



**Proposta Projecte Generació Solar
Fotovoltaica 1,1MW al Municipi d'Avià sota
un model de participació ciutadana**

Dr. Enginyer Pep Salas Prat
psalas@smartgrid.cat

c/ Lepant 43, 08223 Terrassa

I. MEMÒRIA TÈCNICA

1.	ANTECEDENTS I ESTUDIS PRECEDENTS	1
1.1.	Precedents	1
2.	EXPOSICIÓ DE MOTIUS.....	2
2.1.	L'estratègia de transició energètica pels municipis catalans a l'horitzó 2030 ...	2
2.2.	La importància de la generació local renovable.....	2
2.3.	Participació ciutadana al projecte fotovoltaic.....	4
3.	COMPLIMENT DE LA NORMATIVA VIGENT	5
4.	TECNOLOGIA I APLICACIONS DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	7
5.	DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADAPTADA.....	10
5.1.	Emplaçament	10
5.2.	Situació climàtica.....	11
6.	ESTUDI I SELECCIÓ DELS COMPONENTS DE LA INSTAL·LACIÓ.....	12
6.1.	Programa PVsyst	12
6.2.	Inversors DC/AC	15
6.3.	Mòduls fotovoltaics.....	16
6.4.	Estructura de fixació dels panells fotovoltaics	19
7.	DIMENSIONAT DE LA INSTAL·LACIÓ I D'ESTRUCTURES MECÀNIQUES.....	20
7.1.	Configuració del camp fotovoltaic	20
7.1.1.	Estructures de suport per panells	20
7.1.2.	Fonaments per estructura.....	22
7.2.	Disposició de la caseta amb inverter i transformador	22
7.3.	Disseny de posició de les estructures.....	23
7.4.	Pèrdues per ombres	23
8.	DIMENSIONAT D'INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA.....	24
8.1.	Tensió i corrent de treball en DC.....	24
8.2.	Tensió i corrent de treball en AC.....	24
8.3.	Cablejat d'instal·lació	25
8.3.1.	Cablejat d'interconnexió de panells en sèrie	25
8.3.2.	Cablejat d'interconnexió de strings en caixa d'interconnexió	25
8.3.3.	Cablejat entre caixes d'interconnexió i inverter	26
8.3.4.	Cablejat de connexió la xarxa.....	26
8.3.5.	Cablejat de protecció	26
8.4.	Protecció en camp fotovoltaic	27
8.4.1.	Proteccions contra sobrecarregues i curtcircuits	27
8.4.2.	Protecció contra sobretensions	28
8.4.3.	Interruptor	28
8.4.4.	Caixa d'interconnexió.....	29
8.5.	Descripció del sistema ABB PVS800	29
8.5.1.	Inverter ABB.....	29
8.5.2.	Transformador elevador del sistema ABB PVS800.....	30
8.5.3.	Proteccions d'entrada	30
8.5.4.	Protecció del transformador per costat de baixa.....	30
8.5.5.	Protecció al costat de mitja tensió	31
8.5.5.1.	Equip de mesura.....	31
8.6.	Sistema de protecció contra llamps	31
8.6.1.	Protecció per el poste elèctric.....	32

8.6.2.	Protecció per caseta ABB PVS800	32
8.7.	Postes a terra	32
8.7.1.	Posta a terra de costat DC.....	32
8.7.2.	Posta a terra de costat AC.....	32
9.	MANTENIMENT	33
9.1.	Tipus de manteniment	33
9.1.1.	Manteniment correctiu	33
9.1.2.	Manteniment predictiu	34
9.1.3.	Manteniment preventiu	34
9.2.	Pla de manteniment preventiu	35
9.2.1.	Mòduls solars fotovoltaics	35
9.2.2.	Estructures de suport dels panels	36
9.2.3.	Caixes d'interconnexió	37
9.2.4.	ABB PVS800.....	37
9.2.5.	Cablejat elèctric.....	38
9.2.6.	Posta a terra.....	38
10.	ESTUDI ENERGÈTIC.....	39
10.1.	Irradiació solar	39
10.2.	Producció anual estimada i pèrdues	40
10.3.	Correcció de producció per envelliment.....	42
11.	ESTUDI MEDIAMBIENTAL.....	43
11.1.	Impacte al paisatge	43
11.2.	Impacte a flora i fauna	43
11.3.	Impacte sobre aigües superficials u subterrànies	43
11.4.	Residus	43
11.5.	Emissió de sorolls	43
11.6.	Emissions.....	43
11.7.	Emissions de gasos evitades	43

1. ANTECEDENTS I ESTUDIS PRECEDENTS

1.1. Precedents

El poble d'Avià es va formar al voltant de la parròquia de Sant Martí. Aquesta església, que inicialment estava a l'actual carrer Portal, va ser edificada per ordre del Comte Guifré el Pilós a finals del segle IX, i consagrada pel bisbe Nantigis l'any 907. Durant la primera Guerra carlina, abans de la presa de Berga, a la rectoria d'Avià s'hi va instal·lar el quarter general carlí, i també el comte d'Espanya, que va ser destituït el 26 d'octubre de 1839 i fet presoner a la mateixa rectoria abans de ser assassinat a Pont d'Espia el 2 de novembre d'aquell mateix any.

L'acta de consagració de l'església de Sant Martí (907) ja menciona el nucli: "villam nominatam Avizano" (BARAUT,1978), on el comte Guifré feu construir l'església. Es va formar una sagrera al seu voltant i a prop del castell situat a la plaça Abat Oliba (CAMPRUBÍ,1998); aquest castell devia ser una torre castellera de vigilància dels camins d'accés. La primera sagrera ocupava la zona al voltant de la plaça Abat Oliba, de cal Gasolà a la plaça; a la part més elevada hi havia l'església romànica, la rectoria i el cementiri, els quals van ser traslladats fora del nucli al segle XVIII, degut a l'augment de població. Una part de la sagrera devia estar emmurallada, mentre que les parets de les cases i el tossal li donaven protecció per la part est. Dues portes hi donaven accés: la del carrer Portal, de la que se'n conserva l'arc entre dues cases, que comunicava amb el camí ral de Cardona, i una altra que conduïa a Santa Maria i als camps i vinyes del padró i que es devia trobar a cal Gasolà (APM).

Aproximadament al segle XIV hi havia unes 12 cases al nucli (CORTÉS, 1998), que va engrandir-se per la part sud cap a la plaça del Padró durant els segles XVI i XVII, i fins a l'església nova durant els segles XVIII i XIX. Al cadastre de 1767 hi havia 56 cases repartides entre els carrers de Baix (Abat), de Dalt (Portal) i sota el carrer de Baix (Catalunya). A l'Amillament de 1862 hi constaven 72 cases repartides entre els carrers Abat, Portal, Padró i de Baix. El nucli antic s'ha mantingut com a lloc de residència al llarg dels segles tal i com ho demostren els fogatges (1497, 1553), capbreus (1701), cadastres (1767) i amillaments (1862, 1886); així com documents particulars (cal Mas, Vilamarí, Santamaria); fet que es pot constatar en l'evolució d'algunes cases.

Avià	
Població 2017	2.249
Habitatges familiars 2011	1.176
Superfície 2017	27,2 km ²
Altitud	677 m
Comarca	Berguedà

2. EXPOSICIÓ DE MOTIUS

2.1. L'estratègia de transició energètica pels municipis catalans a l'horitzó 2030

Els acords de Paris al 2015 i les directrius europees del darrer paquet de l'energia i clima "Clean Energy for all Europeans" són prova irrefutable de la necessitat de dur a terme una transició energètica en l'horitzó 2030. No només això sinó que també en fixen les principals directrius on la generació renovable i les mesures d'estalvi energètic seran la clau per aconseguir les reduccions d'emissions necessàries per limitar els efectes més perniciosos associats al canvi climàtic. En totes aquestes accions s'han de construir al voltant del consumidor que ha d'adoptar un nou rol en l'àmbit energètic participant directament i de forma activa.

En aquest context és imprescindible que tot els agents si vegin involucrats, des dels Estats i les regions fins als municipis de totes les dimensions i la pròpia ciutadania. En aquest sentit, aquest document proposa la definició d'una estratègia per tal que els municipis catalans participin de la transició energètica. L'Estratègia s'estructura en diferents fases en les que poden anar avançant els municipis segons la seva ambició i la seva capacitat per contribuir en la lluita contra el canvi climàtic i prendre part en el procés de transició cap a un sistema energètic descentralitzat, de reduïdes emissions i on el consumidor estigui al centre.

2.2. La importància de la generació local renovable

Actualment el model renovable gira entorn dos extrems. Plantes de gran capacitat que responen al model de promoció estatal basat en subhastes o al model de demanda empresarial del gran consumidor o dels comercialitzadors. En aquests casos el que es busca és aconseguir el mínim preu possible per MW instal·lat. Això ens porta a un model en que la generació renovable (i en aquest cas concret la solar) s'ubicarà en aquelles localitzacions que disposin d'unes millors condicions. A més, la dimensió de les plantes haurà de ser molt gran (de 50MW a 200MW) per aprofitar les economies d'escala tan en la inversió (mínim preu de compra dels panells) com en la operació, i els projectes seran executats per grans empreses que puguin treure profit de sinèrgies. Aquest model presenta diferents problemes i seria contrari a la idea d'energia distribuïda i democratització del servei energètic que es desprèn del model de futur que es planteja en diferents escenaris de transició energètica. El primer problema és la distribució territorial de la potència instal·lada, en la que Catalunya donada les seves característiques no sortiria beneficiada. S'estima que d'aquí al 2030 s'han d'instal·lar 40GW de renovables a tot l'Estat, si aquest model s'imposa, serà molt difícil que Catalunya pugui capturar la part que li correspondria en funció de la seva demanda que seria del voltant de 8GW. Amb el tancament de la potència nuclear estimat al voltant d'aquestes dates Catalunya serà dependent energèticament. Això no només és un problema en termes de sobirania, també és un problema de cost pel sistema donat que això implica reforçar les línies d'alta tensió o construir-ne de noves per portar

l'energia de l'Aragó, Murcia Andalusia o de França. S'ha d'afegir el cost en pèrdues elèctriques derivades del transport d'aquesta energia a través de la xarxa i que augmenten amb la distància. Aquestes pèrdues son finançades per tots els consumidors.

L'altre extrem que s'està desenvolupant és l'autoconsum a nivell residencial o comercial. Aquestes instal·lacions que se solen situar entre els 2kW i els 50kW presenten les característiques oposades. L'eficiència de la instal·lació es mínima normalment ubicada en una localització poc adient amb inclinacions o orientacions que no permeten treure tot el potencial de les plaques instal·lades. Això col·labora a que el seu cost per unitat d'energia generada sigui molt més elevat, a part que el cost d'inversió també és superior. Les traves reguladores existents també dificulten el desenvolupament d'aquesta opció. Per una banda, l'autoconsum està limitat a la potencia contractada el que dificulta que s'arribi aconseguir importants quantitats de potencia a no ser que es produeixi una mobilització massiva. Aquest fet encara serà més difícil mentre l'actual regulació penalitzi amb el pagament d'un impost a l'autoconsum (peatge de recolzament) que es compona d'una part fixe en funció de la potencia i una part variable per l'energia autoconsumida quan parlem de la tipologia d'autoconsum que permet vendre l'energia a la xarxa.

Entre aquest dos models sorgeix amb força pel cas Català la generació local. Identifiquem un potencial de desenvolupament de plates que podrien anar des dels 0,5MW fins als 10MW per tot el territori Català amb inversions associades al voltant del milió d'euros per MW. La formula per promoure la seva instal·lació seria a través de la realització de contractes a llarg termini per la compra de l'energia que produeixin aquestes instal·lacions (coneguts com contractes PPA per les seves sigles en angles que volen dir *Power Purchase Agreements*). Actualment la generació solar es competitiva respecte la resta de tecnologies de generació i l'únic impediment consisteix en aconseguir el finançament per part dels promotors per dur-los a terme. Precisament el que ofereix el contracte de venda d'energia a llarg termini es la possibilitat d'obtenir aquest finançament. El fet de garantir uns ingressos estables al projecte permet aportar la seguretat al projecte que requereixen els inversors. L'agent més ven col·locat per impulsar aquests contractes i, per tan, fomentar les instal·lacions és l'administració publica. Qualsevol ajuntament està en disposició de poder contractar una part de la energia elèctrica que consumeix a llarg termini. L'altre element que pot afavorir encara més la realització d'aquest tipus de projectes és la cessió del espai on ubicar aquesta generació fotovoltaica, que no hauria d'estar necessàriament ubicada en un sol punt del municipi i es podria distribuir en les millors localitzacions disponibles. Els municipis de petita dimensió poden servir de suport per oferir l'espai que els hi manca a les ciutats per aconseguir generar una part del seu consum. Aquest fet reforçaria la cooperació territorial entre l'àmbit rural i l'urbà. Altres nivells administratius com les Diputacions o la pròpia Generalitat podrien ser els signants d'aquests contractes de compra d'energia a llarg termini amb la intenció de cobrir una part del seu consum amb generació local. Entenem que l'estratègia Solarcat enunciada per l'ICAEN podria anar en aquest sentit. Els projectes es voldria involucrar a la ciutadania a través de permetre la seva participació directa en el projecte, o d'altres alternatives com la cessió d'espais per la instal·lació de plaques. Per últim, també es

contempla la possibilitat de l'agregació de tots els recursos distribuïts de generació a nivell municipal així com la integració en etapes posteriors dels sistemes de carrega per vehicles elèctrics.

2.3. Participació ciutadana al projecte fotovoltaic

Per parlar de finançament és important en primer lloc identificar totes les figures que participen d'aquest projecte. Per una banda, tenim comprador i productor (que també el podem conèixer com a promotor del projecte) que ja han sigut identificats. Per altra banda, tenim la figura del constructor i del finançador. El constructor serà normalment una companyia especialitzada que contractarà el productor per dur a terme el projecte en format claus en mà (EPC - Engineering, procurement, and construction). El constructor doncs s'encarrega de tot fins que la planta entra en funcionament que passa a ser responsabilitat del promotor a no ser que també subcontracti els serveis de operació i manteniment.

Pel que fa al finançador normalment serà el propi Ajuntament amb recurs a entitats de crèdit. No obstant, aquesta formula pot presentar diferents possibilitats. En aquest projecte s'intenta promoure la participació ciutadana, pel que seria interessant que s'establís alguna formula que permetés la participació dels veïns i el propi consistori en el finançament del projecte. Aquest finançament es pot articular en format de participacions en els que els ciutadans aporten uns recursos pels quals reben un interès i se'ls hi retorna un cop s'arriba al venciment que pot coincidir amb la vida útil de la planta. L'altre possibilitat és que la participació ciutadana i consistorial s'articuli a partir de la subscripció de part del capital. Una forma de vincular la societat amb l'apoderament energètic que proposa el nou model es a partir de la participació directa en projectes de generació distribuïda renovable. Existeix una amplia voluntat per part de la societat d'invertir en projectes renovables. No obstant, aquesta voluntat es veu quartada per la existència de múltiples barreres que limiten que aquestes inversions es dugin a terme si les ha d'afrontar el ciutadà de forma particular. Per tan, possibilitar la participació ciutadana y consistorial pot activar recursos latents a part de fomentar l'acceptació social del projecte. Aquestes formules ja s'han explorat amb molt d'èxit en projectes com "viure del aire del cel" o "Generació kWh" de la comercialitzadora Som Energia.

3. COMPLIMENT DE LA NORMATIVA VIGENT

Normativa a Catalunya sobre plantes de generació solar fotovoltaica

Decret 147/2009, de 22 de setembre

pel qual es regulen els procediments administratius aplicables per a la implantació de parcs eòlics i instal·lacions fotovoltaïques a Catalunya.

Instrucció 5/2006

sobre tramitació de les instal·lacions fotovoltaïques que formen part d'un parc solar, de 31 de maig de 2006.

Codi tècnic edificació. Zones climàtiques

En aquest enllaç trobareu la classificació de les zones climàtiques segons la radiació solar mitjana a Espanya establertes en el RD 314/2006, de 17 de març, pel qual s'aprova el Codi Tècnic de la Edificació.

Decret 352/2001, de 18 de setembre

sobre procediment administratiu aplicable a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a la xarxa elèctrica.

Plec de condicions tècniques IDAE

d'instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a xarxa.

Normativa Nacional

- Reglament d'Alta Tensió i els seus Instruccions Tècnics Complementaris.
- Plec d'instal·lacions tècniques per Instal·lacions Solars Fotovoltaïcs connectats a la xarxa, de l'institut de Diversificació y Ahorros d'Energies.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de esnergía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1747/2003, de 19 de diciembre, por el que se regulan los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividadesde
- transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorizacion de instal·lacions de energia eléctrica.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico.

- Real Decreto 308/1996, de 1 de septiembre, por el que se establece el procedimiento administrativo para autorización de las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial en Catalunya.
- Real Decreto 537/1997, de 14 de abril, por el que se aprueba el reglamento del impuesto sobre sociedades.
- Real Decreto-ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero.
- Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética.
- Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción, de energía eléctrica en régimen especial.

4. TECNOLOGIA I APLICACIONS DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

En aquest subapartat s'explicarà sobre la font d'on la central extraurà energia elèctrica, els conceptes bàsics que són imprescindibles a l'hora de dissenyar el camp fotovoltaic per tal d'extreure el màxim profit d'aquest.

La font de la qual les plaques solar agafen energia, és el flux de la radiació solar que arriba a terra. Encara que el sol emet la radiació en tota la gamma d'espectre electromagnètic, només es pot aprofitar l'energia tèrmica del sol que es divideix en tres tipus de radiacions : radiació ultraviolada, radiació infraroja i radiació visible. La radiació solar s'expressa en unitats de W/m^2 .

El flux solar es molt dispers en la atmosfera, cosa que ens dificulta la determinació de la quantitat de radiació que pot caure en el panel fotovoltaic. Així el panel solar rep una radiació total composta de la suma tres tipus de radiacions diferent.

La quantitat més gran arriba directament per rajos solars que no es desviïn en el seu pas per atmosfera, aquesta s'anomena la radiació directa. La radiació difusa és la que rep després de ser desviada per dispersió atmosfèrica, és la procedent de tot ambient, com la que es rep per difusió dels núvols i cel. I la última es la que rep per reflexió de terra i altres objectes pròxims i s'anomena la radiació d'albedo.

També cal tenir en compte els fenòmens meteorològics com dies quan hi ha núvols que disminueix molt la radiació solar, hores entre la sortida i la posta del sol i la posició del sol, de la qual es parlarà en el capítol següent.

Informació de la quantitat d'energia solar que cau sobre la superfície de terra es recull en Centres d'Observació Meteorològica (COM). La determinen estadísticament, observant diàriament la radiació solar que arriba a terra, durant un determinat període de temps. Les dades es representen mitjançant taules, on els valors són calculats a partir de valors obtinguts, i representen la exposició diària de radiació solar global o total en valor mitjà mensual. Els unitats utilitzats són kWh/m^2 o Wh/m^2

La terra dona voltes sobre el seu eix aproximadament cada 24 hores, aquest eix està inclinat 23.5° , també dona voltes al voltant del sol per la seva el·lipse, que fa que la Terra s'apropa o s'allunya del sol periòdicament. Tot això fa variar la radiació solar que arriba al Terra i al panel fotovoltaic.

El fet de que la Terra gira, fa variar l'angle en qual els rajos del sol arriben cap a superfície terrestre, depenent de la latitud i de la posició de Terra respecte sol, aquest angle es coneix com declinació solar. Així doncs, per poder calcular la radiació solar que arriba a la superfície horitzontal en la terra, es necessari conèixer les relacions trigonomètriques entre la posició del sol i aquesta superfície.

L'altura solar es defineix com un angle α , en el pla vertical, entre els rajos del sol i la

projecció d'aquests sobre el pla horitzontal. L'azimut solar és l'angle γ , mesurat en el pla horitzontal, que formen la projecció dels rajos del Sol en aquest pla amb el sud (per a l'hemisferi Nord). Altres angles que també s'utilitzen, i que estan relacionats amb aquests són: angle zenital qz , que és el que es forma entre els rajos del Sol i una línia perpendicular al pla horitzontal. Angle horari ω , entre el meridià del observador i el meridià solar, canvia 15° cada hora.

Els sistemes fotovoltaics, basant-se en les propietats dels materials semiconductors, transformen l'energia que irradia el sol en energia elèctrica, sense mediació de reaccions químiques, cicles termodinàmics o processos mecànics que requereixin parts mòbils.

El procés de transformació d'energia solar en energia elèctrica es produeix en un element semiconductor que es denomina cèl·lula fotovoltaica. Quan la llum del sol incideix sobre una cèl·lula fotovoltaica, els fotons de la llum solar transmeten l'energia als electrons del semiconductor perquè així puguin circular dins el sòlid. La tecnologia fotovoltaica aconsegueix que part d'aquests electrons surtin a l'exterior del material semiconductor, i així es genera un corrent elèctric capaç de circular per un circuit extern.

La connexió de cèl·lules fotovoltaiques i el posterior encapsulat i emmarcat dona com a resultat l'obtenció dels coneguts plafons o mòduls fotovoltaics d'utilització domèstica i industrial, com a elements generadors elèctrics de corrent continu.

Les instal·lacions fotovoltaiques es caracteritzen per:

- La simplicitat i fàcil instal·lació.
- Ser modulars.
- Tenir una llarga durada (la vida útil dels mòduls fotovoltaics és superior a 30 anys).
- No requerir a penes feines de manteniment.
- Tenir una elevada fiabilitat.
- No produir cap tipus de contaminació ambiental.
- Tenir un funcionament silenciós.

Les condicions de funcionament d'un mòdul fotovoltaic depenen d'algunes variables externes, com la radiació solar i la temperatura de funcionament. Per això, per a mesurar i comparar correctament els diferents mòduls fotovoltaics, s'han definit unes condicions de treball nominals o estàndards. Aquestes condicions s'han normalitzat per a una temperatura de funcionament de 25°C i una radiació solar de 1.000 W/m^2 , i els valors elèctrics amb aquestes condicions es defineixen com a valors pic.

Tenint en compte que la unitat de potència elèctrica és el watt (W), i els seus múltiples el quilowatt ($1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$) i el megawatt ($1 \text{ MW} = 1.000.000 \text{ W}$), la potència d'un mòdul fotovoltaic s'expressa en watts pic (Wp), referint-se a la potència subministrada en les condicions normalitzades de 25°C de temperatura i 1.000 W/m^2 de radiació solar (irradiància).

D'altra banda, l'energia produïda pels sistemes fotovoltaics és el resultat de multiplicar-ne la potència nominal pel nombre d'hores de sol pic (no totes les hores amb sol tenen la intensitat 1.000 W/m² considerada com a pic). L'energia elèctrica es mesura en watts hora (Wh), i els seus múltiples, en quilowatts hora (1 kWh = 1.000 Wh) i megawatts hora (1 MWh = 1.000.000 Wh).

El nombre d'hores pic d'un dia concret s'obté dividint tota l'energia d'aquest dia (en Wh/m²) entre 1.000 W/m². Per tenir una idea, la suma total de l'energia que produeix el Sol durant un dia mitjà a Espanya és de prop de 4 hores, la qual cosa suposa a l'estiu entre 6 i 8 hores, depenent de la zona, i entre 2 i 4 hores durant l'hivern, segons la regió.

Una central elèctrica solar fotovoltaica de 1 MW de potencia nominal, que transforma directament energia solar en energia elèctrica fent servir els mòduls fotovoltaics. La potencia nominal presenta un 0.134 % de la potencia contractada per la comarca, presenta un 90.5 % de la potencia fotovoltaica total instal·lada i un 0.03 % de potencies de generació d'energia elèctrica total instal·lades en la comarca. La central anirà connectada directament a la línia de distribució d'energia elèctrica.

Les instal·lacions es subdivideix en els següents elements :

- Camp de mòduls fotovoltaics. Es constitueix d'un conjunt de mòduls fotovoltaics, units en bancs, en analogia amb bateries elèctriques, de tal forma que la tensió i corrent del conjunt s'adapti a tensió i corrent especificats en el convertidor DC/AC. Per protecció del personal es necessari posar una posta a terra, a la qual s'uniran les carcasses metàl·liques dels mòduls.
- Inversor DC/AC. S'encarregarà de convertir tensió en continua que genera el camp fotovoltaic a tensió alterna que es pot integrar a la xarxa de distribució d'energia elèctrica. El inversor té incorporat un seguidor de màxima potencia, que optimitzarà el treball de la instal·lació. Per aquest element també es necessari posar una posta a terra. Els proteccions van conjuntament amb els inversors.
- Centre de transformació. Degut a que la sortida dels inversors normalment no supera els 1000 V, i la central anirà connectada a una línia de distribució, és necessari instal·lar un centre de transformació amb un transformador elevador trifàsic, que elevarà la tensió per tal de poder fer la interconnexió. És dissenyaran proteccions per costat de BT i per costat de MT, i la posta a terra per la subestació.
- Sistema de control i monitorització per fer el correcte seguiment dels principals paràmetres de funcionament del parc solar

5. DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADAPTADA

L'objectiu del present projecte és donar la solució tècnica, descriptiva i justificativa de la central elèctrica solar fotovoltaica de potencia de 1,1 MWp, incloent tots els elements d'instal·lació. El projecte es dedicat exclusivament al disseny de la instal·lació i estudis necessaris com estudi econòmic, estudi mediambiental, no inclou el projecte executiu.

En el projecte es buscaran solucions més òptimes per tal maximitzar el rendiment de la instal·lació. Es faran càlculs i demostracions necessaris per disseny de cada element d'instal·lació, incloent el cablejat, proteccions de interconnexió entre els elements i postes a terra en cas de que siguin necessaris.

Es realitzarà un estudi econòmic per veure la viabilitat econòmica de la instal·lació. L'estudi mediambiental és obligatori de fer per projectes d'instal·lació de més de 100 kW i serveix per veure sostenibilitat i impacte mediambiental que presenta la instal·lació ubicada a una zona determinada.

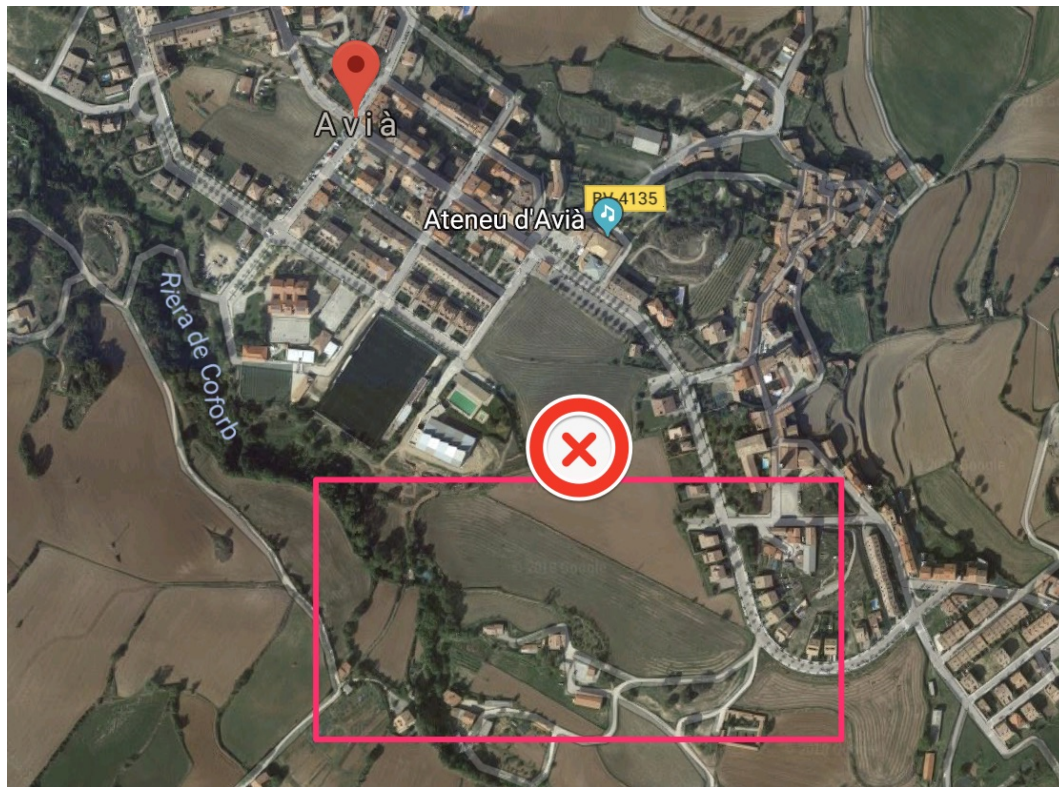
5.1. Emplaçament

La instal·lació és troba situada al municipi d'Avià, província de Barcelona, comarca Bergadà. La superfície de la parcel·la és de 39.717 m², de la que s'utilitzarà aproximadament 15.000m². La parcel·la és d'ús agrícola i pot ser adaptada per construcció de la central descrita en aquest projecte. No hi ha cap construcció en el recinte, el terreny és pla. Disposa de xarxa elèctrica de distribució a prop per procedir



a la connexió.

Concretament la Parcel·la pre-seleccionada es detalla a continuació:



5.2. Situació climàtica

La radiació solar se situa a la mitjana de la Catalunya Central amb un angle d'inclinació òptim de 38°

Month	H_h	H_{opt}	$H(38)$	I_{opt}
Jan	2010	3730	3730	66
Feb	3000	4810	4810	58
Mar	4370	5700	5700	45
Apr	5120	5610	5610	29
May	6110	5920	5920	15
Jun	6970	6360	6360	8
Jul	6940	6500	6500	12
Aug	6100	6380	6380	24
Sep	4770	5890	5890	40
Oct	3390	4950	4950	53
Nov	2200	3900	3900	63
Dec	1800	3600	3600	68
Year	4410	5280	5280	38

On :

H_h és irradiància en el pla horitzontal en Wh/m² al dia

H_{opt} és irradiància màxima (Wh/m² al dia) respecte I_{opt} – angle òptim

$H(38)$ (Wh/m² al dia) és irradiància al angle de 38°

6. ESTUDI I SELECCIÓ DELS COMPONENTS DE LA INSTAL·LACIÓ

En aquest capítol es realitza la selecció dels components de la instal·lació fotovoltaica, tals com mòduls solars y la seva disposició (estructura fixa, seguiment d'un o dos eixos), inversor amb transformador, mitjançant un estudi previ de la instal·lació. La selecció es realitza aplicant criteris de compatibilitat dels elements i comparació econòmica de la inversió per cada solució possible. L'estudi es realitza amb programa PVsyst, fet per disseny de sistemes fotovoltaics.

6.1. Programa PVsyst

El programa PVsyst <<http://www.pvsyst.com/en/>> esta dissenyat per realitzar càlculs necessaris per efectuar el disseny de la instal·lació de producció d'energia solar fotovoltaica, incloent el càlcul de numero de mòduls i la seva distribució, previsió de la producció, estudi econòmic, etc...

Al començar fer l'estudi, s'ha de determinar el lloc d'emplaçament de la instal·lació per tal de que el programa pugui determinar irradiació solar. En cas que el programa no tingui predeterminada la ubicació, hi ha la possibilitat d'importar dades.

S'ha de definir l'orientació dels panells fotovoltaics. Existeixen varis tipus de disposició dels panel. El més simple i més barrat són estructures fixes, on s'incorporen els panells, en aquest cas s'ha d'indicar l'angle òptim d'inclinació per tal de maximitzar la producció d'energia. També hi ha sistemes de seguiment del sol, tan en pla horitzontal, tant en vertical, per sistemes d'un eix de seguiment, aquest sistema és molt més car en comparació amb estructures fixes i encara que augmentar la producció d'energia, no sempre és rentable de posar. Existeixen els sistemes de seguiment en dos eixos, que treballen tant en pla horitzontal com en pla vertical. Aquest sistema és encara més car que el de seguiment de un eix. La disposició dels mòduls serà un dels criteris més rellevants al realitzar l'estudi econòmic previ, ja que la selecció dels altres elements no presenta un canvi d'inversió i producció tant gran.

A continuació trien els paràmetres de la instal·lació, seleccionen els panells i inversors, les dades dels quals ja estan disposat en el programa, i el programa realitza els càlculs per facilitar la tria dels elements fins arribar a una de les possibles configuracions. A continuació es mostra un exemple :

Configuración global sistema		Resumen sistema global	
1	N° de tipos de sub-campos	N° de módulos	3933
?	Esquema Simplificado	Superficie módulos	6438 m²
		N° de inversores	1
		Potencia nominal FV	1003 kWp
		Potencia máxima FV	933 kWdc
		Potencia nominal CA	1000 kWac

Sub-array name and Orientation		Ayuda al Dimensionado	
Name	Generador FV	☐ No Sizing	Entrar Pnom deseada 1000.0 kWp.
Orient.	Plano Inclinado Fijo	☐ ... o superficie disponible	6420 m²
Tilt	38°		
Azimuth	0°		

Selección del módulo FV	
Disponible actualmente	Lista módulos por ☒ Potencia ☐ Tecnología Módulos aprox. necesarios 3922
Jinkosolar	255 Wp 26V Si-poly JKM 255P-60 Since 2012 Manufacturer 2013 Abrir
Tensiones de dimensionado: V 25.8 V	
Voc (-10°C) 42.6 V	
☐ Use Optimizer	

Selección del inversor	
Disponible actualmente	Lista inversores por ☐ Potencia ☐ Tensión (máx) ☒ 50 Hz ☒ 60 Hz
Bosch Power Tec Gmb	1000 kW 530 - 800 V LF Tr 50 Hz BPT-IS 1000 Since 2010 Abrir
N° de inversores	1
Tensión Funciona.:	530-800 V
Pglobal inversor	1000 kWac
☐ Utilice característica m	Tensión máx de entrada: 1000 V
Inversor con 4 MPPT	

Diseño del generador FV	
N° de módulos y cadenas	
Mód. en serie	23 ☐ entre 21 y 23
N° de cadenas	171 ☒ única posibilidad 171
Pérdida sobrecarga	0.0 %
Relación Pnom	1.00
N° módulos	3933
Superficie	6438 m²
Cond. de funcionamiento	
Vmpp (60°C)	592 V
Vmpp (20°C)	718 V
Voc (-10°C)	979 V
Irradiancia plano	1000 W/m²
Imp (STC)	1434 A
Isc (STC)	1548 A
Isc (en STC)	1525 A
Pmáx en funcionamiento	895 kW
en 1000 W/m² y 50°C)	
Potencia nom gener. (STC)	1003 kWp

El programa també té una varietat d'altres ajustos per tal de fer els càlculs més exactes. Quant el sistema estigui configurat, es pot iniciar la simulació. En els resultats PVsyst donar amb detall els principals aspectes de la instal·lació com la producció anual, pèrdues, estudi econòmic detallat, etc...

Per determinar la millor configuració per el present projecte es faran varis càlculs per poden seleccionar els elements més adequats.

6.2. Inversors DC/AC

L'inversor esta construït amb normatives i estàndards següents : DIN EN 61000-6-4:2007-09; DIN EN 61000-6-2:2006-03; IEC 62109 Ed 1.0 2010-04; RD1565; EN50438:2007.

Inversor seleccionat per present projecte és ABB PVS800, amb següents característiques :

Sistema **ABB PVS800**

Valors d'entrada	
Potencia nominal	1000 kW
Potencia màxima	1200 kW
Tensió màxima en DC	1000 V
Tensió mínima en DC	450 V
Tensió mínima de MPP	450 V
Tensió màxima de MPP	825 V
Corrent màxima per inversor	1145 A
Numero d'inversors	2x500 kW
Numero d'entrades per inversor	2
Corrent fusible per entrada	160-1200 A
Disseny de connexió	M 12
Valors de sortida	
Potencia nominal	1000 kVA
Tensió nominal en AC	20 kV
Corrent nominal en AC	28,87 A
Freqüència nominal	50 Hz
Freqüència mínima/màxima	45/55 Hz
Factor de potencia	+/-0,7
THD	<3%
Eficiència	97,10%
Subministrament auxiliar	
Tensió	400 V, trifàsic
Potencia	14 kVA
Freqüència	50 Hz
Condicions de funcionament	
Rang de temperatures	-20°C/+50°C
Humitat relativa	<95 %
Altura de funcionament màxima respecte nivell del mar	2000 m
Emissió sonora	<70 dB
Dimensions	
	2,880 x 2,950 x 5,280
Dimensions	mm
Pes	20,000 kg

6.3. Mòduls fotovoltaics

El mòdul fotovoltaic seleccionat per el present projecte és del fabricant JinkoSolar model JKM260P-60 de potencia 260 Wp amb següents característiques :

Panel JinkoSolar JKM260P-60	
Característiques elèctriques	
Tensió del dimensionat	26,0 V
Potencia màxima	260 Wp
Tensió del dimensionat	26,0 V
Tensió de màxima potencia	31,1 V
Corrent de màxima potencia	8,37 A
Corrent de curtcircuit	8,98 A
Tensió a circuit obert	38,1 V
Tensió a circuit obert (-10C)	42,7 V
Eficiència	15,89%
Característiques mecàniques	
Cèl·lula	Policristal·lina 156x156 mm
Nº de cèl·lules	60 (6x10)
Dimensions	1650x992x40 mm
Àrea	1,637 m ²
Pes	19 kg
Cristall davanter	Cristall templet, 3,1 mm
Empalma	IP67 Rated
Cable extern	1x4 mm, 900mm de longitud

6.4. Estructura de fixació dels panells fotovoltaics

L'estructura seleccionada per el projecte és de fabricant SunNest. El preu de 490.08€ per estructura. Panels en fixació vertical 2 panells per estructura, amb longitud de 6 metres per 6 panells amb separació de 12 mm entre els, en total 12 panells per estructura. Altura de separació del terra dels panells de 150 mm i altura total de 2.15 m. En la següent tabla es mostren les característiques mecàniques de la estructura :

Estructura fixa SunNest	
Angle d'inclinació	38 °
Llargada	6,000 mm
Amplada	2,750 mm
Altura	2,150 mm
Nº files	2
Nº columnes	6
Nº total de mòduls	12
Estructura	Acer galvanitzat
Sobrecarregues per neu	1,4 kN/m ²
Vent màxim	140 km/h
Normativa	UNE-ENV 1991
Garantia	10 anys

7. DIMENSIONAT DE LA INSTAL·LACIÓ I D'ESTRUCTURES MECÀNIQUES

En aquest capítol es van a definir les distàncies entre elements de la instal·lació, determinar els fonaments per estructures.

7.1. Configuració del camp fotovoltaic

La instal·lació consta de 1.098 kWp instal·lats, en total de 4.224 panells fotovoltaics, en configuració de 22 mòduls en sèrie i 48 paral·lel per cada mòdul. Tenint en compte que cada inversor té quatre entrades la configuració per entrada serà de 22 mòduls en sèrie i 12 en paral·lel.

7.1.1. Estructures de suport per panells

Com s'ha mencionat a l'apartat anterior, les estructures seleccionades per el present projecte són de tipus fixe, del fabricant SunNest, amb possibilitat de muntar un màxim de 12 panells fotovoltaics per cada estructura amb preu unitari de 40.88 € per cada panel, que representa un total 352 estructures necessaris per el present projecte. Le estructures es muntaran a una distància frontal de 10 m un de l'altre.

Els mòduls muntaran a una altura de 15 cm contant a partir de cota baixa de l'estructura. La separació entre panells fotovoltaics serà de 2 cm, tant en costats laterals com al costat d'amunt. La mesura de la estructura amb panells muntats, com es pot veure en el plànol 2, es pot consulta a següent taula :

Estructura fixa SunNest	
Altura	2,244 mm
Llargada	6,052 mm
Profunditat	2,832 mm

7.1.2. Fonaments per estructura

Cada estructura tindrà dos fonaments, un per cada peu, les magnituds dels quals han estat calculats, i es pot consultar la justificació del càlculs en apartat de càlculs 3.1.3. Les magnituds de cada fonament són els següents :

Magnitud del fonament	
Llargada	2 m
Amplada	0,3 m
Altura	0,62 m
Volum	0,373 m ³

En total es necessita de fer 704 fonaments d'aquests tipus, que representa un total de 262.6 m³ de formigó armat. Els fonaments s'ubicaran directament en el terra sense aprofundir-les, per tal de que es pugui augmentar l'altura a la qual estaran els panells fotovoltaics per disminuir les pèrdues per brutícia. Les estructures es muntaran a sobre de fonaments, augmentant la seva altura en 620 mm fins a 2.864 mm. Els mòduls fotovoltaics estaran a una altura respecte terra de 77 cm, que compleix amb recomanació d'altures que es situa en 70-80 cm.

7.2. Disposició de la caseta amb inversor i transformador

La caseta del sistema Bosch BPT-IS 1000, es col·locarà a la part nord-est del terreny de la instal·lació, darrera de les estructures amb panells, per tal de no crear ombres addicionals.

Es col·locarà sobre un fonament calculat a l'apartat dels càlculs 3.3, de dimensions mostrats a la taula següent :

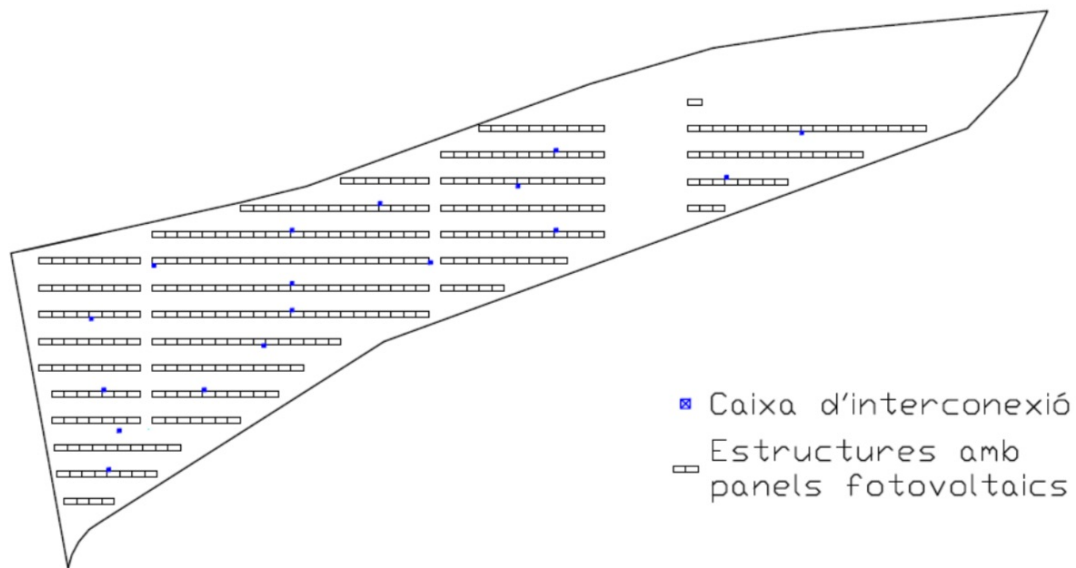
Fonament per caseta	
Altura	150 mm
Llargada	6,980 mm
Profunditat	2,980 mm
Volum	3,12 m ³

El fonament es posarà sobre una base d'arena compactada de 25 cm i graveta de 25 cm, per millorar el drenatge d'aigües. Per aquest motiu s'excavarà el terra de profunditat de 65 cm, longitud de 7 m i amplada de 3 m, en total 13.65 m³ per cavar. Es necessitarà 4.5 m³ d'arena i 4.5 m³ de la graveta.

7.3. Disseny de posició de les estructures

En aquest apartat es farà un disseny del camp fotovoltaic per tal d'optimitzar les distàncies, per disminuir els gestos en cablejats, disminuir les pèrdues per ombres. Es tindrà en conte que la línia aèria de mitja tensió.

El primer disseny del camp fotovoltaic s'ha quedat de següent forma :



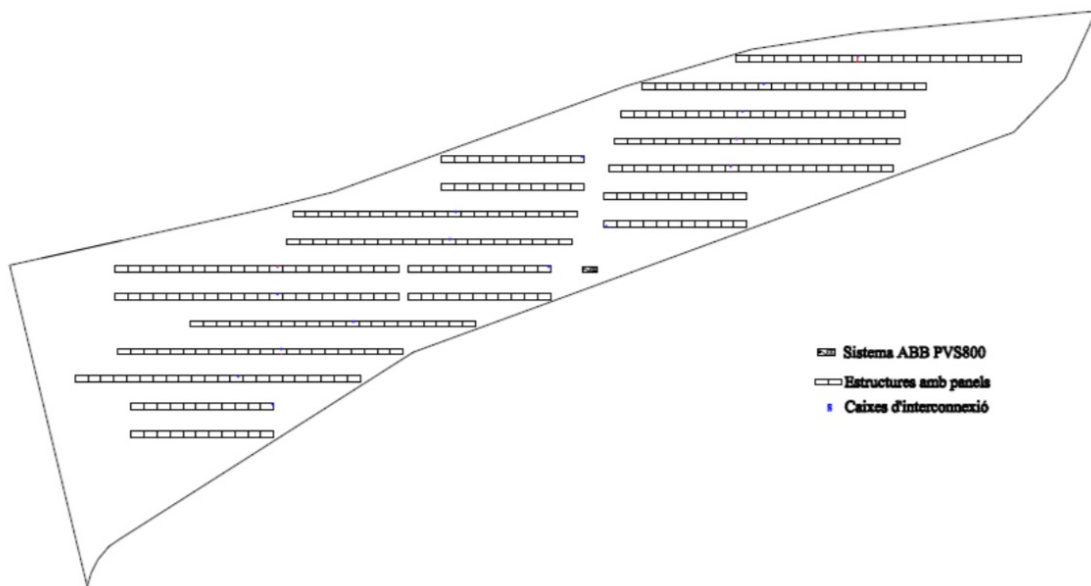
Amb aquest disseny s'ha observat següent :

- Les distàncies del cablejat entre caixa d'interconnexió i el inversor tenen una llargada superior a 300 m, que amb condició de la caiguda de tensió de 1,5 % per tota la part de DC, fa que es necessari posar cables de 630 mm², que s'encareix instal·lació molt considerablement.
- La agrupació dels panells per formar strings, i grups de strings, és irracional, té una geometria complicada, fa que per connecta panells en sèrie és necessari passar de una estructura a l'altre que esta a una distancia considerable, augmentant la secció del cable. També representa una dificultat de muntatge i de disseny. Augmenta considerablement el temps del treball. La secció dels cables que connecten strings en la caixa d'interconnexió també es fa bastant gran a causa de la seva llargada.
- En resum, disseny de la instal·lació present, s'encareix molt la seva construcció i la no rentable.

Per millorar el disseny, s'ha proposat :

- Agrupar les estructures en 11 i en 22, amb lo qual hi hauran nomes dos tipologies d'aquestes i facilitaran el disseny i el muntatge. Connexió de panells en sèrie es pot fer servint el cable dels propis panells, sense necessitat d'afegir un. La distancia entre strings es fa més curta, que disminueix les seccions del cablejat i pèrdues.
- Per disminuir les distancia entre grups i inversor es proposa :
 - a) Disminuir la distancia de seguretat de les estructures a línia aèria de mitja tensió fins a tres metres de cada costat.
 - b) Col·locar el sistema amb inversor a la mateixa distància dels dos extrems del camp.
 - c) Les caixes d'interconnexió posar en les mateixes estructures per reduir el cost de la seva instal·lació, i disposar-les de manera que, sense augmenta les seccions del cablejat entre strings, les caixes estiguin més aprop al inversor. La topologia de les agrupacions a de mantenir, però aquestes poden ser girats com en un mirall.
 - d) Per facilitar la instal·lació del cablejat de DC i de AC, hi ha d'haver suficient espai per tal de que no aparegui la necessitat de creua aquestes línies.

Realitzant els criteris anteriorment dits la configuració final del camp fotovoltaic realitza de següent forma :

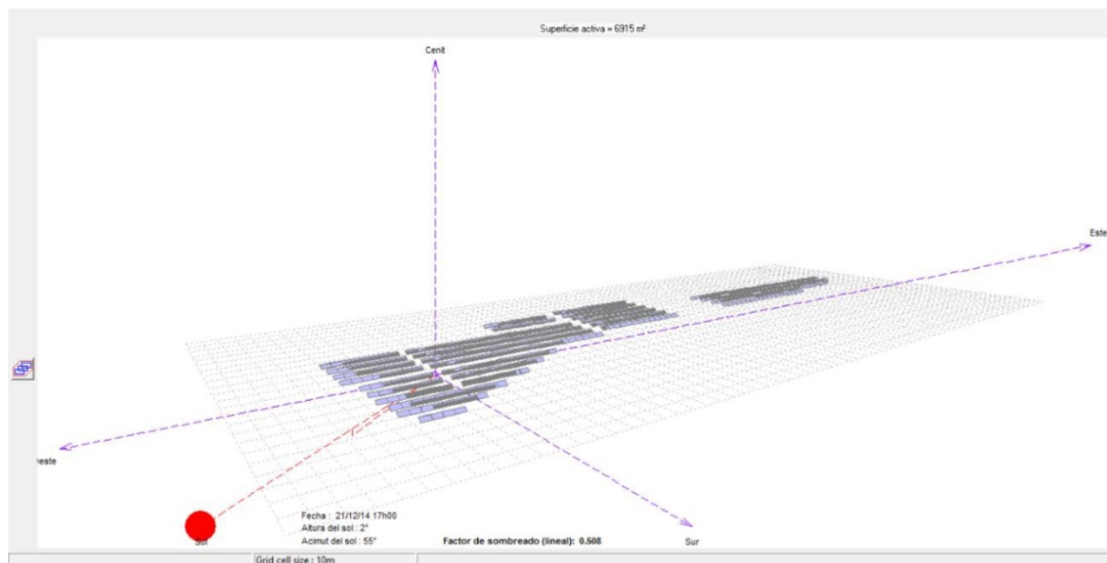


7.4. Pèrdues per ombres

La disposició de les estructures en el camp fotovoltaic, s'ha dissenyat per aprofitar al màxim l'espai disponible. Tot i així no a resultat possible d'eliminar les pèrdues per ombres provocats per estructures davanters.

Però les pèrdues per ombres han resultat ser menors d'un 0.1 %, anuals, apareixen només els mesos de novembre, desembre i gener, amb la resta de l'any sense ombres provocats per estructures. La pèrdua màxima, de 0.9 %, esta durant el dia 21 de desembre, el dia del solstici d'hivern, quan les ombres són més llargues.

Al voltant del terreny on esta ubicada la instal·lació, no hi ha cap objecte que pugui provocar ombres sobre horta fotovoltaica. En la següent figura es pot veure el modelat del camp fotovoltaic :



8. DIMENSIONAT D'INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA

En aquest capítol es presentaran el dimensionats dels components elèctrics de la instal·lació del present projecte, els materials i aparells necessaris.

8.1. Tensió i corrent de treball en DC

La instal·lació solar fotovoltaica 1.098 kWp de potencia, esta formada per 4.224 mòduls fotovoltaics JinkoSolar JKM260P-60 de 260 Wp de potencia nominal. El camp es divideix en 16 grups de mòduls fotovoltaics, d'acord amb el nombre d'entrades en inversor.

Cada grup estarà format per 12 strings units en paral·lel. Cada string esta format per 22 mòduls fotovoltaics en sèrie. La tensió nominal de treball en aquests condicions té un valor de 684,2 V, i la corrent de valor 100,32 A en condicions estàndards. La Tensió nominal de treball mitjana, fent correcció a las temperatures del lloc on esta ubicada instal·lació, tindrà un valor de 694 V. La corrent del curtcircuit és de 107, 52 A i la tensió del buit és de 836 V. En total cada grup esta format per 264 panel fotovoltaics.

8.2. Tensió i corrent de treball en AC

La tensió del costat del AC, és la mateixa que la tensió de línia aèria a traves de la qual es connecta la instal·lació fotovoltaica a la xarxa, i té un valor de 20 kV. La potencia màxima que pot entrega la instal·lació és de 1.000 kVA, de forma que la corrent màxima de treball que circularà per conductors de mitja tensió serà de 28,87 A.

Ja que tota la conversió de DC/AC, i l'elevació de tensió fins la tensió nominal es farà dins del sistema ABB PVS 800, no hi haurà cap conductor extern d'interconnexió entre inversor i transformador elevador. L'únic conductors en AC connecten instal·lació amb línia aèria.

La tensió de sortida del inversor i la de entrada en transformador és de 690 V. Degut al que existeixen dos inversor en el sistema ABB PVS800, a la sortida de cada un circularà una corrent de 418,37 A.

8.3. Cablejat d'instal·lació

8.3.1. Cablejat d'interconnexió de panels en sèrie

Interconnexió del panels solars fotovoltaics en sèrie es farà mitjançant els conductors que tenen el propis panels. Cada conductor té un connector MC4, mascle per conductor positiu i femella en conductor negatiu.

Els conductors tenen una longitud de 90 centímetres, de manera que la distancia d'interconnexió entre cada panel serà de 1,8 metres. La secció de cada conductor és de 4 mm², i el nivell d'aïllament és de 0,6/1 kV.

Això portarà a una caiguda de tensió entre cada panel de 0,0033 %, i la caiguda de tensió total en connexió sèrie serà de 0,0726 %. La corrent màxima que poden suportar els conductors és de 33,94 A, que supera considerablement la corrent de curtcircuit.

Els conductors aniran muntats a la intempèrie, fixats directament a la estructura metàl·lica sobre la qual es disposen els panels fotovoltaics.

8.3.2. Cablejat d'interconnexió de strings en caixa d'interconnexió

Cada grup s'interconnectarà 12 strings en paral·lel amb cable bipolar RZ1-K (AS), de nivell d'aïllament 0,6/1 kV. Els cables aniran muntats a la intempèrie, en reixeta, separats de les parets una distància 2,5 centímetres, i la distància igual a un diàmetre de cada conductor per separació entre conductors. L'amplada de la reixa necessària és de 200 mm, l'altura és de 55 mm. La reixa escollida és de casa Schneider amb referència CSU4518220.

Existeixen dos tipus de grups, per lo qual, existeixen distàncies diferents entre strings i la caixa d'interconnexió per cada grup. La caiguda de tensió màxima establerta per aquesta interconnexió és de 0,4 %. La secció, longitud, caiguda de tensió i la corrent màxima corregida que pot suportar cada conductor es pot consultar en la taula següent.

En un dels tipus de grup, alguns conductors de string, hauran de passar també sota terra, enterrats en tubs corrugats, a una profunditat de 0,3 metres.

Tipus	String	Longitud (m)	Secció de cable (mm ²)	Corrent admissible corregida (A)	Caiguda de tensió (%)	Nº total de conductors en instal·lació	Longitud total (m)
Tipus 1	String 1	2,46	1,5	11,53	0,118	12	29,54
	String 2	3,49	1,5	11,53	0,168	12	41,90
	String 3	15,09	4	20,86	0,272	12	181,07
	String 4	26,51	6	26,36	0,318	12	318,15
	String 5	37,93	10	36,24	0,273	12	455,22
	String 6	49,36	10	36,24	0,355	12	592,29
	String 7	11,23	2,5	15,92	0,323	12	134,72
	String 8	22,48	4	20,86	0,396	12	269,82
	String 9	33,91	6	26,36	0,396	12	406,89
	String 10	45,33	10	36,24	0,326	12	543,96
	String 11	56,75	10	36,24	0,400	12	681,04
	String 12	68,20	16	49,42	0,307	12	818,36
Tipus 2	String 1	11,88	2,5	15,92	0,342	4	47,50
	String 2	23,30	6	26,36	0,280	4	93,19
	String 3	34,72	10	36,24	0,250	4	138,89
	String 4	46,14	10	36,24	0,332	4	184,58
	String 5	57,59	10	36,24	0,397	4	230,35
	String 6	1,90	1,5	11,53	0,091	4	7,58
	String 7	15,79	4	15,86	0,284	4	63,16
	String 8	19,06	4	15,86	0,335	4	76,22
	String 9	30,48	6	20,03	0,358	4	121,91
	String 10	41,90	10	27,54	0,302	4	167,60
	String 11	53,33	10	27,54	0,376	4	213,30
	String 12	64,77	16	37,56	0,291	4	259,07

El diàmetre dels tubs, en quals van els conductors es determina de la taula següent :

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

La longitud total de materials necessàries per instal·lació és mostra a la taula següent :

Material	Longitud (m)
Cable RZ1-K (AS) secció 1,5 mm ²	79,02
Cable RZ1-K (AS) secció 2,5 mm ²	182,23
Cable RZ1-K (AS) secció 4 mm ²	590,27
Cable RZ1-K (AS) secció 6 mm ²	940,14
Cable RZ1-K (AS) secció 10 mm ²	3207,23
Cable RZ1-K (AS) secció 16 mm ²	1077,42
Reixes 55x200 mm	1784,48
Tubs 16 mm de diàmetre	251,20
Tubs 20 mm de diàmetre	62,80
Tubs 25 mm de diàmetre	62,80

8.3.3. Cablejat entre caixes d'interconnexió i inversor

Per realitzar la connexió entre cada grup dels panells fotovoltaics amb inversor, es faran servir cables bipolars RZ1-K (AS), de nivell d'aïllament 0,6/1 kV. Els cables seran enterrats en tubs corrugats, de diàmetre corresponent, a una profunditat de 0,8 i 0,6 metres. Els tubs estaran separats una distància de 7 centímetres entre ells, quan s'agruparan. Els tubs col·locaran sobre base arena compactada, per evitar danys que poden provocar pedres, de profunditat de 4 centímetres. A sobre dels tubs es col·locarà arena, per mateixos motius, de 6 centímetres de gruix. La distància entre parets de la safata i tubs a de ser de 15 centímetres.

La caiguda de tensió màxima per aquesta interconnexió, és de 1,027 %, per tal de complir amb la normativa, de una caiguda de tensió total entre generadors fotovoltaic i inversor de 1,5 %. La corrent de curtcircuit, sobredimensionada a 25 %, que hauran de suportar els conductors és de 138,44 A.

La secció, longitud, caiguda de tensió i la corrent màxima corregida que pot suportar cada conductor es pot consultar en la taula següent :

	Longitud, m	Secció normalitzada mm ²	Isc corregida (A)	Caiguda de tensió (%)
Grup 1	173,62	150	302,57	0,99
Grup 2	176,95	150	302,57	1,018
Grup 3	157,04	150	302,57	0,904
Grup 4	118,50	120	272,32	0,853
Grup 5	161,43	150	284,77	0,929
Grup 6	148,34	150	284,77	0,854
Grup 7	19,08	50	149,51	0,329
Grup 8	79,24	70	185,10	0,977
Grup 9	92,10	95	224,26	0,837
Grup 10	53,12	50	233,60	0,917
Grup 11	21,08	50	140,16	0,364
Grup 12	100,05	95	210,24	0,909
Grup 13	113,52	95	210,24	1,027
Grup 14	126,98	120	173,53	0,913
Grup 15	144,20	150	266,98	0,830
Grup 16	192,50	185	307,02	0,898

8.3.4. Cablejat de connexió la xarxa

La línia aeris, a través de la qual es connectarà, la instal·lació, a la xarxa, és una línia trifàsica de 20 kV de tensió nominal, dos conductors per fase, sense conductor neutre. La línia que connectarà la instal·lació amb xarxa serà de un conductor per fase.

La línia d'interconnexió, es compondrà de conductor d'alumini unipolars, General Cable RHZ1-OL 15/25 kV H16 Al, en total 3 conductors, amb nivell d'aïllament 15/25 kV. La secció de cada conductor és de 50 mm², la caiguda de tensió serà de 0,01 %.

El cable vindrà en tubs enterrats, fins el poste elèctric, una profunditat de 0,8 metres, tres conductors per tub, amb longitud de cada conductor, tenint en compte els radis de curvatura i no linealitats, és de 90 metres. La distància entre tubs serà de 10 centímetres. Els tubs col·locaran sobre base arena compactada, per evitar danys que

poden provocar pedres, de profunditat de 4 centímetres. A sobre dels tubs es col·locarà arena, per mateixos motius, de 6 centímetres de gruix. La distància entre parets de la safata i tubs a de ser de 15 centímetres.

Al arribar al poste elèctric, els conductors pujaran fins una altura de 7,22 metres en mateixos tubs, després de que es dividiran a aniran cadascú al conductor de la línia aèria corresponent.

El diàmetre dels tubs es determinarà amb la taula 25. Segons la taula el diàmetre del tub per tres conductors és de 50 mil·límetres.

La longitud total de materials necessàries per instal·lació és mostra a la taula següent :

Material	Longitud (m)
Cable RHZ1-OL secció 50 mm ²	270,00
Tubs 50 mm de diàmetre	80

8.3.5. Cablejat de protecció

El cablejat de protecció, es considera el cablejat que connectarà les postes a terra amb les estructures metàl·liques, caixes d'interconnexió, ABB PVS800 i cables baixants de parallamps a posta a terra.

El cablejat de connexió de posta a terra, es compondrà del cable unipolar, de coure, amb nivell d'aïllament 0,6/1 kV, que s'enterrarà en tubs a una profunditat de 0,8 i 0,6 metres.

Els seccions i longituds de cada conductor es mostrarà en continuació a la taula 32. Els cables de mateixa secció i que vagin per les mateixes safates s'empalmaran.

Els cables baixants, són cables de coure unipolars, despallats, de secció de 50 mm². El conductor s'instal·larà de forma que el seu recorregut sigui el mínim possible i allunyat al màxim possible dels altres conductors. A una altura de 2 metres de nivell de terra, ha d'estar protegit per un tub aïllant, no inflamable, de diàmetre 32 mil·límetres.

8.4. Protecció en camp fotovoltaic

Per protegir els mòduls solar fotovoltaics i cablejat, en el camp fotovoltaic, es posen les proteccions necessàries. A continuació es definiran les proteccions.

8.4.1. Proteccions contra sobrecarregues i curtcircuits

Per garantir un correcte funcionament a cada branca en paral·lel de connexió dels panells i protegir-les contra sobrecarregues i curtcircuits, es posarà un fusible per cada pol de cada rama.

El fusible seleccionat per aquesta tasca és de tipus gPV, fusibles industrials de ceràmica, de casa Hager model LF310PV de calibre 10 A, mida 10x38 mm i tensió nominal de 1.000 V.

8.4.2. Protecció contra sobretensions

Per protegir instal·lació contra sobretensions, es posaran varistors per cada grup de panells, de manera que evacuaran la sobretensió i la derivaran cap a la terra. El varistor seleccionat per instal·lació és un varistor bipolar PU II 2+1 1000V/40kA, per aplicacions

fotovoltaics, amb corrent de descarrega nominal de 20 kA, i corrent de descarrega màxima de 40 kA. Es posarà un varistor per cada caixa d'interconnexió. Es connectaran els dos cables, un per cada pol, del conductor bifàsic que connecta la caixa d'interconnexió amb inversor.

8.4.3. Interruptor

Es necessari instal·lar un interruptor per cada grup de panels, per poder desconectar cada grup apart de la resta d'instal·lació per el seu manteniment. Es selecciona un interruptor seccionador manual Lovato Electric DC21B, per aplicacions fotovoltaics, del poder tall en corrent de 160 A i tensió de 1000 V.

8.4.4. Caixa d'interconnexió

Tots els dispositius de protecció seleccionats, aniran muntats en la caixa d'interconnexió Weidmüller PV DC 12IN SW SPD CG 1000V, característiques **principals** de la qual són :

- Ranures per fusibles fins al calibre de 16 A, per cada pol.
- Varistor PU II 2+1 1000 V/40 kA, bipolar, que acciona per tensions majors a 1000V, i té un poder de tall de 40 kA.
- Seccionador de potencia 160A (DC21B 1000V), amb corrent màxima de treball de 160 A, i el poder de tall de 20 kA.
- 12 entrades per cada pol (24 entrades en total), per interconnexió de strings, amb secció màxima del cable suportada de 25 mm².
- Una sortida bipolar per el conductors de fins a 185 mm².
- Les dimensions de caixa són : 800x600x300 mm.

Tots els dispositius de protecció, unió i interconnexió, venen pre-muntades, de forma que al instal·lar la caixa només cal connectar el cablejat elèctric.

Les caixes aniran muntades directament sobre estructures metàl·liques, que suporten els mòduls fotovoltaics. Per estabilitat s'afegeix una barra metàl·lica al segon costat de la caixa, que es fixa amb cargols a estructura metàl·lica.

Per distancia de muntatge respecte grups, mirar els plànols numero 8 i 9. Per veure el muntatge de caixes sobre estructures consultar els plànols numero 12 i 13.

8.5. Descripció del sistema ABB PVS800

8.5.1. Inversor ABB

El Sistema ABB PVS800 porta instal·lat dos cèl·lules d'inversors. Cada inversor té una potencia nominal de 500 kW i la màxima de 600 kW. Les seves característiques principals es pot veure en la taula següent :

Inversor del sistema **ABB PVS800**

Valors d'entrada	
Potència nominal	500 kW
Potència màxima	600 kW
Tensió màxima en DC	1000 V
Tensió mínima en DC	450 V
Tensió mínima de MPP	450 V
Tensió màxima de MPP	825 V
Corrent màxima per inversor	1145 A
Corrent fusible per entrada	160 A
Disseny de connexió	M 12
Valors de sortida	
Potència nominal	500 kVA
Tensió nominal en AC	690 V
Corrent nominal en AC	418,37 A
Freqüència nominal	50 Hz
Freqüència mínima/màxima	45/55 Hz
Factor de potència	+/-0,7
THD	<3%
Eficiència	99,10%

8.5.2. Transformador elevador del sistema ABB PVS800

En el sistema ABB PVS800 s'utilitza un transformador EcoDry Basic amb tensió d'entrada de 690 V i la tensió de sortida 20 kV. La potència nominal del transformador es de 1000 kVA. La corrent de sortida és 228,87 A. L'eficiència del transformador a carrega completa és de 90,1 %. Les característiques principals es poden consultar en la següent taula :

Transformador EcoDry Basic 690/20.000 V

Característiques	
Tensió d'entrada	690 V
Tensió de sortida	20.000 V
Corrent d'entrada	418,37 A
Corrent de sortida	28,87 A
Nombre d'entrades	2
Potència nominal	1.000 kVA
Configuració	Y,Y/Δ
Freqüència de treball	50 Hz
Eficiència	99,10 %

8.5.3. Proteccions d'entrada

Per protegir l'inversor s'instal·la una sèrie de proteccions en cèl·lula de protecció. A entrada s'instal·la un fusible per cada pol, de calibre 160 A, per protegir l'inversor i

línia contra sobrecarregues i curtcircuits, en cas de que falli l'interruptor automàtic que esta instal·lat just a l'entrada de l'inversor.

Aquest interruptor s'acciona per unitat de control i monitorització que incorporada la cèl·lula d'inversor. Té una tensió nominal de funcionament de 1000 V, i corrent nominal de funcionament de 1250 A. El poder de tall d'aquest interruptor és de 20 kA.

Per protegir l'inversor contra curtcircuits que poden ocasionar en el propi sistema ABB PVS800, justa a l'entrada del inversor s'instal·len fusibles del calibre 1200 A.

Per protegir la instal·lació contra sobretensions de línia, s'instal·len varistors de tensió de 1000 V i la corrent de descarrega màxima de 40 kA.

També s'instal·la un interruptor manual per poder disconnectar l'inversor del camp fotovoltaic per efectuar el manteniment o revisió.

8.5.4. Protecció del transformador per costat de baixa

Just a la sortida dels filtres del inversor esta posat l'interruptor trifàsic automàtic que s'acciona per unitat de control i monitorització que incorporada la cèl·lula d'inversor. Té una tensió nominal de funcionament de 1000 V, i corrent nominal de funcionament de 1000 A. El poder de tall d'aquest interruptor és de 20 kA.

Per protegir sistema contra sobretensions e posa un varistor trifàsic de tensió 690 V i la corrent de descarrega màxima de 40 kA.

Just a l'entrada del transformador, per protegir en cas de curtcircuit, s'instal·len fusibles per cada fase, del calibre 800 A.

8.5.5. Protecció al costat de mitja tensió

Per protegir el transformador i la línia de les faltes possibles, s'instal·len dos cèl·lules de protecció de mitja tensió.

La primera cèl·lula, de configuració V, porta un interruptor del buit, de tensió nominal de funcionament de 20 kV, i el poder de tall màxim en curtcircuits de 40 kA i de curtcircuit de durada de 3 segons 20 kA.

La segona cèl·lula, de configuració De, porta incorporat un seccionador a terra, de tensió nominal de funcionament de 20 kV, i el poder de tall màxim en curtcircuits de 50 kA i de curtcircuit de durada de 3 segons 21 kA.

8.5.5.1. Equip de mesura

El sistema ABB PVS800, porta instal·lada una cèl·lula de mesura en mitja tensió, entre la sortida del transformador i les cèl·lules de protecció de mitja tensió.

Porta incorporat dins un transformador de tensió, dimensionat per mesurar la tensió nominal de 20 kV, i un transformador de corrent per corrents fins 30 A.

Les dades dels transformadors de mesura s'envien cap al comptador digital, que es connectar al mòdem per fer possible la monitorització de producció d'energia a distancia.

8.6. Sistema de protecció contra llamps

8.6.1. Protecció per el poste elèctric

Per efectuar la protecció contra llamps del poste elèctric, escull un parallamps tipus Franklin, que s'afecta un volum en forma de conus, al voltant del parallamps, d'un angle de 25º del pic del parallamps, en pla vertical. L'altura a la qual s'eleva el

parallamps respecte el poste, és de 3 metres, per qual es farà servir un pal de 3 metres.

El conductor per qual baixaran les descarregues és del coure sense aïllament, de secció de 50 mm², longitud total 15 metres. El conductor es fixarà a l'estructura del poste elèctric directament. A l'altura fins 2 metres respecte el terra, el conductor ha d'anar en un tub aïllant i en tub metàl·lic que li protegeix contra accidents mecànics possibles.

8.6.2. Protecció per caseta ABB PVS800

Per efectuar la protecció contra llamps de la caseta ABB PVS800, amb inversor i centre de transformació, escull un parallamps tipus Franklin, que s'afecta un volum en forma de conus, al voltant del parallamps, d'un angle de 250 del pic del parallamps, en pla vertical. L'altura a la qual s'eleva el parallamps respecte el poste, és de 9 metres, per qual es farà servir un pal de 9 metres.

El conductor per qual baixaran les descarregues és del coure sense aïllament, de secció de 50 mm², longitud total 11 metres. El conductor es fixarà a l'estructura del poste elèctric directament. A l'altura fins 2 metres respecte el terra, el conductor ha d'anar en un tub aïllant i en tub metàl·lic que li protegeix contra accidents mecànics possibles.

8.7. Postes a terra

8.7.1. Posta a terra de costat DC

La posta a terra del costat de DC, es compon del conductor de coure sense aïllament, de secció de 50 mm², i longitud total de 105 metres. El conductor s'enterra directament a una profunditat de 1 metre.

Per connectar els cables de protecció de posta a terra, es construeixen 2 arquetes, una en cada extrem de la posta a terra. La dimensió de cada arqueta, a de ser de 1,2 metres de profunditat, i de 0,4 metres de costats.

8.7.2. Posta a terra de costat AC

La posta a terra del costat del AC, es compon del conductor de coure sense aïllament, de secció 50 mm², que uneix 8 piques de coure de 8 metres de longitud, emportats en terra verticalment. Les piques estan formant un rectangle de 6 per 6 metres, 3 piques en cada costat, de manera que el conductor que els uneix té una longitud de 36 metres. La posta a terra esta enterrada a 0,8 metres de profunditat.

Es construïran dos arquetes, una per connectar el conductor de protecció de costat AC del centre de transformació, i un per connectar el conductor baixant del parallamps de la caseta ABB PVS800. La dimensió de cada arqueta serà de 0,8 metres de profunditat i 0,3 metres de costats.

9. MANTENIMENT

En aquest capítol es descriuran tipus de manteniment que cal aplicar a la instal·lació solar fotovoltaica. Es redacta el pla de manteniment preventiu per garantir un correcte funcionament de la planta i amb objectiu de allargar la seva vida útil.

Per redactar el plànol de manteniment s'ha fet referència a les recomanacions sobre el manteniment de dispositius de la instal·lació de diferents fabricants.

9.1. Tipus de manteniment

9.1.1. Manteniment correctiu

El manteniment correctiu és una forma de manteniment del sistema que realitza després d'haver ocorregut una falta o problema en alguna de les components d'instal·lació amb l'objectiu de corregir les faltes per tal restablir el funcionament de la instal·lació. S'utilitza quan és impossible de predir o prevenir una falta.

El procés de manteniment correctiu s'inicia amb una avaria i un diagnòstic per determinar la causa de la falta. És important determinar quina falta va ser la conseqüència del problema per poder prendre les mesures necessàries, i evitar així que es torni a succeir la mateixa falta.

Aquest tipus de manteniment pot ser més barrat a curt termini, i implica en no invertir en plans de manteniment preventiu. Però aquest manteniment disminueix la vida útil d'instal·lació, ja que a causa d'una manca de manteniment preventiu, pot provocar una avaria irreparable, amb greus conseqüències, que pot aportar la necessitat de canvi d'algun element substancial d'instal·lació, amb el preu significant.

Per aquest motiu aquest tipus de manteniment no es pot aplicar a instal·lacions grans, i s'ha de fer servir quan succeeix alguna falta inesperada, que no tingui res a veure amb manteniment preventiu, per tal de poder restablir la instal·lació.

9.1.2. Manteniment predictiu

El manteniment predictiu està basat en la determinació de l'estat en què està la instal·lació, és a dir, es basa en que els sistemes donaran un avís abans que fallin. Per lo qual aquest pla de manteniment es tracta de monitoritzar el comportament del sistema, per veure si està funcionant amb normalitat o no, per tal de prevenir la possible falta en la instal·lació.

En el manteniment predictiu es solen realitzar assajos no destructius, com a mesura de vibracions, mesurament de temperatures, termografies, intensitats, tensions, etc. El manteniment predictiu permet que es prenguin decisions abans que succeeixi la falta, de forma que es soluciona al problema abans de que aparegui. Detectar canvis anormals en funcionament de les parts de instal·lació i esmenar és una bona forma, encara que no fàcil, d'evitar possibles avaries en el sistema.

9.1.3. Manteniment preventiu

El manteniment preventiu és aquell manteniment que té com a primer objectiu evitar o disminuir les conseqüències dels errors o avaries del sistema, aconseguint prevenir les incidències abans que aquestes apareguin.

Aquest pla de manteniment permet detectar errors repetitius, disminuir el temps perdut per parades, augmentar la vida útil d'equips, disminuir cost de reparacions, detectar punts febles de la instal·lació.

9.2. Pla de manteniment preventiu

9.2.1. Mòduls solars fotovoltaics

Els panells fotovoltaics necessiten quatre operacions de manteniment bàsic, que tenen distinta freqüència d'aplicació. Són els següents :

- Neteja del mòdul

La brutícia que pugui acumular el panell pot reduir el seu rendiment, les capes de pols que redueixen la intensitat del sol no són perilloses, però poden ocasionar reducció de potència que porta fins a 8 % de pèrdues en regions secs. Per disminuir al mínim aquestes pèrdues cal far una neteja dels mòduls amb freqüència.

La neteja depèn del procés de embrutat, cal efectuar-la amb una determinada freqüència, o també, quan succeeix algun fet col la pluja amb fang. En el cas dels dipòsits procedents de les aus convé evitar posant petites antenes elàstiques que impedeixin que es posin.

La neteja es realitzarà amb aigua, sense agents abrasius ni instruments metàl·lics. Preferiblement es farà fora de les hores centrals del dia, per evitar canvis bruscos de temperatura entre l'aigua i el panell, i per evitar les hores quan es produeix més energia durant el dia.

Les tasques de neteja dels panells es realitzaran mensualment o, com s'havia mencionat avanç, després d'uns fenòmens meteorològics com pluja de fang, nevada o altres fenòmens similars.

- Inspecció visual

Cal efectuar una inspecció visual dels mòduls solars cada dos mesos del seu funcionament, que no porta a la parada de la instal·lació. Les tasques que s'han de realitzar són els següents :

- Es controlarà que cap cèl·lula es trobi en mal estat, vidre de protecció trencat, normalment a causa d'accions externes.
- Es comprovarà que el marc del mòdul es troba en correctes condicions, absència de deformacions o trencaments.

- Control de temperatura

Es controla mitjançant termografia infraroja. Es pretén monitoritzar per tal de comprovar que cap punt del panell estigui fora del rang de temperatura permès pel fabricant, sobretot en els mesos d'estiu.

La feina es realitza amb freqüència cada tres mesos. - Control de característiques elèctriques

Aquest tipus de manteniment es realitza anualment. Les feines que s'han de realitzar són les següents :

- Absència de sulfatació de contactes.
- Absència d'oxidacions en els circuits i soldadura de les cèl·lules, normalment causa de l'entrada d'humitat.
- Comprovació d'estat i adherència dels cables als terminals dels panells.

- Comprovació de l'estanquitat de la caixa de terminals o de l'estat dels caputxons de seguretat. Si escau, es substituiran les peces en mal estat i es netejaran els terminals.
- Comprovar la presa a terra i la resistència de pas al potencial de terra.
- Temperatura de connexions mitjançant termografia infraroja. En cas que alguna connexió aparentment correcta assoleixi una temperatura per sobre de 60 oC, es mesurarà la tensió i intensitat de la mateixa, controlant que està dins dels valors normals. Si cal, substituir aquesta connexió.

9.2.2. Estructures de suport dels panels

El manteniment s'efectua anualment. L'estructura esta feta d'acer galvanitzat i alumini, per lo qual no necessita el manteniment anticorrosiu. Les tasques per realitzar el manteniment són les següents :

- Comprovació de possibles degradacions (deformacions, esquerdes, etc.).
- Comprovació de l'estat de fixació de l'estructura a coberta. Es controlarà que els cargols es troben correctament ajustats. Si algun element de fixació presenta símptomes de defectes, es substituirà per un de nou.
- Comprovació de l'estanquitat de la coberta. Consisteix bàsicament en assegurar-se que totes les juntes es troben correctament segellades, reparant en cas necessari.
- Comprovació de l'estat de fixació de mòduls a l'estructura. operació anàloga a la fixació de l'estructura suport a la coberta.
- Comprovar la presa a terra i la fixació del cablat de la posta que uneix cada grup.

9.2.3. Caixes d'interconnexió

El manteniment de les caixes d'interconnexió es realitzarà anualment. Les tasques a realitzar són les següents :

- Comprovar el correcte ancoratge de la caixa a l'estructura suport corresponent i horitzontalitat de la mateixa, assegurant-se que els cargols està correctament ajustada, substituint algun element de fixació si es troba en mal estat.
- Comprovar que la carcassa de la caixa es troba en correcte estat i no presenta símptomes de deteriorament a causa d'agents externs. Substituir-la en cas necessari.
- Comprovar si la tapa està ben assentada i la seva estanquitat. Assegurar en tancar la tapa que els tancaments estiguin ben bloquejats.
- Comprovar si s'ha acumulat aigua de condensació en l'equip. Si és així, absorbir l'aigua que hi hagi, comprovar la causa de la infiltració d'aigua i esmenar el defecte.
- Comprovar si la connexió roscada de compensació de pressió presenta brutícia o danys i, si cal, substituir aquesta.
- Comprovar les fixacions de les cobertes situades per sobre dels fusibles de cada pol per cada string.
- Comprovar les etiquetes d'advertències de perill tant a l'exterior com a l'interior de l'equip i si són il·legibles o estan danyades reposar aquestes.
- Comprovar l'estanquitat de la caixa, cerciorant-se que no ha entrat humitat a l'interior. Substituir les juntes d'estanquitat en cas necessari.
- Realitzar una inspecció visual dels fusibles existents i dels molls tensors en els porta-fusibles.
- Controlar la fermesa del premi de totes les connexions del cablejat elèctric i, si cal, estrènyer. Comprovar si l'aïllament o els borns presenten descoloració o alteracions

d'un altre tipus. Canviar les connexions deteriorades o els elements de contacte oxidats.

- Controlar la fermesa del apretament de totes les connexions del cablejat string i, si cal, estrènyer.
- Comprovar el apretament de totes les connexions de l'interruptor-seccionador i de ser necessari estrènyer. Veure si l'aïllament o l'interruptor presenten descoloració o alteracions d'un altre tipus.
- Comprovar la presa a terra i la resistència de pas al potencial de terra.
- Comprovar el descarregador de sobretensió.
- És recomanable comprovar la temperatura de connexions mitjançant termografia infraroja. En cas que alguna connexió aparentment correcta assoleixi una temperatura per sobre de 60 oC, es mesurarà la tensió i intensitat de la mateixa, controlant que està dins dels valors normals. Si cal, substituir aquesta connexió.

9.2.4. ABB PVS800

El manteniment del sistema ABB PVS800 es realitzarà per la empresa responsable del seu manteniment. En general les tasques de manteniment seran els següents :

Per sistema de refrigeració :

- Neteja o recanvi de les dels filtres d'entrada d'aire (cada mes).
- Neteja de les reixetes protectores en les entrades i sortides d'aire (cada mes).
- Comprovació del correcte funcionament dels ventiladors de rarificació (anualment).

Per inversor :

- Neteja del dissipador de calor del component de potència. Comprovar cobertes i funcionament bloquejos.
- Inspecció de pols, brutícia, humitat i filtracions d'aigua a l'interior del armari de distribució.
- Si cal, netejar l'inversor i prendre les mesures pertinents.
- Revisar la fermesa de totes les connexions del cablejat elèctric i, donat el cas, estrènyer.
- Comprovar si l'aïllament o els borns presenten descoloració o alteracions d'un altre tipus. En cas necessari canviar les connexions deteriorades o els elements de connexió oxidats.
- Comprovar la temperatura de connexions mitjançant termografia infraroja. en cas que alguna connexió aparentment correcta assoleixi una temperatura per sobre de 60 oC, es mesurarà la tensió i intensitat de la mateixa, controlant que està dins dels valors normals. Si cal, substituir aquesta connexió.
- Inspeccionar i, donat el cas, reposar les etiquetes d'indicació d'advertència.

Per transformador :

- Controlar el apretament de les connexions i les barretes de les preses de regulació.
- Retirar la pols del transformador mitjançant aspiració, acabant la neteja del mateix bufant amb aire comprimit o amb nitrogen.
- Comprovar els aïllaments MT / massa, BT / massa i MT / BT.
- Comprovar si l'aïllament o els borns presenten descoloració o alteracions d'un altre tipus. En cas necessari canviar les connexions deteriorades o els elements de connexió oxidats.

- Inspeccionar i, donat el cas, reposar les etiquetes d'indicació d'avertència.
- Comprovar el funcionament dels ventiladors i atendre sorolls. Els ventiladors poden ser encesos si s'ajusten els termòstats o durant el funcionament.
- Control de la funció de sobre temperatura i revisar el funcionament del circuit de seguretat d'aquesta funció

Per cèl·lules de baixa i mitja tensió :

- Controlar el apretament de les connexions i les barretes de les preses de regulació.
- Comprovar si l'aïllament o els borns presenten descoloració o alteracions d'un altre tipus. En cas necessari canviar les connexions deteriorades o els elements de connexió oxidats.
- Inspeccionar i, donat el cas, reposar les etiquetes d'indicació d'avertència.
- Cal verificar l'estat de les proteccions (seccionadors, fusibles, etc.) i substituir aquells elements que presentin símptomes d'estar en mal estat.

9.2.5. Cablejat elèctric

Les tasques per manteniment del cablejat elèctric tenen una freqüència diferent, i són les següents :

- Comprovació de l'estat de la coberta i aïllament dels cables, així com les proteccions mecàniques dels mateixos. Si presenta algun símptoma de deteriorament, substituir el tram complet (cada mig any).
- Comprovació de l'estat dels borns de connexió de les línies elèctriques mitjançant inspecció visual (cada 2 anys).
- Comprovar l'estat de empalmaments i connexions, substituir les terminacions en cas de símptomes de deteriorament de les mateixes (cada 2 anys).
- Comprovar l'aïllament del cablejat present en la instal·lació (cada 5 anys).

9.2.6. Posta a terra

S'han de realitzar les següents tasques cada 2 anys :

- En l'època en que el terreny estigui més sec i després de cada descàrrega elèctrica, comprovació de la continuïtat elèctrica i reparació dels defectes trobats en els diferents punts de posada a terra.
- Comprovació de la línia principal i derivades de terra, mitjançant inspecció visual de totes les connexions i el seu estat enfront de la corrosió, així com la continuïtat de les línies. Reparació dels defectes trobats.
- Comprovació que el valor de la resistència de terra segueix sent inferior a 2,08 Ω per PAT en DC i inferior a 4,08 Ω en PAT en AC. En el cas que els valors obtinguts de resistència a terra fossin superiors l'indicat, aplicaran els líquids amb sals sobre terreny on passen els elèctrodes. Si la mesura anterior no és suficient, es suplementaran elèctrodes en contacte amb el terreny fins restablir els valors de resistència a terra de projecte.

10. ESTUDI ENERGÈTIC

La instal·lació està composta de 4224 mòduls solars fotovoltaics de 260 Wp de potencia. De forma que la potencia de pic de la instal·lació es situa en 1.098,24 kWp.

La potencia segons els condicions estàndards, que consideren la irradiància solar per defecte de valor 1000 W/m², la potencia nominal de la instal·lació és de 980 kW.

La potencia nominal real, que s'agafa com a la referencia la irradiació solar present en la superfície de la ubicació de la instal·lació fotovoltaica de valor 1.043 W/m², la potencia nominal màxima del conjunt dels panels és de 1.022 kW.

10.1. Irradiació solar

La irradiació solar que hi ha en instal·lació solar fotovoltaica, amb l'angle d'inclinació òptim de 38º per la ubicació, té els següents valors :

Mes	Irradiació (Wh/m ²)
Gener	3740
Febrer	4810
Març	5700
Abril	5610
Maig	5920
Juny	6360
Juliol	6500
Agost	6380
Setembre	5890
Octubre	4950
Novembre	3900
Desembre	3600
Mitja anual	5280

10.2. Producció anual estimada i pèrdues

L'estudi de producció d'energia elèctrica es fa amb ajuda del programa PVsyst. Entren totes les dades calculades en l'apartat de càlculs. Els resultats donats amb el programa són els següents :

Resultados principales			
Producción del Sistema	1763 MWh/a.	Prod. normalizada	4.40 kWh/kWp/día
Produc. específico	1605 kWh/kWp/año	Pérdidas generador	0.74 kWh/kWp/día
Factor de rendimiento	0.832	Pérdidas sistema	0.15 kWh/kWp/día

Com es pot veure la instal·lació present produirà anualment **1.763 MWh** d'energia elèctrica neta. La producció específica anual es situa en valor de 1.605 kWh per cada

kWp instal·lat o 417,3 kWh per cada panel instal·lat. La producció diària mitja es situa en 4,4 kWh per cada kWp o 1,144 kWh per cada panel fotovoltaic.

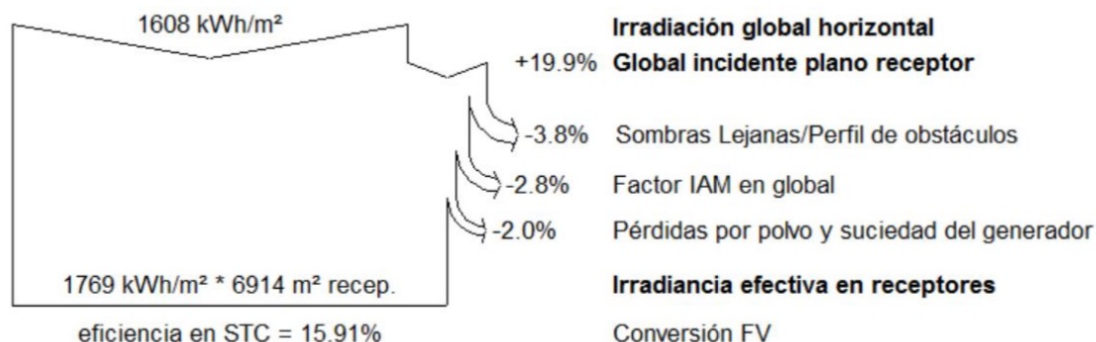
A continuació es pot veure els resultats mensuals del balanç energètic de la instal·lació fotovoltaica present :

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	62.3	10.18	113.8	105.8	114.0	112.2	14.49	14.26
Febrero	84.0	10.68	132.8	123.1	132.0	129.8	14.37	14.14
Marzo	135.5	13.13	179.0	165.5	174.0	171.2	14.05	13.83
Abril	153.6	15.40	167.3	152.1	159.1	156.5	13.75	13.53
Mayo	189.4	19.09	183.0	165.5	170.2	167.4	13.46	13.24
Junio	209.1	23.34	192.9	174.6	176.0	173.3	13.19	12.99
Julio	215.1	26.17	204.0	185.5	183.8	161.7	13.03	11.46
Agosto	189.1	26.53	201.1	184.3	181.5	178.7	13.05	12.85
Septiembre	143.1	22.71	176.2	162.0	163.4	149.3	13.41	12.26
Octubre	105.1	19.54	152.7	141.2	144.9	142.7	13.73	13.51
Noviembre	66.0	14.24	115.5	106.9	113.4	111.6	14.19	13.97
Diciembre	55.8	10.73	110.2	102.6	110.4	108.6	14.50	14.26
Año	1608.1	17.69	1928.6	1769.0	1822.6	1763.0	13.87	13.22

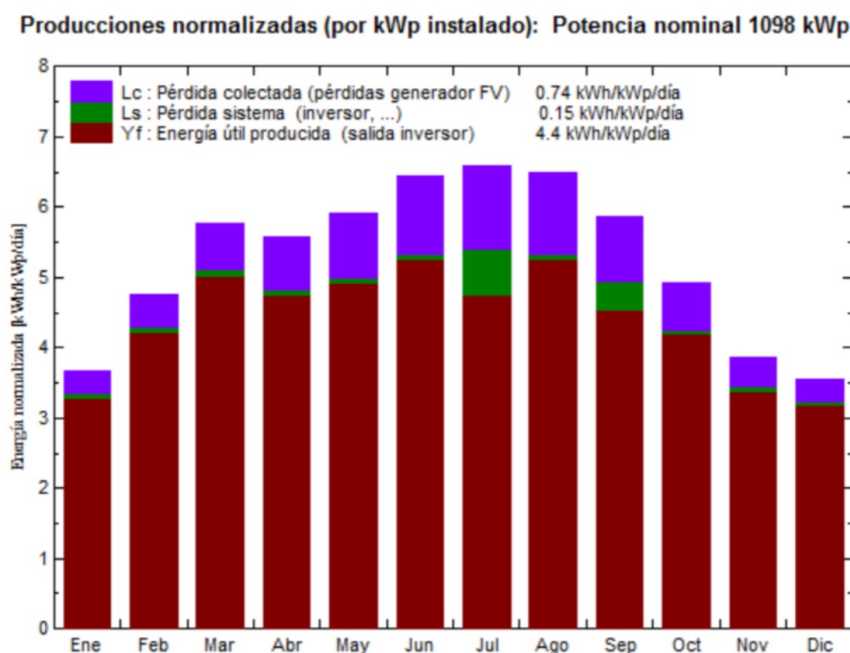
Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
	T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	EffArrR	Eficiencia Esal campo/superficie bruta
	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EffSysR	Eficiencia Esal sistema/superficie bruta

La conversió de la radiació solar i les pèrdues presents en generadors fotovoltaics es representen en la següent esquema :



D'aquí es pot veure que l'energia solar que arriba als mòduls fotovoltaics és de 1.608 kWh per cada m², que al posar els panels a un angle òptim de 38º, augmenta un 19,9 % fins a 1.917 kWh/m². Descomptant les pèrdues del ombres de 3,8 % en total, considerant també les ombres ocasionades per muntanyes i edificis llunyans. Les pèrdues per brutícies es consideren de 2 % i pèrdues per difusió de 2,8 %. La quantitat final d'energia que convertiran els panels fotovoltaics és de **1.769 kWh/m²**.

Tenint en compte la eficiència del panels, que és de 15,91 %, la generació d'energia elèctrica bruta anual és de 1945 MWh. Les pèrdues totals del sistema s'avaluen en 202 MWh anuals.



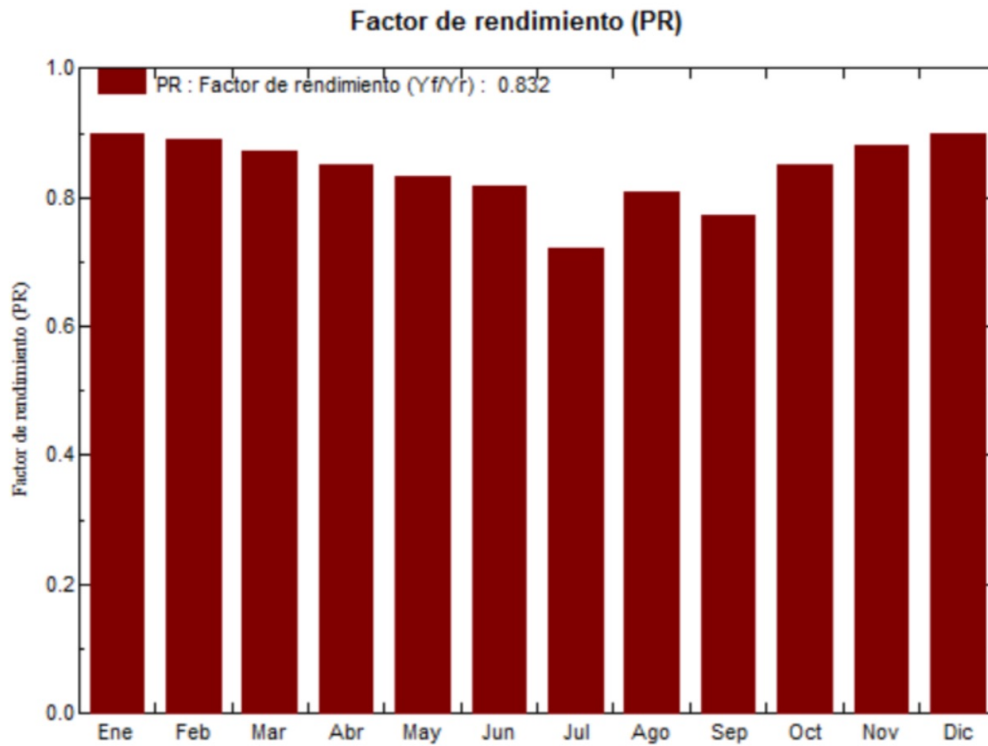
En la gràfica anterior es mostra la producció mensual d'energia elèctrica total, en funció amb pèrdues de generador fotovoltaic (incloent pèrdues per brutícia i parades per neteja, difusió i ombres), i les pèrdues en la resta del sistema. Les pèrdues del sistema també inclouen pèrdues per parades del manteniment, degut a que en mesos de juliol i setembre aquestes augmenten.

A continuació es mostra el resum de pèrdues :

Factores de pérdida Generador FV

Pérdidas por polvo y suciedad del generador			Fracción de Pérdidas	2.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	3.3 mOhm	Fracción de Pérdidas	0.8 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.8 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05
Indisponibilidad del sistema	5.0 días, 3 periodos		Fracción de tiempo	1.4 %

El factor de rendiment, vist el balanç energètic de la instal·lació, es situa en un valor de 0.832 anual. En la següent gràfica es pot veure els factor del rendiment per mesos :



10.3. Correcció de producció per envelliment

Els generadors fotovoltaics perden les seves propietats per envelliment, que porta a una pèrdua de producció energètica. El fabricant garanteix que en 25 anys la producció no caurà en més de 20 %, de la nominal, en pitjor cas. Per tant en pitjor cas, la pèrdua de producció anual serà de 0,8 %.

D'aquesta manera es fa la correcció de la producció d'energia elèctrica anualment durant 25 anys,

11. ESTUDI MEDIAMBIENTAL

11.1. Impacte al paisatge

La ubicació de la instal·lació solar fotovoltaica present no presenta cap afectació important al paisatge de la zona, ja que s'ubica a un terreny pla, agrícola, fora de les zones protegides.

11.2. Impacte a flora i fauna

La instal·lació solar fotovoltaica no presenta cap efecte sobre la flora i fauna, ja que esta ubicada sobre terreny agrícola, que no porta a cap mena de destrucció de flora. La seva ubicació no presenta cap obstacle el pas d'animals i esta fora dels territoris protegits.

11.3. Impacte sobre aigües superficials u subterrànies

La instal·lació present no produeix cap alteració de les aigües superficials ni subterrànies. El consum d'aigües és degut únicament al neteja dels mòduls fotovoltaics, i no presenta cap embrutiment per líquids químics.

11.4. Residus

En la instal·lació solar present únics residus que poden haver són el aparellats del qual consisteix la instal·lació. Es a dir els elements que s'hauran de substituir quan aquests presenten símptomes del desgast o s'espatllin. Tots aquests elements seran entregats a les empreses competents per la seva recuperació.

11.5. Emissió de sorolls

Els nivells màxim d'emissió sonora no superen 70 dB, que emet el sistema ABB PVS800, concretament el transformador elevador. Degut a que la instal·lació esta a una distancia de 500 metres dels habitatges, el soroll que arribarà a aquestes cases no serà important i no es sentirà per habitants.

11.6. Emissions

La generació d'energia elèctrica mitjançant els mòduls solars fotovoltaics no presenta cap emissió dels gasos d'efecte hivernacle o els gasos que poden presentar perill per la salut de les persones com SO₂ o NxO_y.

11.7. Emissions de gasos evitades

Segons les dades del Institut de Diversificació i Ahorro Energètic (IDAE), les emissions per generar un kWh d'energia elèctrica, amb els centrals convencionals són les següents :

- Emissions CO₂ : 0,287 kg/kWh
- Emissions SO₂ : 0,254 g/kWh
- Emissions NxO_y : 0,217 g/kWh