per 27,72 kWp dona 3,33 h. Per tant al novembre les hsp seran 3,33 hsp. Això dona una mitja de 4,22 hsp a l'any.

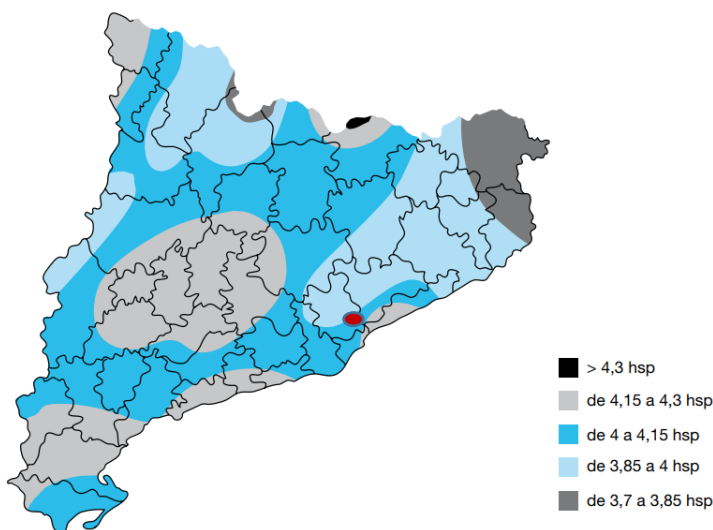


Figura 3.4. Distribució mitjana de radiació solar a Catalunya en hsp (Font: ICAEN)

Segons el mapa proporcionat per l'ICAEN de la distribució mitjana de radiació solar en hsp, la localització de la instal·lació es troba en el punt vermell, dins de la zona blava. Sent així les hores solars pic mitjana en la zona entre 4 i 4,15 hsp, resultat semblant al calculat anteriorment.

### 3.2.3. Estudi de la incidència d'ombres

Per aconseguir aprofitar al màxim la instal·lació fotovoltaica, és molt important tenir cura de la incidència d'ombres sobre les plaques solars. Ja que tant les ombres properes com les llunyanes afecten al rendiment del sistema, i per tant a la producció d'energia.



Quan es parla d'ombres properes es fa referència a objectes que tapen momentàniament la radiació directa del sol, com podria ser un arbre, una xemeneia, etc. I quan es parla d'ombres llunyanes, són els elements del paisatge que oculten el sol de la zona on està emplaçada la instal·lació, com podria ser una muntanya. Pel que fa a les ombres llunyanes, no fa falta calcular-les, ja que PVGIS ho calcula automàticament, tal i com s'aprecia en l'apartat 3.2.1.

### 3.2.3.1. Ombres properes

Per poder estudiar la incidència d'ombres d'objectes propers a la instal·lació, s'ha d'observar l'entorn proper comprès entre l'est i l'oest. No hi pot haver cap objecte ni obstacle que produeixi ombres sobre els panells fotovoltaics per un període mínim de quatre hores de sol al voltant del migdia del solstici d'hivern.

Per a poder garantir-ho, els panells s'han d'instal·lar a una distància mínima dels objectes propers que puguin produir-hi ombres. Per calcular aquesta distància s'utilitza l'expressió següent:

$$d = \left( \frac{h}{\tan H_{\text{solar}}} \right) * \cos A_{\text{solar}} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

On:

- $d$  = distància mínima entre l'objecte i el panell
- $h$  = alçada de l'objecte
- $\tan H_{\text{solar}}$  = tangent de l'alçada solar en el mes més desfavorable (desembre)
- $\cos A_{\text{solar}}$  = cosinus de l'azimut solar en el mes més desfavorable (desembre) a les 10h solars

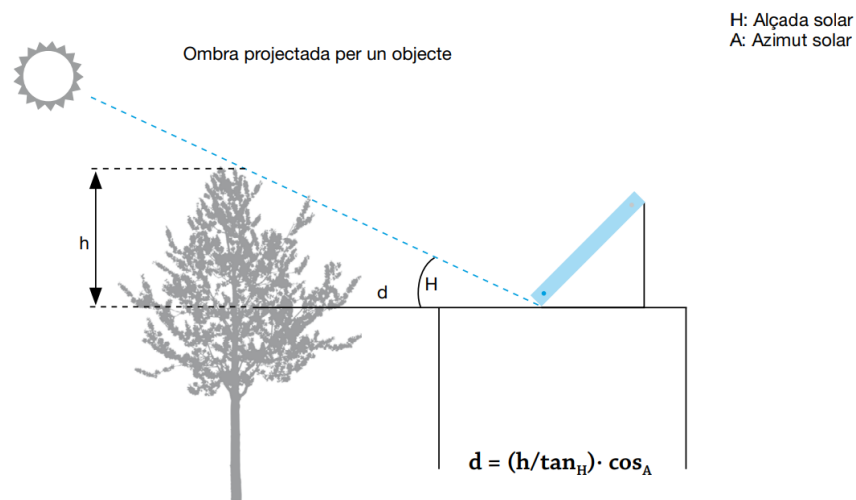


Figura 3.5. Representació dels paràmetres utilitzats pel càlcul de l'ombra (Font: ICAEN)

Es pot simplificar l'expressió 3.1 utilitzant el factor K, que a Catalunya és:

$$K = \left( \frac{1}{\tan 19^\circ} \right) * \cos 29^\circ = 2,54 \quad (\text{Eq. 3.2})$$

Utilitzant el factor K calculat, s'estableix que la distància de l'obstacle (d) ha de ser igual o major a la distància resultant de multiplicar K per l'alçada de l'objecte (h) que sobrepassi els panells:

$$d = h * K \quad (\text{Eq. 3.3})$$

Així doncs, s'utilitzarà l'equació 3.3 per estudiar la incidència d'ombres properes a la instal·lació.

El primer obstacle és l'edifici on estan localitzades les oficines, té una altura de 6 metres i és a 11,5 m dels panells solars. Sabent que els panells estran a una alçada de 2,3 m:

$$d = (6 - 2,3) * 2,54 = 9,398 \text{ m} \quad (\text{Eq. 3.4})$$

Per tant, la distància mínima que hi ha d'haver entre l'edifici i els panells és de 9,4 m. Els panells estan a 11,5 m, així mateix, l'edifici de les oficines no serà un obstacle ja que les ombres no incideixen en els panells.

Seguidament s'estudiarà el segon objecte, una petita construcció per al vigilant de seguretat, ubicada al costat de les oficines. Té una alçada de 3,5 m i està a una distància de 9,5 m de la instal·lació.

$$d = (3,5 - 2,3) * 2,54 = 3,05 \text{ m} \quad (\text{Eq. 3.5})$$

Aquesta construcció doncs no farà ombra sobre les plaques solars ja que està a més de 3,05 m dels panells.

El tercer i últim obstacle que pot incidir ombres sobre les plaques solars és un magatzem amb una altura de 13m i que està a 30 m de la instal·lació fotovoltaica.

$$d = (13 - 2,3) * 2,54 = 27,178 \text{ m} \quad (\text{Eq. 3.6})$$

Ja que l'edifici es troba a 30 m de distancia dels panells, no suposarà cap problema pel que fa a les ombres.

Així doncs, havent fet els càlculs pertinents, es pot confirmar que els panells fotovoltaics estaran exempts d'ombres properes.

### **3.2.4. Elements de la instal·lació FV**

#### **3.2.4.1. Panells fotovoltaics**

Els panells fotovoltaics són un tipus de panell solar, dissenyats per aprofitar l'energia solar fotovoltaica. La seva funció es transformar l'energia solar en electricitat.

Abans d'elegir el model de panell fotovoltaic que s'utilitzarà per la instal·lació, s'han de estudiar els diferents tipus de tecnologies que hi ha i quina es la més adequada.

##### **3.2.4.1.1 Tipus de tecnologia de panells fotovoltaics**

En el mercat existeixen diferents tipus de panells solars fotovoltaics per a us domèstic o industrial, els més comuns són els panells fotovoltaics de silici monocristal·lí, els de silici policristal·lí i els de capa fina.

La principal diferència entre els diferents tipus de plaques fotovoltaïques es la puresa del silici utilitzat. Com més pur sigui el silici, millor alineades estaran les molècules i millor convertiran la energia solar en electricitat.

Pel que fa als panells de capa fina, es depositen diverses capes del material fotovoltaic en una base. Aquest material pot ser de silici amorf (a-Si), de tel·lur de cadmi (CdTe), de coure, etc. Depenent del tipus que s'utilitzi, un mòdul de capa fina pot tenir una eficiència entre el 7 i el 13%.

Tant els panells de silici monocristal·lí i policristal·lí, són molt utilitzats en la fabricació de panells solars. Però cada un té unes prestacions diferents que deriven del procés de fabricació del silici monocristal·lí i del policristal·lí. El silici monocristal·lí té les vores circulars en la seva composició, mentre que els del policristal·lí són quadrats. El monocristal·lí té una major tolerància a la calor. Tot això influeix, sobretot, en la eficàcia, sent el silici monocristal·lí el que més energia fotovoltaica produeix. Aquests poden arribar a una eficiència del 20-22%, gracies a la puresa i la estructura cristal·lina continua. Però té un preu més elevat en el procés de fabricació comparat amb el policristal·lí, degut a la complexitat de l'obtenció d'aquest tipus de material i a que durant el procés de tall en lamines d'aquests material al fabricar-lo, es desaprofita molt silici. Es per això que els mòduls de silici policristal·lí són una molt bona alternativa. Tenen un procés de fabricació més senzill, i un temps de fabricació menor. Amb aquest tipus de panells es té una eficàcia menor que amb els monocristal·lins.

Per tant, el silici monocristal·lí es més eficient però paral·lelament, té un preu més elevat. Per això la utilització de panells fotovoltaics de silici monocristal·lí es més adequada per a instal·lacions que no necessitin generar una gran quantitat d'energia, i no hi sigui necessària la instal·lació de moltes cèl·lules

fotovoltaïques. Sabent això, per a aquest projecte s'instal·laran plaques fotovoltaïques de silici monocristal·lí.

### 3.2.4.1.2 Propostes de diferents models de panells fotovoltaics

Un cop s'ha escollit la tecnologia i material més adient per a les plaques fotovoltaïques que s'utilitzaran en la instal·lació, es procedeix a proposar diferents models de panells fotovoltaics de silici monocristal·lí. S'estudiaran algunes de les diferències entre cada un dels diferents models per a poder decidir quin model és el més indicat per al projecte. Aquestes diferències es mostren en la taula a continuació:

Model	$P_{MAX}$	Tamany	Nº panells a instal·lar	$P_{TOTAL}$ instal·lada	Preu total
CanadianSolar HiDM CS1H-330	330 W	1,7x0,992x0,035 1,6864 m <sup>2</sup>	84	27,72 kWp	11215 €
CanadianSolar KuMAX CS3U-380	380 W	2x0,992x0,035 1,984 m <sup>2</sup>	72	27,36 kWp	13760 €
JaSolar JAM72S20-440	440 W	2,12x1,052x0,4 2,23 m <sup>2</sup>	55	24,2 kWp	10505 €

**Taula 3.1** Comparació de diferents models de panells solars.

Fent la comparació dels diferents models de panells solars, com més petita és la potència màxima de cadascun dels panells, més panells es poden instal·lar, ja que la superfície d'aquests també és més petita. Si es multiplica la  $P_{MAX}$  pel nombre de panells a instal·lar, s'extreu la potència total que es pot instal·lar. Els panells amb els que la  $P_{TOTAL}$  serà major és amb els de 330 W.

Així doncs, comparant la potència total instal·lada amb el preu total de cadascun dels models, s'escull utilitzar els panells de CanadianSolar de 330 W, ja que són amb els que es podrà instal·lar més potència, i el preu no és el més elevat. Amb una inversió de 990 € més, s'aconsegueix instal·lar 3,52 kWp de més.

### 3.2.4.1.3 Elecció del model dels panells fotovoltaics

Una vegada s'ha elegit el model del panell fotovoltaic, s'estudiaran les seves característiques. S'instal·laran panells fotovoltaics de la marca CanadianSolar, model HiDM CS1H-330. Es un model amb cèl·lules de silici monocristal·lí que pot produir fins a 330 W de potència màxima ( $P_{max}$ ).

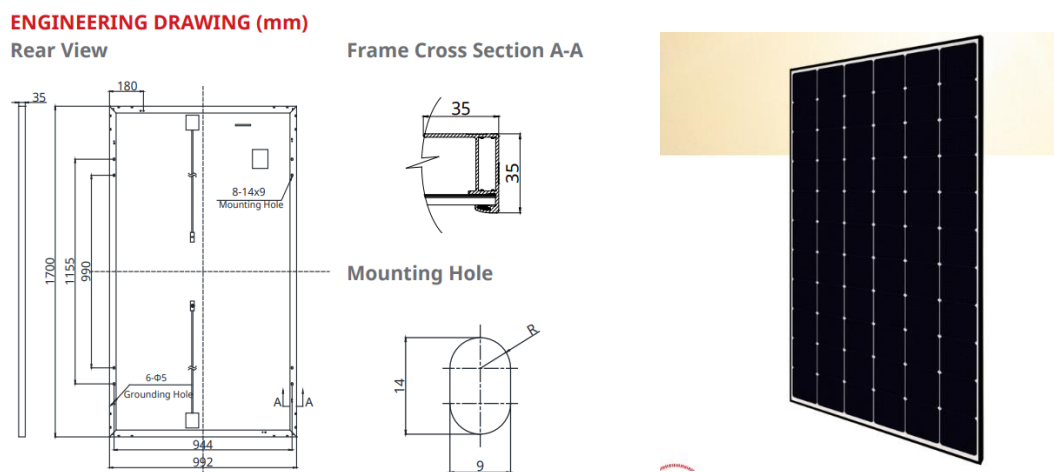


Figura 3.5. Dimensions i vista del panell fotovoltaic (Font: Datasheet CanadianSolar)

#### MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Dimensions	1700 × 992 × 35 mm (66.9 × 39.1 × 1.38 in)
Weight	19.2 kg (42.3 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	1350 mm (53.1 in)
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	780 pieces

Figura 3.6. Dades mecàniques del panell fotovoltaic (Font: Datasheet CanadianSolar)

Els panells tenen unes dimensions de 1,7x0,992x0,035m, amb una superfície total de 1,6864m<sup>2</sup> i un pes de 19,2 kg per panell.

**ELECTRICAL DATA | STC\***

CS1H	320MS	325MS	330MS	335MS	340MS	345MS
Nominal Max. Power (Pmax)	320 W	325 W	330 W	335 W	340 W	345 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.2 V	36.6 V	37.0 V	37.4 V	37.8 V	38.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.85 A	8.88 A	8.92 A	8.96 A	9.00 A	9.04 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.0 V	44.1 V	44.2 V	44.3 V	44.5 V	44.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.60 A	9.64 A	9.68 A	9.72 A	9.76 A	9.80 A
Module Efficiency	19.0%	19.3%	19.6%	19.9%	20.2%	20.5%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	16 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

**Figura 3.7.** Dades elèctriques del panell en STC (Font: Datasheet CanadianSolar)

Les dades elèctriques en STC, són les dades del panell sota condicions de test estàndard. Això significa que les proves i els resultats s’han obtingut amb una irradiància de 1000 W/m<sup>2</sup>, un espectre AM d’1,5 i una temperatura de la cel·la de 25 °C.

**ELECTRICAL DATA | NMOT\***

CS1H	320MS	325MS	330MS	335MS	340MS	345MS
Nominal Max. Power (Pmax)	237 W	241 W	244 W	248 W	252 W	255 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.5 V	33.9 V	34.2 V	34.6 V	35.0 V	35.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.07 A	7.11 A	7.14 A	7.17 A	7.20 A	7.23 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.1 V	41.2 V	41.3 V	41.4 V	41.6 V	41.7 V
Short Circuit Current (Isc)	7.75 A	7.78 A	7.81 A	7.85 A	7.88 A	7.91 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m<sup>2</sup> spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

**Figura 3.8.** Dades elèctriques del panell en NMOT (Font: Datasheet CanadianSolar)

Les dades elèctriques en NMOT, significa que estan provades sota operacions en temperatura nominal, que es una irradiància de 800 W/m<sup>2</sup>, un espectre AM de 1,5, una temperatura ambient de 20 °C i velocitats de vent d’1 m/s. Aquestes són condicions molt més realistes que les anteriors.

**3.2.4.2. Generació de la instal·lació fotovoltaica**

Una vegada conegut el model i la potència màxima que pot generar cada placa fotovoltaica, sabent la superfície total disponible, es pot conèixer la potència màxima que pot generar tota la instal·lació.

Amb una superfície disponible de 144 m<sup>2</sup>, hi ha capacitat per a instal·lar 84 panells fotovoltaics del model elegit segons la seva superfície. La potència total instal·lada s’obté del producte entre el numero de panells instal·lats per la potència màxima de cadascun. Sabent que la potència màxima dels panells es 330 i que hi ha 84 panells, la potència total instal·lada serà de **27,72 kWp**.

Quan es coneix quina és la potència total instal·lada, es pot calcular la mitjana de generació diària durant l'any que tindrà la instal·lació. Com s'ha calculat en l'apartat de hora solar pic, la mitjana és 4,22 hsp. Coneixent aquest valor, es multiplica per la potència total instal·lada, i dona 116,98 kWh generats al dia de mitjana durant l'any.

### 3.2.4.3. Inversor solar

L'inversor solar es un component que converteix l'energia produïda en la instal·lació fotovoltaica en electricitat. La producció d'energia generada pels panells fotovoltaics es transforma en corrent continu, que no pot ser utilitzada ni ser injectada a la xarxa elèctrica. Així doncs, l'inversor per plaques solars converteix aquesta energia en forma de corrent continu a corrent alterna.

L'inversor també optimitza la producció d'energia generada pels mòduls fotovoltaics per a aconseguir el màxim rendiment possible de la instal·lació.

#### 3.2.4.3.1 Elecció de l'inversor

Una vegada es coneix la potència màxima instal·lada, calculada en l'apartat anterior de generació de la instal·lació fotovoltaica, s'ha de saber que aquesta potència, no té perquè ser el valor final de la potència instal·lada, ja que s'ha de tenir en compte el valor del inversor que s'utilitzarà en la instal·lació. D'aquesta manera, es necessari trobar un inversor que amb la quantitat d'energia elèctrica generada pels panells fotovoltaics en tensió continua, sigui capaç de transformar-la en alterna.

S'ha de tenir en compte que per poder garantir una extracció òptima de la potència generada, es necessari que complint la relació que mostra l'equació següent, el valor resultant estigui entre 1 i 1.2.

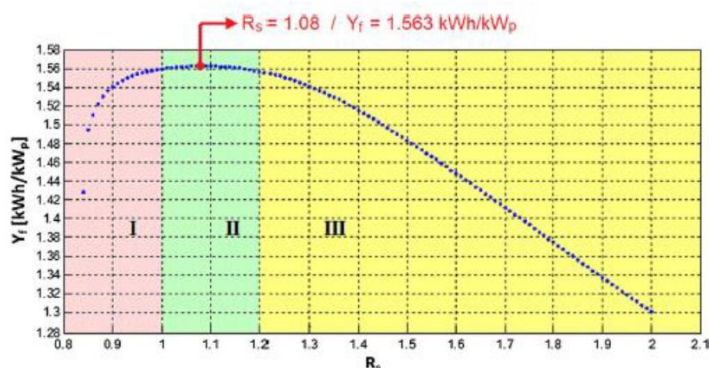
$$R_s = \frac{P_{PVG}}{P_{ACN}} \quad (\text{Eq. 3.7})$$

On:

- $R_s$  = Relació entre la potència màxima generada i la potència de l'inversor
- $P_{PVG}$  = Potència màxima generada de la instal·lació (kWp)
- $P_{ACN}$  = Potència de l'inversor (Kw)

El valor de la relació entre les dos potències ha d'estar entre 1 i 1,2, com s'observa en el gràfic de la figura 3,7, el valor en el que s'extreu la màxima potència es 1,08, no obstant, els valor compresos entre

1 i 1.2 estan molt a prop, per tant s'accepta un valor entre aquests ja que les pèrdues comparatives seran mínimes.



**Figura 3.9.** Gràfic representatiu dels valors de  $Y_f$  respecte els valors de  $R_s$ , donant la corba òptima de funcionament de la instal·lació.

Tenint en compte aquesta restricció, l'inversor escollit ha de satisfer aquesta relació. Per tant, sabent que  $P_{PVG} = 27.72 \text{ kWp}$ , la potència de l'inversor haurà d'estar entre els dos valors següents:

$$P_{ACN} = \frac{P_{PVG}}{R_s} = \frac{27,72}{1} = 27,72 \text{ kW} \tag{Eq. 3.8}$$

$$P_{ACN} = \frac{P_{PVG}}{R_s} = \frac{27,72}{1.2} = 23,1 \text{ kW} \tag{Eq. 3.9}$$

Una vegada conegut el rang entre el que hauria d'estar la potència de l'inversor, s'ha decidit instal·lar un sol inversor per a tota la instal·lació. Sent un inversor de tres fases 1000V/25 kW de la marca CanadianSolar model CSI-25K-T400. Tindrà una  $R_s = 1,109$ , estant dins el rang.



**Figura 3.10.** Vista de l'inversor CanadianSolar (Font: Datasheet CanadianSolar)



Les característiques de l'inversor són les següents:

SYSTEM/TECHNICAL DATA					
MODEL NAME	CSI-25K-T400GL02-E	CSI-30K-T400GL02-E	CSI-33K-T400GL02-E	CSI-36K-T400GL02-E	CSI-40K-T400GL02-E
<b>DC INPUT</b>					
Max. PV Power	33kW	39kW	43kW	47kW	52 kW
Max. DC Input Voltage				1100 V <sub>DC</sub>	
Start-up DC Input Voltage/Power				180 V <sub>DC</sub>	
Number of MPP Trackers	3			4	
MPPT Voltage Range				200 - 1000 V <sub>DC</sub>	
Max. Input Current (Imp)	78A (26A per MPPT)			104A (26A per MPPT)	
Max. Short Circuit Current (Isc)	120A (40A per MPPT)			160A (40A per MPPT)	
Number of DC Inputs	6 (2 per MPPT)			8 (2 per MPPT)	
DC Disconnection Type				Load rated DC switch	
<b>AC OUTPUT</b>					
Rated AC Output Power	25 kW	30 kW	33 kW	36 kW	40 kW
Max. AC Output Power	27.5 kW	33 kW	36.3 kW	39.6 kW	44 kW
Rated Output Voltage				400 V <sub>AC</sub>	
Grid Connection Type				3 W / N / PE	
Rated Grid Output Current	36 A	43.3 A	47.6 A	51.9 A	57.7 A
Max Output Current	41.8 A	50.2 A	55.1 A	60.2 A	66.9 A
Rated Output Frequency				50 / 60 Hz	
Output Frequency Range*				47 - 52 / 57 - 62 Hz	
Power Factor				>0.99 (0.8 leading ... 0.8 lagging)	
Current THD				< 3%	
DC Injection Current				< 0.5 % of Rated Grid Output Current	

Figura 3.11. Característiques de l'inversor (Font: Datasheet CanadianSolar)

MECHANICAL DATA	
Dimensions (W / H / D)	647 x 629 x 252 mm
Weight	45 kg
Installation Angle	0-15 Degrees from Vertical
DC Inputs	MC4

Figura 3.12. Dades mecàniques de l'inversor (Font: Datasheet CanadianSolar)

### 3.2.5. Dimensionat dels panells fotovoltaics

La instal·lació fotovoltaica s'ha d'adequar a l'inversor escollit, ja que te un numero limitat d'entrades (en el cas de l'inversor elegit són 6) i hi ha un numero molt més elevat de panells que s'hi ha de connectar . Per aconseguir-ho, s'han de connectar els diferents panells entre si en connexions en sèrie i paral·lel. El numero de connexions en sèrie i paral·lel possibles estan limitats segons les característiques de l'inversor, havent-hi un rang de màxims i mínims de connexió possibles.

### 3.2.5.1. Disposició dels panells en sèrie

Les plaques fotovoltaïques es poden considerar com a fonts de tensió continua, per tant, la suma de les tensions contínues d'aquestes serà la tensió total equivalent. Per això, es fa us d'una sèrie d'equacions per tal de trobar el valor resultant.

La variació de temperatura afecta a la tensió del circuit obert d'un panell per el numero de mòduls en sèrie màxim.

$$V_{OC(mòdul a t^a)} = \left(1 + (-25 + t^a) * \frac{\beta_L}{100}\right) * V_{OC(STC)} \quad (\text{Eq. 3.10})$$

On:

- $V_{OC(mòdul a t^a)}$  = Tensió en circuit obert en funció de la temperatura del mòdul (V)
- $t^a$  = Valor de la temperatura de referència (°C)
- $\beta_L$  = Coeficient de tensió en funció de la temperatura (%/°C)
- $V_{OC(STC)}$  = Tensió de curtcircuit en condicions STC (V)

Els valors de  $\beta_L$  i de  $V_{OC(STC)}$ , venen donats en el datasheet dels panells solars escollits.  $t^a$  es un paràmetre de temperatura de referència, és el valor mínim de temperatura que es pugui donar en la localització de la instal·lació. S'escull un valor baix, a -10 °C, per garantir que la temperatura serà la mínima que es donarà i evitar problemes en un futur. Així doncs el valor de  $V_{OC(mòdul a t^a)}$  és:

$$V_{OC(mòdul a -10^{\circ}C)} = \left(1 + (-25 - 10) * \frac{-0,29}{100}\right) * 44,2 = 48,6863 \text{ V} \quad (\text{Eq. 3.11})$$

Una vegada calculat aquest valor, es pot trobar el numero màxim de mòduls que es poden instal·lar en sèrie. Però per fer el càlcul es necessita el valor màxim en DC del inversor, en el datasheet es el Max. DC Input Voltage.

$$N_{MS\_MAX} = \frac{V_{INV\_MAX}}{V_{OC(mòdul a -10^{\circ}C)}} = \frac{1100}{48,6863} = 22,59362 \quad (\text{Eq. 3.12})$$

On:

- $N_{MS\_MAX}$  = Numero màxim de mòduls en sèrie que es poden instal·lar per garantir el funcionament de l'inversor.
- $V_{INV\_MAX}$  = Tensió màxima de l'inversor (V)

Així doncs el numero màxim de mòduls en sèrie que es poden instal·lar són 22.

Un cop calculat el número màxim, s'ha de calcular el mínim de mòduls que es poden instal·lar per a que l'inversor funcioni correctament. Per fer-ho, s'ha de suposar una temperatura de referència màxima, seguint el procediment que s'ha fet anteriorment, s'utilitza un valor més alt, per a prevenir problemes. En aquest cas s'escull 70 °C.

En el cas de calcular el mínim de mòduls que es poden instal·lar, s'utilitzen els valors en MPP, tant de les plaques com de l'inversor, ja que en aquests es considera el mínim punt de potència màxima.

Així doncs, s'utilitza la següent equació:

$$V_{MPP(\text{mòdul a } t^a)} = \left(1 + (-25 + t^a) * \frac{\beta_{L(MPP)}}{100}\right) * V_{MPP(STC)} \quad (\text{Eq. 3.13})$$

Substituint pels valors donats en el datasheet de les plaques solars:

$$V_{MPP(\text{mòdul a } 70^{\circ}\text{C})} = \left(1 + (-25 + 70) * \frac{-0,29}{100}\right) * 37 = 32,1715 \text{ V} \quad (\text{Eq. 3.14})$$

Un cop calculat aquest valor, es necessita saber el valor mínim de la tensió de l'inversor en MPP, en el cas de l'inversor escollit, el rang va de 200V-1000V, per tant s'utilitzarà el valor de 200 V. L'equació per a calcular el número mínim de mòduls que es poden connectar en sèrie es:

$$N_{MS\_MIN} = \frac{V_{INV\_MPP\_MIN}}{V_{MPP(\text{mòdul a } 70^{\circ}\text{C})}} = \frac{200}{32,1715} = 6,216 \quad (\text{Eq. 3.15})$$

On:

- $N_{MS\_MIN}$  = Número mínim de mòduls que es poden instal·lar en sèrie.
- $V_{INV\_MPP\_MIN}$  = Tensió mínima de l'inversor en regim MPP

Donat aquests resultat, es pot afirmar que el número mínim que plaques a instal·lar en sèrie és 6.

### 3.2.5.2. Disposició dels panells en paral·lel

De la mateixa manera que per calcular la disposició dels mòduls en sèrie, s'han utilitzat com a fonts de tensió, per calcular-ho en paral·lel es veuran com a fonts de corrent, de manera que la intensitat que passa per una branca en sèrie, serà sempre la mateixa i la intensitat total serà la suma de la intensitat de totes les branques.

En aquest cas, hi ha dos maneres diferents de realitzar els càlculs. S'ha d'escollir entre dos expressions que expressen el valor màxim de la corrent:

$$I_{string\_max} = I_{SC(STC)} \quad (\text{Eq. 3.16})$$

$$I_{string\_max} = I_{MPP(STC)} \quad (\text{Eq. 3.17})$$

Cada una de les expressions te els seus punts a favor o en contra. Si s'escull utilitzar l'equació 3.16, s'escull que el valor màxim sigui el valor de la intensitat de curtcircuit. I es suposarà que l'inversor pot fallar en algun moment, pel que es limita a que el pitjor escenari seria que s'injectés un valor d'una intensitat equivalent al de curtcircuit. Aquesta opció és la més conservadora ja que es limita el numero de rames, generant una protecció a possibles danys per sobreintensitats. Però com a inconvenient, això genera un augment dels mòduls que han d'anar disposats en sèrie, fet que pot provocar problemes d'aïllament.

Si per una altra part, es decideix utilitzar l'expressió 3.17, això permet instal·lar més rames en paral·lel, ja que s'està considerant com a valor màxim, el valor de la intensitat en el punt òptim determinat en les corbes de potència dels panells fotovoltaics. Per tal d'evitar possibles sobreintensitats, s'ha d'utilitzar un sistema de seguretat amb fusibles que protegeixi l'inversor.

En aquest estudi es decideix utilitzar la darrera equació, la 3.17. Així evitant problemes d'aïllament.

Un cop escollida l'expressió que s'utilitzarà, es procedeix a seguir amb el procediment, aplicant la següent equació:

$$I_{MPP}(\text{mòdul a } t^a) = \left(1 + (-25 + t^a) * \frac{\alpha_{L(MPP)}}{100}\right) * I_{MPP(STC)} \quad (\text{Eq. 3.18})$$

On:

- $I_{MPP}(\text{mòdul a } t^a)$  = Intensitat en el punt de potència màxima (A)
- $\alpha_{L(MPP)}$  = Coeficient d'intensitat en funció de la temperatura (%/°C)
- $I_{MPP(STC)}$  = Intensitat en el punt de potència màxima del panell (A)

Substituint pels valors donats en el datasheet del mòdul fotovoltaic i amb una temperatura de referència de 70 °C:

$$I_{MPP}(\text{mòdul a } t^a) = \left(1 + (-25 + 70) * \frac{0,05}{100}\right) * 8,92 = 9,1207 \text{ A} \quad (\text{Eq. 3.19})$$

Una vegada conegut el valor de  $I_{MPP}$ , s'extreu del datasheet el valor de la intensitat màxima de l'inversor, i es pot calcular el numero de rames que poden anar connectades en paral·lel:

$$N_{SP} \leq \frac{I_{INV\_MAX}}{I_{MPP}(\text{mòdul a } 70^\circ\text{C})} = \frac{78}{9,1207} = 8,551 \quad (\text{Eq. 3.20})$$

Així doncs, el numero de rames que es poden instal·lar en paral·lel ha de ser 8 o inferior.

### 3.2.5.3. Dimensionat final

Una vegada es coneixen els valors màxims i mínims de panells que es poden connectar en sèrie i el numero màxim de series de panells que es poden connectar en paral·lel, el numero escollit ha d'estar dins el rang, així doncs:  $6 \leq N_{MS} \leq 22$  i  $N_{SP} \leq 8$ .

On:

- $N_{MS}$  = valor de mòduls en sèrie escollit
- $N_{SP}$  = valor de series de panells en paral·lel

Sabent la superfície que hi ha disponible, 144 m<sup>2</sup>, amb 6 m d'amplada i 24 m de llargada. I coneixent les dimensions dels panells, 0.992 m d'amplada i 1.7 m de llargada. Es procedeix a fer els càlculs per tal que els panells càpiguen dins les dimensions de la marquesina:

$$N_{MS} = \frac{\text{Llargada de la marquesina}}{\text{Llargada dels panells}} = \frac{24}{1,7} = 14,11 \quad (\text{Eq. 3.21})$$

$$N_{SP} = \frac{\text{Amplada de la marquesina}}{\text{Amplada dels panells}} = \frac{6}{0,992} = 6,04 \quad (\text{Eq. 3.22})$$

Per tant, s'instal·laran 14 panells en sèrie i 6 series de panells en paral·lel. Els dos nombres entren dins el rang, per tant es donen com a vàlids els dos valors resultants.

Els panells en sèrie s'instal·laran horitzontalment un al costat de l'altre fins a 14, connectant-los en sèrie entre ells. I s'instal·laran 6 fileres de panells en paral·lel. Sumant 84 panells en total, utilitzant així tota la superfície que hi ha disponible.

Comprovant que no es sobrepassa cap tolerància de l'inversor:

Disposició	Nº de panells	V <sub>MAX</sub> (V)	I <sub>MAX</sub> (A)
Sèrie	14	618,8	8,92
Paral·lel	6	618,8	53,52

**Taula 3.2** Distribució en sèrie/paral·lel de la instal·lació amb els V i I corresponents.

Així doncs, s'observa com amb la disposició resultant no es sobrepassa cap tolerància de l'inversor. Tant el voltatge com el corrent màxims d'entrada a l'inversor, estan dins el marge admissible per aquest.

### 3.2.6. Estructura d'ancoratge dels panells

Havent elegit els panells fotovoltaics que s'utilitzaran i sabent la disposició que tindran, s'ha d'estudiar i escollir el tipus d'estructura en els que els panells estaran instal·lats.

Com s'ha comentat, els panells aniran instal·lats en una coberta metàl·lica damunt del pàrquing, d'estil marquesina, que tindrà la inclinació adequada calculada anteriorment.

L'estructura d'ancoratge dels panells està sotmesa a grans esforços mecànics i a una alta agressió ambiental, per tant, es important considerar aquests factors en el disseny i muntatge de la instal·lació amb l'objectiu de reduir la degradació de l'estructura i la fatiga mecànica.

L'estructura de suport és l'element mecànic encarregat de suportar els panells, així doncs ha de complir amb uns requisits per tal de garantir-ho:

- Llarga vida útil sense manteniment i muntada a la intempèrie.
- Resistència mecànica als esforços del vent.
- Rapidesa i senzillesa de muntatge.
- Cost adequat.

Sobre la base dels requeriments descrits anteriorment, les estructures poden estar construïdes d'acer inoxidable, alumini, ferro galvanitzat amb una capa protectora, etc. Els cargols han de ser d'acer inoxidable i complir amb la norma MV-106.

Per tal de solucionar el problema dels parells galvànics, quan dos metalls amb diferent potencial elèctric es posen en contacte, s'utilitzen aïllants i volanderes de materials no metàl·lics, evitant així el contacte físic entre el marc del panell i l'estructura de suport.

L'estructura de suport ha de poder suportar esforços mecànics de 2000 N com a mínim. Els elements de cargolam han de ser resistents a esforços superiors a 2500 N, han de ser inoxidables i complementats amb volanderes sintètiques que evitin el deteriorament per defectes galvànics entre els diferents metalls.

Amb l'ajut de la guia de l'ICAEN, es decideix el tipus d'estructura adequada per a ancorar els panells. S'utilitzaran estructures coplanars, aquestes estructures s'utilitzen per a cobertes on la inclinació i

l'orientació ja és l'adequada. Són estructures autosuportants que es subjecten en la mateixa coberta o sobre les bigues transversals d'aquesta.

La disposició de les estructures ha de garantir la lliure circulació d'aire entre la coberta i el panell, deixant una distància mínima de 60 mm entre ells.

Així doncs, es decideix utilitzar una estructura coplanar per a coberta metàl·lica KH915. Permet la instal·lació del panell horitzontal en estructures metàl·liques, adequat per a la instal·lació.



**Figura 3.13.** Estructura per a coberta metàl·lica KH915

### **3.2.7. Comprovació dels càlculs realitzats amb PVsyst**

Quan ja es coneixen el tipus de panells solars i inversor seleccionats, i s'han realitzat els càlculs pertinents per a poder saber la disposició en sèrie i en paral·lel dels panells, es comprovarà que tot estigui correctament calculat utilitzant l'aplicació PVsyst.

El PVsyst es un programa que s'utilitza per al disseny i desenvolupament d'instal·lacions fotovoltaïques. Permet fer un estudi, simulacions i anàlisis de dades del sistema fotovoltaic dissenyat, utilitzant una àmplia base de dades.

Per començar amb el disseny i la simulació del projecte, s'ha d'escollir si estarà connectat a xarxa o serà una instal·lació independent amb bateries, per a aquest cas s'escull l'opció connectat a xarxa.

Seguidament s'ha d'escollir de la base de dades del programa, l'arxiu de la localització i l'arxiu meteorològic del lloc on s'instal·larà. Quan s'han escollit i importat, el programa dona un gràfic de la trajectòria solar durant l'any en la localització. El dia 22 de juny és el dia on el sol esta a més altura, i el 22 de desembre el que menys.

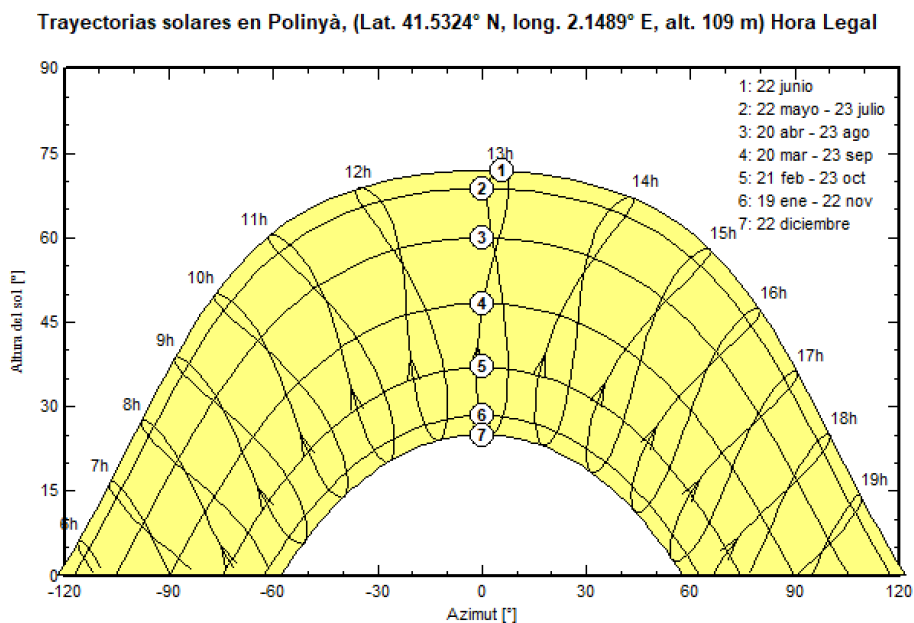


Figura 3.14. Trajectòria solar a Polinyà (Font: PVsyst)

Tot seguit es defineixen els paràmetres principals per a poder realitzar la simulació. Primer demana seleccionar l'orientació dels panells. S'ha de seleccionar el tipus de camp, que per a aquest projecte serà 'plano inclinado fijo'. Després s'ha de seleccionar la inclinació del pla i l'azimut desitjats, s'utilitzaran els valors calculats amb PVGIS, una inclinació del pla de 38° i un azimut de 0°. I com s'aprecia, la inclinació i l'azimut escollits són els òptims ja que la pèrdua amb respecte al rendiment òptim es de 0% i el rendiment global en el pla col·lector és el màxim possible, 1983 kWh/m<sup>2</sup>.



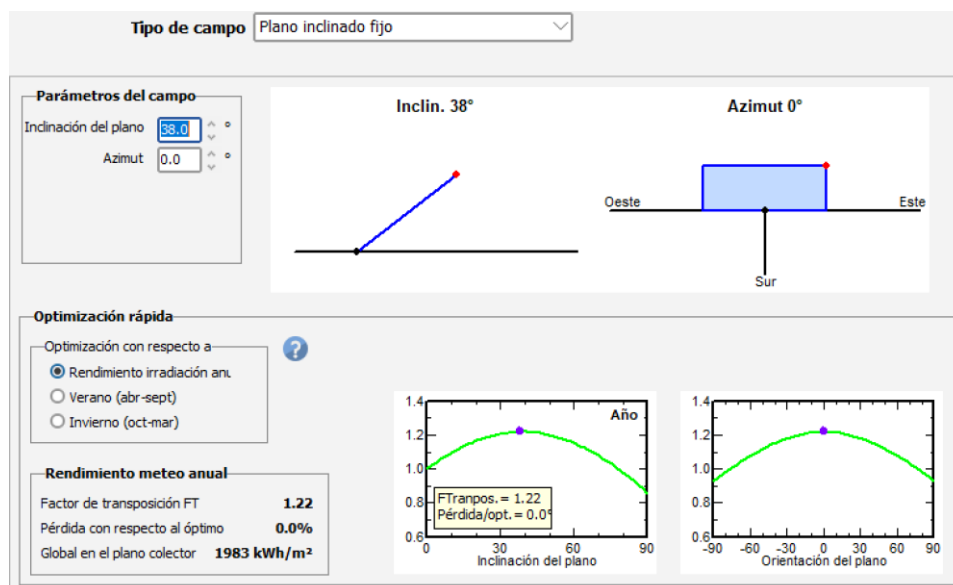


Figura 3.15. Definició del paràmetre orientació (PVsyst)

Un cop està definida l'orientació dels panells fotovoltaics, es definiran els paràmetres principals del sistema, com s'aprecia en la figura 3.15.

Per començar amb el pre-dimensionament, s'escull fer els càlculs a partir de l'àrea disponible, 142 m<sup>2</sup>. Es selecciona el mòdul FV escollit anteriorment de la base de dades del programa, Canadian Solar CS1H-330MS de 330 W. I es fa el mateix amb l'inversor, seleccionant el model escollit anteriorment, Canadian Solar CSI-25KTL.

Un cop seleccionats els mòduls FV i l'inversor, es dissenya el conjunt. El programa et deixa escollir el numero de mòduls en sèrie i numero de cadenes per a que el disseny segueixi sent correcte. En aquest cas deixa escollir entre 7 i 20 mòduls en sèrie i entre 5 i 6 cadenes. Com que als càlculs realitzats anteriorment en l'apartat de dimensionament final, el resultat és 14 mòduls en sèrie i 6 cadenes en paral·lel, i estan dins els valors donats per PVsyst, es seleccionen aquests valors per a la simulació. Confirmant així que els càlculs de dimensionament són correctes.

**Subconjunto**

**Nombre y orientación del subconjunto**  
 Nombre:   
 Orientación: **Plano inclinado fijo**  
 Inclinación: **38°**  
 Azimut: **0°**

**Ayuda de pre-dimensionamiento**  
 Sin dimensionamiento    Ingrese potencia planeada:  kWp  
 Redimens.    ... o área disponible(módulos):  m²

**Seleccione el módulo FV**  
 Disponible ahora:     Filtro:     Núm. máximo de módulos: **84**  
 Canadian Solar Inc.    330 Wp 30V    Si-mono    CS1H-330MS    Desde 2018    Manufacturer 2019      
 Usar optimizador  
 Voltajes de dimensionamiento: Vmpp (60°C) **31.2 V**  
 Voc (-10°C) **48.1 V**

**Seleccione el inversor**  
 Disponible ahora:     Voltaje de salida: 220 V Mono 50Hz     50 Hz  
 60 Hz  
 Canadian Solar Inc.    25 kW    200 - 800 V    TL    50/60Hz    CSI-25KTL-GI-L    Desde 2017      
 Núm. de inversores:     Voltaje de funcionamiento: **200-800 V**    Poder global inversor: **25.0 kWca**  
 Utilizar característica multi-MPPT    Voltaje máximo de entrada: **1000 V**    **inversor con 2 MPPT**

**Diseñe el conjunto**

**Núm. de módulos y cadenas**  
 Mód. en serie:      entre 7 y 20  
 Núm. de cadenas:      entre 5 y 6  
 Pérdida sobrecarga: **0.0 %**  
 Proporción Pnom: **1.11**   

**Condiciones de operación**  
 Vmpp (60°C): 437 V  
 Vmpp (20°C): 516 V  
 Voc (-10°C): 674 V

**Irradia. plano: 1000 W/m²**  
 Impp (STC): 55.1 A  
 Isc (STC): 57.9 A  
 Isc (en STC): 57.9 A

Máx. en datos     STC  
 Potencia de funcionamiento máx.: **25.2 kW**  
 (en 1000 W/m² y 50°C)  
**Potencia nom. conjunto (STC) 27.7 kWp**

**Núm. de módulos: 84    Área: 142 m²**

Figura 3.16. Definició dels paràmetres del sistema (PVsyst)

Del disseny del conjunt explicat anteriorment, el programa dona un resum del sistema, on s’aprecia que els càlculs realitzats anteriorment i la simulació són correctes, ja que dona els mateixos resultats.

Resumen sistema global	
Núm. de módulos	84
Área del módulo	142 m²
Núm. de inversores	1
Potencia FV nominal	27.7 kWp
Potencia FV máxima	26.6 kWCC
Potencia de CA nominal	25.0 kWCA
Proporción Pnom	1.109

Figura 3.17. Resum del sistema global (PVsyst)

Al completar el disseny del conjunt, el PVsyst apart del resum del sistema, dona un esquema elèctric simplificat del que seria la instal·lació fotovoltaica, com s’aprecia en la figura 3.17.

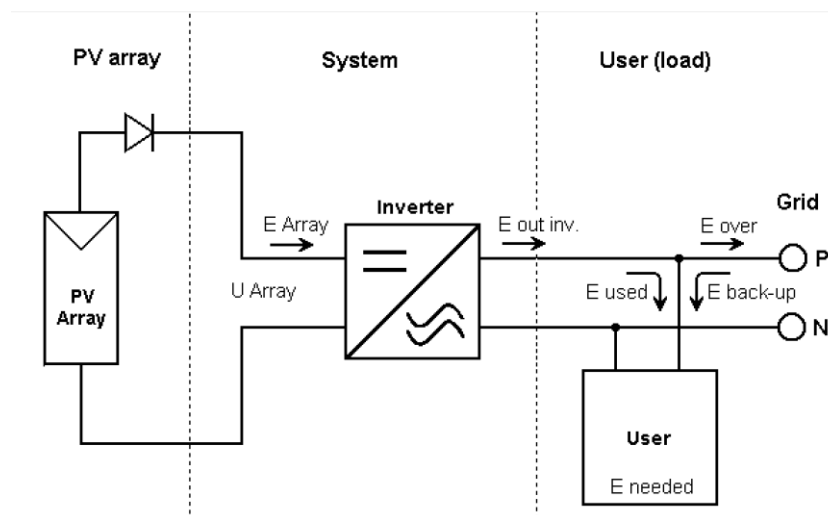


Figura 3.18. Esquema elèctric simplificat (PVsyst)

Una vegada s'han determinat els paràmetres principals del sistema, com s'ha explicat anteriorment, el programa determina automàticament les pèrdues del sistema. I tot seguit, ja es pot executar la simulació per a obtenir els resultats. En la pantalla dels resultats, primer es mostra un resum dels paràmetres de la simulació, juntament amb els resultats principals i a continuació es mostren totes les gràfiques resultants. Es mostren tots en les figures a continuació:

Paràmetres de simulación		Conjunto FV	
Proyecto	TFG1	Módulos FV	CSI1H-330MS
Sitio	Polinyà	Inversor	CSI-25KTL-GI-L
Tipo sistema	Conectado a la red	Potencia nominal	27.7 kWp
Simulación	01/01 al 31/12 (Datos meteo genéricos)	Voltaje MPP	36.1 V
		Corriente MPP	9.1 A
		Inv. unidad de potencia	25.0 kW
		Núm. de inv.	1

Figura 3.19. Paràmetres de la simulació (PVsyst)

Resultados principales			
Producción del sistema	<b>46.1 MWh/año</b>	Prod. normalizada	<b>4.56 kWh/kWp/día</b>
Prod. específica	<b>1664 kWh/kWp/año</b>	Pérdidas del conjunto	<b>0.62 kWh/kWp/día</b>
Proporción de rendimiento	<b>0.852</b>	Pérdidas del sistema.	<b>0.17 kWh/kWp/día</b>

Figura 3.20. Resultats principals de la simulació (PVsyst)

En la figura 3.19 es mostren els resultats principals del projecte simulat. La producció total del sistema serà de 46,1 MWh/any. Amb una producció específica de 1664 kWh/kWp/any, per tant es generaran aquests kWh per cada kWp instal·lat a l'any. La producció normalitzada serà de 4,56 kWh/kWp/dia.

Pel que fa a les pèrdues, les del conjunt seran de 0,62 kWh/kWp/dia i les del sistema de 0,17 kWh/kWp/dia.

I la proporció de rendiment del sistema serà de 0,852.

En quant als gràfics resultants, es mostren a continuació:

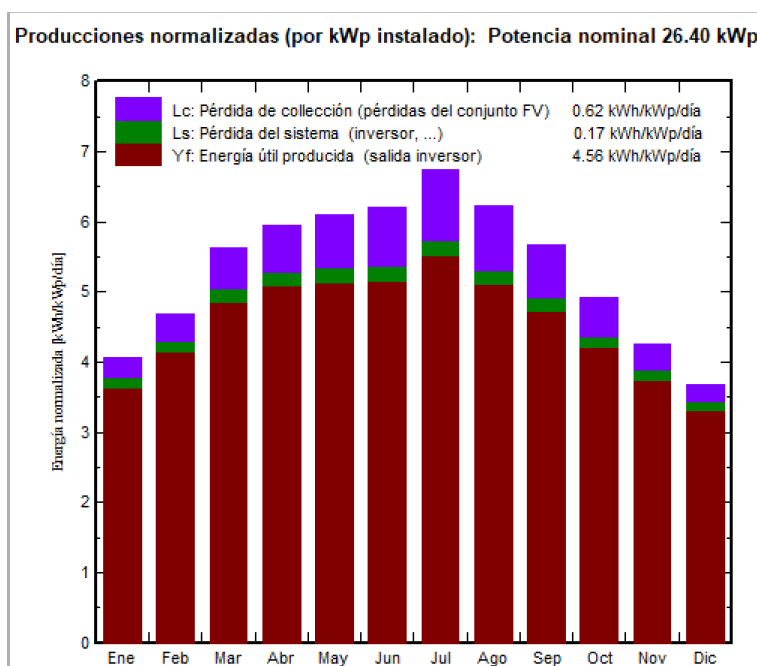


Figura 3.21. Gràfic de produccions normalitzades per kWp instal·lat (PVsyst)

En aquest gràfic es mostra la producció normalitzada, que són els kWh/kWp/dia, durant cada més de l'any. En color vermell està representada l'energia útil produïda (a la sortida de l'inversor), sent el màxim al juliol, per sobre de 5 kWh/kWp/dia, i sent el mínim al desembre, amb uns 3,3 kWh/kWp/dia. En verd està representat les pèrdues del sistema (com serien les pèrdues de l'inversor). I en lila es representen les pèrdues de col·lecció, que són les pèrdues del conjunt de plaques fotovoltaïques.

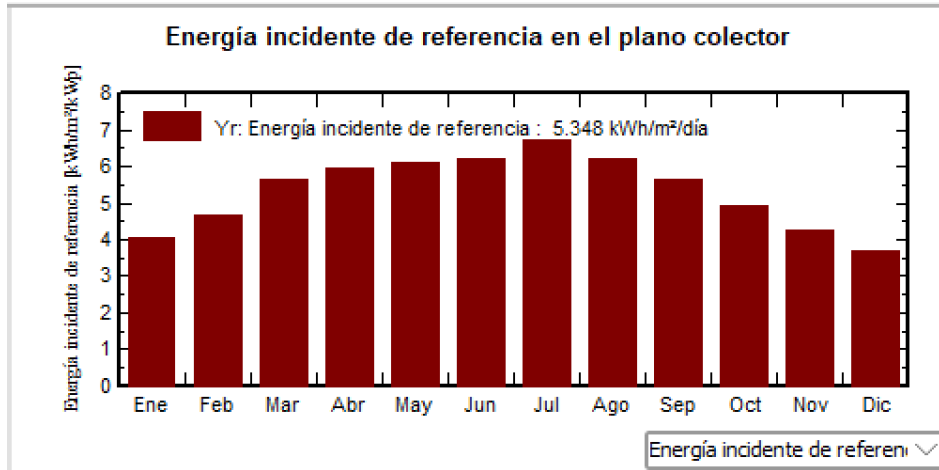


Figura 3.22. Gràfic de l'energia incident de referencia en el pla col·lector (PVsyst)

En el gràfic de la figura 3.21, es mostra l'energia incident de referencia que reben els panells fotovoltaics, en kWh/m²/dia. La mitjana de tot l'any és de 5,348 kWh/m²/dia, sent el juliol el mes amb més energia incident i el desembre el que menys.

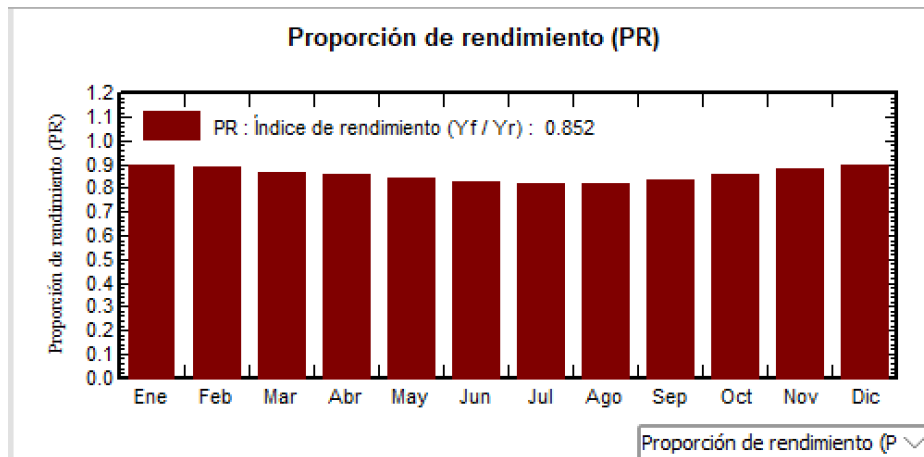


Figura 3.23. Gràfic de la proporció de rendiment (PR) (PVsyst)

En aquest gràfic es mostra la proporció de rendiment, que és la divisió de l'energia útil produïda (Yf) entre l'energia incident de referencia (Yr). Es pot veure com en aquest cas, en els mesos d'hivern l'índex de rendiment és més alt que durant els mesos d'estiu. Si s'estudia aquest gràfic juntament amb els anteriors, s'extreu que això es degut a que l'energia incident (Yr) es més gran que l'energia produïda (Yf) durant els mesos d'estiu, en canvi durant l'hivern entre l'energia incident i l'energia produïda no hi ha tanta diferencia. Per tant en els mesos en que l'energia produïda és semblant a l'energia incident, l'índex de rendiment serà més gran.

I per acabar, en els resultats de la simulació també es dona un gràfic de flux de les pèrdues del sistema.

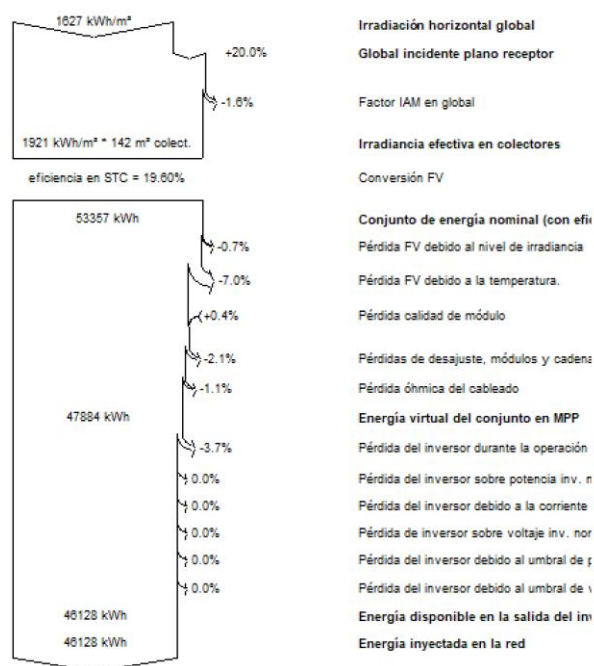


Figura 3.24. Gràfic de flux de les pèrdues del sistema anuals (PVsyst)

En aquest gràfic de flux es mostren les pèrdues anuals que té el sistema. Proporciona una visió ràpida i detallada de la qualitat del sistema fotovoltaic, identificant les principals fonts de pèrdues. Com es veu, les principals pèrdues són les pèrdues FV degut a la temperatura, amb un 7%; les pèrdues de desajust, mòduls i cadenes, amb un 2,1%; i les pèrdues de l'inversor durant l'operació amb un 3,7%. Sent així l'energia disponible en la sortida de l'inversor 46128 kWh, en vers als 53357 kWh de conjunt d'energia nominal generada inicialment.

### 3.3. Dimensionat del sistema de distribució

Havent calculat i coneixent les característiques de la instal·lació fotovoltaica, es procedeix a dimensionar el sistema de distribució de l'energia elèctrica generada. Per a fer-ho es segueix l'estipulat en el Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (REBT). En el REBT es recull el conjunt d'especificacions tècniques relatives al marc normatiu en el camp de les instal·lacions elèctriques de baixa tensió.

Dins el REBT, en la ITC-BT-40, s'apliquen les normatives en referència a les instal·lacions generadores, que són les destinades a transformar qualsevol tipus d'energia no elèctrica en energia elèctrica, en el que s'hi inclou una instal·lació generadora fotovoltaica. Es classifiquen aquestes instal·lacions generadores, depenen del seu funcionament respecte a la xarxa de distribució pública:

- A) Instal·lacions generadores aïllades. Són en les que no pot existir connexió elèctrica amb la xarxa de distribució pública.
- B) Instal·lacions generadores assistides. Són en les que existeix connexió amb la xarxa de distribució pública, però sense que els generadors puguin estar treballant en paral·lel a la xarxa.
- C) Instal·lacions generadores interconnectades. Aquelles que estan, normalment, treballant en paral·lel amb la xarxa de distribució pública.

En la que ens centrarem serà la C), ja que la instal·lació està interconnectada amb la xarxa de distribució pública.

El dimensionat del sistema de distribució d'energia elèctrica es realitza a partir dels criteris de màxima caiguda de tensió, intensitat màxima admissible i intensitat màxima de curtcircuit. On l'objectiu es determinar la secció mínima que ha de tenir el cable complint amb els requeriments, per a cada un dels diferents trams de la instal·lació.

En el punt 5 de la ITC-BT-40, es menciona que els cables de connexió han d'estar dimensionats per a una intensitat no superior al 125% de la màxima intensitat del generador. I que la caiguda de tensió entre el generador i el punt d'interconnexió amb la xarxa de distribució pública o amb la instal·lació interior no pot superar al 1,5%, per a la intensitat nominal.

Així doncs, en el tram de corrent continua els conductors es dimensionaran per una intensitat admissible de 1,25 vegades la intensitat de curtcircuit en condicions STC ( $I_{SC(STC)}$ ).

### **3.3.1. Elements del sistema de distribució**

En el sistema de distribució de la instal·lació s'hi distingeixen les següents parts:

#### **3.3.1.1. Conductors des de de les cadenes (Strings) fins a l'inversor**

Aquests conductors són de corrent continua, connecten tots els mòduls d'una cadena entre ells i fins a l'inversor. Els conductors estaran a la intempèrie, per tant, han de complir amb les característiques i especificacions exigides en la ITC-BT-30 per a locals mullats.

Seguint els criteris exigits, es decideix instal·lar un cable conductor del tipus RZ1-K, amb una tensió assignada de 0,6/1 kV, amb conductor de coure classe 5 (-K), amb recobriments de polietilè reticulat (XLPE) i coberta de compost termoplàstic a base de poliolefina (Z1). El cable està dissenyat d'acord amb la norma UNE 21123, garantint així una resistència a l'absorció d'aigua, al fred, als rajos ultra violeta i

la no propagació d'incendis. Estaran disposats de forma encastada, sent de tipus B1 segons la ITC-BT-19.

Per a evitar el deteriorament dels conductors, es seguirà la ITC-BT-21, ja que els conductors estaran en la superfície, es protegiran amb canals protectors.

L'inversor estarà instal·lat al costat de l'estructura on aniran ancorats els panells, perquè la distància que han de recórrer els 6 cables dels diferents strings no sigui tant gran. L'inversor pot estar a la intempèrie, ja que té un IP65, fet que permet que l'inversor aguantí les condicions meteorològiques de l'exterior, però per protegir-ho més, s'instal·larà l'inversor dins un caixetí.

Una vegada s'ha escollit el tipus de conductors que s'utilitzaran, es procedeix a calcular la secció d'aquests, es farà a partir del criteri de la màxima caiguda de tensió admissible:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_Z \cdot \rho}{\epsilon \cdot V} = \frac{2 \cdot 28 \cdot 12,1 \cdot 0,023}{0,015 \cdot 518} = 2,005 \text{ mm}^2 \quad (\text{Eq. 3.23})$$

On:

- L: Longitud màxima (més desfavorable) del tram seleccionat (m)
- $I_Z$ : Corrent dimensionat per al conductor (A)
- $\rho$ : Resistivitat del coure a 90 °C.  $\rho = 0,023 \text{ } (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$
- $\epsilon$ : Caiguda de tensió.  $\epsilon = 1,5\%$
- V: Tensió en el tram (V)

$$I_Z = 1,25 \cdot I_{SC(STC)} = 1,25 \cdot 9,68 = 12,1 \text{ A} \quad (\text{Eq. 3.24})$$

$$V = V_{MP} \cdot N_{P \text{ sèrie}} = 37 \cdot 14 = 518 \text{ V} \quad (\text{Eq. 3.25})$$

Donat aquest resultat d'una secció de 2,005 mm<sup>2</sup>, s'agafaria la secció normalitzada immediatament superior, que seria 2,5 mm<sup>2</sup>. Però s'utilitzarà una secció major, de 4 mm<sup>2</sup>, per si es donés el cas de que la instal·lació es volgués ampliar.

Un cop calculada la secció que han de tenir els conductors del tram, s'ha de comprovar que es compleix el criteri de intensitat màxima admissible. Criteri que implica que la corrent de dimensionat del cable (1.25 vegades el corrent de curtcircuit del generador) no pot superar la intensitat màxima admissible corregida del conductor seleccionat. Per determinar el valor de la intensitat màxima admissible corregida, s'extreuen de l'ITC-BT-19 i de la norma UNE 60364-5-52 els valors dels factors de correcció i s'utilitza la següent equació:

$$I_{MAX \text{ Corregida}} = f_T \cdot f_{exp} \cdot f_A \cdot I_{MAX} = 0,78 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 38 = 21,34 \text{ A} \quad (\text{Eq. 3.26})$$



On:

- $f_T$ : Factor de correcció per temperatura
- $f_{exp}$ : Factor de correcció per exposició solar
- $f_A$ : Factor per agrupació de conductors
- $I_{MAX}$ : Intensitat màxima admissible per a la secció del cable (A)

Complint-se així que  $I_{MAXcorregida} > I_Z$ , ja que  $21,34 > 12,1$ , per tant la secció del conductor de  $4 \text{ mm}^2$  és correcta.

### 3.3.1.2. Conductors des de de l'inversor fins a la instal·lació interior

Aquests conductors seran de corrent alterna, connecten la sortida de tensió alterna de l'inversor amb la instal·lació interior, amb el quadre general de comandament i protecció que està situat en l'interior de l'oficina. En aquest tram, la línia de conductors discorrerà enterrada i dins un tub, a 0,7 m de profunditat. El tub discorrerà fins a l'oficina, on allà els conductors aniran encastats a la paret, sent del tipus B2, amb canaletes protectores.

Els cables utilitzats per a aquest tram seran també del tipus RZ1-K, amb un rang de tensions de 0,6/1 kV i temperatura màxima de 90 °C.

Escollit el tipus de conductors que s'utilitzaran, es procedeix a calcular la secció d'aquests.

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_Z \cdot \rho}{\epsilon \cdot V} = \frac{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 52,25 \cdot 0,023}{0,015 \cdot 400} = 6,9383 \text{ mm}^2 \quad (\text{Eq. 3.27})$$

$$I_Z = 1,25 \cdot I_{INV} = 1,25 \cdot 41,8 = 52,25 \text{ A} \quad (\text{Eq. 3.28})$$

Donant un resultat de  $6,9383 \text{ mm}^2$ , de la mateixa manera que anteriorment, s'agafa la secció normalitzada immediatament superior. Per a aquest cas la secció serà de  $10 \text{ mm}^2$ , però tal i com s'ha fet en la part de DC, es sobredimensionarà la secció del cablejat, per si la instal·lació es volgués ampliar.. Per tant s'utilitzarà la següent secció normalitzada major, que es  $16 \text{ mm}^2$

Tal i com s'ha fet per a l'altre tram, també s'haurà de comprovar que es compleix el criteri de intensitat màxima admissible. Així doncs:

$$I_{MAXcorregida} = f_T \cdot f_{RT} \cdot I_{MAX} = 1 \cdot 1 \cdot 75 = 75 \text{ A} \quad (\text{Eq. 3.29})$$

On:

- $f_T$ : Factor de correcció per temperatura
- $f_{RT}$ : Factor de correcció per a resistivitat tèrmica
- $I_{MAX}$ : Intensitat màxima admissible per a la secció del cable (A)

Complint-se que  $I_{MAXcorrectada} > I_z$ , ja que  $75 > 52,25$ , per tant es pot afirmar que la secció del conductor de  $16 \text{ mm}^2$  és vàlida.

### 3.3.1.3. Càlcul de la caiguda de tensió resultant

Un cop es tenen els valors de les seccions per a cada tram de la instal·lació, es calcula la caiguda de tensió efectiva per a cada un d'ells. Amb l'objectiu de comprovar que no es superin els límits establerts per a cada tram. Per a calcular-ho es fa de la següent manera:

- Tram de corrent continua (des de les cadenes fins a l'inversor):

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot L \cdot I_{tram} \cdot \rho}{S_{norm} \cdot V} = \frac{2 \cdot 28 \cdot 8,92 \cdot 0,023}{4 \cdot 518} \cdot 100 = 0,55\% \quad (\text{Eq. 3.30})$$

On:

- $\varepsilon$ : Caiguda de tensió del tram considerat (%)
- L: Longitud màxima (més desfavorable) del tram seleccionat (m)
- $I_{tram}$ : Corrent que s'espera que circuli pel cablejat del tram (A)
- $\rho$ : Resistivitat del coure a 90 °C.  $\rho = 0,023 (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$
- $S_{norm}$ : Secció normalitzada escollida pel tram considerat ( $\text{mm}^2$ )
- V: Tensió en el tram (V)

Es compleix així que la caiguda de tensió pel costat de corrent continu es inferior al límit de 1.5%.

- Tram de corrent alterna (des de l'inversor fins a la instal·lació interior):

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{INV} \cdot \rho}{S_{norm} \cdot V} = \frac{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 41,8 \cdot 0,023}{16 \cdot 400} \cdot 100 = 0,52\% \quad (\text{Eq. 3.31})$$

On:

- $\varepsilon$ : Caiguda de tensió del tram considerat (%)
- L: Longitud màxima (més desfavorable) del tram seleccionat (m)
- $I_{INV}$ : Corrent que s'espera que circuli pel cablejat del tram (A)
- $\rho$ : Resistivitat del coure a 90 °C.  $\rho = 0,023 (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$

- $S_{norm}$ : Secció normalitzada escollida pel tram considerat ( $mm^2$ )
- V: Tensió en el tram (V)

També es compleix que la caiguda de tensió pel costat de corrent continu es inferior al límit de 1,5%.

#### **3.3.1.4. Característiques de les canalitzacions**

Un cop s'han verificat les condicions i s'ha definit la secció normalitzada del conductor, es pot definir el diàmetre exterior que haurà de tenir el tub que discorrerà pel tram enterrat d'AC. Seguint la ITC-BT-21, en concret la taula 9, per a conductors amb secció de  $16 mm^2$ , amb igual o menys de 6 conductors, el diàmetre exterior del tub ha de ser de  $63 mm^2$ .

Seguint la norma tècnica particular de línies subterrànies de baixa tensió (NTP-LSBT) de FECSA ENDESA, com s'ha comentat anteriorment, el tub discorrerà enterrat a 0,7 m de profunditat, sent el seu traçat lo més rectilini possible. El tub formigonat amb el cablejat es disposarà enterrat directament sota el terreny, el llit de la rasa serà llis i estarà exempt d'arestes vives, cantonades, pedres, restos d'enderroc, etc. En el llit de la rasa es disposarà una capa d'arena de riu rentada, neta, solta i exempta de substàncies orgàniques, argila o partícules terroses, que cobrirà l'amplada total de la rasa amb un espessor de 0,05 m. Sobre aquesta capa d'arena es disposarà el tub i es cobrirà amb una capa d'arena de 0,1 m d'espessor, l'arena arribarà fins a 0,2 m per sobre del llit de la rasa cobrint l'amplada total, el qual serà suficient per mantenir 0,05 m entre els cables i les parets laterals. Sobre aquesta capa es col·locaran plaques de polietilè (PE) com a protecció mecànica. I a continuació s'estendrà una altra capa de terra de 0,2 m d'espessor, aplanada per medis manuals. Seguidament s'aniran afegint capes de 0,15 m fins a omplir la rasa, també aplanades per medis manuals. I a 0,1 m del paviment es col·locarà una cinta de senyalització per advertir de l'existència de cables elèctrics.

En quant a creuaments amb altres conductors d'energia elèctrica, cables de comunicació i canalitzacions d'aigua o gas, no es produeixen, ja que totes aquestes instal·lacions estan a una distància major de la mínima necessària. El mateix passa amb els paral·lelismes amb altres instal·lacions. També es mantenen les distàncies necessàries de proximitat a conductors de clavegueram, dipòsits de carburants i escomeses.

A continuació es mostra la disposició que tindrà la rasa per on discorrerà enterrat el tub amb el cablejat.

(EN CALZADA TUBO HORMIGONADO)

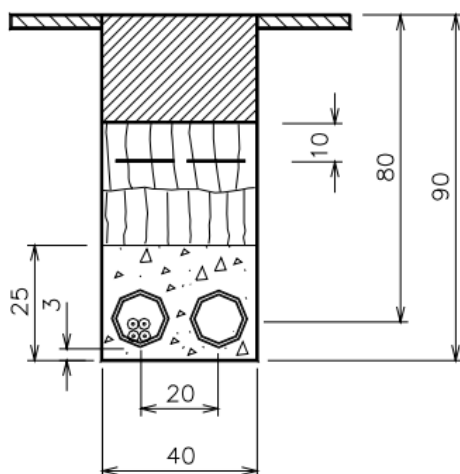


Figura 3.25. Disposició de la rasa del cablejat (Font: NTP-LSBT de FECSA ENDESA)

## 3.4. Sistema de proteccions elèctriques i mesura

### 3.4.1. Elements de protecció

Per a connectar la instal·lació fotovoltaica amb la xarxa de baixa tensió, s'ha de complir amb les exigències establertes en el REBT, i s'ha de tenir en compte les mesures de protecció de la salut i seguretat dels treballadors enfront el risc elèctric, segons l'establert en el RD 614/2001, de 8 de juny.

#### 3.4.1.1. Proteccions en la part de CC

Ja que el voltatge CC al que opera el generador fotovoltaic és major que 75 VCC, valor a partir del que es considera voltatge CC perillós, és necessari que els circuits estiguin protegits contra xocs elèctrics per contactes indirectes i directes.

- Proteccions de contactes indirectes:

L'inversor disposa d'un dispositiu que si es donés el cas d'algun defecte d'aïllament, avisaria d'aquest, tot i que no elimina el perill, només n'avisava. Per a que desaparegui, s'ha d'interrompre les sèries per a tenir una tensió segura, o reduir la tensió del generador a zero curtcircuitant els conductors.

- Protecció per a persones:

L'inversor porta integrat un interruptor en càrrega, que actua en la part de CC del circuit. Això permet operar de manera segura durant tasques manteniment dels equips, seguint l'exigut en el RD 614/2001. Per tant, no s'ha d'instal·lar cap interruptor de càrrega.

- Protecció contra sobrecàrregues:

Per a aquesta instal·lació no cal protegir els cables de connexió dels strings, ja que la capacitat de transport d'aquests és 1,25 vegades superior a la  $I_{SC}$  del camp fotovoltaic, tal i com s'exposa a continuació.

$$I_{MAX} > 1,25 \cdot I_{SC}$$

$$38 > 1,25 \cdot 9,68 = 12,1$$

- Protecció contra sobretensions:

S'ha d'instal·lar protectors contra sobretensions transitòries, principalment d'origen atmosfèric. Per a evitar que les tensions atmosfèriques afectin els equips electrònics de la instal·lació. S'ha d'instal·lar un protector contra sobretensions per a cada MPPT de l'inversor, per tant per aquesta instal·lació en seran 3. Serà un protector de tipus 2, i la seva tensió màxima de servei ( $U_C$ ) ha de ser 1,25 vegades superior a la tensió màxima de circuit obert del string ( $V_{OC\ string}$ ), per tant:

$$U_C > 1,25 \cdot V_{OC\ string}$$

$$U_C > 1,25 \cdot (44,2 \cdot 14) = 773,5\ V$$

Per tant, s'escollirà un protector contra sobretensions amb una  $U_C$  de 1000 V, una  $U_P$  de de 4 kV,  $I_{SCPV}$  de 200 A una  $I_{total}$  de 40 kA, especial per a sistemes fotovoltaics.

### 3.4.1.2. Proteccions en la part d'AC

A la sortida de l'inversor, en la part d'AC, i en el punt de connexió de la xarxa (quadre general de comandament i protecció), s'instal·la un interruptor automàtic de CA, permetent així el seccionament amb càrrega de l'inversor i protegint contra curtcircuits i sobrecàrregues. Per a conèixer la  $I_{nominal}$  del PIA que es seleccionarà s'han de complir dos condicions:

$$1) \quad I_{\text{MAX INV}} \leq I_{\text{nominal PIA}} \leq I_{\text{MAX Cable}}$$
$$41,8 \text{ A} \leq 50 \text{ A} \leq 75 \text{ A}$$

$$2) \quad 1,45 \cdot I_{\text{nominal PIA}} \leq I_{\text{MAX Cable}}$$
$$1,45 \cdot 50 = 72,5 \text{ A} \leq 75 \text{ A}$$

Així doncs, el PIA seleccionat de  $I_n = 50 \text{ A}$  compleix amb les dos condicions necessàries de protecció de sobrecàrregues del conductor. Haurà de tenir un poder de tall igual o superior a la intensitat màxima de curtcircuit en el punt de la instal·lació on està ubicat. Per a aquest cas serà de 10 kA. Per tant s'utilitzarà un PIA iC60H 50A 2P 10kA de Schneider Electric.

En quant a la protecció contra contactes directes i indirectes que poden provocar els defectes de la instal·lació CA, s'instal·la un interruptor diferencial a la sortida de l'inversor, amb una sensibilitat de  $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$  i una  $I_n = 40 \text{ A}$ .

### 3.4.2. Elements de mesura

#### 3.4.2.1. Equip de mesura de la instal·lació

Tal i com s'estipula en l'article 10 del Real Decret 244/2019, al estar la instal·lació acollida a una modalitat d'autoconsum, s'ha de disposar dels equips de mesura necessaris per a la facturació correcta dels preus, tarifes, càrrecs i altres costos i serveis del sistema que siguin aplicables a aquesta. Per tant, aquesta instal·lació ha de disposar d'un equip de mesura bidireccional en el punt de frontera.

Així doncs s'instal·larà un comptador bidireccional, que és el dispositiu que s'encarrega de comptabilitzar l'energia que flueix en ambdós sentits: tant de la xarxa elèctrica cap a l'usuari, com l'energia que l'usuari aboca a la xarxa.

Aquest comptador pot ser adquirit en propietat per l'usuari de la instal·lació o es pot alquilar a l'empresa distribuïdora, que en aquest cas, s'encarrega de la instal·lació, el manteniment i la substitució en cas que hi hagués averies.

### 3.5. Presa de terra de la instal·lació fotovoltaica

La presa de terra d'una instal·lació té com a objectiu protegir a l'usuari dels elements de la instal·lació connectats a la xarxa elèctrica. En aquest cas la presa a terra s'instal·la per a evitar la generació de tensions perilloses en parts de la instal·lació que puguin entrar en tensió, ja sigui accidentalment, per algun defecte elèctric o d'origen atmosfèric.

El càlcul de la presa a terra de la instal·lació es dissenya complint les especificacions establertes en el REBT, en la ITC-BT-18.

Per a poder calcular la presa de terra es necessita conèixer la resistivitat del terreny sobre el que es col·locarà aquesta. Fent ús de la taula 3 de la ITC-BT-18, sabent que la instal·lació està en una zona de terres calcàries i arenes argiloses, la resistivitat de terra calcària tova està entre 100 i 300  $\Omega\text{m}$  i la d'arenes argiloses està entre 50 i 500  $\Omega\text{m}$ , ja que el terreny no es ni terra calcària ni argilosa exclusivament, s'agafarà un valor mig de 300  $\Omega\text{m}$ .

La presa de terra estarà formada per un elèctrode compost per 5 piques de 2 m, separades 8 m entre si i conductor de coure enterrat. Aquest conjunt ha d'estar enterrat a una profunditat de 0,8m.

De cada sèrie de panells fotovoltaics en sortirà una presa de terra, per al que s'utilitzarà cable de coure de 35 mm<sup>2</sup> de secció nominal. Des de cadascuna de les diferents preses de terra s'alimentaran les parts metàl·liques dels panells i l'estructura de suport, amb ponts de cable unipolar de 4 mm<sup>2</sup> de secció entre mòdul i mòdul.

De l'inversor també en sortirà una presa de terra, posant així a terra totes les seves masses metàl·liques, com el xassís de l'inversor.

Un cop es coneix com estarà distribuïda la presa de terra, es procedeix a realitzar els càlculs.

$$R_{piques} = \frac{\rho}{L} = \frac{300}{5 \cdot 2} = 30 \Omega \quad (\text{Eq. 3.32})$$

$$R_{anell} = \frac{2 \cdot \rho}{L} = \frac{2 \cdot 300}{5 \cdot 8} = 15 \Omega \quad (\text{Eq. 3.33})$$

$$R_{PAT} = \frac{R_{anell} \cdot R_{piques}}{R_{anell} + R_{piques}} = \frac{30 \cdot 15}{30 + 15} = 10 \Omega \quad (\text{Eq. 3.34})$$

On:

- $\rho$ : Resistivitat del terreny
- L: Longitud de les piques o del cable enterrat

Per tant, la resistència final de la presa de terra és de 10  $\Omega$ .

Aquesta resistència s'ha dissenyat per protegir contra contactes indirectes fins a una tensió de defecte de 24 V. L'aplicació del sistema basat en l'interruptor diferencial i la presa de terra de les masses, permet mantenir la tensió de contacte per sota d'aquesta tensió de defecte, mitjançant la limitació dels valors màxims de la intensitat de defecte, que és la sensibilitat de l'interruptor diferencial, i la resistència de terra. Així doncs la condició de seguretat és:

$$I_d * R_{PAT} \leq 24 \quad (\text{Eq. 3.35})$$

$$0,03 * 10 = 0,3 \leq 24 \quad (\text{Eq. 3.36})$$

Es compleix la condició sobradament, per tant la presa de terra s'ha dissenyat correctament.



## 4. Pressupost

Element	Nº unitats	Preu unitat (€)	Preu total (€)
<b>1. Panells solars</b>			
CanadianSolar HiDM CS1H-330	84	112,20	9.424,80
<b>2. Inversor solar</b>			
CanadianSolar CSI-25K-T400	1	2.900,00	2.900,00
<b>3. Estructura</b>			
Estructura coplanar coberta metàl·lica KH915	84	34,32	2.882,88
<b>4. Material instal·lació elèctrica</b>			
Cable 1x4 RZ1-K 0,6/1 kV en metres	180	0,65	117,00
Cable 3x16 RZ1-K 0,6/1 kV en metres	20	7,80	156,00
Rotlle 50 m tub canalització elèctrica 63mm	1	46,60	46,60
Protector sobretensions transitòries DEHN tipus 2 1000V	3	212,50	637,50
PIA 2P iC60H 10kA 50A de Schneider Electric	1	65,20	65,20
Interruptor Diferencial 2P 30mA 40A de Schneider Electric	1	31,60	31,60
<b>5. Mà d'obra</b>	<b>Hores</b>	<b>€/h</b>	
A. Enginyer			
A1. Visites instal·lacions	6	35	210,00
A2. Anàlisis i càlculs tècnics	15	35	525,00
A3. Redacció de la memòria	10	35	350,00
A4. Pressupost	5	35	175,00
A5. Presentació al client i aprovació projecte	3	35	105,00
A6. Direcció d'obra	10	35	350,00
B. Delineant	8	20	160,00
C. Operaris muntatge	112	15	1.680,00
<b>Subtotal</b>			<b>19.816,58</b>
<b>Benefici industrial i despeses generals</b>	<b>12%</b>		<b>2.377,99</b>
<b>Preu base</b>			<b>22.194,57</b>
<b>IVA</b>	<b>21%</b>		<b>4.660,86</b>
<b>Preu total (IVA inclòs)</b>			<b>26.855,43</b>

Taula 3.3. Pressupost de la instal·lació fotovoltaica

Per a fer el pressupost, en l'estimació de les hores de la mà d'obra, s'ha considerat com si fos un projecte realitzat per un enginyer amb experiència. (No correspon a les hores dedicades al TFG per l'alumne). No s'ha tingut en compte el preu de la marquesina del pàrquing, ja que només s'ha fet el pressupost de la part fotovoltaica.

## 5. Estudi mediambiental

La implantació d'instal·lacions com la presentada en aquest projecte, són necessàries per a poder complir i arribar als objectius imposats per les Nacions Unides. Amb els que es fa una crida universal a l'acció per a posar fi a la pobresa, protegir el planeta i millorar la vida de les persones arreu del món. Tots els estats membres de les Nacions Unides van aprovar 17 objectius com a part de l'Agenda 2030, per al desenvolupament sostenible, amb un pla per a assolir-los abans d'arribar a l'any 2030. Així doncs, la implantació d'aquest projecte s'estaria complint un d'aquests objectius, en concret el numero 9, que es basa en la construcció d'infraestructures resilients, i promoure la industrialització sostenible i la innovació.

Amb la implantació d'una instal·lació fotovoltaica per a generar energia per a utilitzar en la indústria, s'aconseguiria fer un petit pas cap a la industrialització sostenible. Aconseguint reduir emissions contaminants i de CO<sub>2</sub>, ja que l'energia utilitzada en les oficines seria lliure d'emissions de CO<sub>2</sub>.

De la mateixa manera, s'estaria complint amb el pla d'acció de la Unió Europea, el Pacte Verd Europeu, que té l'objectiu de deixar de produir emissions netes de gasos d'efecte hivernacle al 2050 i restaurar la biodiversitat. Aconseguint així que la energia, el transport i els edificis siguin més ecològics, millorant la qualitat de l'aire, de l'aigua i del sòl.

En línia amb els objectius de la Unió Europea i de les Nacions Unides, també es compleix amb el Pla Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya. Que té objectius semblants per a arribar finalment a un nou model energètic català renovable.

La instal·lació fotovoltaica implantada en el present projecte, té un impacte mediambiental pràcticament nul. Ja que aquesta no emet gasos, no genera cap mena de sorolls i al estar instal·lada dins del recinte industrial, no es modificarà ni destruirà la flora i la fauna de la zona.

L'impacte mediambiental que la instal·lació fotovoltaica pot tenir, està en els gasos i residus que es generen en la fabricació dels elements necessaris, com les plaques fotovoltaïques, i la capacitat de reciclatge que tenen aquests elements un cop s'acaba la seva vida útil.

Segons el Real Decret 110/2015, de 20 de febrer, sobre residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE), les administracions públiques competents han de prendre les mesures adequades per a la recollida dels RAEE generats i dels panells fotovoltaïcs una vegada finalitzada la seva vida útil.

## **5.1. Reducció d'emissions de CO<sub>2</sub>**

Tal i com s'ha comentat anteriorment, la implantació de la instal·lació fotovoltaica aconseguiria reduir les emissions de CO<sub>2</sub>. En aquest apartat es farà l'estudi de la reducció d'emissions de CO<sub>2</sub> generant electricitat amb els panells fotovoltaics.

La instal·lació genera una mitja de 4.56 kWh/kWp/dia, tenint 27,72 kWp instal·lats, es generarà una mitjana de 126,4 kWh/dia. Utilitzant una calculadora online d'emissions de CO<sub>2</sub>, del departament de medi ambient del govern d'Aragó, es coneix que si es generessin aquests 126,4 kWh amb electricitat provinent d'una font d'energia no renovable, s'estarien emetent 44,2 kg de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera cada dia, o el que és el mateix, 16133 kg de CO<sub>2</sub> a l'any. Ja que la instal·lació genera l'electricitat amb els panells fotovoltaics, la generació d'aquests 126,4 kWh no produiria cap emissió de CO<sub>2</sub>.

Així doncs, la implantació de la instal·lació fotovoltaica estudiada en aquest projecte suposaria un estalvi de 16133 kg de CO<sub>2</sub> cada any.

## 6. Conclusions

L'objectiu del projecte era dissenyar i estudiar la viabilitat d'una instal·lació fotovoltaica, posant en pràctica els coneixements adquirits durant els estudis universitaris.

Amb la implantació de la instal·lació fotovoltaica en l'empresa estudiada, tot i la inversió inicial que s'hauria de fer, al llarg del temps els suposaria un estalvi econòmic, ja que l'energia utilitzada per a les oficines seria auto generada, sense haver de pagar per utilitzar-la, a més de tenir una compensació per l'energia abocada a la xarxa elèctrica. Però sobretot i el més important, i el que totes les empreses haurien d'implantar, és l'ús d'energia renovable, ajudant així al canvi cap a la industrialització sostenible i reduint les emissions de gasos contaminants.

Tal i com s'ha vist, la realització del projecte ajudaria a contribuir als ODS de l'Agenda 2030 de les NU, als objectius 9 i 13, als objectius del pacte verd (Green Deal) de la Unió Europea, i a l'eix 2 i el 4 del Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya. En conclusió, s'ha de fomentar l'ús d'energies renovables i la realització de projectes com l'estudiat en aquest treball per tal d'aconseguir els objectius marcats per les organitzacions mundials, ja que no només suposa un estalvi econòmic, sinó que ajuda a reduir els efectes el canvi climàtic.

Es compleix l'objectiu proposat en l'inici del projecte, de dissenyar i estudiar la viabilitat de la instal·lació fotovoltaica. Demostrant que seria viable tant des del punt de vista econòmic, mediambiental i tècnic. Utilitzant i aprenent el funcionament d'eines professionals per a aconseguir-ho.

## 7. Bibliografia

- PVGIS

[1] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP)

- Guia Profesional de Tramitación del Autoconsumo IDAE

[2] <https://www.idae.es/publicaciones/guia-profesional-de-tramitacion-del-autoconsumo>

- Guia energia solar fotovoltaica ICAEN

[3]

[http://icaen.gencat.cat/web/.content/10\\_ICAEN/17\\_publicacions\\_informes/04\\_coleccio\\_QuadernPractic/quadern\\_practic/arxius/20201201\\_QP4\\_web.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/20201201_QP4_web.pdf)

- Guia REBT

[4]

[https://www.boe.es/legislacion/codigos/abrir\\_pdf.php?fich=326\\_Reglamento\\_electrotecnico\\_para\\_baja\\_tension\\_e\\_ITC.pdf](https://www.boe.es/legislacion/codigos/abrir_pdf.php?fich=326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC.pdf)

- Real Decret-Llei 15/2018, de 5 d'octubre

[5] <https://www.boe.es/boe/dias/2018/10/06/pdfs/BOE-A-2018-13593.pdf>

- Real Decret 244/2019, de 5 d'abril

[6] <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>

- De la Hoz Casas, Jordi. Guia de disseny de centrals elèctriques. Aplicació a les instal·lacions fotovoltaïques.

- Agenda 2030 UN

[7] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

- Green Deal Unió Europea

[8] [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)

- Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya

[9] [http://icaen.gencat.cat/ca/plans\\_programes/transicio\\_energetica/](http://icaen.gencat.cat/ca/plans_programes/transicio_energetica/)

- Plaques Solars Canadian Solar CS1H-330

[10] [https://static.csisolar.com/wp-content/uploads/2019/12/Canadian\\_Solar-Datasheet-HiDM\\_CS1H-MS\\_EN.pdf](https://static.csisolar.com/wp-content/uploads/2019/12/Canadian_Solar-Datasheet-HiDM_CS1H-MS_EN.pdf)

- Inversor solar Canadian Solar CSI-25K-T400

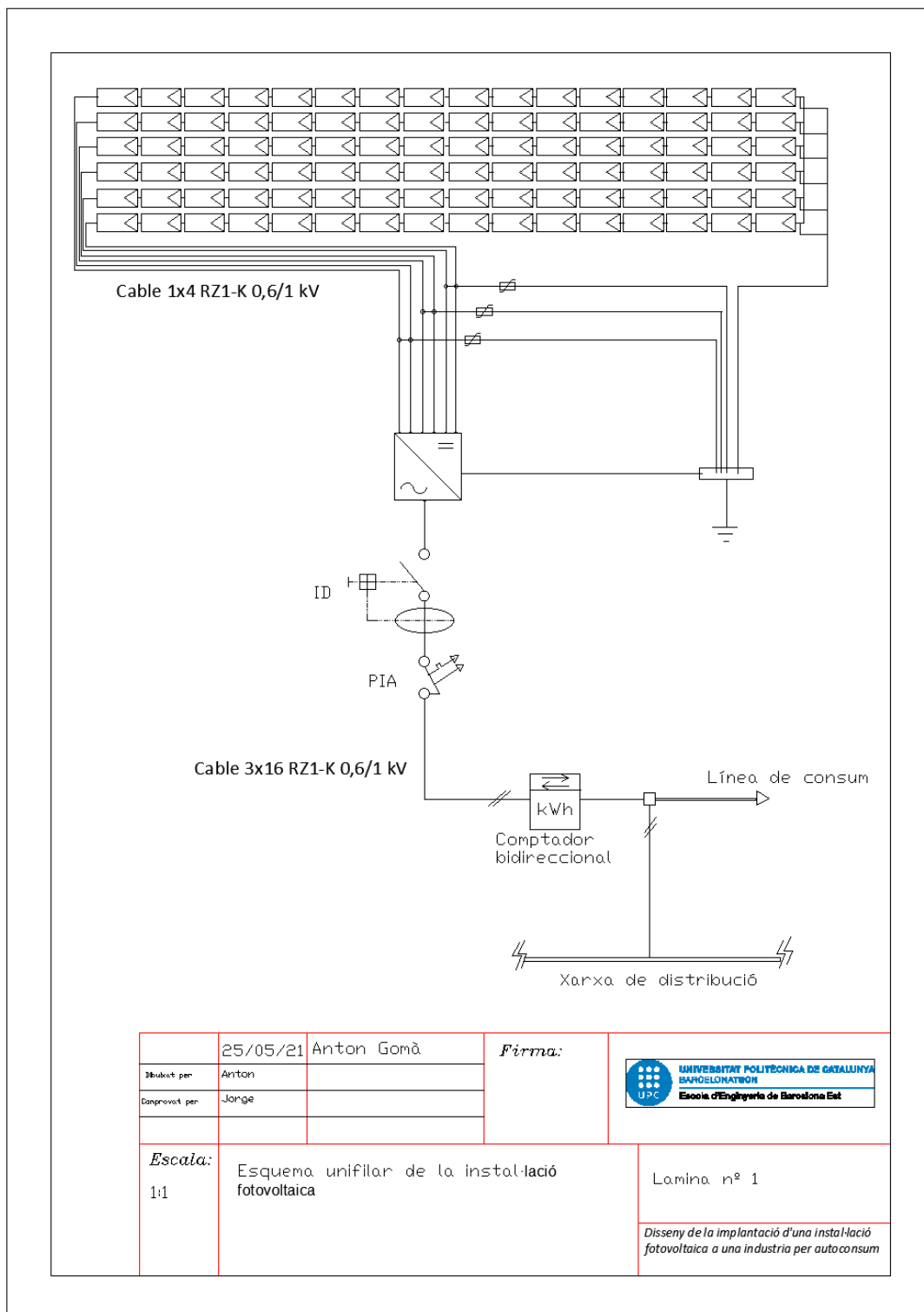
[11] [https://static.csisolar.com/wp-content/uploads/2019/12/15144209/Canadian-Solar\\_Datasheet\\_Inverter\\_25-40K-400VAC-NEW\\_ROW\\_EN.pdf](https://static.csisolar.com/wp-content/uploads/2019/12/15144209/Canadian-Solar_Datasheet_Inverter_25-40K-400VAC-NEW_ROW_EN.pdf)

- Calculadora d'emissions de CO<sub>2</sub>

[12] <http://calcarbono.servicios4.aragon.es/index.html>

## 8. Annexes

### 8.1. Esquema unifilar de la instal·lació



## 8.2. Plànols



	25/05/21	Anton Gomà	<i>Firma:</i>	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est
Dibuixat per:	Anton			
Comprovat per:	Jorge			
<i>Escala:</i>	Plànol de la ubicació			Lamina nº 2
1:1	Llegendari: - Vermell: panells solars - Blau: inversor solar - Verd: canalitzacions d'AC - Taronja: CGMP			
				<i>Disseny de la implantació d'una instal·lació fotovoltaica a una indústria per autoconsum</i>



Llegenda de colors del plànol de la ubicació, lamina 2.

- En vermell: Ubicació dels panells solars, sota dels panells s'instal·laran les canalitzacions del cablejat de DC
- En blau: Punt d'instal·lació de l'inversor
- En verd: Canalitzacions del cablejat d'AC
- En taronja: Ubicació del quadre general de comandament de les oficines

### 8.3. Datasheet panells



## HiDM

**HIGH DENSITY MONO PERC MODULE**  
**320 W ~ 345 W**  
**CS1H-320 | 325 | 330 | 335 | 340 | 345MS**

#### MORE POWER

- Maximize the light absorption area, module efficiency up to 20.5 %
- Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C
- Better shading tolerance

#### MORE RELIABLE

- Lower internal current, lower hot spot temperature
- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa\*

- 15 years enhanced product warranty on materials and workmanship\***
- 25 years linear power output warranty\***

\*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

#### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2015 / Quality management system  
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

#### PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / JET / INMETRO  
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)  
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE  
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

\* For detail information, please refer to Installation Manual.

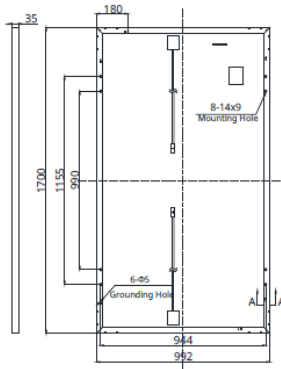
#### CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com), [support@canadiansolar.com](mailto:support@canadiansolar.com)

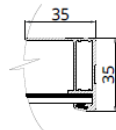


**ENGINEERING DRAWING (mm)**

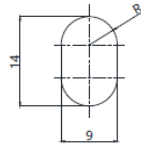
Rear View



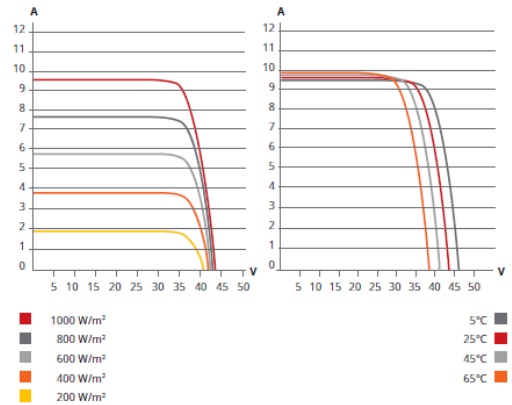
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



**CS1H-330MS / I-V CURVES**



**ELECTRICAL DATA | STC\***

CS1H	320MS	325MS	330MS	335MS	340MS	345MS
Nominal Max. Power (Pmax)	320 W	325 W	330 W	335 W	340 W	345 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.2 V	36.6 V	37.0 V	37.4 V	37.8 V	38.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.85 A	8.88 A	8.92 A	8.96 A	9.00 A	9.04 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.0 V	44.1 V	44.2 V	44.3 V	44.5 V	44.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.60 A	9.64 A	9.68 A	9.72 A	9.76 A	9.80 A
Module Efficiency	19.0%	19.3%	19.6%	19.9%	20.2%	20.5%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	16 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

**MECHANICAL DATA**

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Dimensions	1700 × 992 × 35 mm (66.9 × 39.1 × 1.38 in)
Weight	19.2 kg (42.3 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length	1350 mm (53.1 in) (Including Connector)
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	780 pieces

**ELECTRICAL DATA | NMOT\***

CS1H	320MS	325MS	330MS	335MS	340MS	345MS
Nominal Max. Power (Pmax)	237 W	241 W	244 W	248 W	252 W	255 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.5 V	33.9 V	34.2 V	34.6 V	35.0 V	35.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.07 A	7.11 A	7.14 A	7.17 A	7.20 A	7.23 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.1 V	41.2 V	41.3 V	41.4 V	41.6 V	41.7 V
Short Circuit Current (Isc)	7.75 A	7.78 A	7.81 A	7.85 A	7.88 A	7.91 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

**TEMPERATURE CHARACTERISTICS**

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	43±3 °C

**PARTNER SECTION**



The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

**CANADIAN SOLAR INC.**

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com), [support@canadiansolar.com](mailto:support@canadiansolar.com)

May 2020. All rights reserved. PV Module Product Datasheet V5.591\_EN

## 8.4. Datasheet inverter



### THREE PHASE STRING INVERTER 25-40 KW

CSI-25K-T400 | CSI-30K-T400  
CSI-33K-T400 | CSI-36K-T400 | CSI-40K-T400

Canadian Solar's grid-tied, transformer-less string inverters help to accelerate the use of three-phase string architecture for commercial rooftop and small ground-mount applications. An NRTL approved, cost-effective alternative to MLPE, these inverters are modular design building blocks that provide high yield and enable significant BoS cost savings. They provide up to 98.8% conversion efficiency, a wide operating range of 180-1000 V<sub>DC</sub> and four MPPTs for maximum energy harvest.



Standard warranty, extension up to 20 years

#### KEY FEATURES

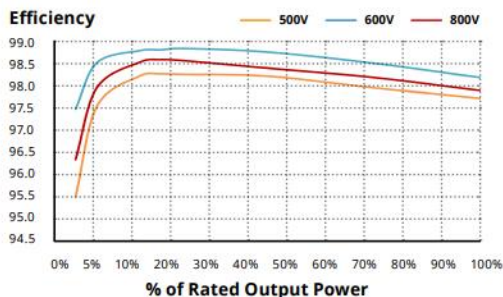
- Maximum efficiency of 98.8%, Maximum EU efficiency of 98.3%
- Four MPPTs to achieve higher system efficiency
- Strings intelligent monitoring, Smart I-V Curve Diagnosis supported
- Up to 30% DC input oversize, 13A input for each PV sting

#### HIGH RELIABILITY

- Advanced thermal design and convection cooling
- Built in over-voltage and over-current protection
- DC reverse polarity and AC short circuit protection
- Fuse free design

#### EFFICIENCY CURVE

CSI-40K-T400GL02-E



\*For detailed information, please refer to the Installation Manual.

#### BROAD ADAPTABILITY

- IP65 rated for outdoor application
- Utility interactive controls: Active power derating, reactive power control and over frequency derating
- Integrated DC load rated disconnects
- Wide MPPT range for flexible string sizing
- High switching frequency and ultra fast MPPT for maximum efficiency over a wide load range

**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

#### CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com)



SYSTEM/TECHNICAL DATA					
MODEL NAME	CSI-25K-T400GL02-E	CSI-30K-T400GL02-E	CSI-33K-T400GL02-E	CSI-36K-T400GL02-E	CSI-40K-T400GL02-E
<b>DC INPUT</b>					
Max. PV Power	33kW	39kW	43kW	47kW	52 kW
Max. DC Input Voltage			1100 V <sub>DC</sub>		
Start-up DC Input Voltage/Power			180 V <sub>DC</sub>		
Number of MPP Trackers	3				4
MPPT Voltage Range			200 - 1000 V <sub>DC</sub>		
Max. Input Current (Imp)	78A (26A per MPPT)				104A (26A per MPPT)
Max. Short Circuit Current (Isc)	120A (40A per MPPT)				160A (40A per MPPT)
Number of DC Inputs	6 (2 per MPPT)				8 (2 per MPPT)
DC Disconnection Type			Load rated DC switch		
<b>AC OUTPUT</b>					
Rated AC Output Power	25 kW	30 kW	33 kW	36 kW	40 kW
Max. AC Output Power	27.5 kW	33 kW	36.3 kW	39.6 kW	44 kW
Rated Output Voltage			400 V <sub>AC</sub>		
Grid Connection Type			3 W / N / PE		
Rated Grid Output Current	36 A	43.3 A	47.6 A	51.9 A	57.7 A
Max Output Current	41.8 A	50.2 A	55.1 A	60.2 A	66.9 A
Rated Output Frequency			50 / 60 Hz		
Output Frequency Range*			47 - 52 / 57 - 62 Hz		
Power Factor			>0.99 (0.8 leading ... 0.8 lagging)		
Current THD			< 3%		
DC Injection Current			< 0.5 % of Rated Grid Output Current		
<b>SYSTEM</b>					
Max. Efficiency			98.8 %		
EU Efficiency			98.3 %		
Night Consumption			< 1 W		
Anti-PID Module			Optional		
<b>ENVIRONMENT</b>					
Protection Degree			IP65		
Cooling			Natural Convection Cooling		
Operating Temperature Range			-25 ° C to +60 ° C		
Storage Temperature Range			-40 ° C to +70 ° C		
Operating Humidity			0 - 100 % Condensing		
Operating Altitude			4000 m		
Audible Noise			<30 dBA @ 1 m		
<b>DISPLAY AND COMMUNICATION</b>					
Display			LCD, 2x20 Z		
Communication			WIFI/RS485 Optional		
<b>MECHANICAL DATA</b>					
Dimensions (W / H / D)			647 x 629 x 252 mm		
Weight			45 kg		
Installation Angle			0-15 Degrees from Vertical		
DC Inputs			MC4		
<b>SAFETY</b>					
Safety and EMC Standard			IEC62109-1/2, IEC61000-6-1/2/3/4		
Grid Standard			IEC62116, IEC61727		

\*The "Output Voltage Range" and "Output Frequency Range" may differ according to specific grid standard.

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV equipment requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the product.

**CANADIAN SOLAR INC.**

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com)

April 2020, All rights reserved. PV Inverter Product Datasheet V1.1\_EN



## 8.5. Datasheet estructura coplanar KH915

**Soporte coplanar continuo fijación a correas para cubierta metálica**

Se recomienda usar un tornillo autotaladrante punta broca máx. M8 y arandela de sellado

# 03V-03H

**Válido para:**

- Todo tipo de cubiertas metálicas.
- Anclaje a correas.
- En disposición horizontal válido para módulos de ancho especial.

Disponibilidad de tuercas antirrobo.  
Material 100% reciclable.  
Cómida instalación.

**El kit incluye:**

- Fijaciones S03
- Perfiles G1
- Uniones UG1
- Presores laterales
- Presores centrales

Número de paneles

Vertical: de 1 a 6 módulos  
Horizontal: de 1 a 3 módulos

Para módulos de 60 y 72 células (1650/2000x1000) de 33 a 50 mm de espesor.

**Viento** 150 km/h

**MATERIALES** Periferia de aluminio EN AW 6005A T6

**TORNILLERÍA** Tornillería acero inoxidable A2-70

- Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
- Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada

Para más información consultar

**Perfil compatible:** EPDM

1650/2000x1000

**Info:**

- Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
- Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.
- Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.
- Los presores no se deben apretar con máquinas de impacto.

03V  
Disposición de los módulos en vertical

03H  
Disposición de los módulos en horizontal

**Herramientas necesarias:**

**Seguridad:**

**Par de apriete:**

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Reservado el derecho a efectuar modificaciones · Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original

## **8.6. Plec de condicions tècniques**

- Manual d'instal·lació i manteniment dels panells solars CS1H-330:

[https://www.canadiansolar.com/wp-content/uploads/2020/08/Installation\\_Manual\\_of\\_Standard\\_Solar\\_Modules\\_en.pdf](https://www.canadiansolar.com/wp-content/uploads/2020/08/Installation_Manual_of_Standard_Solar_Modules_en.pdf)

- Manual d'instal·lació i manteniment de l'inversor CSI- 25K-T400:

<https://www.manualslib.com/manual/2035141/Canadiansolar-Csi-25k-T400-Series.html>