

MASTER EN ENERGIA PER AL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE

MASTER EN ENERGIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Universidad
Católica
"Nuestra Señora de la Asunción"



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

MÒDUL 10 : PROJECTE FINAL DE MASTER
COORDINADOR : DANIEL GARCIA-ALMIÑANA

**Instal·lació fotovoltaica connectada a
xarxa a la coberta del pavelló poliesportiu
de Bellvís (Lleida)
- MEMÒRIA -**

Autors :
Sergio Quiles
Arnau Oltra
Francesc Pons
Alejandro Nicolás

GRUP G02/2009-TER
Tutor :
Manel Ibáñez
Presentació :
Terrassa, a 16 de Gener de 2010

ÍNDEX

MEMÒRIA	pag 5
1 Introducció	pag 6
1.1 Antecedents	pag 6
1.2 Objecte	pag 6
1.3 Abast	pag 6
1.4 Especificacions bàsiques	pag 7
1.5 Justificació	pag 8
2 Introducció als sistemes fotovoltaics	pag 10
2.1 La tecnologia	pag 10
2.2 La conversió fotovoltaica	pag 10
2.3 Cèl·lules solars	pag 11
2.4 La unitat watt-pic (Wp)	pag 11
2.5 El manteniment	pag 12
2.6 Impacte ambiental	pag 12
2.7 Components dels sistemes fotovoltaics	pag 13
2.7.1 Els mòduls fotovoltaics	pag 13
2.7.2 L'inversor	pag 15
2.7.3 Elements de connexió a la xarxa elèctrica	pag 15
2.8 Aplicacions	pag 16
2.8.1 Sistemes autònoms	pag 17
2.8.2 Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica	pag 17
2.8.3 Altres utilitzacions de l'energia fotovoltaica	pag 19
2.9 Costos i dimensionat	pag 19
3 Captació de la radiació solar	pag 21
3.1 Introducció	pag 21
3.2 Captació solar fixa	pag 21
3.3 Captació solar de seguiment en un eix	pag 22
3.4 Captació solar de seguiment de doble eix	pag 22
3.5 Solució adoptada	pag 22
4 Descripció de la instal·lació solar fotovoltaica	pag 24
4.1 Emplaçament	pag 24
4.2 Connexió a la xarxa	pag 24
4.3 Mòduls fotovoltaics de captació solar	pag 24
4.3.1 Estudi previ	pag 24
4.3.2 Mòduls policristal·lins	pag 27
4.3.3 Díodes de protecció	pag 28
4.4 Superfície de captació solar	pag 28
4.5 Inversors de corrent	pag 29
4.5.1 Inversors d'ona quadrada	pag 29
4.5.2 Inversors d'ona sinodal modificada (trapezoïdal)	pag 30
4.5.3 Inversors d'ona sinodal pura	pag 30
4.5.4 Elecció de l'inversor	pag 30
4.5.5 Instal·lació dels inversors	pag 32
4.7 Estructura de suport dels mòduls fotovoltaics	pag 32
4.8 Armaris de proteccions i connexions	pag 32

5	Instal·lació elèctrica.....	pag 33
5.1	Energia de captació.....	pag 33
5.2	Energia produïda.....	pag 33
5.3	Consums auxiliars.....	pag 33
5.4	Punt de connexió a la xarxa.....	pag 34
5.5	Escomesa general.....	pag 34
5.6	Caixa general de protecció i equips de mesura.....	pag 34
5.7	Conductors.....	pag 34
5.7.1	Línies captadores.....	pag 36
5.7.2	Línies inversors.....	pag 36
5.7.3	Línia de distribució.....	pag 37
5.8	Posta a terra.....	pag 37
5.9	Proteccions.....	pag 37
5.9.1	Proteccions a les línies inversores.....	pag 38
5.9.3	Proteccions a la línia distribució.....	pag 38
5.9.4	Proteccions a la línia de connexió.....	pag 38
6	Condicions ambientals.....	pag 39
7	Manteniment.....	pag 42
7.1	Tasques generals de manteniment.....	pag 42
7.2	Manteniment mòduls fotovoltaics.....	pag 42
7.2.1	Neteja periòdica del mòdul.....	pag 43
7.2.2	Inspecció visual del mòdul.....	pag 43
7.2.3	Control de connexions i cablejat.....	pag 43
7.2.4	Comprovació del tancament caixa de terminals.....	pag 43
8	Posta en marxa.....	pag 44
8.1	Part administrativa.....	pag 44
8.2	Part tècnica.....	pag 44
9	Resum del pressupost.....	pag 45
10	Conclusions.....	pag 46
11	Bibliografia.....	pag 47

PLÀNOLS..... pag 48

- 01 Situació
- 02 Emplaçament
- 03 Esquema unifilar
- 04 Detall CC
- 05 Detall CA i evacuació
- 06 Subjecció i perfil

ANNEXOS

- A Simulacions Pvsyst
- B Càlculs elèctrics
- C Estudi de Seguretat i Salut
- D Estudi Econòmic
- E Radiació solar a Bellvís
- F Catàlegs i manuals d'instruccions

MEMÒRIA

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

Els sistemes fotovoltaics de connexió a la xarxa elèctrica, s'emmarquen dins el Pla de Foment de les Energies Renovables elaborat pel govern Espanyol amb l'objectiu de complir els acords signats en el protocol de Kyoto, en el qual es va acordar que el 12% d'energia primària consumida a l'estat Espanyol ha de provenir de fonts renovables, per a reduir d'una manera significativa les emissions de CO₂ a l'atmosfera.

En aquest sentit el govern Espanyol amb la finalitat d'impulsar la implantació de sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa elèctrica, va establir per mitjà del Reial Decret 1578/2008 unes primes per cada kWh injectat. Aquesta prima per a plantes iguals o majors de 20kW nominals durant l'any 2009 segons RD 1578/2008 son de:

- 0,31665 €/kWh durant 25 anys.

Una planta fotovoltaica transforma l'energia lumínica procedent del sol en energia elèctrica que es injectada directament a la xarxa, sense cap tipus d'acumulador o bateria. Aquest procés es realitza mitjançant mòduls solars fotovoltaics, que generen energia elèctrica en forma de corrent continua. Aquesta corrent es transforma en alterna mitjançant uns inversors de potència. Aquesta corrent alterna s'injecta directament a la xarxa elèctrica convencional, a la mateixa tensió i freqüència que la pròpia xarxa. Aquesta energia a més de contribuir a la reducció d'emissions de CO₂, estalvia energia per la disminució de les pèrdues de transport, pel fet que l'energia es genera a prop dels punts on es consumeix.

L'ajuntament de Bellvís disposa, entre les seves instal·lacions municipals, d'un pavelló poliesportiu a la sortida del poble amb una superfície total de coberta de 2816m² i una estació transformadora adossada a la infraestructura.

El consistori es planteja oferir aquesta superfície de coberta als seus ciutadans per tal de construir-hi una instal·lació fotovoltaica participada, amb unitats de participació d'1 kW. La gestió aniria a càrrec dels mateixos partícips.

Per aquest motiu s'ha sol·licitat als estudiants **Alex Nicolás, Arnau Oltra, Francesc Pons i Sergi Quiles**, que realitzin com a projecte final de màster, del "*Master en Energia Para el Desarrollo Sostenible*" l'estudi de la instal·lació.

1.2 Objecte

Estudi de les millors condicions tècniques i econòmiques de la planta d'energia solar fotovoltaica connectada a xarxa sobre la coberta del pavelló poliesportiu de Bellvís, segons el disposat en el RD 1663/2000 de 29 de setembre, i RD 1578/2008 de 27 de setembre. L'ajuntament de Bellvís vol oferir la coberta del pavelló esportiu als seus habitants per construir una instal·lació participada.

1.3 Abast

El projecte abastarà, el disseny i el dimensionat de la instal·lació solar fotovoltaica, la qual disposarà de tots els elements necessaris de protecció i mesura, a més a més es dissenyaran sistemes per a protegir la instal·lació solar contra les inclemències del temps.

La realització de la instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa, es pot desglossar amb les següents parts:

- Estudi previ de la tecnologia a aplicar entre els mòduls fotovoltaics cristal·lins i els de capa fina.
- Disseny del camp de plaques solars amb la tecnologia triada.
- Disseny dels sistemes de protecció.
- Disseny de la instal·lació elèctrica i de control.
- Estudi econòmic.
- Estudi ambiental.
- Estudi de seguretat i salut.

1.4 Especificacions bàsiques

La següent taula mostra les especificacions bàsiques que s'han tingut en compte per a l'elaboració del present estudi:

Ubicació de la planta fotovoltaica:	Coberta del pavelló poliesportiu de Bellvís. Coordenades UTM: Latitud: 41,7°N Longitud: 0,8°E Altitud: 202msnm
Superfície disponible de coberta:	2816m ²
Tipus de instal·lació fotovoltaica:	Connectada a xarxa
Potència nominal de la planta:	≤100kW
Tecnologia dels mòduls fotovoltaics:	Policristal·lí o Capa Fina.
Punt evacuació d'electricitat:	Centre transformador annex al pavelló poliesportiu.
Tensió/Freqüència de connexió a xarxa:	400V (trifàsic) / 50Hz
Prioritat d'optimització:	Benefici econòmic a 25 anys.

1.5 Justificació

La present instal·lació de generació d'electricitat, mitjançant mòduls fotovoltaics, es realitza a partir de la consulta de l'ajuntament de Bellvís, sobre la possible utilització de la coberta del poliesportiu per aquest ús amb l'objectiu de que sigui una instal·lació participada per els ciutadans.

Una central solar fotovoltaica participada popularment persegueix que el ciutadà pugui mostrar la seva voluntat d'ajudar a compensar les emissions de CO₂ del consum familiar en electricitat d'origen no renovable.

Amb aquest projecte l'Ajuntament impulsa una activitat que contribueix a consolidar la cultura de la sostenibilitat del planeta i a lluitar contra el canvi climàtic. Els habitants de Bellvís esdevindran protagonistes d'una nova forma d'estalviar per el futur i el benestar comú.

Els ciutadans que desitgin fer un gest contra el canvi climàtic, podran invertir en una activitat que, mercès a als incentius que marca la llei vigent, els hi reportarà un benefici econòmic. Mitjançant un sistema de miniaturització on line, els ciutadans podran fer un seguiment de l'energia elèctrica renovable que es produeix cada dia i de les emissions que s'estalvien.

Amb la finalitat de que la participació sigui popular, i no de caire especulatiu, l'ajuntament fixarà unitats de participació d'1 kW.

L'operativa per posar en marxa aquesta iniciativa es que l'administració municipal en faci una gran difusió per tal d'identificar el centenar de possibles inversors interessats en el projecte.

Seguidament es podrà formalitzar una societat (limitada o be una cooperativa) on els inversors aportaran el seu capital i rebran a canvi una participació en la societat.

L' inversió a realitzar per cada inversor resultarà de dividir, entre el numero de participants, import de d'inversió per a la construcció de la planta fotovoltaica mes despeses de funcionament. En el cas de que la societat decideixi finançar part de d'inversió amb crèdits bancaris, l'aportació per cada inversor es reduiria augmentant per tant la rendibilitat econòmica.

Donat que l'objectiu principal d'una central solar fotovoltaica participada popularment no es la pura rendibilitat econòmica sinó buscar la mobilització popular per les energies renovables i contra el canvi climàtic, en molts casos no s'utilitza financiació bancària sinó que tota la financiació es fa amb recursos propis.

L'administració local cedirà, mitjançant conveni amb la societat, l'ús de la coberta del poliesportiu per un període de 25 anys, que es el temps durant el qual l'Estat atorgarà la prima per l'energia abocada a la xarxa. La societat assumirà la titularitat de la futura instal·lació i també la seva gestió.

A partir d'aquí la societat seleccionarà i contractarà l'empresa instal·ladora amb la millor oferta tècnica, i l'Ajuntament facilitarà els permisos pertinents per executar l'obra.

Un cop la central fotovoltaica es posi en marxa i comenci a vendre energia a la companya elèctrica es començaran a generar els fluxos econòmics que permetran retornar la inversió i, mes endavant, retribuir als inversors.

Per detalls econòmics sobre inversions, despeses i rendibilitat consultar l'annexa D, Estudi Econòmic.

En aquest context el **R.D. 661/2007** de 25 de Maig i el **R.D. 1578/2008** de 26 de Setembre, regulen l'activitat de producció de l'energia elèctrica en règim especial desenvolupant els principis recollits a la **Llei 54/1997** de 27 de Novembre, que garanteix als titulars de les instal·lacions en règim especial (fotovoltaica) una retribució raonable en funció de les seves inversions. L'**objectiu** de l'esmentat decret és complir amb l'objectiu inclòs en la directiva **2001/77/CE** de 27 de Setembre de 2001.

És d'aplicació, d'allò establert en aquest decret, en les instal·lacions contemplades a l'article 27 de la Llei 54/1997. En aquesta article es contemplen les instal·lacions solars en la Categoria b, Grup 1, Subgrup b.1.1, és a dir, instal·lacions que únicament utilitzen radiació solar com energia primària mitjançant la tecnologia fotovoltaica.

El **R.D. 1578/2008 atorga i assegura** el dret dels productors de percebre per la venda total o parcial de l'energia produïda, la **retribució** prevista en el règim econòmic establert en aquest decret.

En el context de la reducció de la dependència energètica exterior, un major aprofitament dels recursos energètics disponibles i una major sensibilització ambiental, la política energètica nacional mitjançant la recerca de l'eficiència energètica i la utilització de fonts d'energia renovable, esdevé una eina imprescindible per reduir les emissions de gasos contaminants i complir així, amb el pacte en el **protocol de Kyoto**. Els objectius relatius al foment de l'energia renovable es recull en el Pla d'Energia Renovable 2005-2010.

L'estudi que es desenvolupa a continuació s'engloba dins del context de la reducció de gasos contaminants i d'una major sensibilització mediambiental per part del promotor de l'esmentat projecte, tot això, sota la premissa de contribuir a complir amb el protocol de Kyoto.

La utilització de la coberta d'un pavelló preexistent té l'avantatge de que té un impacte ambiental mínim, ja que no utilitzem un espai que podria dedicar-se a altres utilitats, com seria el cas de voler instal·lar els mòduls a una zona agrícola. Però ens obliga a dissenyar la ubicació dels captadors adaptant-nos a la forma i orientació de la coberta existent, i imposa limitacions a la possibilitat d'utilitzar algunes tecnologies com ara els mòduls de seguiment del sol, les quals s'utilitzen bàsicament a instal·lacions sobre el terra.

A les especificacions es fixa la potencia nominal a un màxim de 100kW per tal de maximitzar la rendibilitat de instal·lació tenint en compte la legislació actual. En el cas de volgué superar aquesta potencia ens veuríem obligats per la normativa a fer costoses inversions addicionals en la zona d'evacuació de l'energia.

2 INTRODUCCIÓ ALS SISTEMES FOTOVOLTAICS

Per a obtenir una millor comprensió del present projecte, a continuació es pretén explicar breument el principi de funcionament dels sistemes fotovoltaics, es a dir, donar els coneixements bàsics per a entendre com per mitja dels raigs solars podem obtenir energia elèctrica per al seu consum passant per els sistemes que permeten captar i transformar aquest energia, donant vital importància als sistemes solars fotovoltaics connectats a la xarxa.

2.1 La tecnologia

Els avantatges de la tecnologia fotovoltaica (FV) són evidents: utilització de recursos naturals, autòctons, abundants i gratuïts, tecnologia a l'abast, autonomia de subministrament amb un mínim de manteniment, baix impacte ambiental, absència de línies elèctriques, el seu cost no està sotmès a l'augment dels preus energètics, etc. L'electrificació amb sistemes fotovoltaics es conforma com una alternativa vàlida a les fonts de subministrament convencional.

La tecnologia FV transforma directament la radiació solar en electricitat sent l'efecte fotoelèctric el fonament de la conversió fotovoltaica. L'element fonamental d'aquests sistemes és la cèl·lula solar. Tot i que gairebé totes són del mateix material bàsic (el silici, monocristal·lí, policristal·lí o amorf), les diverses tecnologies ofereixen cèl·lules amb característiques tècniques, formals i d'aspecte diverses.

La potència que proporcionen els sistemes fotovoltaics està en funció de la radiació solar rebuda i de la temperatura de les cèl·lules. En aquest sentit, la seva potència nominal es mesura en watts pic (Wp), que és la potència que pot proporcionar la cèl·lula amb una intensitat de radiació constant de 1000W/m^2 i a una temperatura de cèl·lula de 25°C .

2.2 La conversió fotovoltaica

Consisteix en la transformació de l'energia lumínica provinent del Sol en energia elèctrica, fenomen anomenat fotoelèctric, que té lloc a la cèl·lula solar.

L'efecte fotovoltaic es produeix en incidir la radiació solar sobre un tipus de material anomenat semiconductor (material en que es fabriquen les cèl·lules solars fotovoltaiques), i provocar un moviment caòtic d'electrons al seu interior. Si s'uneixen dos regions d'un semiconductor a les quals, artificialment, s'ha dotat de concentració diferent d'electrons, es genera un camp electrostàtic constant, tal i com es mostra en la figura 1. D'aquesta forma s'obté un corrent elèctric entre les dues zones del semiconductor.

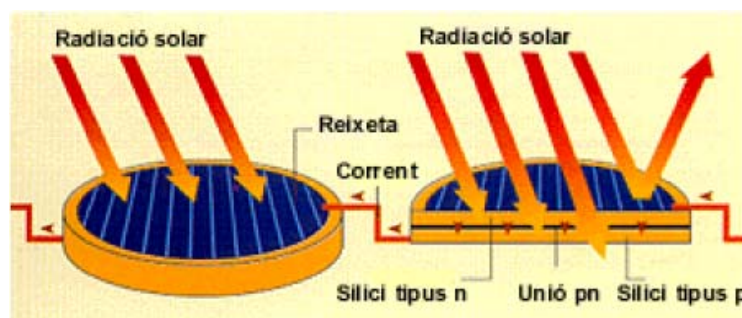


Fig. 1: Efecte fotovoltaic.

2.3 Cèl·lules solars

Les cèl·lules solars fotovoltaïques formen part de la revolució tecnològica en el camp de la física de l'estat sòlid. El seu funcionament segueix els principis bàsics de l'estat sòlid i de la física quàntica, mitjançant els quals la radiació del sol genera directament electricitat.

L'element més simple dels sistemes fotovoltaics és la cèl·lula solar, està composta de dues o més capes de material semiconductor en els quals els seus àtoms absorbeixen la llum alliberant electrons que constitueixen la corrent elèctrica. Una unió entre dos materials semiconductors diferents crea un voltatge que condueix als electrons a través del circuit.

Una cèl·lula individual produeix una petita quantitat de potència, no obstant moltes cèl·lules es connecten formant un mòdul, que genera una major potència, voltatge i corrent, i a la vegada serveix com a forma de protegir a les cèl·lules. Quan les necessitats són de major potència, els mòduls es poden agrupar conjuntament per formar els denominats "arrays".

Els mòduls són dividits en els de panell pla, que es componen d'un gran nombre de cèl·lules sempre situats d'una manera uniforme, o poden ser de concentradors, utilitzen cèl·lules d'alta eficiència molt cares, en petites àrees i amb uns concentradors de lents de baix cost que concentren la radiació solar en les cèl·lules i que a més a més estan previstes d'un sistema de seguiment solar.

Les cèl·lules solars poden tenir dos configuracions ben diferenciades; les d'unió simple i les d'unió múltiple. Les cèl·lules d'unió simple són utilitzades per a l'aprofitament d'una única part de l'espectre solar (la porció de l'espectre optimitzat depèn de l'elecció del material semiconductor), per tant aquest tipus de cèl·lula té una eficiència de conversió limitada. En un dispositiu d'unió múltiple, les cèl·lules agrupades sintetitzen amb les diferents porcions de l'espectre solar. Això permet absorbir un ampli ventall d'espectre solar i per tant permet produir una major quantitat d'electricitat que les cèl·lules d'unió simple.

Les cèl·lules solars transformen directament part de l'energia solar que reben en energia elèctrica. L'efecte fotovoltaic es produeix quan la radiació solar entra en contacte amb un material semiconductor cristal·lí. La llum transporta energia en forma de fotons.

Aquests, al incidir sobre determinats materials (per exemple, el silici dopat amb fòsfor i bor, i transformat, per tant, en un semiconductor), produeix un moviment d'electrons en el seu interior, apareixen en els seus extrems una diferència de potencial, el que les converteix en una petita pila o generador elèctric.

Quan sobre la cèl·lula solar fotovoltaica incideix la radiació solar, apareix en ella una tensió anàloga a la que es produeix entre els borns de una pila. Mitjançant la col·locació de contactes metàl·lics en cada una de les cares pot es extraure l'energia elèctrica, que es utilitzable en diferents aplicacions.

Els panells solars estan formats per aquestes cèl·lules solars interconnectades entre elles formant tota una xarxa amb un voltatge e intensitat nominals determinats que variaran segons els tipus de cèl·lules i a les condicions a que es sotmeten.

2.4 La unitat watt-pic (W_p)

La unitat watt-pic (W_p) expressa la potència que pot subministrar una cèl·lula o un mòdul FV quan hi incideix una radiació de 1000 W/m^2 i a una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Si la totalitat de l'assolellament, expressat en W/m^2 , que arriba durant un dia a un punt de la Terra es divideix per 1000 W/m^2 , s'obté el número d'hores teòriques d'assolellament a 1000 W/m^2 ,

que són les anomenades hores solar pic. Multiplicant les hores solar pic per la potència nominal de la placa, se sap l'energia que pot donar una placa en un dia mitjà. A la nostra latitud, l'assolellament equival a una mitjana d'unes 4 - 4,5 hores solar pic per dia.

Una placa de, per exemple, 40 Wp, produirà 40 Wh d'energia si durant una hora rep aquesta radiació nominal. Si l'assolellament no arriba a aquesta intensitat necessitarà més d'una hora per produir aquests 40 Wh. Per tant, cal utilitzar el concepte d'hora solar pic.

Un dia pot tenir 10 hores de sol, però en canvi pot ser que només tingui 4 o 5 hores de pic. El nombre d'hores pic d'un dia determinat s'obté dividint tota l'energia de l'assolellament d'aquell dia (en Wh/m²/dia) per 1.000 W/m². Per això, per saber l'energia que ens donarà una placa no es pot multiplicar la seva potència (en watts-pic) pel nombre d'hores de sol d'un dia, ja que no totes aquestes hores no són de màxima intensitat solar.

Per tenir una idea, sumant tota l'energia que dona el Sol durant un dia només equival a unes 5 hores solars de pic a l'estiu i entre 3 i 4 a l'hivern (a una latitud de 41 ° per exemple).

2.5 El manteniment

Les instal·lacions FV necessiten un manteniment mínim i senzill per part de l'usuari. Bàsicament afecta als captadors i, en el cas de sistemes autònoms, també als acumuladors o bateries. La resta d'elements de la instal·lació (cablejat, punts de llum, etc.) únicament necessita una revisió anual i la neteja habitual de qualsevol equip d'aquest tipus.

S'ha de netejar el vidre dels panells, com a mínim, una vegada a l'any, tot i que és aconsellable, sobre tot en determinats emplaçaments, fer-ho un cop al mes. En cas contrari, la pols i la brutícia impedeixen el pas de la llum a les cèl·lules, disminuint la seva eficiència.

Pel que fa a les bateries, també és convenient la seva neteja exterior, a fi i efecte de facilitar la dissipació de la calor. En tot cas, és imprescindible comprovar amb regularitat (un cop per setmana, per exemple) el seu estat de càrrega, donat que si és molt baix durant llargs períodes de temps, la seva vida útil es redueix sensiblement. Igualment, s'ha d'observar freqüentment el nivell de l'electròlit, ja que els cicles de càrrega i descàrrega de les bateries comporten la seva evaporació. Per evitar-ho, cal afegir-hi aigua destil·lada fins al nivell òptim recomanat pel fabricant.

Un cop a l'any és necessària una inspecció especialitzada per tal de verificar i calibrar tots els elements de la instal·lació.

Cal recordar que el manteniment preventiu és de gran importància, per tal de perllongar la vida de la instal·lació i, al mateix temps, assolir un alt rendiment.

2.6 Impacte ambiental

El principal avantatge de l'energia solar fotovoltaica és l'obtenció d'energia elèctrica sense recórrer a cap tipus de combustió. Per tant, no es produeix cap tipus d'emissió contaminant atmosfèrica que pugi afavorir l'efecte hivernacle (CO₂) o la pluja àcida (Nx).

El fet de poder consumir l'energia en el mateix lloc on és produïda fa innecessària la creació d'infraestructures de transport energètic, evitant així el conseqüent impacte que generen. D'altra banda, la instal·lació de sistemes autònoms en l'àmbit rural pot evitar el despoblament i abandó de terres de cultiu o llocs de difícil accés.

El possible impacte visual ocasionat pels mòduls de captació, pot minimitzar-se gràcies a les seves diferents possibilitats d'implantació. La utilització d'elements integrats als edificis, que poden arribar a substituir alguns dels seus elements constructius, fa que el seu impacte visual sigui nul o que, anant més enllà, es conformin com un element projectual de partida.

L'impacte ambiental derivat dels components de la instal·lació és el mateix que el de qualsevol procés industrial. L'obtenció del silici, matèria primera per a la fabricació de les cèl·lules solars, no exigeix l'explotació intensiva de jaciments, donat que, després de l'oxigen, és el material més abundant de la Terra.

Tot i així, en instal·lacions autònomes, on és necessari disposar d'acumuladors que garanteixin el subministrament, no es pot ignorar l'impacte ambiental de les bateries, degut a què contenen elements perjudicials per a l'entorn (plom, ferro, clor, àcids, etc.).

2.7 Components dels sistemes fotovoltaics

Els components d'una instal·lació fotovoltaica depenen del tipus de sistema emprat, que pot ser autònom o connectat a la xarxa, així com de les característiques pròpies de la instal·lació.

En el cas dels sistemes autònoms, els components bàsics són els mòduls fotovoltaics, regulador de càrrega, acumuladors e inversor.

En el cas dels sistemes connectats a la xarxa de distribució, no es necessita cap acumulador, donat que l'electricitat (la totalitat o bé els excedents) és lliurada a la xarxa mateixa en comptes de ser emmagatzemada, així com tampoc és necessari el regulador de càrrega. Per tant, els components bàsics dels sistemes connectats a la xarxa són els mòduls fotovoltaics, els inversor i els elements de connexió de la xarxa elèctrica.

En qualsevol cas, la instal·lació ha de complir la normativa vigent per a Baixa Tensió i disposar dels elements habituals d'operació i protecció, com interruptors magnetotèrmics a la sortida de l'acumulador i de l'inversor, indicadors de corrent en el circuit, posta a terra, etc.

En quant al cablejat en corrent continu, és important minimitzar la longitud del cable a utilitzar. Per tant, s'ha de procurar que les distàncies entre els panells, el regulador, les bateries i l'inversor siguin el més petites possible.

2.7.1 Els mòduls fotovoltaics

Els mòduls fotovoltaics estan dissenyats per suportar les condicions que es donen a l'aire lliure i poder formar part de la pell de l'edifici. La seva vida útil s'estima al voltant dels 45 anys.

Les cèl·lules s'encapsulen en una resina, i es col·loquen entre dues làmines per formar els mòduls fotovoltaics. La làmina exterior és de vidre i la posterior pot ser de plàstic opac o de vidre, si es vol fer un mòdul semitransparent.

Els mòduls fotovoltaics produeixen electricitat en forma de corrent continu i solen tenir entre 20 i 40 cèl·lules, tot i que són usuals els mòduls de 36 cèl·lules per tal d'assolir els volts necessaris per a la càrrega de les bateries (12V). Les plaques es poden unir entre si en paral·lel (amb unió d'una banda dels pols positius i, d'altra, dels negatius) o bé en sèrie (pol positiu de la primera amb negatiu de la segona i successivament). La unió en

paral·lel proporciona una tensió igual a la del mòdul (12-18 V), mentre que la unió en sèrie dóna una tensió igual a la suma de la de cada mòdul (per exemple 12 V, 24 V, 36 V, etc.), depenent del nombre de plaques interconnectades.

Per tal d'optimitzar el seu rendiment, a l'hemisferi Nord, cal orientar les plaques, en direcció Sud i amb una inclinació determinada. La més apropiada en cada emplaçament depèn de la latitud i de l'època de l'any, sent aconsellable l'estudi de radiació solar rebuda per a cada emplaçament. A Catalunya, el Atlas de Radiació Solar facilita aquest treball.

D'altra banda la inclinació dels mòduls variarà en funció de les necessitats energètiques previstes i del període d'utilització, per tal de fer un balanç estacional (hivern, estiu) o anual.

A les nostres latituds, en aplicacions en les quals el consum d'energia és relativament constant al llarg de l'any, l'angle d'inclinació dels panells hauria d'estar al voltant dels 50-55 ° (la latitud més 10-15 °), que al mateix temps ens garanteix millor captació a l'hivern, mentre que la inclinació a l'estiu es situa al voltant dels 25-30 ° (la latitud menys 10-15 °).

Si no és necessari garantir un subministrament mínim, (és a dir, en instal·lacions connectades a xarxa), i es tracta d'extreure el màxim aprofitament anual, la inclinació òptima del mòduls es trobaria en un valor intermedi. Val a dir que, per una latitud aproximada de 41° N (el cas de Barcelona), les superfícies fixes obtenen el màxim d'aprofitament solar anual si estan orientades a Sud i inclinades 33°.

Encara que, actualment amb l'evolució de les tecnologies s'està implantant un nou sistema que permet augmentar la captació solar, mitjançant seguidors solars augmentant fins a un 40% l'energia produïts per els mòduls fotovoltaics.

Quan s'utilitza una estructura de suport dels mòduls, convé emprar materials que presentin bones propietats mecàniques, a més d'una gran durabilitat, tenint en compte la llarga vida útil de les instal·lacions. Normalment, els elements de suport són d'alumini anoditzat (de poc pes i gran resistència), ferro galvanitzat (apropiat per a grans càrregues) i acer inoxidable (per a ambients molt corrosius; és el de més qualitat i preu més elevat).

També hi ha la possibilitat de realitzar les estructures amb fusta, degudament tractada; amb unes operacions mínimes de manteniment, presentant unes condicions acceptables per a aquest ús. Les peces de fixació, com els cargols, haurien de ser sempre acer inoxidable. En determinats casos, amb la finalitat d'augmentar els rendiments del sistema de captació, es pot dotar de moviment la estructura suport amb uns sistemes de seguiment solar. Funcionen mitjançant un motor normalment associat a un ordinador que, segons la data i hora del dia, ajusta la orientació dels panells, ja sigui respecte d'un o dels dos eixos del pla que conté el panell. Aquests sistemes són, naturalment, més complexes i impliquen una major despesa i un manteniment més elevat.

Les plaques fotovoltaïques emprades en sistemes connectats a la xarxa no són diferents de les emprades per sistemes autònoms. Les que s'integren en els edificis són normalment mòduls estàndard. Un problema formal habitual és el fet que poden arribar a configurar estructures independents, superposades a l'edifici, afegides sense respondre a criteris projectuals o de disseny. En el millor dels casos, s'integren a les façanes o la teulada. Per aquest motiu, algunes empreses han desenvolupat elements fotovoltaïcs integrats als edificis que poden substituir alguns elements tradicionals de l'arquitectura.

Les plaques fotovoltaïques poden ser, doncs, tractades com un element constructiu i ser combinades amb altres materials en mòduls prefabricats de gran superfície (actualment es fabriquen fins a 14 m²). Són apropiades per a la formació de façanes, la millor orientació de

les quals és la Sud, tot i no ser important la influència d'una desviació de entre 30° i 45° cap a l'Est o l'Oest en el còmput anual de captació d'energia. El fenomen de difracció de la llum permet obtenir panells fotovoltaics amb un índex de transparència superior a l'aparent, ja que l'ombra projectada per cada cèl·lula a l'interior de l'edifici és inferior a la superfície que ocupa. Això implica que el panell es percep sensiblement més opac des de l'exterior que des de l'interior. És possible, a més, obtenir una major transparència si, a dintre d'una mateixa placa, s'augmenta la distància entre les cèl·lules.

2.7.2 L'inversor

També anomenat ondulador o convertidor, es tracta d'un component imprescindible en tota instal·lació fotovoltaica, i serveix per a l'adaptació a les característiques del corrent demanat. La seva missió fonamental és, en general, transformar el corrent continu (12 V, 24 V, 48 V) que generen les plaques en corrent altern. Això és necessari no tan sols en els casos en que es vulgui subministrar electricitat a la xarxa, sinó també per a l'autoconsum, tenint en compte que la gran majoria d'aparells funcionen amb les condicions normals de subministrament, es a dir amb corrent alterna sinusoidal de 50Hz i 220 volts. En cas d'utilitzar elements de consum preparats per a un funcionament amb corrent continu, normalment la seva tensió de treball no coincideix amb la tensió proporcionada per l'acumulador de la instal·lació fotovoltaica. En aquests casos, la millor solució és un convertidor de tensió contínua-contínua.

L'inversor emprat en els sistemes connectats a la xarxa és normalment de major potència e inclou controls de fase per adequar el corrent altern produït a la fase de l'energia de la xarxa. L'eficiència dels convertidors no és del 100%, donat que una part de l'energia es dissipa en forma de calor.

Els paràmetres principals dels inversors són la tensió d'entrada, que s'ha d'adaptar a la del generador, la potència màxima que pot proporcionar i la seva eficiència. És important que l'eficiència dels inversors sigui elevada, donat que evita haver d'augmentar la superfície captadora; cal assenyalar que no tots els inversors existents al mercat posseeixen aquesta qualitat. En tot cas, la determinació de l'inversor a utilitzar s'haurà de realitzar en funció de les característiques de la demanda. Existeixen al mercat molts tipus diferents, amb graus molt variables de complexitat i sofisticació.

2.7.2.1 Eficiència de l'inversor

L'eficiència de l'inversor es defineix com la relació entre la potència elèctrica que l'inversor lliura per a la utilització (potència de sortida) i la potència elèctrica que extreu del generador (potència d'entrada). L'eficiència varia en funció de la potència consumida. És necessari conèixer aquesta variació, especialment si la demanda en alterna és variable, per tal que el punt de treball de l'equip s'ajusti el millor possible a un valor mitjà especificat. Es pot considerar la eficiència al 70 % de la càrrega, com un paràmetre significatiu de l'inversor, havent d'estar per sobre del 70 % quan la tensió d'entrada a l'inversor és de 24 V i per sobre del 85 % quan és de 110 V.

2.7.3 Elements de connexió a la xarxa elèctrica

Les instal·lacions solars fotovoltaiques connectades a xarxa, d'acord amb la normativa vigent, han d'incorporar una sèrie d'elements (alguns d'ells s'incorporen directament a l'inversor) que assegurin la seguretat, tant per les persones com per mantenir el nivell de qualitat de la xarxa elèctrica.

Així, s'han de discriminar els diferents estats del camp col·lector per interrompre o reprendre el subministrament a la xarxa, i s'ha de realitzar un control de fase per adequar el corrent altern produït pels mòduls a la fase de l'energia de la xarxa.

A més, han d'existir interruptors automàtics i manuals que assegurin la desconexió de la instal·lació en el cas d'una avaria a la xarxa elèctrica convencional.

D'altra banda, calen comptadors en dos sentits: de l'energia elèctrica produïda pels mòduls i venuda a la xarxa elèctrica, i de l'energia elèctrica comprada a la xarxa pel consum propi de l'edifici.

El cablejat d'interconnexió de les plaques d'un camp fotovoltaic, així com el que connecta el camp fotovoltaic, ha de reunir les condicions adequades d'aïllament i protecció, així com de secció, per evitar que les caigudes de tensió superin el 1%.

2.8 Aplicacions

Fa trenta anys, l'única aplicació dels panells fotovoltaics era de subministrar energia als satèl·lits en l'espai. Encara que avui dia els sistemes fotovoltaics són els encarregats de subministrar energia als esmentats satèl·lits.

Els panells fotovoltaics són utilitzats per aplicacions que van des dels miliwatts de potència fins als megawatts. En un extrem tenim petites cèl·lules utilitzades per l'alimentació de circuits electrònics com calculadores i en l'altre sistema fotovoltaic, el major actualment en el món, que té una potència de 6,6 megawatts i que subministra electricitat a la xarxa en el sud de Califòrnia. Entre aquests dos extrems tenim les instal·lacions per un bombeig d'aigua de rec, sistemes d'alimentació per comunicacions i sistemes per electrificació rural.

A nivell espanyol, es considera que Espanya, en el mercat potencial fotovoltaic, és el país més important a Europa en aplicacions d'electrificació rural de vivendes aïllades.

Altres aplicacions que s'estan utilitzant a Espanya es refereixen al subministrament d'energia elèctrica mitjançant sistema fotovoltaic per granges aïllades en les que s'alimenta, no solament la il·luminació, sinó també l'equip de refrigeració de la llet i el sistema automàtic de munyiment.

A nivell mundial les aplicacions fotovoltaiques suposen un mercat internacional que està pròxim als 300 milions de dòlars anuals. Per que els sistemes fotovoltaics contribueixin de forma important en el mercat d'energia, aquests sistemes han d'arribar a ser més competitius, especialment per entrar en el mercat de les empreses elèctriques. Per aconseguir això, la fotovoltaica ha de salvar tres obstacles: el tecnològic, especialment la utilització de nous materials amb una llarga vida i fiabilitat, l'elevat preu dels seus components i la baixa eficiència.

Els sistemes fotovoltaics aprofiten la radiació solar, font inexhaurible, local, no contaminant i silenciosa, per a la producció d'electricitat. Es tracta de la tecnologia d'aprofitament de l'energia solar desenvolupada més recentment i té un camp d'aplicació molt ampli. Al marge de la seva utilització en productes de consum, com calculadores o rellotges l'energia fotovoltaica presenta un camp d'aplicació molt ampli, podent-se classificar en dos grans grups:

Instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica de subministrament, donant lloc a sistemes autònoms: electrificació rural, senyalització, comunicacions, bombejament d'aigua, etc.

Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica: centrals fotovoltaïques i edificis fotovoltaics connectats a la xarxa.

2.8.1 Sistemes autònoms

L'energia elèctrica generada a partir de la conversió fotovoltaica és utilitzada per a l'autoconsum en aquestes aplicacions, per cobrir una demanda en el mateix lloc de la seva producció. Els sistemes autònoms són aplicacions d'electrificació per a emplaçaments aïllats, que resulten de gran interès i rendibilitat per a llocs allunyats de la xarxa elèctrica; són competitius enfront dels sistemes clàssics, tant en termes econòmics com de fiabilitat de subministrament.

L'electrificació rural amb la xarxa de distribució convencional ha suposat tradicionalment importants problemes de finançament i de rendibilitat, tant per a l'usuari com per a les companyies elèctriques, així com d'impacte ambiental i paisatgístic. Donada la importància de l'electrificació per al desenvolupament rural i l'equilibri territorial, els sistemes fotovoltaics representen una alternativa viable.

De vegades, els sistemes fotovoltaics autònoms es complementen amb la instal·lació d'aerogeneradors. Amb aquest sistema combinat es pretén cobrir les mancances mútues de producció d'electricitat, que depenen de les condicions climàtiques i que sovint impliquen absència de vent amb bones condicions d'insolació i viceversa.

La característica principal que distingeix els sistemes autònoms dels de connectats a xarxa és que els primers necessiten bateries d'acumulació de l'energia produïda per la seva utilització en hores nocturnes i en períodes de baixa radiació solar. En la figura 2 es mostra un esquema de connexió d'un sistema bàsic d'instal·lació autònoma.

Per a aquestes situacions, en general de consums energètics baixos, es pot parlar de bona relació entre la inversió econòmica, l'energia generada i el baix cost de manteniment. És el cas d'electrificació en habitatges rurals, en enllumenat i senyalitzacions públiques, en sistemes de bombejament d'aigua, de rec, així com en sistemes de depuració d'aigües, de comunicació, etc.

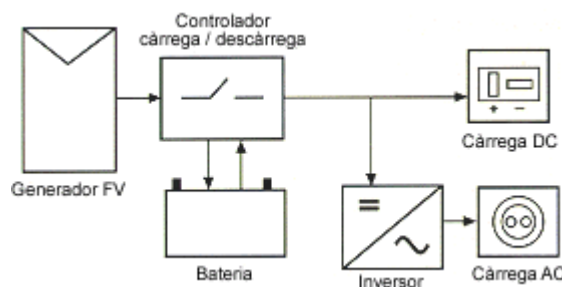


Fig. 2: Esquema connexions sistemes autònoms.

En qualsevol cas, i tot que normalment els sistemes autònoms no es troben en entorns urbans, és important minimitzar el possible impacte visual que pot generar una instal·lació fotovoltaica; estudiant les possibilitats que ofereixen els elements fotovoltaics integrats als edificis.

2.8.2 Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica

Aquest sistema s'utilitzen quan hi ha possibilitat d'accés a la xarxa elèctrica. El sistema FV es connecta a la xarxa pública, a través d'un inversor que transforma l'electricitat en

forma de corrent continu, produïda pels mòduls FV, en corrent alterna que pot alimentar la xarxa.

La xarxa general de distribució, evitant l'impacte ambiental que provocaria la utilització de bateries i el cost afegit derivat de la seva compra i manteniment, és en realitat l'acumulador idoni: absorbeix l'energia elèctrica que s'injecta, que és facturada a la companyia elèctrica i cobreix els dèficits sense que es produeixi dissipació d'energia. Un doble comptador de compra/venda d'electricitat entre la instal·lació FV i la companyia subministradora pot controlar l'energia subministrada o venuda.

Els sistemes connectats a la xarxa elèctrica poden ser de dos tipus:

Centrals fotovoltaïques: la instal·lació funciona com una central de generació d'energia convencional, e injecta tota la seva producció elèctrica a la xarxa.

Edificis fotovoltaïcs connectats a la xarxa: la instal·lació està físicament situada a un edifici, que pot trobar-se en un entorn urbà. És important minimitzar el possible impacte visual estudiant les possibilitats que ofereixen els elements fotovoltaïcs integrats als edificis.

En aquest cas, es pot optar per dos esquemes de funcionament:

Cobrir part de la demanda de l'edifici amb l'electricitat produïda pels mòduls FV. En aquest cas, quan es produeix un excedent d'electricitat FV, no consumit, es pot lliurar a la xarxa, que fa el subministrament, al seu torn, en cas de dèficit de producció FV, tal i com es mostra en la figura 3.

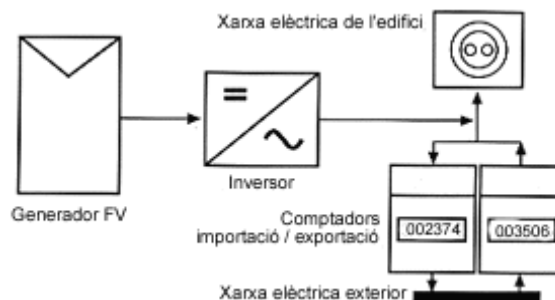


Fig. 3: Esquema sistemes connectats a la xarxa elèctrica d'un edifici amb venda dels excedents de l'energia.

Vendre el 100% de la producció elèctrica FV a la xarxa, i comprar l'energia necessària pel consum normal de l'edifici. Aquest sistema es base en un doble subministrament a la xarxa elèctrica com es mostra en la figura 4, és a dir, es ven el total de l'energia produïda i alhora es compra l'energia necessària per a cobrir la demanda elèctrica de l'edifici.

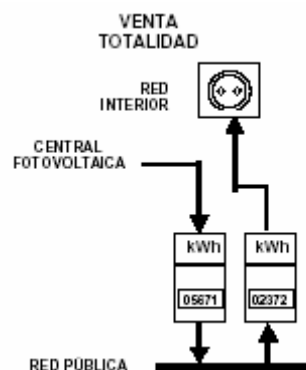


Fig. 4. Esquema sistemes connectats a la xarxa elèctrica d'un edifici amb venda del total de l'energia.

El preu per kWh està estipulat per llei i és diferent a cada país o regió. Es troba, ja en aquests moments, primat a Espanya d'una manera important per la llei (Reial Decret 2818/98), la qual cosa implica que el preu per kWh produït amb tecnologia FV i subministrat a la xarxa és molt superior al preu per kWh que paguen els usuaris a les companyies elèctriques. És perfectament plantejable, doncs, que la totalitat de la producció sigui lliurada a la xarxa i que, d'altra banda, es compri a la companyia l'energia necessària per al consum.

2.8.3 Altres utilitzacions de l'energia fotovoltaica

A part de l'electrificació d'edificis, l'energia solar fotovoltaica pot ésser emprada en qualsevol utilització que necessiti consum d'electricitat, elements urbans d'il·luminació o de control, etc. Una de les més populars i estesa és el bombejament d'aigua. Aquestes instal·lacions generalment treuen un cabal d'aigua variable, segons la radiació solar incident, que s'emmagatzema en un dipòsit o bassa a punt per quan calgui consumir-la. Aquest sistema no necessita l'acumulació de l'electricitat en bateries, funciona de manera automàtica i pràcticament no té cap manteniment ni cap necessitat de combustible.

2.9 Costos i dimensionat

Trenta anys després de les primeres experiències en la utilització de cèl·lules fotovoltaiques en la indústria aeroespacial, aquestes serveixen tant per electrificar masies aïllades com per fer funcionar telèfons d'autopista o calculadores de butxaca. L'evolució de la tecnologia ha permès aquesta reorientació del producte cap a un mercat més ampli i quotidià, sens dubte lligat a l'espectacular descens del preu de les cèl·lules, aparellat de la millora de la seva eficiència. Una cèl·lula pot valer, avui en dia, tres vegades menys que fa deu anys.

Tot i això, el preu resultant del kWh d'origen solar és encara bastant alt. El cost actual de les instal·lacions fotovoltaiques és de l'ordre de 3 o 5 €/kWp instal·lat per a instal·lacions connectades a xarxa i aproximadament 8 €/kWp per a instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica. Aquesta diferència de preu és deguda a l'increment de cost que suposa la inclusió de bateries d'acumulació en les instal·lacions aïllades.

La situació és, a més, diferent, depenent del tipus d'instal·lació. En el cas d'una instal·lació connectada a la xarxa, el RD 661/2007 i RD 1578/2008 prima d'una manera important l'energia elèctrica lliurada al sistema general de distribució, que resulta a un preu per kWh bastant superior al que cobren les companyies (34 c€/kWh en instal·lacions de tipus I.1 31,1665 c€/kWh en instal·lacions de tipus I.2). Així, es pot arribar a plantejar una central fotovoltaica integrada en un edifici que cedeixi la totalitat de la seva producció a la xarxa, de la qual, al seu torn, en rebí el subministrament en funció de les seves necessitats.

Els terminis d'amortització d'una instal·lació FV connectada a xarxa són, doncs, molt variables. En termes generals, es situen al voltant dels 8 -15 anys, tot i que, en funció del preu de venda del kWh a la companyia, així com de les subvencions obtingudes, pot baixar fins als 5 anys.

Un cas ben diferent és el dels sistemes autònoms, en particular les aplicacions per a electrificació rural. Els costos, en aquest cas, s'han de valorar en relació a la despesa que implicaria fer arribar la xarxa elèctrica a l'emplaçament donat. Aquest cost és directament proporcional a la distància que caldria recórrer des del transformador més proper fins al lloc on sigui prevista la instal·lació i s'estima en uns 15.000 € per Km. Això implica que, aproximadament, a partir d'una distància de 1 km a la xarxa, ja pot resultar més rendible instal·lar un sistema fotovoltaic que fer-hi arribar la línia elèctrica).

És interessant tenir en compte, alhora de realitzar aquesta comparació, l'evolució del cost i dels rendiments de les cèl·lules fotovoltaïques al llarg dels darrers anys, així com les previsions de futur, que marquen el que serà el mercat de productes fotovoltaïcs en el futur. Igualment l'aparició de nous productes que permeten, no solament la seva integració a l'arquitectura si no, a més, la substitució d'alguns elements arquitectònics per mòduls FV que compleixen les dues funcions (teules solars, murs cortina ventilats, elements d'ombra), suposa un abaratiment considerable de les instal·lacions fotovoltaïques en els edificis.

La quantitat d'energia produïda per una instal·lació fotovoltaïca depèn fonamentalment de la superfície de captació fotovoltaïca, del rendiment de les cèl·lules, de la radiació solar de l'emplaçament i de la orientació i inclinació de les plaques.

El dimensionat d'una instal·lació connectada a la xarxa es realitza en funció del tipus de projecte, de la inversió econòmica que es vulgui fer i de la superfície de captació disponible, més que d'unes necessitats donades i prèvies.

En canvi, té un sentit més clar parlar de dimensionat (entès com a resposta a unes necessitats de subministrament derivades de les previsions de consum) en la situació d'aplicacions autònomes, normalment d'electrificació rural. Cal considerar, en primer lloc, el consum previst i, en segon lloc, la disponibilitat mitjana de radiació solar al llarg de l'any a l'emplaçament considerat per realitzar la instal·lació. En aquest sentit, es poden consultar els Atlas de radiació solar per tal de determinar els valors de radiació solar incident per a diferents inclinacions, així com per un dia mitjà de cada més de l'any.

Les instal·lacions connectades a la xarxa, actualment es realitzen amb finalitats principalment d'inversió econòmica a causa de que aquest tipus d'instal·lacions s'amortitzen molt més ràpid, i per tant en un termini molt més curt s'obtenen beneficis econòmics, que les instal·lacions aïllades pels següents motius:

- Més subvencions econòmiques.
- El benefici i per tant l'amortització són millors amb instal·lacions aïllades ja que el preu de venda del kWh és quasi 4 vegades superior el preu de compra.
- Instal·lacions molt més econòmiques el no necessitar reguladors ni bateries.
- Cost del manteniment inferior que les instal·lacions aïllades a l'està formada per menys components.

3 CAPTACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR

3.1 Introducció

Qualsevol forma de producció energètica que utilitzi l'energia solar com a font d'energia primària, haurà d'optimitzar al màxim la captació de radiació solar durant tot el període de funcionament, si es que vol aconseguir el màxim rendiment en la producció energètica a la que es destina la instal·lació.

Una instal·lació solar fotovoltaica no és una excepció, i per tan és de vital importància conèixer detalladament les característiques de la zona geogràfica on s'ubicarà la instal·lació per poder realitzar un bon estudi previ de la captació solar que es podrà portar a terme, sempre atenent als factors astronòmics, meteorològics i geogràfics que influeixen en el procés de captació.

La captació d'energia solar es realitzarà mitjançant el camp de mòduls fotovoltaics.

La captació de l'energia solar be en funció de la superfície total de captació, localització geogràfica, l'orientació e inclinació dels mòduls fotovoltaics (captadors) i del tipus de sistema de captació (captació fixa o mòbil).

La posició de la superfície captadora, per tal d'aconseguir la màxima captació, ens interessa que estigui perfectament perpendicular a la radiació solar. Tot i així, el moviment solar diari i estacional provoquen que l'angle d'incidència de la radiació disponible vagi canviant. Aquest fet implica que si volem obtenir una captació el més eficient possible caldrà idear la manera en la que la superfície captadora sigui capaç de mantenir-se perpendicular a la radiació solar incident de manera permanent.

Aquesta capacitat de moviment de la superfície captadora ve donada simplement per un mecanisme de seguiment solar. Tanmateix, la disposició d'un mecanisme de seguiment solar sempre porta intrínsec un augment en el cost de la instal·lació i, per tant, caldrà ponderar si el fet de realitzar un seguiment solar compensa econòmicament la inversió a realitzar en concepte de mòduls de seguiment.

Seguidament exposem tres possibles alternatives de captació solar i que analitzarem posteriorment:

- Captació solar fixa.
- Captació solar de seguiment en un eix (eix polar).
- Captació solar de seguiment en dos eixos.

3.2 Captació solar fixa

La captació solar més senzilla és aquella en la que la superfície captadora està fixa amb una determinada inclinació durant tot l'any. Per tant, tenint en compte que el sol realitza un moviment tant azimuthal com zenital, també aquesta alternativa de captació fixa representa la menys eficient en l'aprofitament de la radiació solar disponible.

Tanmateix, dintre de les possibles disposicions estàtiques que pot tenir la superfície captadora, cal escollir aquella que ofereixi una major captació a nivell anual.

Així doncs caldrà buscar per a la nostra posició geogràfica en concret, aquella posició d'acord a l'azimut solar i aquella inclinació d'acord a l'alçada solar que han de tenir la superfície captadora a fi de maximitzar la radiació solar captada a nivell anual.

Inicialment cal considerar que les inclinacions molt elevades afavoreixen la captació en el període hivernal, que per altra banda també coincideix amb el període on es rep menys radiació. Mentre que les inclinacions més baixes, disposició de la superfície captadora pràcticament horitzontal, potencia la captació en els períodes d'estiu en els que la disponibilitat de radiació solar incident és molt superior a la dels períodes hivernals. Així doncs, serà lògic pensar que una inclinació òptima estarà entre mig de les dues possibilitats, tot i a priori podríem afirmar que estarà més pròxima a inclinacions baixes, disposició més horitzontal que vertical, per a compensar la menor disponibilitat de radiació en els períodes d'hivern i realitzar un major aprofitament en les èpoques d'estiu en les que la radiació disponible és major. I més en la zona de Lleida ja que al hivern hi ha molts dies on hi ha la boira plana, i els estius són secs, cosa que influeix en major número de dies assolellats.

3.3 Captació solar de seguiment en un eix

Entendrem com a captació amb seguiment en un eix com aquella en la que superfície captadora realitza un seguiment diari seguint l'azimut solar. Per tant, caldrà equipar les superfícies captadores amb un mecanisme capaç de proporcionar a l'esmentada superfície una rotació respecte de l'eix polar.

Aquest mètode de captació permet mantenir una orientació dels mòduls fotovoltaics perpendiculars a la radiació incident en una projecció horitzontal. Per altra banda tenim que aquest mètode de captació no realitza un seguiment de l'alçada solar, i això implica que en una projecció vertical observarem que l'angle d'incidència de la radiació sobre els captadors no només no seria perpendicular si no que seria variable en funció de l'època de l'any en que ens trobéssim.

Mitjançant l'ús d'aquesta tecnologia i a partir d'un mètode de càlcul apropiat que té en consideració aquest moviment azimutal (Beckman W. 1991) podem avaluar de forma teòrica la radiació solar incident sobre la superfície captadora.

3.4 Captació solar de seguiment de doble eix

El mètode de captació solar en doble eix consisteix en realitzar un seguiment total del moviment tan azimutal com zenital del sol. En el nostre cas realitzarem una aproximació en el càlcul en considerar que per a un mateix mes la variació del zenit solar és gairebé despreciable. Així doncs considerem una variació mensual de la inclinació de les superfícies captadores.

Mitjançant un mètode de càlcul empíric hem pogut determinar de forma teòrica la radiació incident sobre la superfície captadora que realitza aquest seguiment solar en doble eix.

3.5 Solució adoptada

A la vista de cada mètode de captació podem determinar que la opció més eficient en les condicions que ens trobem és la captació solar fixa, recolzat directament sobre la teulada.

En primer lloc, el fet que la teulada del poliesportiu, ja tingui una inclinació de 25 °, amb una orientació sud, ens permet minimitzar els costos d'estructura de suport i temps de muntatge, col·locant els mòduls directament recolzats sobre la coberta.

Per altre banda la orientació, pràcticament sud, no es considera necessari el muntatge d'un seguidor, que donada la geometria de dents de serra de la coberta, encarriria els costos de disseny, muntatge i manteniment.

4 DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA

En aquest apartat es vol descriure la part de la instal·lació solar fotovoltaica, tant les especificacions tècniques dels components que la componen, com les característiques físiques d'aquests i donar les indicacions necessàries per a la instal·lació dels elements que la componen.

4.1 Emplaçament

La instal·lació solar fotovoltaica projectada, s'ubicarà dins el terme municipal de Bellvís, a la província de Lleida, a la coberta del pavelló poliesportiu de la localitat. Aquest poliesportiu es troba situat a les coordenades UTM que figuren en la Taula 1.

Latitud	Longitud	Alçada
41,7N	0,8E	202m

Taula 1. Característiques geogràfiques de l'emplaçament.

La coberta on s'instal·laran els elements de la instal·lació solar fotovoltaica, és a dir, és prou ampla per a no tenir limitacions d'espai alhora d'instal·lar els seguidors solars.

4.2 Connexió a la xarxa

Aquesta instal·lació constà d'un doble subministre per vendre la màxima quantitat d'energia elèctrica produïda a la xarxa general de distribució. Aquesta connexió és totalment independent de la instal·lació elèctrica pròpia del pavelló poliesportiu i disposa d'una caixa general de protecció i mesura situada en un nínxol en els límits del pavelló.

Cal tenir en compte que en aquesta instal·lació, de 96 kW de potència nominal, i d'acord amb el capítol segon de l'article novè del RD 1663/2000 la connexió a la xarxa general de distribució es realitzarà de forma trifàsica.

4.3 Mòduls fotovoltaics de captació solar

4.3.1 Estudi previ

S'ha realitzat un estudi preliminar per determinar quina tecnologia de mòduls fotovoltaics dona un millor rendiment econòmic.

L'estudi comparatiu es realitza sobre dos generadors solars fotovoltaics sobre la coberta del poliesportiu de Bellvís, Lleida, amb la finalitat de connectar-los a la xarxa elèctrica i vendre l'energia generada a la companyia. Les dues instal·lacions es col·locaran amb els panells orientats al sud. Bàsicament es tracta d'instal·lar els panells fotovoltaics sobre la teulada, aquests generaran electricitat en corrent contínua aprofitant la radiació solar. Aquesta es conduirà fins a uns onduladors que la transformaran en corrent alterna d'acord amb les especificacions de la xarxa; des dels onduladors es portarà fins a l'escomesa. En el recorregut esmentat s'hi interposaran les proteccions adients que es definiran més endavant en el present document.

Per tal que les condicions per ambdues tecnologies siguin les mateixes es realitza un estudi determinant la potència pic aproximadament en 100 kWp sense tenir en compte les restriccions espaials de la coberta. Amb la mateixa finalitat, també es disposen els mòduls de les tecnologies amb la mateixa orientació i inclinació així com s'utilitza el mateix model d'inversors.

En el cas d'utilitzar la tecnologia del **mòdul policristal·lí**, la superfície de panells solars prevista és de 733 m², el que suposa 440 mòduls fotovoltaics del model BP 3230 N de la casa BP SOLAR de 230 Wp. La connexió es realitza connectant en sèrie 11 mòduls amb 40 files en paral·lel, el que suposa una potència global del generador fotovoltaic de 101 kWp.

S'ha optat en agrupar les series instal·lant 4 moduladors, del model IG 300 de la casa FRONIUS, aquest es col·locaran a l'interior del pavelló, en un lloc destinat per a la instal·lació, en el mateix lloc es col·locaran les proteccions de CC i CA corresponents.

Els panells es col·locaran collats sobre la coberta aprofitant la inclinació de la mateixa aconseguint una inclinació de 25°.

Aquesta instal·lació d'acord amb els resultats obtinguts en el PV SYST V5.04, seria capaç de produir 150 MWh/any, amb un rendiment de 80,2 %.

En el cas de **capa fina** la superfície de panells solars prevista és de 1485 m², el que suposa 1224 mòduls fotovoltaics del model BP APOLLO 980 de la casa BP SOLAR de 80 Wp. La connexió es realitza connectant en sèrie 9 mòduls amb 136 files en paral·lel, el que suposa una potència global del generador fotovoltaic de 98 kWp.

S'ha optat en agrupar les series instal·lant 4 moduladors, del model IG 300 de la casa FRONIUS, aquest es col·locaran a l'interior del pavelló, en un lloc destinat per a la instal·lació, en el mateix lloc es col·locaran les proteccions de CC i CA corresponents.

Els panells es col·locaran collats sobre la coberta aprofitant la inclinació de la mateixa aconseguint una inclinació de 25°.

Aquesta instal·lació d'acord amb els resultats obtinguts en el PV SYST V5.04, seria capaç de produir 142 MWh/any, amb un rendiment de 78,6 %.

A la taula 2 es mostren les característiques elèctriques dels mòduls, comparats,

Tecnologia del mòdul	Policristal·lí	Capa fina
Model	BP 3230 N	BP APOLLO 980
Fabricant	BP SOLAR	BP SOLAR
Potència (Wp)	230	80
Corrent curtcircuit (A)	8,70	3,00
Corrent màxima potència (A)	7,90	2,48
Tensió circuit obert (V)	36,40	45,02
Tensió de màxima potència (V)	29,2	32,3

Taula 2. Comparació de característiques elèctriques..

A la taula 3 es mostren les característiques físiques dels dos mòduls

Tecnologia del mòdul	Policristal·lí	Capa fina
Model	BP 3230 N	BP APOLLO 980
Fabricant	BP SOLAR	BP SOLAR
Llargada (mm)	1667	1549
Amplada (mm)	1000	783
Gruix (mm)	50	19
Pes (Kg)	19	14,5

Taula 3. Comparació de característiques físiques..

A la taula 4 es realitza una comparació entre els dos sistemes de generadors fotovoltaics triats.

Tecnologia del mòdul	Policristal·lí	Capa fina
Model	BP 3230 N	BP APOLLO 980
Nº de mòduls en sèrie	11	9
Nº de mòduls en paral·lel	40	136
Nº total de mòduls	440	1224
Pnom total (kW)	96	96
Ppic (kWp)	101,2	97, 92
V mpp (V)	285	284
I mpp (A)	319	324
Superfície total (m²)	733	1485
Inclinació	25°	25°
Azimut	5°	5°
Nº inversors	4	4
Energia produïda (MWh/any)	150	142
Factor de rendiment (PR)%	80,2	78,6

Taula 4. Comparació de característiques entre els dos sistemes fotovoltaics triats.

A la taula 5 es realitza un resum comparatiu de l'estudi econòmic amb recursos propis que es detalla mes endavant.

Tecnologia del mòdul	Policristal·lí	Capa fina
Model	BP 3230 N	BP APOLLO 980
Preu (€/Wp)	1,9	1,65
Payback (anys)	9	8
VAN (EUROS)	259.231	255.313
TIR(%)	11,95	12,6

Taula 5. Comparació econòmica amb recursos propis.

A la taula 6 es realitza un resum comparatiu de l'estudi econòmic amb finançament que es detalla annex estudi econòmic.

Tecnologia del mòdul	Policristal·lí	Capa fina
Model	BP 3230 N	BP APOLLO 980
Preu (€/Wp)	1,9	1,65
Payback (anys)	5	5
VAN (EUROS)	258.005	254.216
TIR(%)	23,88	26,28

Taula 6. Comparació econòmica amb finançament.

D'acord amb les taules anteriors, es pot concloure que la tecnologia més beneficiosa per la teulada del poliesportiu és la instal·lació de **panells policristal·lins**.

Donat que l'objectiu del present estudi comparatiu és econòmic, el VAN de l'opció amb mòduls policristal·lins és lleugerament superior al que suposa amb mòduls de capa fina.

En l'aspecte tècnic, el rendiment de la instal·lació amb mòduls policristal·lins, segueix sent millor, que si es realitza amb mòduls de capa fina.

A més, cal recordar que l'estudi s'ha realitzat per una producció aproximada de 100 kWp, sense considerar la superfície de coberta existent. Si tenim en compte la superfície disponible lliure d'ombres no es possible la instal·lació de capa fina.

4.3.2 Mòduls policristal·lins

Per a la superfície de captació solar, i com s'ha determinat a l'apartat anterior, s'utilitzaran mòduls fotovoltaics policristal·lins, per la seva alta eficiència respecte dels de capa fina.

Els mòduls triats per aquesta instal·lació són els BP 3230 N, es mostren en la Figura 5, amb una potència pic de 230 Wp i 29,2 V.



Fig. 5: Mòdul fotovoltaic BP 3230 N.

Els mòduls fotovoltaics BP 3230 N, utilitzen cèl·lules pseudoquadrades de silici monocristal·lí d'alta eficiència per a transformar l'energia de la radiació solar en energia elèctrica de corrent continua.

El circuit de les cèl·lules es lamina utilitzen E.V.A. (acetat de etilè-vinil) com encapsulament, en un conjunt format per un vidre templat en la seva cara frontal i un polímer plàstic (TEDLAR) en la cara posterior, que proporciona resistència als agents ambientals i aïllament elèctric.

El laminat s'encaixa en una estructura d'alumini anodinat. Les caixes de connexions amb protecció IP65, Figura 6, estan fetes a partir de plàstics resistents a temperatures elevades on contenen els terminals, els borns de connexió, Figura 7, i els díodes de protecció (díodes de bypass).



Fig. 6: Caixa de connexions.

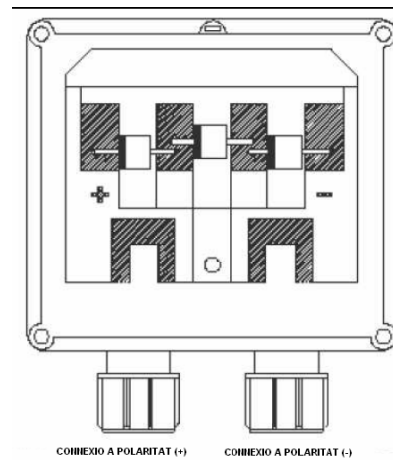


Fig. 7: Borns connexionat.

El marc disposa de varis forats per a la fixació del mòdul a la estructura de suport i la seva posta a terra.

Els cargols utilitzats per a la fixació dels mòduls a l'estructura de captació, seran acer inoxidable.

S'ha escollit aquests mòduls fotovoltaics per tenir una bona relació entre rendiment i preu, avantatjant altres marques.

Les característiques elèctriques i físiques del mòdul BP 3230 N són les definides a l'apartat 4.3.1.

4.3.3 Díodes de protecció

L'ombrejat d'alguna cèl·lula pot provocar un voltatge invers en ella.

Aquest efecte, anomenat de punt calent, serà més gran com més gran sigui la radiació incident sobre la resta de cèl·lules i menor la que rebrà aquesta cèl·lula degut a l'ombra. En el cas extrem la cèl·lula podria arribar a trencar-se per sobre calentament.

L'ús de díodes de protecció o bypass redueixen el risc de calentament de les cèl·lules ombrejades, limitant la corrent que pugui circular per elles i evitant d'aquesta manera la ruptura de les mateixes.

En els mòduls BP 3230 N aquests díodes ja van incorporats en la caixa de connexió.

4.4 Superfície de captació solar

La superfície total de captació fotovoltaica, serà la resultant de la suma de les superfícies de captació de cada mòdul.

Un cop seleccionada la tecnologia, per tal d'aprofitar al màxim les possibilitats de l'inversor utilitzat i la coberta disponible en total s'instal·laran 484 mòduls fotovoltaics, amb una superfície de captació de 807m², **enlloc dels 440 moduls de l'estudi previ.**

En els plànols es mostren els esquemes de connexions dels mòduls fotovoltaics.

El camp de captació generarà V_{mpp} de 285 V en corrent continu i una I_{mpp} de 351 A. La potència pic serà de 111,32 kWp.

El camp estarà connectat a 4 inversors de 24 kW de potència nominal cadascun, aconseguint un total de 96 kW de potència nominal lliurada a la xarxa.

La potència del camp supera respectivament els 100 kW degut a que hi haurà pèrdues tan en els mòduls fotovoltaics, ja que no sempre funcionaran en condicions ideals, com en els inversors, per tan s'ha de sobredimensionar la instal·lació perquè generi la potència desitjada.

En la Taula 7, es resumeix les característiques generals de la superfície de captació solar.

	Superfície de captació
Superfície captació (m²)	807
Potència de captació (kWp)	111,32
Nº de mòduls solars	484
Potència nominal dels inversors (kW)	24

Taula 7. Característiques generals de la superfície de captació solar FV.

Qualsevol altra hipòtesi de funcionament, serà susceptible d'alterar el rendiment, generalment a la baixa, dels mòduls captadors d'acord a les seves corbes característiques de rendiment. Cal destacar que un mòdul fotovoltaic en condicions reals pot treballar a 30 °C per damunt de la temperatura ambient, amb el que el rendiment de conversió elèctrica disminueix notablement; aproximadament es perd un 0,5 % de potència per cada grau de temperatura per damunt dels 25°C.

4.5 Inversors de corrent

La corrent continua generada pels mòduls fotovoltaics haurà de transformar-se en corrent alterna a 50 Hz i 400 V per poder ser injectada a la xarxa general de distribució. De realitzar aquesta tasca són els inversors DC/AC especials per instal·lacions de connexió a xarxa.

En aquesta instal·lació s'utilitzen inversors de 24 kW de potència nominal, amb un total de quatre inversors per tal d'aconseguir la potència desitjada, i de connexió trifàsica a la xarxa. Aquests components són els més importants de tota la instal·lació degut a que s'encarreguen d'injectar la corrent a la xarxa de distribució en unes condicions determinades i molt estrictes per tal d'evitar possibles alteracions o mal funcionament en la xarxa de subministrament elèctric.

El rendiment d'aquests elements està directament lligada al mètode usat per a la transformació de corrent continu en corrent altern, existint en el mercat tres tipus d'inversors segons aquest criteri.

4.5.1 Inversors d'ona quadrada

Són econòmics, poc estables, poc eficients, no suporten gaire sobrecàrrega i fan moltes interferències sobre aparells electrònics de ràdio i telefonia. De fet, simplement estan formats per un oscil·lador biestable i una etapa de potència de sortida transistoritzada. La principal aplicació que tenen és l'alimentació de circuits d'il·luminació i de càrregues

resistives. La seva potència no acostuma a passar de 500 W. Aquests inversors no són aptes per instal·lacions de connexió a xarxa.

4.5.2 Inversors d'ona sinodal modificada (trapezoïdal)

Tenen una bona relació preu / qualitat. Tenen una sortida força estabilitzada, suporten bé les sobrecàrregues i poden generar interferències i soroll en les telecomunicacions. Aquestes convertidors fan un tipus d'ona més aviat trapezoïdal que, sovint, és més a prop de l'ona quadrada que de la senoide.

Normalment, aquests convertidors incorporen proteccions contra sobrecàrregues i curtcircuits i desconnexió per voltatge baix de bateria.

No proporcionen la qualitat d'ona exigida en la connexió a xarxa, per tan no es aconsellable es seu us en aquest tipus de instal·lacions.

4.5.3 Inversors d'ona sinodal pura

Són els més cars, tot i que actualment el seu preu és força competitiu.

Molt estables (en voltatge i freqüència de sortida), no suporten gaires sobrecàrregues i normalment no generen interferències ni incompatibilitats.

Estan controlats per un microprocessador que proporciona una gran qualitat d'ona amb mínimes distorsions i grans rendiments de fins el 96 % que les adequen per injectar corrent a la xarxa general de distribució elèctrica.

4.5.4 Elecció de l'inversor

Per tal que la senyal injectada a xarxa sigui el màxim d'estable possible i per evitar impediments provinents de la companyia elèctrica s'opta per utilitzar inversors d'ona sinodal. En concret, s'ha previst que el numero òptim d'inversors és quatre. De fet, es considera que amb menys inversors una avaria d'un d'aquests aparells, suposaria perdre gran part de la producció elèctrica, mentre que augmentar el número d'inversors, implicaria més probabilitat avaria, i un manteniment mes dificultós al augmentar el número d'elements total que constitueixen la instal·lació. D'aquesta manera s'augmenta la quantitat d'energia produïda dividir el seguiment del punt de màxima potència en 4 subcamps i no suposa gaire dificultat afegida tant de disseny com d'instal·lació.

Considerant que es pretén una instal·lació amb una potència nominal de 100 kW màxim, es preveu que la potència de cadascun dels 4 inversors sigui de 24 o 25 kW.

D'entre les diferents alternatives que existeixen al mercat, el que més s'adapta a la nostra instal·lació i que ofereix un rendiment força elevat és el model IG 300 del fabricant FRONIUS.

Les característiques elèctriques de l'inversor són les citades en la Taula 8 i 9.

	ENTRADA (Camp FV CC)
Tensió MPP mín.	210 V
Tensió MPP nominal	280 V
Tensió MPP màxima	420 V
Tensió FV màx. Absoluta	530 V
Llindar de potència	120,0 W
Potència nominal FV	24 kW
Potència màx. FV	31 kW
Corrent FV màx.	123 A

Taula 8. Característiques elèctriques d'entrada de CC.

	SORTIDA (Xarxa CA)
Tipus	Trifàsica
Freqüència	50 Hz
Tensió xarxa	400 V
Potència nominal CA	24 kW
Potència màxima C.A.	24 kW
Rendiment	94,3 %
Rendiment europeu	93,3 %

Taula 9. Característiques elèctriques de sortida de CA.

El microcontrolador controla de forma constant i en paral·lel, per a cada fase, uns determinats paràmetres, que en el cas que un d'aquest paràmetres es trobés fora de rang o es produeixi qualsevol problema, es visualitzaria el número d'error en la pantalla que aquest incorpora.

Quan es produeix un error s'interromp immediatament l'alimentació i l'inversor es desconnecta de la xarxa, així mateix també s'activa un relé de xarxa. Aquest relé es sense potencial, actuant com a contacte de tancament cada vegada que es produeix un error o falla.

Quan no hi ha prou radiació l'inversor està parat i en tot moment fa lectura dels valors de tensió de la xarxa i del generador fotovoltaic, quan està en aquest estat, en standby, consumeix uns 20 W.

Quan l'inversor detecta una tensió prou elevada produïda pels panells solars i la potència generada és prou elevada per superar la intensitat de treball de l'inversor llavors l'inversor es posa en funcionament i es connecta a la xarxa quan l'ona senoïdal de la xarxa passa per 0.

La potència mínima perquè es produeixi l'arrancada de l'inversor és de 7 W i la tensió mínima de posta en marxa de l'inversor és de 210V, es desconnectarà quan la tensió sigui inferior a 340 V, tal i com es mostra en les taules anteriors de característiques elèctriques d'entrada com de sortida.

L'inversor disposa d'una sèrie de proteccions per detectar i desconnectar si cal l'aparell de la xarxa, de forma constant i en paral·lel, per a cada unitat de potència, és a dir, per a cada fase :

- Sobretensió en CC.
- Error de freqüència.
- Sobreescalfament dissipador de calor.

- Subtensió de xarxa monofàsica.
- Sobretensió de xarxa monofàsica.
- Subtensió de xarxa trifàsica.
- Fallo d'aïllament.
- Alimentació CC
- Funcionament aïllat.
- Sobretensió de xarxa trifàsica.

Com s'ha explicat anteriorment s'ha optat en agrupar les series instal·lant 4 moduladors, del model IG 300 de la casa FRONIUS, aquest es col·locaran a l'interior del pavelló, en un lloc destinat per a la instal·lació, en el mateix lloc es col·locaran les proteccions de CC i CA corresponents.

La potència nominal total de subministre en corrent alterna dels quatre inversors, serà de 96 kW. Aquest inversors a més d'injectar corrent de gran qualitat compleixen les condicions exigibles per qualsevol Companyia elèctrica.

4.5.5 Instal·lació dels inversors

Es preveu la col·locació dels inversors en un local tècnic adjunt al poliesportiu, d'acord amb l'establert en els plànols adjunts.

La distància mínima entre inversors haurà de ser de 60 cm i de 50 cm respecte la resta d'obstacles.

4.7 Estructura de suport dels mòduls fotovoltaics

Es realitza mitjançant fixacions metàl·liques tal i com es detalla en el plànol de subjecció i perfil del present document.

4.8 Armaris de proteccions i connexions

S'instal·larà un únic armari per albergar-hi les proteccions dels quatre inversors.

Aquest armari serà de com a mínim de protecció IP55, i conforme a la norma UNEEN 60439-1, adaptats per al seu muntatge sobre el nivell del terra.

Aquest haurà de complir com a mínim per al seu muntatge les prescripcions descrites a la norma UNE-EN 60439-1.

L'armari escollit serà metàl·lic d'acer inoxidable, incorporarà uns muntants verticals per a col·locar tota l'aparamenta, incorpora ventilació natural, no sent necessari adoptar cap altre mesura per a la ventilació ja que no s'hi instal·len elements de gran potència.

5 INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA

5.1 Energia de captació

Com ja s'ha dit anteriorment, per optimitzar l'aprofitament de la instal·lació, s'instal·laran 484 mòduls fotovoltaics amb una potència pic total de 111,32 kWp, enlloc dels 440 mòduls de l'estudi previ amb els que s'aconseguien 101,2 kWp.

Amb una superfície de captació de 807 m² i utilitzant un la instal·lació fotovoltaica podrà captar una energia màxima anual de 196.619 kWh.

5.2 Energia produïda

L'objectiu de la instal·lació dissenyada en aquest projecte és la venda a la companyia distribuïdora de l'energia produïda. Per aquesta raó, cal tenir molt present quina és aquesta energia que s'està venent a la companyia per poder realitzar una valoració el més real possible dels ingressos que la instal·lació fotovoltaica reportarà.

Tenint en compte les condicions de sortida de la corrent dels inversors d'acord a les seves especificacions tècniques, i els rendiments d'aquests, podem determinar el tipus de subministrament que tenim cap a la xarxa de distribució i l'energia total anual que podem vendre i que serà per la que la companyia pagarà al promotor.

Les característiques de l'energia elèctrica injectada a la xarxa són:

- Corrent alterna trifàsica
- Tensió: 400 V
- Freqüència: 50 Hz
- Potència nominal de la instal·lació: 96 kW
- Energia anual produïda: 161.793 kWh

L'energia produïda serà superior a la que es produiria amb els 440 mòduls de l'estudi previ (150.000 Kwh/any)

La corrent que serà injectada a la xarxa de distribució serà alterna i trifàsica, la qual cosa indica que caldrà una connexió amb les tres fases de la xarxa general tal i com indica el RD 1663/2000 del 29 de setembre.

5.3 Consums auxiliars

Determinem com a consums auxiliars a aquells elements que consumeixen de l'energia produïda per la instal·lació fotovoltaica sempre i quan aquests es destinin per al funcionament de la instal·lació, és a dir, no serien consums auxiliars els elements com enllumenat exterior o càmeres de vigilància ja que aquests no contribueixen en el funcionament de la instal·lació solar fotovoltaica.

5.4 Punt de connexió a la xarxa

Aquest és el punt de connexió a la xarxa general de distribució de baixa tensió, que com a caràcter general es podrà dur a terme la interconnexió a la xarxa sempre i quan la potència de la planta fotovoltaica no excedeixi de 100 kVA, ni de la meitat de la capacitat del centre transformador corresponent a la línia de la xarxa de distribució de baixa tensió.

En el cas en que ens ocupa, existeix un centre de transformació annexat al pavelló poliesportiu on es realitza la instal·lació fotovoltaica, la potència de sortida (a la banda de baixa tensió) del qual es de 400 kVA, així doncs podrem connectar en aquest punt, sempre i quan s'obtinguin els permisos previs de la companyia distribuïdora.

5.5 Escomesa general

Es denomina així a la part de la instal·lació compresa entre la xarxa distribuïdora pública i la caixa general de protecció. L'escomesa de la instal·lació quedarà condicionada pel punt de connexió a la xarxa general de distribució de baixa tensió que designarà la companyia elèctrica distribuïdora.

En aquest cas el punt de connexió es realitzarà en la pròpia línia principal de la instal·lació de baixa tensió del pavelló poliesportiu, l'escomesa de la instal·lació fotovoltaica serà la mateixa que la de la nau industrial.

5.6 Caixa general de protecció i equips de mesura

L'escomesa del pavelló poliesportiu és una línia subterrània que parteix de la línia de distribució elèctrica fins a la caixa general de proteccions, segons s'indica en els plànols.

La caixa general de proteccions a utilitzar, serà segons les especificacions de l'empresa subministradora, i disposarà de fusibles en tots els conductors de fase amb un poder de tall igual a la intensitat de curtcircuit en aquell punt. El neutre estarà constituït per una connexió amovible situada a l'esquerra de les fases i disposarà també d'un born de connexió per a la seva posta a terra si procedeix.

Els comptadors de la planta fotovoltaica, al igual que els de consum del pavelló poliesportiu, estaran instal·lats a una alçada compresa entre 0,7 i 1,80 m., i estaran degudament precintat pels organismes oficials. Aquests elements seran propietat de l'empresa oficial distribuïdora i, per tant, l'entitat propietària de la instal·lació fotovoltaica serà responsable de la seva seguretat i de garantir el no trencament del precinte de l'armari de comptadors.

S'instal·laran un comptador bidireccional en la línia distribuïdora de la planta fotovoltaica. Mesurarà l'energia generada per la instal·lació i l'altra mesurarà l'energia consumida per la instal·lació, en hores de manca de radiació solar; consum que vindrà donat pels equips que es troben en mode stand-by, i també hi haurà consum per part dels elements que contribueixen al funcionament de la instal·lació solar.

5.7 Conductors

Tots els conductors utilitzats en la instal·lació seran fabricats per BICC GENERAL CABLE, i estaran protegits amb aïllant de polietilè reticular (XLPE), del tipus no propagador de la flama ni dels incendis (RZ1).

Per la determinació de la secció dels conductors s'han seguit els següents criteris de disseny:

- Caiguda màxima de tensió admissible:
 - o Es prenen els valors de 1,5% referit a les condicions de treball del punt de màxima potència en condicions estàndard (25°C i 1000 W/m²). La caiguda de tensió efectiva serà inferior a aquests valors.
- Intensitat màxima admissible pel cable en servei permanent:
 - o Segons REBT per a cada tipus de conductor i canalització emprada. La planta fotovoltaica queda dividida en dues parts clarament diferenciades: la instal·lació elèctrica de la pròpia unitat generadora o camp fotovoltaic i la instal·lació elèctrica de la xarxa de distribució en BT.

La secció dels cables s'ha d'escollir de forma que les màximes caigudes de tensió entre ells, comparades amb la tensió en que estan treballant, ha d'estar per sota de 1,5 %. Tot el cablejat es realitzarà amb cable que compleixi la Norma UNE 21030.

Es calcularà la secció dels conductors de cada branca a partir de les fórmules de la Taula 10:

Classe de Corrent	Secció	Caiguda de tensió
Corrent continu	Donada la intensitat	
	$s = (2 \cdot L \cdot I) / (\gamma \cdot e)$	$e = (2 \cdot L \cdot I) / (\gamma \cdot s)$
	Donada la potència	
	$s = (2 \cdot P \cdot L) / (\gamma \cdot e \cdot V)$	$e = (2 \cdot P \cdot L) / (\gamma \cdot s \cdot V)$
Corrent altern monofàsic	Donada la intensitat	
	$s = (2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi) / (\gamma \cdot e)$	$e = (2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi) / (\gamma \cdot s)$
	Donada la potència	
	$s = (2 \cdot P \cdot L) / (\gamma \cdot e \cdot V)$	$e = (2 \cdot P \cdot L) / (\gamma \cdot s \cdot V)$
Corrent altern trifàsic	Donada la intensitat	
	$s = (\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi) / (\gamma \cdot e)$	$e = (\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi) / (\gamma \cdot s)$
	Donada la potència	
	$s = (P \cdot L) / (\gamma \cdot e \cdot V)$	$e = (P \cdot L) / (\gamma \cdot s \cdot V)$

Taula 10: Càlcul de la secció dels conductors

On,

P: Potència activa (W)

I: Intensitat (A)

V: Tensió de la línia (V)

cos φ : Factor de potència

L: Longitud del conductor (m)

γ : Conductivitat del conductor. Pel coure és 56 (m / $\Omega \cdot \text{mm}^2$)

e: Caiguda de tensió de la línia

s: Secció del conductor (mm²)

5.7.1 Línies captadores

Aquest tipus de línia és la que uneix cada subcamp de captadors solars amb els inversors.

Pel fet que circula per l'exterior a alta temperatura i exposat als efectes de clima, estarà constituït per conductors unipolars de 0,6/1 kV i tindran un aïllant de polietilè reticular més el corresponent a la línia de terra.

Les caixes de connexió quedaran accessibles, i desmuntables fàcilment. Hauran de tenir una protecció IP-555 (UNE 20324).

Donat que dintre de cada subcamp de captació de 11 mòduls fotovoltaics, les connexions intermitges entre cada mòdul seran del mateix tipus de conductor que la línia captadora, i aquestes connexions entre diferents mòduls hauran de ser estanques i apropiadament aïllades ja que estaran a l'aire lliure.

Les condicions de funcionament a potència màxima d'aquest tipus de conductors serà de 8,70 A i 340,34 V de corrent continua.

Per tant es pot determinar que la secció del conductor d'acord amb la taula de l'annex de càlcul de seccions.

La caiguda de tensió produïda en cada línia de captació fotovoltaica serà inferior al 1,5%.

5.7.2 Línies inversors

Aquesta línia és la que parteix dels inversors i s'uneix posteriorment a l'armari de proteccions i connexions.

Aquesta instal·lació consta de 4 inversors, és a dir, de 4 línies inversores connectades cadascuna a l'armari.

La longituds seran idèntiques per a cada línia inversora. Cada línia discorrerà des de l'inversor fins a l'armari de connexions i proteccions, on s'instal·larà les caixes de desconexions i les proteccions de cada línia.

En aquest cas els conductors discorreran sobre safates per l'interior del pavelló poliesportiu i les seves característiques mínimes seran les establertes al REBT, per tant, no haurà de resistir altes temperatures ni les inclemències climàtiques.

El conductor serà un cable de tetrapolar de coure, és a dir, 3 fases i un neutre, amb un aïllament de polietilè reticular amb tensió assignada 0,6 / 1 kV.

Les condicions de funcionament d'aquest tipus de línies seran de corrent altern amb una tensió de 400 V i una intensitat màxima de 40,17 A i amb una freqüència de 50 HZ.

Les caigudes de tensió en tot el tram de corrent alterna no superen el 1,5% de la tensió nominal.

5.7.3 Línia de distribució

Aquesta línia és la que realitza la connexió de les línies inversores, en els armaris de connexions i proteccions, amb la línia de connexió.

Hi hauran quatre línies inversores, tal i com es mostra en els plànols, aquestes discorreran fins a la caixa de connexió i proteccions, on també es realitzarà l'entroncament d'elles amb la línia de connexió.

El cable conductor serà d'alumini del tipus tetrapolar, és a dir, 3 fases més un neutre, amb un aïllament de polietilè reticular amb tensió assignada 0,6 / 1 kV.

Per al dimensionament del conductor es tindrà en compte que hauran d'estar sobredimensionats per a una intensitat no inferior al 125% de la intensitat màxima, segons la ITC-BT 40.

Les condicions de funcionament d'aquest tipus de línies seran de corrent altern amb una tensió de 400 V i una intensitat màxima de 160,68 A segons en la línia en que es trobi i amb una freqüència de 50 HZ.

Les caigudes de tensió en tot el tram de corrent alterna no superen el 1,5% de la tensió nominal.

5.8 Posta a terra

La connexió de presa de terra serà d'acord al que estableix el REBT en la seva instrucció tècnica complementària ITC-BT 18 i al Real Decret 1663/2000 del 29 de setembre.

Totes les masses de la instal·lació fotovoltaica estaran connectades a terra, aquest terra serà independent al del pavelló poliesportiu i la del neutre de l'empresa distribuïdora, ja que la connexió és en esquema TT.

En tots els punts de la instal·lació, la resistència del sistema de posta a terra, garantirà que cap massa pot donar contactes superiors a 24 V, ja que la instal·lació es troba en l'exterior entenent que es tracte d'un local humit.

Per l'estructura de suport, es connectarà tota l'estructura metàl·lica i el terra de tots els aparells elèctrics que constant en ella, a un conductor de terra de 16 mm² i aquest a el terra de la instal·lació solar fotovoltaica, tal i com estableix el punt 3.2 de la ITC-BT 18.

El cable conductor serà de coure del tipus unipolar, amb un aïllament de polietilè reticular amb tensió assignada 0,6 / 1 kV, discorrerà enterrat sota tub protector a una distància de 0,70 m de profunditat, aquest tub complirà lo establert en la norma UNE-EN 50086-2-4 i les seves característiques mínimes seran les establertes en l'apartat 1.2.4 de la ITC-BT-21.

A més a més, s'instal·larà un registre per a mesurar la resistència de la presa de terra.

5.9 Proteccions

D'acord a les especificacions de cada una de les línies i tenint en compte les condicions de funcionament de cada una d'elles i dels elements que en elles es troben, per a cada tipus de conductors tindrem unes proteccions determinades. Tot i així, totes i cada una d'elles haurà de complir el plec de condicions elèctric que compona aquest projecte, en el qual s'estableixen les seves propietats així com el nivell de seguretat que han de complir les caixes que els continguin.

Es vol donar les especificacions tècniques que hauran de complir els element de protecció, indiferentment de la casa comercial a on s'adquireixin sempre i quan compleixen amb les especificacions indicades en els plànols.

5.9.1 Proteccions a les línies inversores

Aquestes línies disposen de un diferencial per detectar fuites de corrent i un magnetotèrmic contra curtcircuits tal i com s'especifica en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

Magnetotèrmic automàtic tetrapolar: amb la finalitat de protegir aquest tipus de conductors en front de sobreintensitats, disposarem un magnetotèrmic de tipus tetrapolar i industrial de 63 A i corba C .

Interrupctor diferencial: aquest element haurà de ser de màxima sensibilitat (300 mA). D'acord al tipus de funcionament d'aquest tipus de conducció, aquest element haurà de ser de quatre pols amb un calibratge mínim de 80 A.

5.9.3 Proteccions a la línia distribució

Magnetotèrmic automàtic tetrapolar: amb la finalitat de protegir cada línia de distribució en front de sobreintensitats, disposarem un magnetotèrmic de tipus tetrapolar i industrial de 200 A, escollint la corba C.

5.9.4 Proteccions a la línia de connexió

Fusible a la desconexió: d'acord al règim de funcionament d'aquest conductor i a les seves pròpies característiques, disposarem un fusible de 250 A per a protegir-lo contra sobreintensitats.

S'escull un interruptor de tall en càrrega de 4 pols per a tallar el subministre a la xarxa elèctrica, capaç de suportar un corrent de 160 A.

Interrupctor de control de potència (ICP-M): s'instal·larà un ICP-M tetrapolar de 160 A o un dispositiu que realitzi la mateixa funció, per al control de nivell de potència que es subministra a la xarxa general de baixa tensió. Tindrà una poder de tall no inferior a 10 kA. S'ubicarà dins del quadre de proteccions i haurà d'estar separat de la resta d'elements i protegit dins d'un caixetí destinat a tal efecte.

6 CONSIDERACIONS AMBIENTALS

En aquest apartat s'analitzen els aspectes relacionats amb l'ambient.

Tot projecte que te per objectiu la utilització de l'energia solar fotovoltaica, una de les energies anomenades renovables, te una importància especial en un mon de recursos limitats. Actualment estem assistint a un intens debat sobre els impactes de l'activitat humana sobre el planeta, no tan sols en l'aspecte ambiental, sinó també sobre les carències generades pel desenvolupament i els desequilibris socials.

L'home ha alterat dràsticament el seu entorn i ha adoptat una posició dominant. Això ens ha portat a la situació actual en la que podem dir que, sens dubte, la societat occidental es clarament insostenible ja que la seva relació amb l'entorn es fonamenta en considerar la natura com una font inesgotable de recursos.

Una societat que, com veurem mes endavant, disposa d'un sistema econòmic que externalitza, es a dir, no te en compte, el cost del impacte dels combustibles fòssils.

I, fins ara, això aixeca una forta barrera defensiva envers la utilització de energies renovables (que per altre banda els governs, des de fa relativament poc temps, intenten compensar gestionant un seguit d'ajuts que facin econòmicament viables projectes energies netes).

Per ajudar a entendre l'impacte ambiental es d'utilitat conèixer l'anomenada equació IPAT, proposada per Ehrlich y Holdren en 1974. Es tracta del producte de tres variables: la Població que produeix aquest impacte, el Consum de bens i serveis que la població realitza per satisfer les seves necessitats i, l'impacte ambiental motivat per la tecnologia utilitzada per produir els bens i serveis (també denominada eficiència tecnològica).

Aquesta equació ens ajuda a entendre que, en una demografia global creixent, en la que les societats mes pobres tendeixen a imitar els costums dels excessos consumistes dels països mes rics, es de cabdal importància actuar sobre el tercer factor, es a dir desenvolupar i implementar tecnologies que contribueixin a frenar l'impacte ambiental.

Tampoc hem de caure en la temptació de creure en la pura substituïbilitat entre els capitals natural i econòmic, en el sentit de que l'esgotament de certs recursos naturals podria substituir-se per canvis tecnològics. Això no tindria sentit ja que suposaria acceptar que aquesta substituïbilitat fos indefinidament elàstica. A més, el mercat no pot ser eficient en l'assignació de recursos no renovables perquè les generacions futures (i els pobres) no tenen veu ni vot en les decisions. Finalment, cal reconèixer la dificultat de valorar monetàriament el capital natural.

Pensem que el mercat pot arribar a tenir efectes perversos, com el d'accelerar l'extinció d'un recurs natural, al assignar-li un valor econòmic mes alt quant aquest recurs es mes escàs, i per tant fer mes atractiu comerciar amb ell.

Tot i que el home des de sempre ha estat impactant sobre la natura, per exemple al conrear el camp, es actualment quant aquest impacte ha esdevingut mes evident, ja que la tecnologia de que disposa es capaç de fer front a les forces de la Natura, com es el cas del efecte hivernacle o la pluja àcida.

Es cert que una de les potes que ha de tenir l'estratègia de la sostenibilitat es la d'evitar malbaratar els recursos, es a dir, millorar eficiència en la seva utilització. Però això, tot i sent molt important, no es l'única resposta al impacte ambiental, donat que sabem que l'ésser humà te la tendència d'absorbir ràpidament els beneficis de l'augment d'eficiència amb un increment en el consum.

Això ens porta a recordar importància de tenir en compte, al introduir canvis tecnològics, l'impacte social, es a dir, l'efecte en els valors, hàbits i costums de la gent. Altrament cauríem en la roda de tenir que resoldre els problemes creats per la tecnologia amb més tecnologia. Caldrà, per tant, fer que vagi precipitant la cultura de la sostenibilitat.

El projecte que estem presentant sobre la producció d'energia elèctrica mitjançant la tecnologia fotovoltaica, tindrà efectes positius en varies vessants. Tota l'energia que es produeixi amb aquesta instal·lació en la fase d'explotació, al llarg de la seva vida útil, substituirà a l'energia que d'altre manera es produiria amb les altres tecnologies existents. A l'estat espanyol, el mix de generació d'energia elèctrica, emet 454 gr de CO₂ /kWh elèctric.

En concret, si tenim en compte una vida útil de 25 anys i que l'energia nominal produïda de la instal·lació serà aproximadament de 161.793 kWh, tindrem una producció elèctrica total de:

25 anys x 161.793 kWh/any = 4.044.825 kWh. I això equival a:

4.044.825 kWh x 0,454 kgr de CO₂ /kWh elèctric = 1.836.351 kgr de CO₂

que es l'estalvi d'emissions d'aquest gas que es un dels principals factors que intervenen en l'efecte hivernacle i per tant en el augment de la temperatura del planeta amb els seus efectes perniciosos sobre el clima, la diversitat de les espècies i la societat en general.

Val a dir que en aquest càlcul no hem tingut en compte l'impacte, i per tant, les emissions que han tingut lloc durant la fase de construcció dels elements de instal·lació fotovoltaica (principalment durant la reducció de quars, purificació de silici, producció de lamines i panells i estructures de suport).

Sembla cert que les emissions que es produeixen durant aquesta fase fan que hagi de transcorre un període de temps de funcionament de instal·lació fins que es compensin aquestes emissions i per tant es comenci realment a estalviar CO₂ (es l'anomenat pay-back energètic).

Aquest període de temps dependrà del tipus de tecnologia utilitzada per la fabricació dels panells i també de la proporció d'energia d'origen renovable que s'hagi utilitzat (que cada cop es mes gran).

Una forma de contribuir a reduir l'impacte d'aquesta fase es mitjançant la utilització de materials reciclats, com ara be l'alumini per a fabricar els marcs. De qualsevol manera, la llarga durada de la instal·lació, 25 anys, ultrapassa aquest efecte inicial.

També val a dir que en el moment en que es redacta aquest projecte, existeix un important inventari de material fotovoltaic en el mercat, en la fabricació del qual ja s'ha utilitzat energia i produït el corresponent impacte ambiental, i que, per tant es important que s'utilitzin aquests equips i que comencin a generar energia elèctrica neta quant abans millor.

Per el que fa a l'última fase de la vida útil de la instal·lació, també s'ha de tenir en compte l'impacte dels residus generats. Convé utilitzar el processos de reciclats que ja s'han desenvolupat tot i que, de moment, estan poc implementats.

Val a dir que els càlculs els hem fet amb material de l'empresa BP Solar, de la qual teníem preus de les diferents tecnologies, però que a l'hora de construir la instal·lació s'analitzarien d'altres fabricants i proveïdors que ofereixen la possibilitat de utilitzar tractaments a realitzar al final de la vida útil, com ara Solarworld (Alemanya) o d'altres.

En instal·lació que ens ocupa no hi ha impacte ambiental sobre el sol ja que com s'ha dit, els panells no ocupen camps de conreu sinó que s'ubiquen al sostre d'un edifici existent ubicat en una zona urbana, es a dir ja dotada dels accessos corresponents. Tampoc

tindrem impacte ambiental per la utilització de bateries ja que, al ser una instal·lació connectada a xarxa no fan falta.

Un altre efecte de tenir aquesta instal·lació al sostre del poliesportiu del municipi es la divulgació d'aquest sistema net de produir energia elèctrica directament des de el sol. Això ajuda a finançar la cultura de sostenibilitat dels habitants de la zona. També ajuda a donar visibilitat al concepte de producció energètica, ja que es una instal·lació local i per tant propera. El fet de que l'energia s'injecti a la xarxa ajuda a entendre que energia no te perquè produir-se necessàriament només a grans centrals, sinó que des de tot el territori hi poden fer aportacions.

7 MANTENIMENT

El manteniment d'aquest tipus d'instal·lacions es reduït i simple. Són instal·lacions on el manteniment no comporta grans despeses econòmiques i la parada de funcionament per manteniment són curtes.

Es realitzarà una revisió exhaustiva una vegada a l'any, en la qual es revisaran tots els elements de la instal·lació. Aquesta parada anual es procurarà dur a terme en un període d'hivern, pel fet que en aquest període la insolació és menys elevada i es produiran menys pèrdues per la parada de la instal·lació fotovoltaica per a realitzar el manteniment.

La instal·lació s'aïllarà de la xarxa general de distribució i es procedirà a realitzar les comprovacions corresponents i a la realització dels manteniments.

7.1 Tasques generals de manteniment

Es destaquen les següents tasques de manteniment:

- Observar si existeix oxidació en els elements de la instal·lació.
- Comprovar la correcta subjecció dels mòduls a l'estructura.
- Revisió dels elements de regulació i control, comprovant que el seu funcionament és correcte.
- Comprovació del bon funcionament dels inversors i que el seu funcionament es troba dins els paràmetres correctes de funcionament, comprovant la transformació d'energia que realitza.
- Comprovació de l'estat de tots els conductors de la instal·lació i de tots els elements de subjecció dels mateixos.
- Comprovació de l'estat dels borns de connexió.
- Neteja de pols de les caixes de connexions i tots els quadres elèctrics en general de la instal·lació.

Si s'observa cap desperfecte en les tasques de manteniment descrites es procedirà de la següent manera:

- S'avisarà al distribuïdor o servei tècnic corresponent en cas de que l'element malmès estigui subjecte a aquest servei i/o disposi de garantia.
- Es repararà l'element malmès.
- Es substituirà l'element malmès.

Per últim manca el manteniment necessari dels mòduls fotovoltaics. Els mòduls fotovoltaics requereixen un escàs manteniment per la seva pròpia configuració, pel fet que no tenen elements mòbils i el circuit interior de les cèl·lules i les soldadures de connexió estan aïllades de l'ambient exterior per capes de material protector. En els següents apartats es descriu el manteniment necessari.

7.2 Manteniment mòduls fotovoltaics

El manteniment dels mòduls fotovoltaics té els següents processos:

- Neteja periòdica del mòdul.
- Inspeccions visuals de possibles degradacions internes del mòdul.
- Control de l'estat de les connexions elèctriques i del cablejat.
- Control de les característiques del mòdul.

7.2.1 Neteja periòdica del mòdul

La brutícia acumulada sobre la coberta transparent del mòdul redueix el rendiment del mateix i pot produir efectes d'inversió similars als produïts per les ombres. El problema pot arribar a ser seriós en el cas dels residus industrials i els procedents de les aus, però aquest no es el nostre cas. La intensitat de l'efecte depèn de l'opacitat del residu. Les capes de pols que redueixen la intensitat del Sol de forma uniforme no són perilloses i la reducció de la potència no es significativa. La periodicitat del procés de neteja depèn, lògicament, de la intensitat del procés de embrutiment.

En el cas dels dipòsits procedents de les aus convé evitar-los instal·lant petites antenes elàstiques en la part alta del mòdul, que impedeixen a aquestes posar-s'hi.

L'acció de la pluja pot en molts casos reduir al mínim o eliminar la necessitat de la neteja dels mòduls.

L'operació de neteja ha de ser realitzada en general pel propi usuari i consisteix simplement en netejar dels mòduls amb aigua i algun detergent no abrasiu, procurant evitar que l'aigua s'acumuli sobre el mòdul. No es acceptable en cap cas utilitzar mànegues a pressió.

7.2.2 Inspecció visual del mòdul

La inspecció visual del mòdul té per objectiu detectar possibles danys, concretament:

- Possible ruptura del cristall.
- Oxidacions dels circuits i soldadures de les cèl·lules fotovoltaïques: normalment són degudes a entrada d'humitat en el mòdul per ruptura de les capes d'encapsulat durant la instal·lació o transport.

7.2.3 Control de connexions i cablejat

Cada 6 mesos realitzar un manteniment preventiu efectuant les següents operacions:

- Comprovació de la subjecció i estat dels terminals dels cables de connexió dels mòduls.

7.2.4 Comprovació del tancament de la caixa de terminals

En cas d'observar danys de segellat, es procedirà a la substitució dels elements afectats i a la neteja dels terminals. És important mantenir el segellat de la caixa de terminals, utilitzant juntes noves o un segellat de silicona.

8 POSTA EN MARXA

8.1 Part administrativa.

El RD 2818/98 i la Llei 30/1992 que regulen la creació d'explotacions generadores d'energia elèctrica amb l'aplicació d'energies renovables, ens especifiquen que per arribar a ser una explotació energètica renovable es necessària la inscripció del titular en el règim especial de producció. Per a formar part d'aquest règim especial s'han de realitzar els següents passos:

- Inscripció prèvia: es sol·licita la condició de règim especial obtenint-se un número d'identificació en el registre.
- Inscripció definitiva: es demana a la Direcció General d'Energia i Mines del Departament d'Indústria i Energia de la Generalitat de Catalunya i es presenta el contracte ja firmat entre el titular i la Companyia Elèctrica.

L'energia lliurada només es cobrarà fins que el titular de la instal·lació estigui registrat en el Registre Administratiu d'instal·lacions de Producció en Règim Especial.

Segons la Normativa vigent només es cobrarà l'energia vessada a la xarxa durant els tres mesos anteriors a la inscripció definitiva prèvia autorització de la Companyia elèctrica, considerant-se administrativament com a període de proves.

8.2 Part tècnica

Es procedirà a la posta en marxa i quan aquesta posta marxa sigui efectiva es realitzaran les comprovacions necessàries de la instal·lació. Aquest període de proves duraran entre 2 i 3 dies.

La primera comprovació serà una comprovació visual de tots els elements que formen part de la instal·lació. Observant si hi ha algun defecte de forma o dany en algun dels elements. Si es trobes algun defecte en la instal·lació es repararia immediatament.

Es realitzaran proves de funcionament amb activació manual i automàtica dels elements de protecció de la instal·lació. També es practicarà el funcionament de zones aïllades i la desconexió de parts de captació de la instal·lació.

També s'haurà de comprovar la tensió dels terminals dels mòduls fotovoltaics amb el circuit obert a la sortida de cada fase. Sempre es realitzarà en dies asolellats i a mig dia, quan la radiació solar incident és màxima.

9 RESUM DEL PRESSUPOST

El cost total del present projecte d'una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa amb el seu respectiu sistema de control ascendeix a tres-cents quaranta mil dos-cents cinc Euros amb trenta cinc cèntims sense IVA (340.205,35€).

A l'annex referent a l'estudi econòmic es presenta el detall del pressupost.

10 CONCLUSIONS

En la present memòria s'han establert les característiques, factors i aspectes tècnics que permetran realitzar l'execució en obra d'una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió, de 100 kW connectats a xarxa elèctrica de baixa tensió.

Aquesta instal·lació s'ajusta a les disposicions legals actuals en matèria de producció elèctrica en règim especial segons RD 661/2007 de 25 de maig i RD 1578/2008 del 26 de setembre, pel que podrem injectar l'energia elèctrica produïda a la xarxa elèctrica pública i facturar la producció a la Companyia elèctrica al preu que marca la legislació vigent, a més a més, el seu ús permetrà donar un impuls en la implantació de les energies renovables i consolidar encara més la nova consciència ambiental i reduir les emissions de CO₂, tot gaudint d'una retribució per la venda de l'energia produïda, no contribuint a l'efecte hivernacle i tampoc a la pluja àcida.

En l'annex II es realitza un estudi econòmic comparatiu, entre les tecnologies de moduls de capa fina i polícrystalins, on es demostra que el modul policristal·lí dona les millors condicions econòmiques.

Tanmateix, es pot afirmar que s'han complert els objectius per els quals es va procedir a l'estudi i la posterior redacció del present projecte.

Francesc Pons

Alex Nicolás

Arnau Oltra

Sergi Quiles

Màster en energia pel desenvolupament sostenible
Terrassa, 9 de Gener del 2010.

11 BIBLIOGRAFIA

CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar). La Energía Solar. Aplicaciones prácticas. PROGENSA (Promotora General de Estudios S.A.). Sevilla. 2001.

CENSOLAR. Instalaciones de Energía Solar. Energètica Solar. PROGENSA. Sevilla. 2001.

ICAEN (Institut Català d'Energia). Atlas de Radiació Solar de Catalunya. ICAEN.

IDAE. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a la Red. Difusión. IDAE Madrid. 2002.

METEOCAT (Meteorología de Catalunya). Valores diarios de irradiación a Lleida. (<http://www.meteocat.es/>, 30 de juny de 2008).

SolarWeb. Energía Solar, sistemas de conexión a la red. (<http://www.solarweb.net>, 15 de juliol de 2008).

PORTALENERGIA. Reciclatge de components de panells solars. (<http://www.portalenergia.es/noticias/2008/09/Solarworld>)

REBT, Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. “BT-19. INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES”,

RD 661/2007: REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

RD 1578/2008: REAL DECRETO 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology. (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)

NORMA TÈCNICA PARTICULAR. Instal·lacions fotovoltaiques interconnectades a la xarxa de distribució de Baixa Tensió (NTP-FVBT). FecsaEndesa

GUIA VADEMÈCUM PER A INSTAL·LACIONS D'ENLLAÇ EN BAIXA TENSÍO. FecsaEndesa.