

David Mir Gómez

**DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU
INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Sr. David Carpintero Pleguezuelos

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

Preàmbul

Aquest projecte conté informació confidencial com ara dades de consum energètic, càlculs, condicions tècniques, plànols, amidaments i pressupost.

L'entitat propietària d'aquesta informació és Essity Spain S.L. ubicada a la Carretera de Valls a Puigpelat, Km 2, 43812, Puigpelat (Tarragona).

Agraïments

M'agradaria començar expressant la meua gratitud al tutor de l'empresa, David Álvarez. Primer, per donar-me l'oportunitat de fer pràctiques al departament de Sistemes Converting d'Essity i, segon, per ajudar-me a enfocar la idea del projecte.

També volia agrair el suport, els consells i la direcció de David Carpintero, ja que m'ha ajudat a orientar aquest treball durant el seu desenvolupament.

Gràcies al Pere Marc Franquet i a Essity per gestionar el conveni i poder fer aquesta estada de pràctiques en aquesta multinacional líder en el sector.

Finalment, a la meua mare i la meua àvia. Sense el suport moral i la motivació no hauria sigut possible.

Índex General

Índex General	1
Índex de Figures	6
Índex de Taules	7
Memòria Descriptiva	8
1. Introducció.....	9
2. Identificació	9
3. Objecte.....	10
4. Abast.....	10
5. Antecedents	11
6. Eines utilitzades.....	11
6.1. Normativa aplicable	11
6.2. Programes utilitzats.....	12
7. Definicions i abreviatures.....	12
8. Requisits de disseny	13
8.1. Situació i emplaçament	13
8.2. Descripció de la instal·lació.....	14
9. Anàlisi de solucions.....	15
10. L'energia solar fotovoltaica.....	15
10.1. Introducció	15
10.2. L'efecte fotovoltaic	16
10.3. La radiació solar.....	16
10.4. Avantatges i inconvenients	17
10.5. Tipus d'instal·lacions.....	18
11. Resultats finals	19
11.1. Plaques solars	19
11.1.1. Tecnologies en els panells.....	19
11.1.2. Anàlisi	20
11.1.3. Elecció definitiva.....	26
11.2. Inversor	27
11.2.1. Tipus d'inversors.....	27
11.2.2. Anàlisi	28
11.2.3. Elecció definitiva.....	30

11.3. Suports	31
11.3.1. Tipus de suports	31
11.3.2. Anàlisi	32
11.3.3. Elecció definitiva.....	33
12. Planificació	35
13. Ordre de prioritat entre els documents	39
14. Conclusions	40
Memòria de Càlcul	41
1. Previsió de càrrega (CONFIDENCIAL)	42
2. Dimensionament.....	43
2.1. Superfície total	43
2.2. Superfície útil.....	44
3. Components de la instal·lació (CONFIDENCIAL)	45
3.1. Mòduls solars	45
3.1.1. Orientació i inclinació	45
3.1.2. Distribució dels mòduls.....	47
3.2. Inversors.....	53
3.2.1. Número de strings en sèrie	54
3.2.2. Condicions a complir	57
3.3. Suports	59
3.3.1. Nombre de peces	59
3.3.2. Justificació del pes	60
3.4. Cablejat	61
3.4.1. Longitud	61
3.4.2. Tipus de cable.....	61
3.4.3. Càlcul de la secció.....	62
3.4.4. Proteccions	67
3.4.5. Càlcul de posta a terra	70
3.5. Simulació de la instal·lació amb PVSyst	72
3.5.1. Pèrdues	72
3.5.2. Previsió energia generada	77
3.5.3. Balanç econòmic	84
Annexos	95
1. Distribució de la nau (CONFIDENCIAL)	96
2. Documentació de partida (CONFIDENCIAL).....	96
3. Estudis amb entitat pròpia	98

3.1. Estudi de seguretat i salut	98
3.1.1. Justificació.....	98
3.1.2. Objecte	98
3.1.3. Abast.....	99
3.1.4. Dades generals.....	99
3.1.5. Mesures preventives	104
3.1.6. Instal·lacions elèctriques provisionals	110
3.1.7. Mesures de protecció contra incendis	111
3.1.8. Emmagatzematge i ús de gasos	112
3.1.9. Formació del personal	113
3.1.10. Reunions de seguretat.....	113
3.1.11. Medicina assistencial.....	114
3.1.12. Vestuaris i lavabos	114
3.1.13. Plec de condicions	115
4. Altres documents	116
Plànols	117
1. Situació Geogràfica	118
2. Emplaçament	119
3. Planta Coberta (CONFIDENCIAL)	120
4. Distribució Mòduls (CONFIDENCIAL).....	121
5. Distribució Àrees (CONFIDENCIAL)	122
6. Planta Instal·lació L46 (CONFIDENCIAL)	123
7. Planta Instal·lació L83 (CONFIDENCIAL)	124
8. Planta Instal·lació AUX CV2 (CONFIDENCIAL).....	125
9. Planta Instal·lació L47 (CONFIDENCIAL)	126
10. Planta Instal·lació L73 (CONFIDENCIAL)	127
11. Esquema Unifilar L46 (CONFIDENCIAL)	128
12. Esquema Unifilar L83 (CONFIDENCIAL)	129
13. Esquema Unifilar AUX CV2 (CONFIDENCIAL)	130
14. Esquema Unifilar L47 (CONFIDENCIAL)	131
15. Esquema Unifilar L73 (CONFIDENCIAL)	132
16. Estructura (CONFIDENCIAL)	133
17. Planta Bigues Coberta (CONFIDENCIAL).....	134
Plec de Condicions	135
1. Condicions facultatives	136
1.1. Delimitació General de Funcions Tècniques	136

1.2. De les obligacions i drets generals del Contractista	137
1.3. Prescripcions generals relatives als treballs, materials i mitjans auxiliars	140
1.4. De les recepcions de les obres i instal·lacions	144
2. Condicions econòmiques.....	146
2.1. Principi general	146
2.2. Fiances	146
2.3. Dels preus	147
2.4. Obres per administració	149
2.5. De la valoració i abonament dels treballs	152
2.6. De les indemnitzacions mútues.....	154
2.7. Varis.....	155
3. Condicions tècniques generals (CONFIDENCIAL)	157
3.1. Objecte	157
3.2. Generalitats	157
3.3. Capítol 1. Instal·lació.....	158
3.4. Capítol 2. Connexions.....	158
3.5. Capítol 3. Proteccions.....	158
3.6. Capítol 4. Altres	158
Amidaments	159
1. Capítol 1. Instal·lació	160
2. Capítol 2. Connexions	160
3. Capítol 3. Proteccions.....	160
4. Capítol 4. Altres	160
Pressupost.....	161
1. Preus unitaris	162
2. Preus descompostos.....	162
2.1. Capítol 1. Instal·lació	162
2.2. Capítol 2. Connexions	162
2.3. Capítol 3. Proteccions.....	162
2.4. Capítol 4. Altres.....	162
3. Pressupost.....	162
3.1. Capítol 1. Instal·lació.....	162
3.2. Capítol 2. Connexions.....	162
3.3. Capítol 3. Proteccions	163
3.4. Capítol 4. Altres	163
4. Resum del pressupost	163

5. Payback	163
5.1. Valor actual net (VAN).....	163
5.2. Taxa interna de retorn (TIR).....	164
5.3. Retorn de la inversió (ROI)	164
Referències	166

Índex de Figures

Figura 1. Situació del Camp de Tarragona.....	13
Figura 2. Situació de l'emplaçament a Puigpelat.....	14
Figura 3. Efecte fotovoltaic.....	16
Figura 4. Mapa de radiació a nivell estatal.....	17
Figura 5. Eficiència i potència segons tecnologia.....	20
Figura 6. Índex de degradació mitjà.....	21
Figura 7. Panell escollit.....	26
Figura 8. Inversor escollit de 110 kW.....	30
Figura 9. Inversor escollit de 125 kW.....	31
Figura 10. Capes de la coberta.....	32
Figura 11. Suport escollit.....	34
Figura 12. Menor ombra.....	34
Figura 13. Major densitat de producció.....	34
Figura 14. Disseny aerodinàmic.....	35
Figura 15. Menor contrapès.....	35
Figura 16. Vista en planta de les naus CV2 i CV3.....	43
Figura 17. Mesura de la superfície total CV2 i CV3.....	44
Figura 18. Trajectòria solar en els solsticis.....	46
Figura 19. Preu del mercat diari.....	46
Figura 20. Producció més consistent.....	47
Figura 21. Panells fixats en l'estructura.....	48
Figura 22. Pareds i carener teulada CV2.....	50
Figura 23. Tipus d'interruptor pel sistema fotovoltaic.....	68
Figura 24. Diagrama de la connexió a xarxa.....	69
Figura 25. Diagrama de l'estructura del mòdul.....	70
Figura 26. Mètode de connexió a terra de l'orifici.....	71
Figura 27. Aprofitament solar segons l'angle.....	72
Figura 28. Punt de treball.....	73
Figura 29. PR i pèrdues al llarg de l'any a AUX.....	76
Figura 30. Diagrama de pèrdues d'AUX.....	76
Figura 31. Irradiació diària al llarg de l'any.....	78
Figura 32. Energia injectada diària AUX al llarg de l'any.....	84
Figura 33. Energia injectada diària L46 al llarg de l'any.....	86
Figura 34. Energia injectada diària L83 al llarg de l'any.....	88
Figura 35. Energia injectada diària L47 al llarg de l'any.....	90
Figura 36. Energia injectada diària L47 al llarg de l'any.....	92

Índex de Taules

Taula 1. Comparativa panells sotysolar.....	22
Taula 2. Comparativa plaques HogarSolar.....	23
Taula 3. Comparativa plaques SunFields Europe.....	24
Taula 4. Anàlisi plaques solfy.....	25
Taula 5. Comparativa panells escollits.....	26
Taula 6. Dades tècniques del mòdul solar.....	27
Taula 7. Característiques d'entrada.....	29
Taula 8. Característiques de sortida.....	29
Taula 9. Altres característiques.....	29
Taula 10. Diagrama de Gantt de l'execució de l'obra.....	38
Taula 11. Resum separació entre mòduls i elements.....	51
Taula 12. Resum dades mòdul solar.....	54
Taula 13. Resum dades inversor solar.....	54
Taula 14. Resum dades inversor solar.....	54
Taula 15. Diàmetre exterior dels tubs.....	65
Taula 16. Intensitats màximes admissibles.....	65
Taula 17. Factors de correcció de temperatura.....	66
Taula 18. Factor de reducció per agrupament de circuits.....	66
Taula 19. Valors d'intensitats normalitzats.....	67
Taula 20. Descripció elements mòdul solar.....	70
Taula 21. Relació seccions conductors protecció de fase.....	71
Taula 22. PR al llarg de l'any en cada àrea.....	75
Taula 23. Irradiació diària i mensual.....	77
Taula 24. Generació diària i mensual a AUX.....	78
Taula 25. Generació diària en situacions crítiques a AIX.....	79
Taula 26. Generació diària i mensual.....	79
Taula 27. Generació diària en situacions crítiques.....	80
Taula 28. Generació diària i mensual.....	80
Taula 29. Generació diària en situacions crítiques.....	81
Taula 30. Generació diària i mensual.....	81
Taula 31. Generació diària en situacions crítiques.....	82
Taula 32. Generació diària i mensual.....	82
Taula 33. Generació diària en situacions crítiques.....	83
Taula 34. Energia injectada per hores AUX al llarg de l'any.....	85
Taula 35. Balanç energètic mensual previst a AUX.....	85
Taula 36. Energia injectada per hores L46 al llarg de l'any.....	87
Taula 37. Balanç energètic mensual previst a L46.....	87
Taula 38. Energia injectada per hores L83 al llarg de l'any.....	89
Taula 39. Balanç energètic mensual previst a L83.....	89
Taula 40. Energia injectada per hores L47 al llarg de l'any.....	91
Taula 41. Balanç energètic mensual previst a L47.....	91
Taula 42. Energia injectada per hores L47 al llarg de l'any.....	93
Taula 43. Balanç energètic mensual previst a L47.....	93

Memòria Descriptiva

**DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU
INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Sr. David Carpintero Pleguezuelos

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

1. Introducció

La motivació d'aquest projecte sorgeix del fet que el consum d'electricitat és molt elevat i es busca reduir la despesa associada. Per tant, es planteja dissenyar una instal·lació fotovoltaica per autoconsum amb excedents a una de les naus de la fàbrica amb l'objectiu d'estudiar l'estalvi energètic que es podria aconseguir i evitar els pics de consum en alguns períodes de l'any en els quals se supera la potència contractada.

La nau triada per dur a terme aquesta anàlisi tracta la fabricació dels rotllos de paper higiènic, de cuina i industrial, i el seu posterior embalatge. S'ha escollit aquesta nau per diferents motius com la disponibilitat d'informació sobre el consum elèctric i l'estructura de l'edifici, així com la seva elevada demanda energètica que permet una anàlisi detallada de la viabilitat del projecte.

Es fan servir programes com Desigo CC de Siemens per monitorar els consums i PVSyst per simular la instal·lació fotovoltaica i preveure la generació d'energia.

En aquest projecte s'especifiquen totes les característiques, ja siguin tècniques, ambientals, d'execució i econòmiques, de la instal·lació fotovoltaica per garantir-ne l'adequació al lloc. A més, es presenten els annexos amb estudis, càlculs, plànols i el pressupost corresponent per avaluar la seva viabilitat econòmica.

2. Identificació

- Títol del projecte: Disseny d'una instal·lació fotovoltaica en una nau industrial destinada a la fabricació de paper
- Emplaçament de la instal·lació: Essity S.L. (41°16'52"N, 1°17'13"E)
- País: Espanya
- Província: Tarragona
- Municipi: Puigpelat, Tarragona
- Codi postal: 43812
- Titular: Universitat Rovira i Virgili
- Tècnic autor del projecte: David Mir Gómez

3. Objecte

L'objecte del present projecte és dissenyar i realitzar un estudi de la viabilitat, tant tècnica com econòmica, per una instal·lació fotovoltaica a la teulada de la nau industrial de Converting 2 de la fàbrica d'Essity, situada a Puigpelat. En aquesta nau té lloc la fabricació dels rotllos de paper higiènic, de cuina i industrial, així com el seu posterior embalatge.

En el disseny de la instal·lació es tindrà en compte la normativa vigent, el consum energètic i la superfície disponible per a una instal·lació completa de generació d'energia per autoconsum amb excedents que es vendran.

La idea és dividir tota la instal·lació en cinc àrees, una per cada zona de consum, i poder analitzar quina generació hi haurà en diferents períodes i quan hi haurà excedents. A més, es valoraran diverses situacions crítiques per veure les diferències de producció.

Donat que es tracta d'un edifici amb un consum constant elevat, interessa analitzar quin estalvi econòmic suposa i poder determinar el temps d'amortització del projecte tenint en compte la reducció de consum de la xarxa i la venda dels possibles excedents.

4. Abast

L'abast o el que es vol determinar en el projecte és el disseny i estudi de viabilitat d'una instal·lació fotovoltaica en la coberta de la nau industrial de CV2 d'Essity Spain S.L.

- Es disposa de les dades dels consums energètics de les diferents zones dins de la nau per analitzar si es pot cobrir aquesta demanda.
- Es calcularà el nombre de plaques solars que es poden instal·lar tenint en compte el tipus de coberta, així com els suports i la seva connexió.
- Es realitzarà el dimensionat de l'inversor per cadascuna de les àrees.
- Es dimensionarà el cablejat elèctric per la interconnexió de les plaques i la connexió entre els diferents components.
- Amb el PVSyst es farà una simulació de la instal·lació i una previsió de la generació tenint en compte la meteorologia i la disposició dels panells.

5. Antecedents

La nau industrial de Converting 2 (CV2) té un constant i elevat consum, ja que hi ha quatre línies de producció. A més, també hi ha tot el sistema d'enllumenat, ventiladors, i la zona de les oficines.

Sent un edifici amb aquest consum i una gran superfície al sostre, cal estudiar si disposant d'una instal·lació fotovoltaica la reducció de la despesa econòmica és notable i el temps d'amortització no és elevat.

Actualment, no hi ha cap instal·lació perquè es necessiten moltes plaques per cobrir la demanda d'una nau o d'una àrea. No obstant això, la idea és veure quin estalvi suposa el fet de tenir tota la coberta de plaques i en quant de temps es recupera la inversió inicial. Amb les dades dels consums i fent una previsió de la generació, es pot estimar quant pot cobrir en cada una de les línies i en la part d'auxiliars.

El sostre està fet amb xapa metàl·lica, té una gran superfície, no té edificis més elevats al costat que impedeixin una bona irradiació i té una bona orientació. Tanmateix, cal tenir en compte que hi ha diferents elements com claraboies, exutoris i extractors, cosa que redueix la superfície útil per posar panells.

6. Eines utilitzades

6.1. Normativa aplicable

Per a la realització i redacció del projecte, s'han tingut en compte els decrets, ordres i normes de la legislació vigent:

- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT) i Instruccions tècniques Complementàries (ITC).
- Normativa UNE.
- Pla nacional i Ordenança General de Seguretat i Higiene en el Treball.
- Norma UNE 157001-2014 per a la correcta redacció d'un projecte tècnic.
- Ordenances i normativa corresponent a l'Ajuntament de Puigpelat.
- Reial Decret llei 15/2018, de 5 d'octubre, de mesures urgents per a la transició energètica i la protecció dels consumidors.
- Reial Decret 244/2019, de 5 d'abril, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica.
- Llei 24/2013, de 26 de desembre, del Sector Elèctric.
- Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament de Baixa Tensió.

- Reial Decret 1955/2000, d'1 de desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.
- Reial Decret 413/2014, de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.
- Reial Decret 614/2001, sobre disposicions mínimes per a la protecció de la salut i seguretat dels treballadors davant de risc elèctric.
- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.
- Reial Decret de 485/1997, de 14 d'abril, sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.
- Reial Decret 486/1997, de 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball.

6.2. Programes utilitzats

Per realitzar el projecte s'han emprat diferents programes específics:

- **AutoCAD:** Permet dibuixar digitalment plànols i objectes en 3D. S'ha emprat per fer els corresponents plànols.
- **Desigo CC:** És una plataforma de gestió d'edificis d'alt rendiment que inclou totes les disciplines com la il·luminació, l'energia, seguretat, protecció contra incendis, sistemes de climatització... S'ha emprat per obtenir dades dels consums energètics.
- **PVSyst:** Serveix per estudiar, simular i analitzar dades de sistemes fotovoltaics. S'ha fet servir per fer una previsió de la generació de la instal·lació.

7. Definicions i abreviatures

CV = Nau anomenada Converting, que fa referència a la fase del procés en la qual es fabriquen els rotllos de paper higiènic, industrial i de cuina a partir d'unes bobines de paper de grans dimensions.

AUX = Àrea d'Auxiliars dins de la nau. Fa referència a la part d'oficines, vestuaris, tallers, sales, magatzems de recanvis, sistema de climatització i enllumenat.

CT = Centre de Transformació. Caseta prefabricada on es transforma l'energia elèctrica d'alta tensió a baixa tensió o viceversa adoptant la tensió d'entrada de la xarxa a les necessitats del receptor que es connecta a la sortida.

RAIPRE = Registre Administratiu d'Instal·lacions Productores d'Energia Elèctrica. Recull les dades principals de les instal·lacions de producció d'energia autoritzades.

String = conjunt de plaques solars connectades entre si per produir energia.

MPPT = Maximum Power Point Tracking. Es tracta d'una tecnologia utilitzada en els sistemes fotovoltaics per maximitzar l'eficiència de la conversió d'energia solar en electricitat.

STC = Standard Test Conditions. Condicions sota les quals s'han d'assajar els mòduls per establir els seus paràmetres bàsics.

PCT = Plec de Condicions. Fa referència al plec de condicions tècniques d'instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a la xarxa.

IDAE = Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. És un organisme adscrit al Ministeri per a la Transició Ecològica. Contribueix a la consecució d'objectius que té adquirits en matèria de millora de l'eficiència energètica, energies renovables i altres tecnologies baixes en carboni.

CTE = Codi Tècnic de l'Edificació. És el marc normatiu que estableix les exigències bàsiques de qualitat que han de complir els edificis en relació amb els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat establerts en la Llei 38/1999 de 5 de novembre, d'Ordenació de l'Edificació.

8. Requisits de disseny

8.1. Situació i emplaçament

La ubicació escollida es pot observar en els plànols 1 i 2, corresponents a la situació i emplaçament de la instal·lació.

Aquest emplaçament serà la nau de CV2, $41^{\circ}16'52''N$ $1^{\circ}17'13''E$.

A continuació es pot observar on es troba l'emplaçament amb el Google Maps.

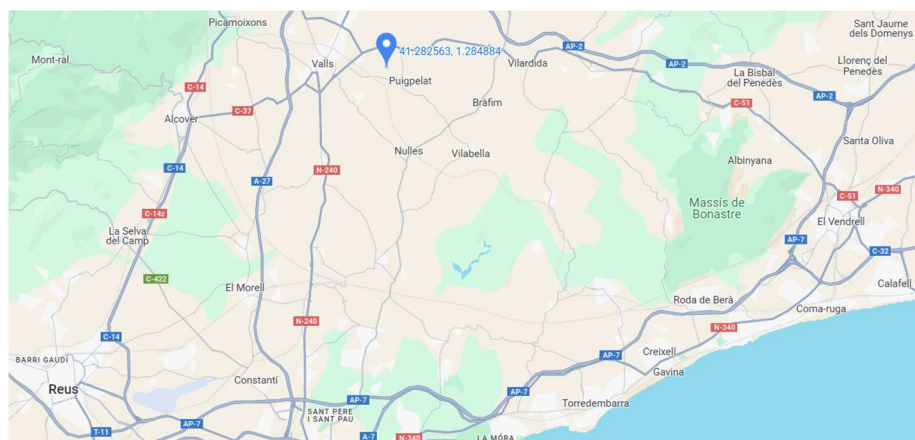


Figura 1. Situació del Camp de Tarragona.

Més en detall:



Figura 2. Situació de l'emplaçament a Puigpelat.

8.2. Descripció de la instal·lació

Tenint present la ubicació de la instal·lació, cal fer una descripció de com serà per poder conèixer i posar-se en context.

Les diferents parts de la instal·lació fotovoltaica són:

- Mòduls fotovoltaics, prèviament escollits i calculats en funció de la situació del lloc.
- Inversor solar dimensionat prèviament.
- Cablejat amb les corresponents proteccions.
- Suports per donar rigidesa i fixar les plaques a la millor orientació.
- Canalitzacions per passar el cablejat.

Aquests components es calculen en la Memòria de Càlcul.

La potència de la instal·lació vindrà determinada pel tipus de mòduls i el nombre d'ells en funció de la distribució que es faci. El consum de la nau se sap amb més precisió i es poden consultar les dades a la Documentació de Partida. Aquest històric de consums s'ha pogut obtenir gràcies a un programa de Siemens anomenat Desigo CC amb el qual es pot portar un control de diferents paràmetres en les diferents naus de la fàbrica.

En l'annex de Distribució de la nau s'explica com està organitzada.

9. Anàlisi de solucions

Deixant de banda totes les naus que serveixen per emmagatzemar el producte semielaborat o final, perquè interessa que l'energia produïda es pugui consumir en la mateixa nau i reduir la longitud de cablejat, quedaven les naus de fabricació de bobines de paper, les oficines generals i les altres naus de convertint.

Entre aquestes naus, interessaven aquelles que tenien un consum més elevat, que tinguessin suficients dades de consum energètic a la base de dades del programa. De forma que restaven CV2 i CV3. Entre aquestes dues, es va decidir per CV2 perquè té un consum més elevat. CV3 queda tocant a CV2, però està previst que funcioni en part, com a magatzem.

Una vegada escollida la nau, es van sol·licitar plànols de l'edifici i de la instal·lació elèctrica existent per tenir una idea de com és la teulada i com fer la connexió. El principal inconvenient o problema que es va trobar va ser la nombrosa quantitat de claraboies, extractors i exutoris que hi ha per tal d'aprofitar la llum natural a dins de la nau i poder evacuar els fums en cas necessari. D'una banda, té aquest avantatge, però de cara a la instal·lació redueix molt la superfície disponible pels mòduls. Aquest problema es pot veure en la Memòria de Càlcul i en el plànol de Planta Coberta.

Durant la realització del projecte s'ha contactat amb el *màner* de projectes de l'empresa per recopilar informació i analitzar diferents problemes que han anat sorgint.

La idea d'utilitzar aquest tipus d'energia renovable és perquè és de fàcil instal·lació i per la situació geogràfica i meteorològica és de les que surt més a compte. Pel que fa al motiu d'elecció dels diferents components, es comenta més endavant en els Resultats Finals.

10. L'energia solar fotovoltaica

10.1. Introducció

L'energia solar és una energia renovable obtinguda a partir de la radiació electromagnètica del Sol. Es tracta d'una energia renovable, ja que s'obté d'una font natural i inesgotable, en aquest cas el Sol.

Pel que fa a l'energia solar fotovoltaica, aquesta consisteix a obtenir directament l'electricitat a partir de la radiació solar mitjançant panells solars. Aquests panells estan compostos de cel·les solars que produeixen l'efecte fotovoltaic.

La generació d'aquesta electricitat no produeix cap mena de residu contaminant. Això ho fa ideal per aquells que desitgin reduir la petjada de carboni.

Un dels principals motius pel qual aquesta energia s'està tornant cada vegada més popular és per la seva fàcil instal·lació i versatilitat. [1]

10.2. L'efecte fotovoltaic

L'efecte fotovoltaic és un fenomen fonamental en la conversió d'energia solar a electricitat. Es caracteritza per generar un corrent elèctric quan dos materials diferents estan en contacte i exposats a la llum o radiació electromagnètica. Els materials semiconductors com el silici són fonamentals en aquesta aplicació per la seva capacitat d'aprofitar aquest efecte.

L'efecte s'inicia en el moment en què un fotó impacta amb un electró de l'última òrbita d'un àtom de silici. Aquest darrer electró rep l'energia amb què viatja el fotó. Si l'energia que adquireix l'electró supera la força d'atracció del nucli de l'àtom de silici, aquest surt de la seva òrbita i queda lliure. En quedar lliure pot viatjar a través del material formant un corrent continu.

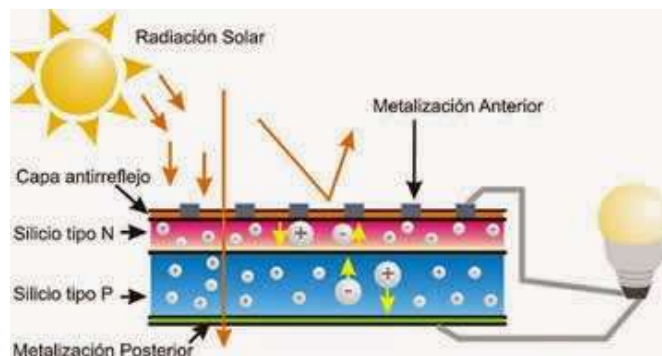


Figura 3. Efecte fotovoltaic.

No tots els fotons que arriben a les cèl·lules solars es converteixen en electricitat. Part de la radiació incident es perd per reflexió (rebota) i una altra part per transmissió (travessa). Això és perquè alguns fotons en el moment de la col·lisió ja han perdut massa energia per desplaçar un electró i d'altres que travessen la làmina de semiconductor sense topar-se amb cap electró. [2]

10.3. La radiació solar

La radiació solar és l'energia que emet el Sol en l'espai. La que arriba a la Terra es quantifica mitjançant la irradiació solar, que és l'energia rebuda per unitat de superfície.

Un valor singular és la constant solar, que és la quantitat de radiació rebuda en un instant per unitat de superfície en la part externa de l'atmosfera en un pla perpendicular als raigs. El valor mitjà és de 1366 W/m^2 . [3]

Per tal que els mòduls fotovoltaics funcionin correctament, cal saber la radiació de la zona en la qual es realitzarà la instal·lació i la demanada d'energia. Mitjançant un mapa de radiació es pot veure quin nivell de radiació hi ha en cada lloc:



Figura 4. Mapa de radiació a nivell estatal.

En aquest mapa es distingeixen diferents zones en funció de la radiació:

1. Radiació menor de **3,8 kWh/m²**
2. Radiació d'entre **3,8 i 4,2 kWh/m²**
3. Radiació d'entre **4,2 i 4,6 kWh/m²**
4. Radiació d'entre **4,6 i 5 kWh/m²**
5. Radiació major a **5 kWh/m²**

10.4. Avantatges i inconvenients

Tot i haver-hi altres tipus d'energia renovable, la solar s'ha popularitzat com una de les energies renovables més fàcils de produir. Aquests són alguns dels beneficis i avantatges d'aquest tipus d'energia.

- És **ecològica**, una font inesgotable i la seva transformació en energia fotovoltaica no produeix residus.
- Té un **menor impacte en el medi**. Encara que altres renovables també són inesgotables i sense residus, l'impacte de la solar és menor. Per exemple, els aerogeneradors tenen un impacte negatiu en les aus, igual que les instal·lacions hidràuliques en els peixos. Això no passa amb les instal·lacions solars.
- És **reaprofitable**. Un dels problemes de les renovables és que són irregulars, depenen del vent, del cabal, la marea o la radiació. Però gràcies al progrés tecnològic, ara ja es pot emmagatzemar l'energia solar per transformar-la en electricitat o aprofitar els excedents generats.
- És **democràtica**. El cost de la instal·lació ha anat reduint-se de preu, per la qual cosa quasi tothom pot accedir a autoconsum amb plaques solar pròpies en el seu habitatge o comunitat de veïns.

- És **adaptable**. Des d'instal·lacions particulars fins a grans plantes solars de producció, l'energia solar s'adapta a tota mena de necessitats, terrenys i societats.
- **Cost de manteniment baix** i els beneficis d'aquest fan que la vida útil dels panells sigui superior.

Tanmateix, també presenta alguns inconvenients com poden ser:

- L'**eficiència energètica és pobre** comparada amb altres fonts renovables. La relació entre la quantitat d'energia rebuda i la generada és baixa.
- El **cost de la inversió és elevat**.
- El **rendiment va lligat al clima**.
- **Limitacions en l'horari solar**. En algunes zones l'horari és més curt. A més en certes regions la inclinació de la radiació solar és inadequada.
- **Limitacions per emmagatzemar energia**. Com que les hores en què es pot obtenir energia no sempre coincideixen amb les hores en què es necessita, convé emmagatzemar-la. Hi ha bateries, però l'eficiència encara és baixa.
- **Impacte ambiental**. Malgrat que es considera neta, també té elements que perjudiquen el medi ambient [1].

10.5. Tipus d'instal·lacions

Les instal·lacions solars fotovoltaïques, com a part integral de l'ecosistema energètic actual, s'han diversificat per satisfer les necessitats i les circumstàncies particulars de diferents sectors i aplicacions. D'aquesta manera, es poden classificar en diferents categories segons la seva potència, la ubicació i el sistema de connexió:

1. Segons la seva **potència**:

- Instal·lacions de **petites** dimensions: menys de **10 kW** de potència.
- Instal·lacions de **mitjanes** dimensions: entre **10 kW i 100 kW** de potència instal·lada.
- Instal·lacions de **grans** dimensions: més de **100 kW** de potència instal·lada. [4]

2. Segons la seva **ubicació**:

- Instal·lacions en **cobertes**: ubicades en les cobertes de naus industrials, edificis o habitatges.

- Instal·lacions en **terres agrícoles**: ubicades en terrenys que no afectin la producció agrícola o ramadera.
- Instal·lacions a **terra**: grans parcs solars instal·lats en terrenys destinats a exclusivament a la producció d'energia fotovoltaica.

3. Segons el seu sistema de **connexió**:

- Instal·lacions **aïllades**: funcionen de manera independent de la xarxa, emmagatzemant l'energia en bateries.
- Instal·lacions **connectades** a la xarxa: connectades al sistema general i poden injectar energia produïda (amb excedents) o consumir-ne si és necessari (sense excedents).

En aquest projecte, el tipus d'instal·lació és de gran dimensió pel que fa a la potència. Respecte a la ubicació, està prevista per realitzar-se en la coberta d'una nau industrial. Finalment, amb relació a la connexió, està connectada a la xarxa (autoconsum) i en els moments en què hi hagi excedents s'injectarà l'energia a la xarxa.

11. Resultats finals

11.1. Plaques solars

Els panells solars estan formats per un conjunt de cèl·lules fotovoltaïques que produeixen electricitat a partir de l'efecte fotovoltaic comentat anteriorment.

11.1.1. *Tecnologies en els panells*

En l'actualitat hi ha diferents tecnologies utilitzades en les plaques solars:

- Panell solar **poli cristal·lí**

Són els de procés de fabricació més senzill, utilitzant el silici tipus P en lloc de N. Això fa que siguin més econòmics, però, per contra, el seu rendiment i eficiència són menors.

- Panell solar **monocristal·lí**

Són els més venuts, també fabricats amb silici tipus P, però lleugerament més eficients que els anteriors a causa de la disposició dels cristalls de silici en les cèl·lules.

- **PERC** (*Passivated Emitter Rear Cell*)

Fan servir capes addicionals reflectants en la part posterior de les cèl·lules per absorbir la quantitat més gran de fotons. Això millora l'eficiència.

- Cèl·lula **partida**

Aquesta tecnologia destaca la menor resistència de les cèl·lules al pas del corrent, així com la capacitat d'operar a altes temperatures.

- *Shingled Cells*

Es col·loquen les cel·les superposades per tal de minimitzar l'ús de busbars i així augmentar l'eficiència.

- **HJT** (*Heterojunction*)

A més de fer servir les capes de silici, es fan servir capes de silici amorf que redueix les pèrdues i augmenta l'eficiència.

- **IBC** (*Interdigitated Back Contact*)

Les cel·les tenen una xarxa de 30 o més conductors integrats a la part posterior. Tenint en compte que aquests conductors fan una mica d'ombra, el fet que no hi hagi en la part frontal augmenta l'eficiència. [5]

Un estudi realitzat per EnergyTrend en el 2018 mostra una comparativa dels tipus de tecnologia mencionats i les seves eficiències:

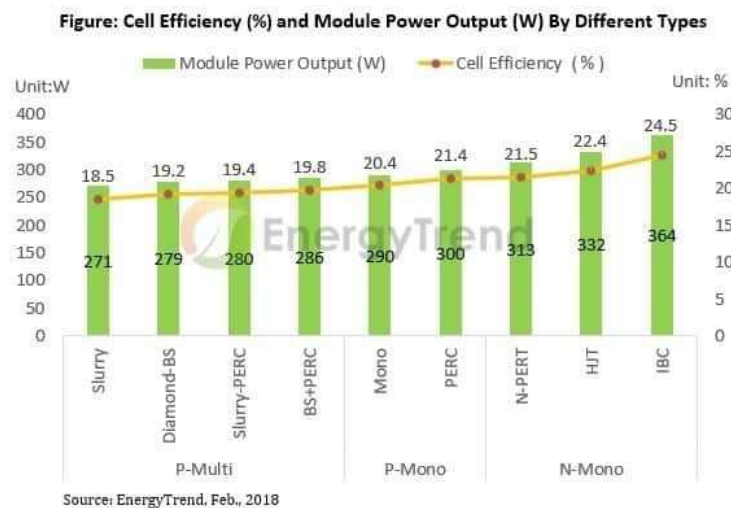


Figura 5. Eficiència i potència segons tecnologia.

En aquesta gràfica es pot observar la potència del panell en (l'eix Y esquerra), el tipus de tecnologia (eix X inferior) i l'eficiència de la cèl·lula (eix Y dreta), que és una mica superior a l'eficiència global del panell.

A més, es pot veure que els panells amb un tipus de silici N són més eficients perquè aquest tipus de silici és més pur que el tipus P. I els monocristal·lins més que els policristal·lins.

11.1.2. Anàlisi

Per tal d'escollir quin panell solar és el més adequat per la instal·lació, cal valorar diferents aspectes tècnics.

Abans que res, cal decidir quin tipus de panell fer servir. Ara com ara, els monocristal·lins són els dominants en el mercat pel millor rendiment i a la seva corba de millora tècnica. Els policristal·lins des del 2020 pràcticament no es fabriquen ni comercialitzen. A més, els monocristal·lins són de millor qualitat i ofereixen més durabilitat. [6]

Decidit això, cal veure quina tecnologia i model es tria. Per fer-ho, es tindrà en compte:

- Potència
- Mida
- Garantia
- Eficiència
- Degradació
- Cost

Pel que fa a la potència, és important tenir en compte el valor màxim i el mitjà, ja que hi poden haver pics i baixos molt amplis.

Les dimensions venen condicionades a l'ús que se li donarà al panell. Normalment, els més grans són per instal·lacions industrials i els petits per habitatges. Com més grans, més pes i menys maniobrabilitat. Com més petits, fan falta més per assolir la potència desitjada.

De garanties n'hi ha de dos tipus: de producte i de producció. La primera correspon a la capacitat de no danyar-se o deteriorar-se i, la segona, al rendiment i eficiència,

L'eficiència relaciona la mida del panell amb la seva potència.

La degradació és interessant perquè indica com es deteriora anualment el panell, com disminueix el seu rendiment amb el temps. Això cal analitzar-ho, ja que depenent del temps d'amortització, si es degrada ràpidament no surt a compte.

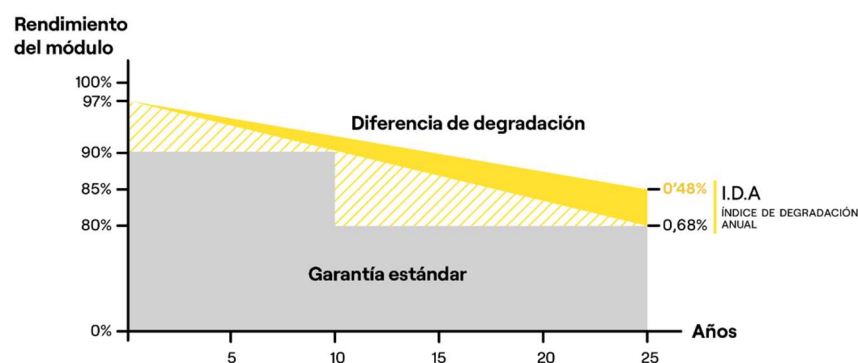


Figura 6. Índex de degradació mitjà.

Com es pot observar, la mitjana es troba entorn del 0,5% anual, de forma que després de 25 anys, el rendiment haurà disminuït un 12,5%.

El coeficient de temperatura també està relacionat. Mostra com es redueix el rendiment amb la calor. Tot i semblar contradictori, les plaques solars no treballen millor amb més temperatura, sinó que a partir dels 25°C, el rendiment es veu afectat i baixa un -0,35% aproximadament per cada grau.

Per últim, i no per això menys important, cal tenir en compte que és un dels elements en el qual s'invertirà gran part del pressupost, de forma que és important la correcta elecció per un bon rendiment i rendibilitat.

Per analitzar aquests paràmetres i fer la comparativa, es fa recerca en quatre pàgines web del sector: *Sotysolar*, *HogarSolar*, *SunFields Europe* i *solfy*.

En primer lloc, fent recerca a *Sotysolar* es pot extreure la següent comparativa:

Model	Eficiència (%)	Potència (W)	Garantia producte/producció (anys)	Degradació (%/any)	Mida (cm)	Pes (kg)
Sun Power Full Black	20,9	410	25/25	-0,45	180,8x108,6	21
Canadian Solar Hiku 6 410 W	21	410	25/25	-	172,2x133,4	21,3
Canadian Solar Hiku 6 550 W	21	550	12/25	-	226,1x113,4	27,8
Exiom 550W	21,3	550	12/30	-	227,9x113,4	27,4
JA Solar Deep Blue 3.0 Light	21,5	420	12/25	-0,55	172,2x113,4	21,5
JA Solar Deep Blue 4.0	21,5	420	25/30	-0,4	172,2x113,4	21,5
Aiko Full Black 445 W	22,8	445	15/30	-0,35	172,2x113,4	21

Taula 1. Comparativa panells sotysolar.

Analitzant els paràmetres anteriors, s'escolliria el panell *Aiko Full Black 445 W*, ja que té una bona eficiència, de les potències més elevades, una garantia de producte millor que d'altres i menys degradació anual. A més, la relació mida-pes fa que no sigui molt pesat i tingui maniobrabilitat. [7]

Si es consulta la pàgina de *HogarSolar*, es pot veure un estudi de diferents plaques on es valora l'eficiència, la qualitat del producte i la fiabilitat del fabricant:

Model	Eficiència (%)	Potència (W)	Tipus de cel·la
Sun Power Maxeon 3	22,6	400	IBC Tipus N
LG Neon R	22	380	IBC Tipus N
REC Solar Alpha	21,7	380	HJT Tipus N partida
Futura Sun FU 360 M Zebra	21,3	360	IBC Tipus N partida
Panasonic EverVolt	21,2	370	HJT Tipus N partida
TrinaSolar Vertex s	21,1	405	Mono. Tipus P partida
Jinko solar Tiger Pro 6RL3	20,7	390	Mono. Tipus N partida

Taula 2. Comparativa plaques HogarSolar.

En aquest rànquing, es pot identificar que la placa solar amb millors prestacions és la *SunPower Maxeon 3* amb 400 Wp per l'eficiència que té i la tecnologia que porta incorporada, la IBC tipus N que, com s'ha comentat abans, és més eficient que la tipus P. [5]

Si ara s'analitza SunFields Europe també es pot treure un estudi d'algunes plaques per instal·lacions industrials:

Model	Eficiència (%)	Potència (W)	Garantia producte/producció (anys)	Degradació (%/°C)	Mida (cm)	Cost (€)
SunPower Maxeon 6 450 W COM	21,2	450	40/40	-0,29	204,7x103,9	575
SunPower Performance P6-410-XS-BF	20,9	410	25/25	-0,35	180,8x108,6	250
SunPower Maxeon 3 430 W	22,7	430	40/40	-0,27	181,2x104,6	584
FuturaSun FU500M Silk Premium	20,84	500	25/25	-0,35	218,5x109,8	250
FuturaSun FU550M Silk Plus	21,28	550	25/25	-0,35	227,9x113,4	205
SunPower P6-500-COM-S-BF	21	500	25/25	-0,35	218,5x109,2	250
SunPower P7-545 W/550 W-BF	22,7	550	30/30	-0,29	215,6x113,4	253
FuturaSun Silk Nova EU	22,5	440	25/25	-0,29	272,2x113,4	260

Taula 3. Comparativa plaques SunFields Europe.

D'entre aquestes plaques solars, es descarten les que tenen un cost superior als 500 €, ja que suposaria una gran inversió. Tampoc interessen les que són bifacials (BF) perquè pel tipus de teulada i forma de posar els panells no surt a compte que puguin rebre els raigs solars per les dues cares. Llavors queden els panells de FuturaSun, però el de 550 W té micro inversors incorporats i tampoc interessa al ser un sistema de grans dimensions. Així, s'escolliria el panell *FuturaSun Silk Nova EU* perquè només és 10 € més car que el FuturaSun FU500M i, en canvi, la degradació és força menor i l'eficiència superior. [6]

Finalment, es consulta la pàgina web de *solfy*:

Model	Eficiència (%)	Potència (W)	Densitat (W/m ²)	Coefficient Temperatura (%/°C)	Mida (cm)	Pes (kg)
REC TwinPeak 3S mono 72	18,9	380	189,05	-0,37	200,5x100,1	22
TSC 410	20,9	410	206	-	181,3x109,5	20,7
SunPower SPR-P3-375-BLK RES	19,1	375	191,29	-0,34	116x169	21
SunPower MAXEON 6 AC 435	22,5	435	225	-0,29	187,2x103,2	21,8
SunPower MAXEON 3 430	22,7	430	226,87	-0,27	181,2x104,6	21,2
JINKO Tiger 420 marc negre	21,51	420	215,08	-0,3	172x113,4	22
Hyundai 440	21,1	440	221,44	-0,34	189,9x109,6	21,8
Longi 505	21,3	505	213,08	-0,34	209,3x113,4	25,3
Longi 555	21,5	555	215,12	-0,34	227x113	27,5

Taula 4. Anàlisi plaques solfy.

La placa *Longi 505* té una eficiència i degradació entorn de la mitjana, però té una potència prou elevada i només suposa 3 kg més que la majoria. Així, seria la candidata d'entre aquestes plaques. [8]

11.1.3. Elecció definitiva

Una vegada fet aquesta anàlisi comparant diferents plaques solars d'empreses instal·ladores, comparem les plaques escollides de cada empresa:

Model	Eficiència (%)	Potència (W)	Garantia producte/producció (anys)	Degradació (%/°C)	Mida (cm)	Cost (€)
Aiko Full Black 445 W	22,8	445	15/30	-0,35	172,2x113,4	130
SunPower Maxeon 3 430 W	22,7	430	40/40	-0,27	181,2x104,6	584
FuturaSun Silk Nova EU	22,5	440	25/25	-0,29	272,2x113,4	260
Longi 505	21,3	505	12/25	-0,34	209,3x113,4	150

Taula 5. Comparativa panells escollits.

Per escollir la placa definitiva, es valora que tingui prou potència, una bona eficiència i un cost competitiu, de forma que el model preferible és el **Longi 505**.¹



Figura 7. Panell escollit.

Aquest panell utilitza la tecnologia de cèl·lula partida de silici monocristal·lí de tipus PERC, que li dona una bona eficiència. D'una banda, el fet que faci servir cèl·lules partides fa que es redueixin les pèrdues resistives del panell i augmenti l'eficiència i el rendiment en condicions d'ombra. De l'altra, la PERC afegeix una capa passivada a la part posterior de la cèl·lula que reflecteix els fotons que no han sigut absorbits en la primera capa, donant una segona oportunitat.

¹ Per més informació, veure full de característiques del fabricant: [20220410 LONGi Data Sheet LR5-66HPH 495-515M G2 EPC Version V15 HighRes EN.pdf](https://www.autosolar.es/20220410%20LONGi%20Data%20Sheet%20LR5-66HPH%20495-515M%20G2%20EPC%20Version%20V15%20HighRes%20EN.pdf) (autosolar.es)

Les característiques tècniques del panell Longi 505 són:

Potència (W)	505
Dimensions (mm)	2093 x 1134 x 35
Tensió màxima (V)	38,53
Corrent de curtcircuit (Isc)	13,97
Eficiència (%)	21,3
Tensió en circuit obert (Voc)	45,7
Tensió de treball (V)	24
Pes (kg)	25,3

Taula 6. Dades tècniques del mòdul solar.

11.2. Inversor

Els inversors d'una instal·lació fotovoltaica converteixen la corrent contínua (DC) generada pels panells fotovoltaics en corrent alterna (AC), que és la utilitzada per la majoria dels dispositius i sistemes elèctrics.

11.2.1. Tipus d'inversors

En termes generals, es poden classificar els inversors en tres grups:

- Inversors de **connexió** a xarxa:

També es coneixen com a inversors de *string* i estan dissenyats per instal·lacions que estan connectades a la xarxa pública. La seva funció principal és sincronitzar l'energia generada pels panells per tal que estigui en fase amb l'energia de la xarxa.

Hi ha un tipus d'inversor de connexió a xarxa més petit que s'anomena **microinversor**. Aquest s'adapta a la potència de cada panell i, així, cada placa porta associada el seu inversor i fa que sigui més eficient i fiable.

- Inversors **aïllats** de la xarxa:

Per aquelles instal·lacions que no estan connectades a la xarxa o es troben en àrees remotes o amb problemes de talls freqüents d'electricitat, existeixen els inversors **carregadors**. Aquest serveixen per subministrar energia als dispositius elèctrics i per carregar bateries que emmagatzemin l'energia per usar-la en moment de poca o nul·la generació.

- Inversors **híbrids**:

Aquest tipus d'inversor pot alimentar dispositius elèctrics, carregar bateries amb energia solar o de la xarxa i exportar energia excedent a la xarxa.

Com a avantatges, és capaç de gestionar múltiples fonts d'energia i permet maximitzar l'ús de l'energia solar i minimitzar la dependència de la xarxa elèctrica. [6]

11.2.2. Anàlisi

Per poder escollir correctament l'inversor adequat pel projecte, es valoren diferents ítems:

- Potència i eficiència
- Compatibilitat
- Garantia i fiabilitat
- MPPT

Els inversors han de poder controlar la potència del sistema i ser compatibles amb l'alta eficiència de les plaques.

A més, han de ser compatibles amb la sortida de corrent i la tensió dels panells. Segons la configuració cal considerar si es requereix un inversor de cadena, un micro inversor o un d'híbrid.

La garantia del fabricant i el suport tècnic també són importants de cara a que tinguin una vida útil més llarga.

Depenent de com estan orientades les plaques cal que l'inversor tingui un o més MPPT. Això és perquè cada *string* rebra una irradiació diferent, per tant, tindrà un punt de màxima potència diferent. Llavors, per produir al màxim nivell, l'inversor haurà de tenir un seguidor d'aquest punt per cada una de les orientacions que hi hagi. A més el nombre de panells connectats en cada entrada d'un mateix MPPT ha de ser igual.

Per poder acotar entre els nombrosos models d'inversors que hi ha al mercat, en primer lloc, s'ha mirat quins són els que recomana el fabricant de les plaques solars escollides. Pel panell Longi 505, es recomana inversors *Huawei*, *SMA* o *Sungrow*.

Llavors, pel tipus d'instal·lació que es vol, que és una instal·lació connectada a la xarxa de cara a consumir l'energia generada durant el dia, es requereix un inversor de *string*, que pugui fer la funció de convertir l'energia de les plaques.

Amb aquests aspectes a considerar, s'han comparat els següents models: *Huawei SUN2000-100KTL-M1*, *SMA Sunny Tripower CORE2*, *Sungrow SG110CX*.

A continuació es fa una comparativa de les característiques dels tres inversors comentats:

ENTRADA			
Paràmetre	Huawei SUN2000-100KTL-M1	SMA Sunny Tripower CORE2	Sungrow SG110CX
Tensió màxima (V)	1100	1100	1100
Corrent màxim per MPPT (A)	26	26	26
Rang de tensió de MPPT (V)	200-1000	500-800	200-1000
Tensió nominal d'entrada (V)	720/600/570	585	585
Nº seguidors de MPPT	10	12	9
Nº entrades per seguidor MPPT	2	2	2

Taula 7. Característiques d'entrada.

SORTIDA			
Paràmetre	Huawei SUN2000-100KTL-M1	SMA Sunny Tripower CORE2	Sungrow SG110CX
Potència activa nominal (W)	100000	110000	110000
Tensió nominal de sortida (V)	480/400/380	400	400
Corrent nominal de sortida (A)	120,3/144,4/152	158,8	158,8
Corrent màxim de sortida (A)	133,7/160,4/168,8	158,8	158,8

Taula 8. Característiques de sortida.

ALTRES			
Paràmetre	Huawei SUN2000-100KTL-M1	SMA Sunny Tripower CORE2	Sungrow SG110CX
Pes (kg)	90	93,5	89
Mida (Alt x Ample x Prof.) (mm)	700 x 1035 x 365	700 x 1117 x 365	660 x 1051 x 362,5
Consum en <i>standby</i> (W)	< 3,5	< 5	< 2
Cost (€)	5.749	6.601,82	4.340
Garantia	5 anys	5 anys	10 anys

Taula 9. Altres característiques.

11.2.3. Elecció definitiva

Comparant els tres models d'inversor anteriors, s'ha vist que pel que fa a les característiques d'entrada i sortida són tots tres prou similars. La potència, el nombre de seguidors del MPPT i d'entrades són adequades per la distribució dels panells. No obstant això, el darrer inversor té un volum lleugerament inferior als altres, cosa que disminueix el pes, més garantia i un consum en *standby* o a la nit inferior als altres. Així, l'inversor escollit per la instal·lació és el **Sungrow SG110CX**.²



Figura 8. Inversor escollit de 110 kW.

Aquest inversor té una alta eficiència, del 98,7%, permet un monitoratge i gestió intel·ligent i compta amb un disseny robust i adequat per condicions difícils.

Per la forma en què es vol disposar els panells, cal escollir també un altre inversor d'una mica més de potència per tal d'ajustar-se més a la potència generada sense haver de sobrecarregar l'inversor. Així, i per no dependre d'un altre fabricant, també s'escull l'inversor **Sungrow SG125CX-P2**.³

² Per més detalls, veure full de característiques:

[ES_DS_SG110CX_V112_Premium_Ficha_Técnica_V12_20230302.pdf\(sungrowpower.com\)](#)

³ Per més detalls, veure full de característiques:

[ES_DS_SG125CX-P2_Ficha_Técnica.pdf\(sungrowpower.com\)](#)



Figura 9. Inversor escollit de 125 kW.

Aquest inversor també presenta una eficiència elevada, del 98,6%, té un disseny robust que li dona resistència i durabilitat en condicions adverses i en tenir fins a 12 MPPTs fa que sigui molt flexible.

11.3. Suports

Els suports o estructures pels panells solars són el conjunt de peces que defineixen com es col·locaran les plaques solars. Depenent del tipus d'instal·lació, de la potència, de la quantitat de panells, així com de l'emplaçament, les peces dels suports es disposaran per tal que les plaques tinguin l'orientació adequada. A més, donen rigidesa als panells i una inclinació adient per maximitzar la captació de radiació solar i l'efecte fotovoltaic que es genera internament.

11.3.1. Tipus de suports

- Suports per **teulada inclinada**

Estan dissenyats específicament per adaptar-se al pendent de la teulada. Un dels avantatges és la seva versatilitat, poden adaptar-se a una gran varietat d'angles i pendents, permetent aprofitar millor la radiació solar.

- Suports per **teulada plana**

Aquests suports proporcionen estabilitat i resistència enfront dels elements climàtics. Al mercat hi ha diferents tipus de suports dissenyats per a teulades planes, com els **fixos** i els **regulables**. Els fixos són utilitzats en aquelles teulades que ja tenen una inclinació adequada. En canvi, els regulables permeten adaptar-se per acabar d'ajustar l'angle d'inclinació.

A més dels suports, a les teulades planes es fan servir sistemes de fixació que eviten les filtracions d'aigua per garantir l'estanquitat.

- Suports per sòl

Igual que en el tipus anterior, per sòl hi ha suports **fixos**, per terrenys estables, i **ajustables**. Aquests suports es fabriquen amb materials de qualitat per poder garantir una llarga vida útil i una bona resistència a les inclemències del temps.

- Suports de façana

Aquests suports són cada vegada més populars en les instal·lacions fotovoltaïques. Permeten fixar els panells directament a la paret de l'edifici, aprofitant al màxim l'espai disponible. A més, són molt versàtils i es poden col·locar sobre diferents tipus de façanes com ara formigó, maó o altres materials. Són molt robustos i duradors per poder suportar el pes dels panells i les condicions adverses.

- Suports de seguiment solar

Són una part fonamental dels sistemes de panells solars. Permeten que els panells s'orientin de forma precisa cap a la direcció on reben la major radiació. Això augmenta l'eficiència i la producció. Hi ha diferents tipus de suports de seguiment. Un d'ells és l'UNEIX que permet que els panells es moguin d'est a oest seguint la trajectòria del Sol. [9]

11.3.2. Anàlisi

Per tal d'escollir el suport més idoni pels panells solars, s'han tingut en compte els següents paràmetres:

- Material de la teulada
- Inclinació i orientació
- Tipus de fixació

En primer lloc, cal analitzar l'estructura de la teulada.



Figura 10. Capes de la coberta.

En la figura anterior, extreta del plànol de Planta Coberta es pot veure que la coberta està formada per una xapa metàl·lica R1-07, un capa d'aïllant, una làmina impermeabilitzant i, en la part més exterior, una capa de tela asfàtica per protegir tota la superfície de la humitat i evitar filtracions.

Això implica que és millor no perforar-la per evitar danyar aquestes capes i tenir goteres quan hi ha precipitació. D'aquesta manera, cal veure la forma de col·locar els panells sense perforar la coberta.

Respecte a la inclinació i orientació de la teulada, com es pot veure en el mateix plànol, la teulada és a dues aigües, amb inclinació nord i sud. No obstant això, el pendent que presenta és molt suau, del 3%.

Al ser tan petit, a l'hora d'escollir la manera de fixar les plaques, cal considerar com si la teulada fos plana.

Pel que fa a la fixació, hi ha diferents tipus:

- La fixació de panells solars mitjançant el **magnetisme**:

Consisteix en una tecnologia basada en la fixació a través d'imants, que permet que sigui idònia per cobertes metàl·liques.

- La fixació dels panells mitjançant **contrapesos de formigó**:

Es fan servir blocs de formigó sobre els quals se subjecten les plaques directament.

- La fixació dels panells mitjançant **estructures**:

S'instal·len estructures de suport que s'ancoren en la teulada. Les plaques solars es fixen sobre aquestes estructures.

- La fixació dels panells mitjançant **adhesius**:

A partir d'adhesius d'alta resistència, s'enganxen les plaques directament a la teulada.
[10]

11.3.3. Elecció definitiva

Tenint en compte tots els aspectes cometats en l'anàlisi, s'escull els **contrapesos de formigó** com a elecció definitiva per subjectar les plaques.⁴

⁴ Per més informació, veure full de característiques del fabricant: <https://solarbloc.es/wp-content/uploads/2023/09/NUEVO-SOLARBLOC-ESTE-OESTE-15o-Dossier-ficha-tecnica.pdf>



Figura 11. Suport escollit.

Aquesta decisió ve condicionada perquè el tipus de suport escollit és el de superfície plana per la inclinació de la coberta. D'entre les possibles solucions de fixació, s'escull la que no impliqui perforar la teulada, de forma que resten les opcions de magnetisme, contrapesos de formigó i adhesius. Com que la capa exterior de la teulada no és de metall, es descarta l'opció del magnetisme perquè el material no és ferromagnètic. Entre posar adhesius i contrapesos de formigó, es creu preferible posar contrapesos, ja que els adhesius amb el temps, brutícia, aigua... Perden adherència. Així, l'opció més viable és la dels contrapesos de formigó, que té certs avantatges:

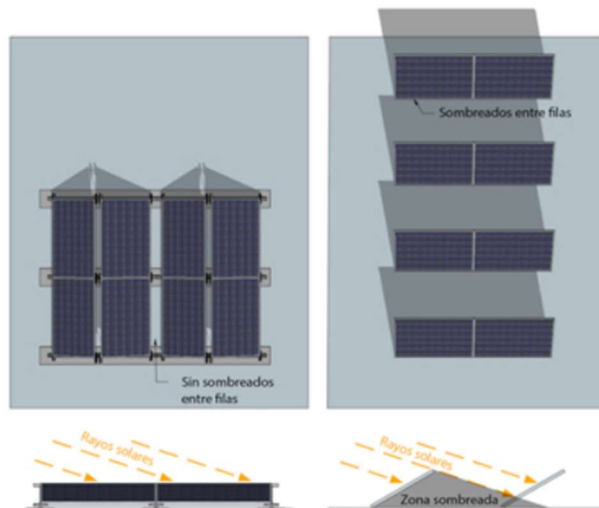


Figura 12. Menor ombra.

Com es pot observar en la figura anterior, aquesta forma de disposar les plaques evita que es faci ombra a les plaques posteriors, de forma que augmenta la producció generada.

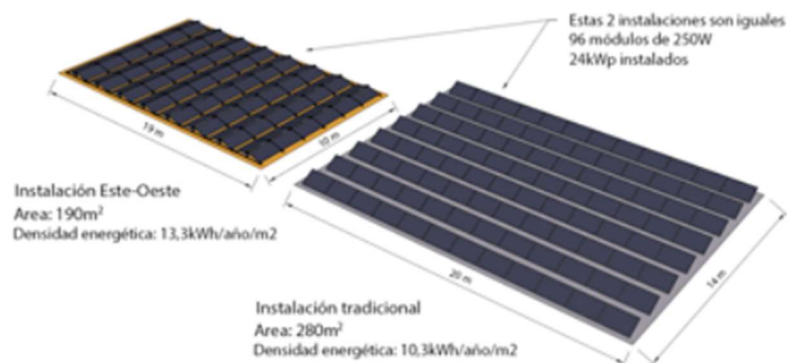


Figura 13. Major densitat de producció.

A més, com es col·loquen de forma més compacta, la densitat de producció també augmenta. Pot ser d'un 30% més de producció per metre quadrat.



Figura 14. Disseny aerodinàmic.

Com no són uns suports que sobresurten massa, fan que la instal·lació sigui molt més aerodinàmica, ja que el vent va per la superfície sense fer força cap amunt.

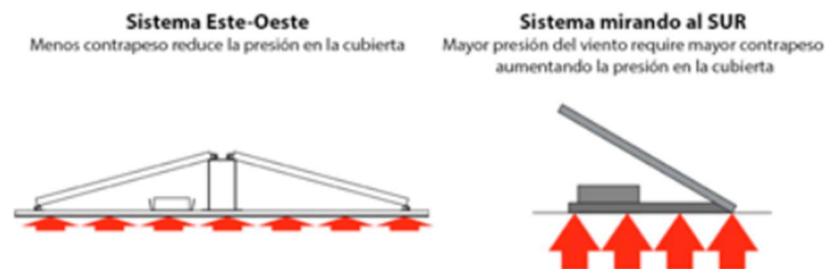


Figura 15. Menor contrapès.

En ser tota una estructura més allargada, el pes es reparteix en més superfície, de manera que la força que hi hagi puntualment en un punt serà menor que la que pugui exercir un suport convencional. En l'apartat de suports de la memòria de càlcul es justifica que la teulada suporta el pes afegit de les plaques i dels suports. [11]

12. Planificació

Dur a terme un projecte com aquest té la seva complexitat i requereix temps per estudiar-lo, realitzar tot el muntatge i fer tot un seguit de tràmits al llarg del procés.

Abans que res s'ha d'obtenir una proposta en funció de les característiques i possibilitats de l'edifici, juntament amb un estudi del consum d'aquest.

Llavors, l'empresa instal·ladora realitza, en aquest cas (potència > 10 kW), el projecte tècnic valorant la coberta, les possibles ombres, pes màxim, orientació... Així comprova que es compleixen tots els requisits i pot estudiar el tipus d'instal·lació que s'ajusta més.

Fet el projecte, cal sol·licitar els permisos d'accés i de connexió, això com avals o garanties, a la companyia distribuïdora.

En tractar-se d'una instal·lació a escala industrial, cal demanar una autorització ambiental i d'utilitat pública a l'administració autonòmica. A més, també una autorització administrativa prèvia i de construcció.

En l'àmbit local, cal tenir la llicència d'obres de l'Ajuntament de Puigpelat per tal de poder iniciar l'execució del projecte. També es pot aprofitar per demanar subvencions.

Una vegada rebut, es pot procedir a començar la instal·lació. En primer lloc, es col·locaran els suports de formigó a la teulada de la nau. Aleshores, es fixaran els 1584 panells solars sobre aquestes estructures.

Subjectats els panells, es connectaran en sèrie entre si per tal de formar els diferents *strings*. El cablejat de cada extrem de la cadena es conduirà a través de tubs fins a arribar als inversors corresponents de cada àrea. Llavors es connectarà cada cadena a una entrada de l'inversor, tot respectant que en cada MPPT només hi ha d'haver panells d'una mateixa orientació i el nombre de panells en cada entrada del MPPT ha de ser igual.

Arribats aquí, cal contactar amb un inspector per revisar que tot el sistema està ben muntat i és segur per tal de connectar-lo a la xarxa.

La xarxa interna de l'empresa conté diferents anells de 25 kV que comencen a la subestació annexa i recorren les diferents naus. Aquest sistema permet que en cas de fer alguna modificació en algun centre de transformació, no s'aïllin els altres CTs que hi ha a continuació, permetent que puguin continuar rebent tensió per l'altre costat.

Amb això present, s'anirà obrint l'anell en cadascun dels CTs per tal de fer la connexió del cablejat provinent de l'inversor amb la caixa de protecció d'AC i, posteriorment, amb el quadre de baixa tensió on hi haurà l'interruptor corresponent. Primer es farà pel centre de transformació de la línia L46 i es comprovarà que funcioni correctament. Després s'anirà repetint per les altres línies i finalment pels auxiliars. En cada un d'ells s'obre el circuit, es connecta i es comprova.

Amb tot això ja es finalitzaria l'execució de la instal·lació. No obstant això, encara queden alguns tràmits referents a la legalització. Aquests són importants per evitar rebre sancions.

A partir d'aquest moment cal fer una inspecció inicial i periòdiques de la instal·lació, gestionades per l'administració de Catalunya. A més, cal sol·licitar el certificat d'instal·lació, el de fi d'obra i l'autorització d'explotació a la mateixa administració.

Amb l'empresa distribuïdora o comercialitzadora cal signar un contracte de subministrament d'energia a serveis auxiliars en cas, que es pot unificar amb el contracte de consum. Si els serveis auxiliars són negligibles no és necessari.

Per poder vendre els excedents d'energia en els moments en què es produeixi més del que es consumeix, cal demanar una llicència d'activitat a l'ajuntament del municipi. A més, cal donar-se d'alta a l'agència tributària en impost electricitat i inscriure's en el registre autonòmic d'autoconsum i en el RAIPRE.

Finalment, cal firmar un acord de representació i contracte de venda d'energia amb la comercialitzadora de referència. [6]

En la següent pàgina es mostra el diagrama de Gantt amb l'evolució de les tasques comentades i el temps aproximat de duració de cadascuna d'elles.

DESCRIPCIÓ DE LES TASQUES	SETMANES																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Estudi de la superfície i resistència	█																
Permisos Distribuïdora		█															
Autoritzacions Administració Autònoma			█														
Sol·licitud de permisos a l'ajuntament				█	█												
Petició de subvencions						█	█	█	█								
Muntatge dels suports										█							
Fixació de les plaques solars										█	█						
Connexió dels strings - inversors											█						
Inspecció del sistema												█	█				
Obertura anell 25kV en CT10													█				
Connexió inversors - quadre													█				
Comprovació del correcte funcionament													█				
Obertura anell 25kV en CT11													█				
Connexió inversor - quadre													█				
Comprovació del correcte funcionament													█				
Obertura anell 25kV en CT19													█				
Connexió inversor - quadre													█				
Comprovació del correcte funcionament													█				
Obertura anell 25kV en CT12														█			
Connexió inversors - quadre														█			
Comprovació del correcte funcionament														█			
Obertura anell 25kV en CT13														█			
Connexió inversor - quadre														█			
Comprovació del correcte funcionament														█			
Legalització															█	█	█

Taula 10. Diagrama de Gantt de l'execució de l'obra.

La durada total serà, si no hi ha cap inconvenient durant la realització, d'uns 4 mesos.

13. Ordre de prioritats entre els documents

Segons la normativa UNE 157001, l'ordre de prioritats entre els documents que es considera idoni per a seguir per a un bon resultat final és, en primer lloc, sobre qualsevol altre punt, el que dictamina els plànols. En segon lloc, el que determina el plec de condicions. Posteriorment, el que dictamina els amidaments, seguit pel pressupost. Finalment, el que està escrit en la memòria i annexos.

14. Conclusions

La necessitat de continuar treballant la sostenibilitat en la indústria, així com reduir la despesa de la llum han motivat la realització d'aquest projecte. Cal destacar els següents punts:

- S'ha estudiat la coberta de la nau i s'ha pogut dissenyar la instal·lació dels mòduls solars i suports tot respectant els elements ja existents. A més, s'han pogut distribuir les cinc instal·lacions i fer passar el cablejat cap als inversors i CTs.
- La instal·lació fotovoltaica ha demostrat que permet reduir el consum de la xarxa en cada una de les àrees sobre un 20 %. A més, en determinats moments també s'injecta energia a la xarxa quan la potència demandada és inferior a la de sortida de la instal·lació de cada àrea.
- Com s'ha analitzat, això suposa un estalvi energètic anual que permet recuperar la inversió inicial en un període de 12 anys. Tot i ser més llarg que en altres instal·lacions, permetria tenir beneficis durant la meitat de la vida útil, cosa que fa que sigui rendible i favorable. Això es verifica perquè el VAN és positiu, el TIR és superior a la taxa de descompte i el ROI indica un retorn de la inversió.
- El fet de consumir l'energia a la mateixa nau on es genera, fa que no sigui necessari transformar-la a mitja tensió, de manera que les pèrdues són menors.
- La instal·lació proporciona una font d'energia renovable, reduint la dependència de fonts convencionals i disminuint els costos d'electricitat a llarg termini. A més, contribueix a la reducció d'emissions de gas. Segons les simulacions, al llarg de la vida útil s'estalviarien unes 14.000 t de CO₂.
- Durant el desenvolupament s'ha valorat el tipus de mòduls, inversors, cables i altres elements, així com la seva ubicació i orientació, tot per fer que el sistema sigui el més eficient possible.
- S'ha tingut en compte les normatives i regulacions, així com els tràmits que cal realitzar per legalitzar la instal·lació.
- El fet que el projecte sigui rendible en aquesta nau, fa que si es considera oportú, es pugui ampliar a altres naus on hi ha un consum similar. També es podrien aprofitar naus de magatzem amb molt poc consum i transformar l'energia per ser consumida en altres naus de la fàbrica.

Memòria de Càlcul

**DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU
INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Sr. David Carpintero Pleguezuelos

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

1. Previsió de càrrega (CONFIDENCIAL)

Per realitzar una instal·lació fotovoltaica, cal tenir en compte el consum de l'edifici on es vol dur a terme. Això és fonamental per poder dimensionar els diferents components, així com les seccions dels conductors.

A més, cal complir la normativa vigent del Reglament de Baixa Tensió (REBT).

Si es consulta la ITC-BT-10 del reglament esmentat, es pot determinar si la instal·lació serà monofàsica o trifàsica. Pel que fa al subministrament monofàsic, les empreses distribuïdores estan obligades, sempre que ho sol·liciti el client, a efectuar aquest subministrament per tal que qualsevol receptor monofàsic de fins a 14490 W a 230 V funcioni. En cas de potències superiors, el subministrament haurà de ser trifàsic.

Per la instal·lació que es vol dissenyar en el present projecte, cal considerar una potència de 125 W per metre quadrat i planta, amb un mínim per nau de 10350 W a 230 V i un coeficient de simultaneïtat d'1.

Per tenir una idea del consum elèctric de la nau, s'han recollit dades durant les 24h d'un dia, durant un mes sencer i durant diferents mesos per veure els pics de consum. Aquestes dades s'han extret mitjançant el programa Desigo CC de Siemens que recopila els paràmetres dels analitzadors de xarxa. També s'han demanat les factures de la llum, per tenir informació de més temps.

En la documentació de partida es mostren les dades de consum i factures de llum amb les explicacions corresponents.

Per poder repartir la generació entre les cinc àrees de consum, la idea és fer tota una instal·lació, però distribuir-la per les cinc àrees comentades anteriorment. Això vol dir disposar els mòduls en la superfície lliure de la coberta i veure quina potència pic es pot aconseguir amb tots els mòduls per, posteriorment, establir la potència pic de cada àrea.

Aquest pic de potència que es vol per cada secció s'ha estimat en funció de la potència activa demandada en cada àrea en diferents instants al llarg del dia i nit i durant alguns mesos.

A continuació, en el document confidencial hi apareix la potència prevista de la instal·lació i la repartició d'aquesta entre les diferents àrees.

2. Dimensionament

Aquest projecte té com a objectiu principal dissenyar una instal·lació fotovoltaica en la nau de CV2 per poder fer front a l'elevat consum que suposa. No obstant això, s'han de tenir en compte diferents factors perquè no és fàcil gestionar una instal·lació fotovoltaica, ja que la font d'energia no és estable en el temps i hi ha moments de poca producció, reducció del rendiment a causa de la calor, desgast, brutícia, trencament d'alguna placa...

L'edifici de l'emplaçament consumeix les 24 hores tots els dies de l'any, excepte el 25 i 26 de desembre, en els quals és festiu per tota la fàbrica. La part d'auxiliars els dies festius i caps de setmana consumeix molt menys, però les línies van alternant el consum. Amb això vull dir que es programen les parades de manteniment en setmanes diferents per no coincidir. La resta del temps poden haver-hi parades, però en principi estan en funcionament.

2.1. Superfície total

La nau on es vol realitzar la instal·lació està formada per dos edificis, CV2 i CV3. Amb la vista de planta es diferencia el color de la teulada de cadascuna. Les plaques s'instal·laran a CV2.

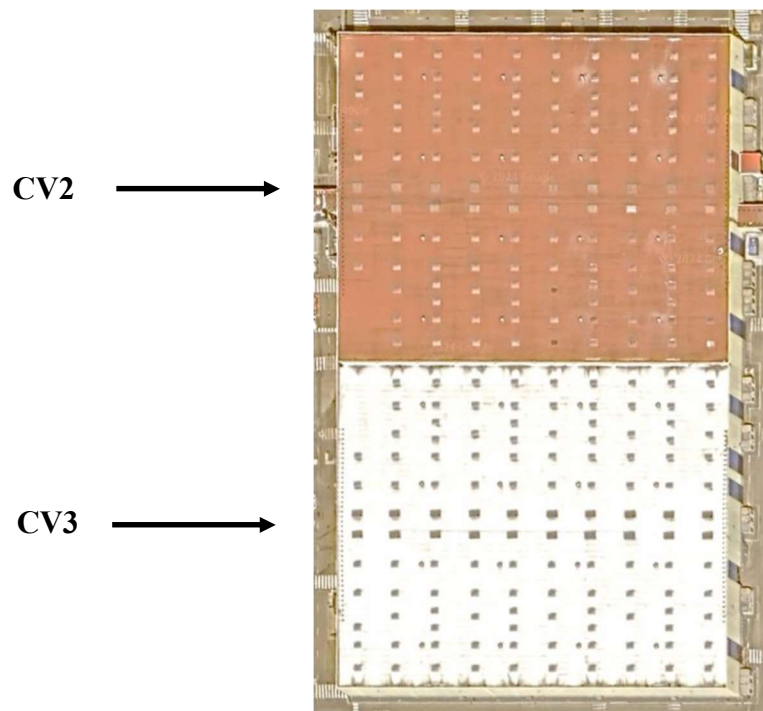


Figura 16. Vista en planta de les naus CV2 i CV3.

Com es pot veure al plànol de Planta Coberta, la superfície total de les dues naus és de 23970 m² de planta. Per comprovar-ho, es pot fer servir l'eina del *Google Earth*:

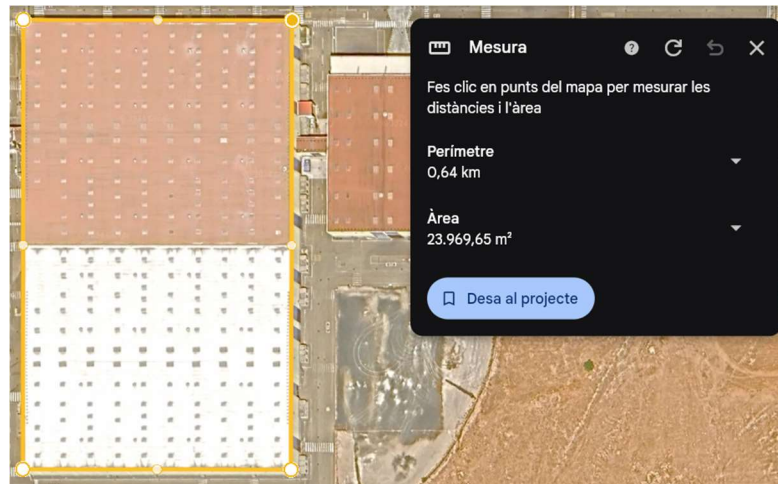


Figura 17. Mesura de la superfície total CV2 i CV3.

Amb aquesta mesura comprovem que la superfície del plànol de Planta Coberta és correcta i indica l'àrea total incloent les parets de la nau. Ara, amb les cotes del plànol de Planta Coberta podem saber amb més exactitud la superfície de la teulada de CV2.

Per saber la longitud del costat nord, es mesura tota la paret i se li resten els gruixos de cada extrem, pertanyents a les parets dels costats oest i est.

$$\text{Longitud costat nord} = 120000 - 250 - 250 = 119500 \text{ mm} \quad (1)$$

Pel costat est s'aprofiten les cotes del plànol

$$\text{Longitud costat est} = 5880 + 6130 - 250 + (7042 + 5263 + 3484 + 6968 + 8822 + 9071 + 3220) * 2 = 99500 \text{ mm} \quad (2)$$

$$\text{Superfície teulada} = 119500 \cdot 99500 = 11890 \text{ m}^2 \quad (3)$$

La superfície de la teulada és de **11890 m²**. Això indica que no és simplement la meitat de 23970 m², sinó que cal restar 95 m² que es corresponen a les parets de la nau, que tenen un gruix de 0,25 m.

2.2. Superfície útil

Ara bé, no tota aquesta àrea calculada resulta útil per posar els panells solars, perquè hi ha moltes claraboies, extractors i exutoris d'evacuació de fums i il·luminació. De manera que cal restar totes aquestes àrees per veure quina és l'àrea que realment es pot aprofitar.

A partir de dades del plànol de Planta Coberta, es poden fer els següents càlculs:

$$\text{Superfície útil} = \text{Superfície teulada} - \text{Superfície ocupada} \quad (4)$$

$$\text{Superfície claraboies} = 2166 \text{ mm} \cdot 1500 \text{ mm} \cdot 105 \text{ unitats} = 341,145 \text{ m}^2 \quad (5)$$

$$\text{Superfície extractors} = \pi \cdot (625 \text{ mm})^2 \cdot 16 \text{ unitats} = 19,635 \text{ m}^2 \quad (6)$$

$$\text{Superfície exutoris} = 2000 \text{ mm} \cdot 3000 \text{ mm} \cdot 20 \text{ unitats} = 120 \text{ m}^2 \quad (7)$$

$$\text{Superfície ocupada} = 341,145 \text{ m}^2 + 19,635 \text{ m}^2 + 120 \text{ m}^2 \approx 481 \text{ m}^2 \quad (8)$$

Amb aquesta dada podem calcular la superfície útil pels panells solars:

$$\text{Superfície útil} = 11890 \text{ m}^2 - 481 \text{ m}^2 \approx 11409 \text{ m}^2 \quad (9)$$

3. Components de la instal·lació (CONFIDENCIAL)

Amb els càlculs de l'àrea de l'emplaçament, ara es poden dimensionar els components per maximitzar el rendiment de la instal·lació.

3.1. Mòduls solars

Com s'ha comentat en la memòria descriptiva, el mòdul escollit pel projecte és el Longi Hi-Mo 5 de 505 Wp.

Ara cal veure de quina manera es col·loca quant a orientació i inclinació i com es distribueixen tots els mòduls en la teulada.

3.1.1. Orientació i inclinació

L'orientació i inclinació dels mòduls és un aspecte important de cara a produir energia. No es genera el mateix orientant els mòduls cap a cada punt cardinal ni en qualsevol angle. Dos factors que influeixen a l'hora d'inclinar els panells solars són:

- La latitud de l'emplaçament
- L'època de l'any en la qual necessitem tenir més energia

Si analitzem la trajectòria del Sol al llarg de l'any, poden observar que als mesos d'estiu, el Sol queda en la seva major altura, mentre que a l'hivern, es troba en l'altura més baixa.



Figura 18. Trajectòria solar en els solsticis.

Vista la figura i com la latitud del lloc és de 41°N , la millor orientació de les plaques seria cap al sud amb un angle d'uns 40° en cas de necessitat constant durant l'any. No obstant, com s'ha explicat en l'apartat d'elecció definitiva del suport, pel tipus de suport que es vol fer servir i la disposició de les claraboies, la millor opció és orientar les plaques **est-oest**.

Aquest tipus d'orientació consisteix a disposar tota una fila de panells orientats cap a l'est i la fila del costat, cap a l'oest. Així, algunes plaques estaran en una orientació i altres en l'altra.

No per ser una orientació diferent de la ideal o la típica és pitjor. Com s'ha comentat en l'apartat dels suports, presenta alguns avantatges pel que fa a la fixació i també a la producció.

En la següent gràfica es pot observar que en les hores centrals del dia pot suportar-se la demanda energètica mitjançant les energies renovables, cosa que redueix el preu de l'energia. En canvi, en les primeres i últimes hores del dia, quan no hi ha suficient energia renovable, el preu de l'electricitat es dispara, en augmentar-se la demanda energètica que no pot ser renovable, han d'entrar en joc els combustibles fòssils, augmentant així el preu de l'energia.

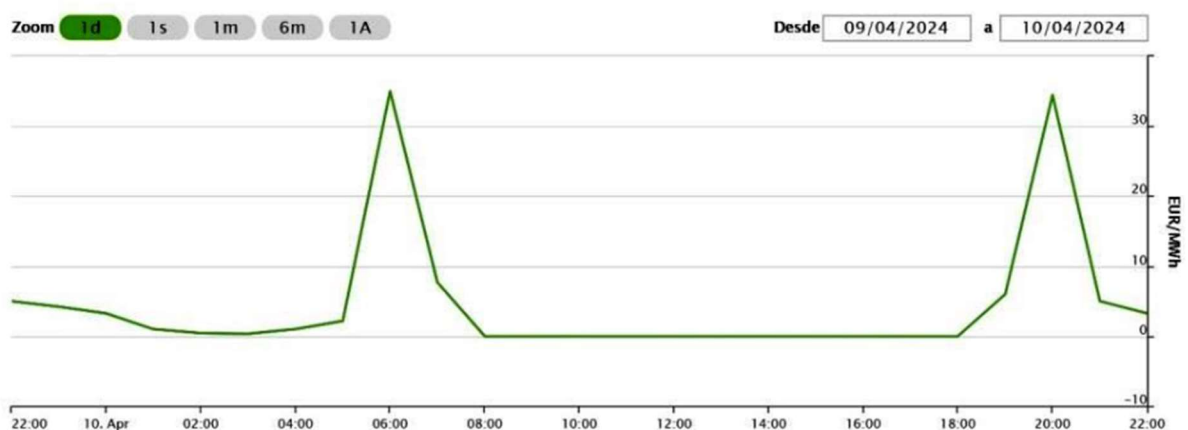


Figura 19. Preu del mercat diari.

En un sistema amb les plaques orientades al sud es produeix més energia en les hores centrals, quan el preu és menor. Quan augmenta la demanda i el preu, ja no es disposa d'aquesta energia llevat que es compti amb un sistema d'emmagatzematge.

L'orientació est-oest, si bé aconseguix una menor producció diària, permet generar més energia al principi del matí (Est) i al final del dia (Oest) com es pot veure en aquesta gràfica:



Figura 20. Producció més consistent.

D'aquesta manera s'obté una producció més regular al llarg del dia, ampliant la generació. Això resulta útil perquè com s'ha analitzat amb les dades dels consums, cap a les 8h del matí el consum augmenta amb l'entrada del personal de les oficines, vestuaris...I a la nit, a les 22h hi ha un augment amb el sistema d'enllumenat.

A més, permet posar més panells compensant la pèrdua de producció en comparació amb l'orientació sud. Així augmenta la densitat de producció com s'ha comentat. [12]

Pel que fa a la inclinació, l'angle de les plaques respecte a la superfície de la teulada en el cas d'aquest tipus de suports és d'uns 15° . Al ser un angle petit, durant els mesos d'estiu quan el Sol es troba més alt, els raigs solars seran més perpendiculars a les plaques, cosa que afavorirà la producció. Això resulta interessant, ja que és quan el consum és més elevat a causa dels sistemes de climatització.

3.1.2. Distribució dels mòduls

Per calcular quants mòduls solars es poden instal·lar cal tenir en compte la superfície útil calculada, les dimensions de cada panell i els diferents elements existents en la teulada respecte als quals s'ha de mantenir una distància mínima.

Distància entre mòduls:

En aquest cas, la distància entre els mòduls ve condicionada pel tipus de suport. Al ser una estructura de formigó amb uns rails marcats per les fixacions, la placa ha d'anar encaixada, i només es pot desplaçar en un sentit, permetent tenir una mica de joc.

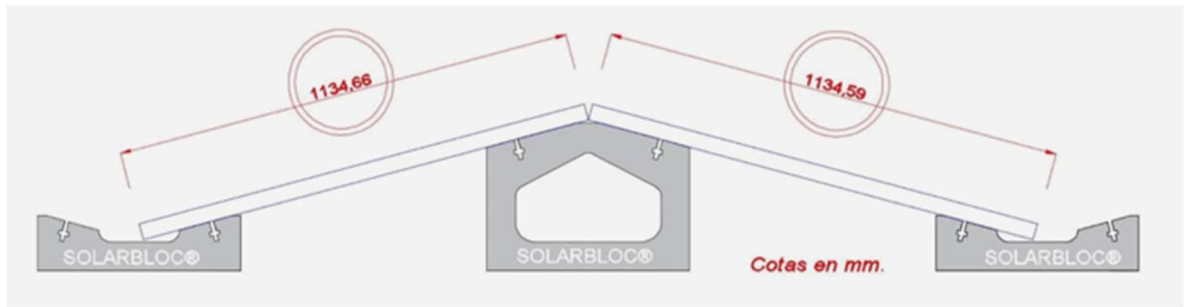


Figura 21. Panells fixats en l'estructura.

De manera que col·locant els panells com indica en el manual del fabricant, l'única separació possible entre ells és en els dos extrems, és a dir, on es canvia l'orientació d'est a oest i viceversa. Depenent de l'amplada del panell, sempre que no superi els 1134,6 mm, aquesta separació serà més gran o menor.

Per calcular la distància a respectar entre els mòduls i els elements, es fa servir la següent expressió:

$$d \geq k \cdot h \quad (10)$$

$$k = \left(\frac{1}{\tan(61^\circ - l)} \right) \quad (11)$$

On:

- d: distància a respectar
- k: coeficient
- l: latitud de l'emplaçament
- h: altura element

$$k = \left(\frac{1}{\tan(61^\circ - 41,16)} \right) = 2,771 \quad (12)$$

$$d \geq 2,771 \cdot h \quad (13)$$

Amb aquesta dada es procedeix a calcular la distància entre els mòduls i les claraboies, exutoris, extractors i les parets. Per fer-ho, es té en compte que l'altura de les claraboies i dels exutoris és de 0,5 m i la dels extractors de 0,85 m. Aquestes dades no apareixen en els plànols i s'han estimat a partir de comparar amb models similars de fabricants.

Distància de les claraboies:

$$d \geq 2,771 \cdot h \quad (14)$$

$$d \geq 2,771 \cdot 0,5 \quad (15)$$

$$d \geq 1,39 \text{ m} \quad (16)$$

La distància mínima entre una fila de plaques solars i les claraboies ha de ser de **1,39 m**.

Distància dels exutoris:

$$d \geq 2,771 \cdot h \quad (17)$$

$$d \geq 2,771 \cdot 0,5 \quad (18)$$

$$d \geq 1,39 \text{ m} \quad (19)$$

La distància mínima entre una fila de plaques solars i els exutoris ha de ser de **1,39 m**.

Distància dels extractors:

$$d \geq 2,771 \cdot h \quad (20)$$

$$d \geq 2,771 \cdot 0,85 \quad (21)$$

$$d \geq 2,36 \text{ m} \quad (22)$$

La distància mínima entre una fila de plaques solars i els extractors ha de ser de **2,36 m**.

Distància de parets i carener:

Si ens fixem en la teulada de la nau, tot i estar unida a la de CV3, hi ha quatre parets. Tanmateix, n'hi ha dues que són iguals pel que fa a dimensions i les altres tenen altures diferents. Cal tenir en compte també l'eix central on hi ha el canvi de pendent, el carener.

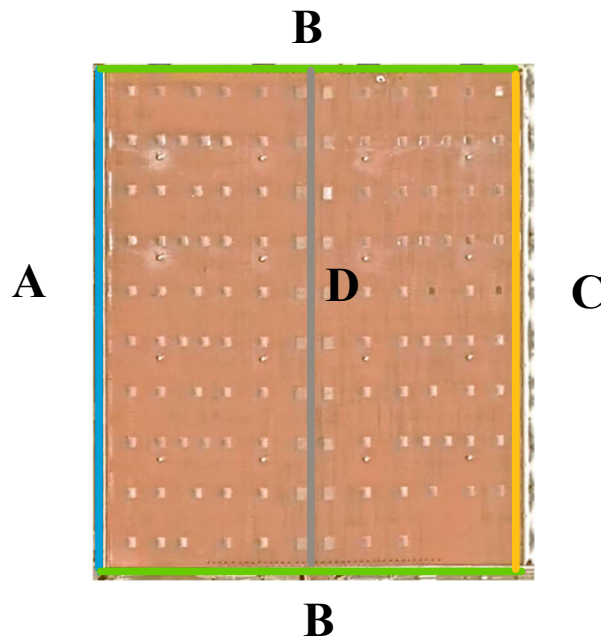


Figura 22. Parets i carener teulada CV2.

Com es pot observar, hi ha la paret A, les parets B, la C i el carener D. S'ha representat així, perquè mirant les cotes des del perfil, es pot veure que la paret A és més alta que la C i l'altura de la B és variable degut al pendent.

De cara a les ombres, la paret A (nord) no afecta perquè durant l'estiu el Sol estarà més alt i a l'hivern més cap al sud, de forma que es podrien aproximar les plaques a la paret, però, tot i això, es deixarà una distància de 2,5 m de cara a les tasques de manteniment i evitar cobrir els baixants d'aigua.

Com les parets B varien amb el pendent, es considerarà el pitjor dels casos, que seria l'altura de la paret A.

Amb la paret C, en estar cap al sud, sí que cal vigilar l'ombra que pugui fer el petit mur que separa les dues teulades de CV2 i CV3. A més també cal deixar espai per si algun tècnic ha de passar i que l'aigua pugui circular sense obstacles.

Respecte al carener, es recomana deixar una separació de 50 cm, permetent una bona ventilació i evitant alguna ombra.

Tenint presents aquestes consideracions, es fan els càlculs:

Amb les cotes del plànol d'estructura, es pren l'altura total de la paret i es van restant longituds fins a obtenir l'altura neta del tram de paret que sobresurt de la teulada.

$$\text{Altura paret B} = 13150 - 4250 - 750 - 5030 - 1000 - 300 \approx 1,8 \text{ m} \quad (23)$$

$$d \geq 2,771 \cdot 1,8 \quad (24)$$

$$d \geq 5 \text{ m} \quad (25)$$

La distància mínima entre una fila de plaques solars i la paret B de la nau ha de ser de **5 m**.

$$\text{Altura paret C} = 12100 - 7200 - 2823 - 1000 - 300 \approx 0,78 \text{ m} \quad (26)$$

$$d \geq 2,771 \cdot 0,78 \quad (27)$$

$$d \geq 2,16 \text{ m} \quad (28)$$

La distància mínima entre una fila de plaques solars i la paret C de la nau ha de ser de **2,16 m**.

I pel carener, com s'ha comentat, es deixa una distància de **0,5 m**.

A part de tenir en compte els elements ja existents en la teulada, s'hauria de deixar cert espai entre les plaques per les tasques de manteniment. De forma que s'ha considerat deixar 40 cm per tenir accessibilitat a totes les plaques.

Amb aquestes dades ja podem veure la distribució final dels mòduls, que queda així:

ELEMENT	DISTÀNCIA DE SEPARACIÓ (m)
CLARABOIA	1,39
EXUTORI	1,39
EXTRACTOR	2,36
PARET A	2,5
PARET B	5
PARET C	2,16
CARENER D	0,5
MANTENIMENT	0,4

Taula 11. Resum separació entre mòduls i elements.

En la memòria confidencial es mostra un dibuix que representa la distribució dels panells en la teulada (àrea fosca) tot indicant quins són els límits per assegurar les distàncies calculades. Es pot visualitzar tota una franja blanca tocant les parets i diferents quadrats envoltant a les claraboies, exutoris i extractors.

Per saber la quantitat total de mòduls que es poden posar, es pot calcular a partir de les distàncies. Per la longitud es mesura la llargada entre la paret C al carener i per l'amplada, l'espai entre dues columnes de claraboies, tot considerant les distàncies de separació calculades.

Per la cara sud:

$$\text{Longitud vessant sud} = 49750 - 500 - 2160 = 47090 \text{ mm} \quad (29)$$

$$\text{Amplada vessant sud} = 12000 - 2166 - 1390 - 1390 - 400 - 400 = 6254 \text{ mm} \quad (30)$$

Si cada placa mesura 2093x1134 mm, llavors caben:

$$N^{\circ} \text{ panells per longitud} = \frac{47090}{2093} = 22 \text{ panells} \quad (31)$$

$$N^{\circ} \text{ panells per amplada} = \frac{6254}{1134} = 5 \text{ panells} \quad (32)$$

No obstant, l'amplada dels exutoris és una mica superior a la de les claraboies, 3000 mm, de manera que, per evitar ombres, es redueix la longitud i es posen **20 panells** per columna.

Cal afegir les plaques que hi ha en els espais de les columnes amb extractors:

$$\text{Longitud extractor} - \text{carener } D = 11500 - 500 - 2360 - 400 = 8240 \text{ mm} \quad (33)$$

$$N^{\circ} \text{ panells} = \frac{8240}{2093} = 3 \text{ panells} \quad (34)$$

$$\text{Amplada entre exutoris} = 9000 - 1390 - 1390 = 6220 \text{ mm} \quad (35)$$

$$N^{\circ} \text{ panells} = \frac{6220}{1134} = 5 \text{ panells} \quad (36)$$

$$\text{Longitud entre extractors} = 23275 - 2360 - 2360 = 18555 \text{ mm} \quad (37)$$

$$N^{\circ} \text{ panells} = \frac{18555}{2093} = 8 \text{ panells} \quad (38)$$

L'amplada és com la calculada en l'equació (32).

$$\text{Longitud extractor} - \text{paret } C = 12385 - 2160 - 2360 - 400 = 7465 \text{ mm} \quad (39)$$

$$N^{\circ} \text{ panells} = \frac{7465}{2093} = 3 \text{ panells} \quad (40)$$

Pel que fa a l'amplada, com ja s'ha deixat marge pel manteniment, hi ha 0,8 m de més, aleshores hi caben:

$$N^{\circ} \text{ panells per amplada} = \frac{7054}{1134} = 6 \text{ panells} \quad (41)$$

En el document confidencial es calcula el nombre total de plaques en la meitat sud de la nau.

Per la cara nord:

$$\text{Longitud vessant nord} = 49625 - 2500 - 500 = 46625 \text{ mm} \quad (42)$$

$$\text{Amplada} = 12000 - 2166 - 1390 - 1390 - 400 - 400 = 6254 \text{ mm} \quad (43)$$

Si cada placa mesura 2093x1134 mm, llavors caben:

$$N^{\circ} \text{ panells per longitud} = \frac{46625}{2093} = 22 \text{ panells} \quad (44)$$

$$N^{\circ} \text{ panells per amplada} = \frac{6254}{1134} = 5 \text{ panells} \quad (45)$$

Igual que per la cara sud, també s'ha reduït la longitud per respectar les distàncies amb els exutoris i l'amplada pel manteniment. S'aprofiten també els espais on hi ha extractors. Ara es mostrarien els càlculs del nombre de panells de la cara nord.

També la suma de les dues cares.

Sabent la quantitat de panells que es poden col·locar en la teula respectant les distàncies i intentant mantenir una forma regular, es pot calcular la potència màxima que podria generar la instal·lació.

3.2. Inversors

Per escollir l'inversor s'han de tenir en compte diferents factors per tal que sigui compatible amb el mòdul fotovoltaic escollit. Si resumim les característiques del mòdul i de l'inversor, tenim:

MÒDUL SOLAR LONGI HI-MO 5M 505	
Potència màxima (W)	505
Tensió en circuit obert (V)	45,7
Corrent de curtcircuit (I)	13,97
Tensió a potència màxima (V)	38,53
Corrent a potència màxima (A)	13,11

Taula 12. Resum dades mòdul solar.

INVERSOR STRING SG110CX	
ENTRADA	
Tensió màxima (V)	1.100
Corrent màxim per MPPT (A)	26
Rang de tensió de MPPT (V)	200- 1.000
Tensió nominal d'entrada (V)	585
Nº seguidors de MPPT	9
SORTIDA	
Potència activa nominal (W)	110.000
Tensió nominal de sortida (V)	400
Corrent nominal de sortida (A)	158,8
Corrent màxim de sortida (A)	158,8

Taula 13. Resum dades inversor solar.

INVERSOR STRING SG125CX-P2	
ENTRADA	
Tensió màxima (V)	1.100
Corrent màxim per MPPT (A)	30
Rang de tensió de MPPT (V)	180- 1.000
Tensió nominal d'entrada (V)	600
Nº seguidors de MPPT	12
SORTIDA	
Potència activa nominal (W)	125.000
Tensió nominal de sortida (V)	400
Corrent nominal de sortida (A)	181,1
Corrent màxim de sortida (A)	181,1

Taula 14. Resum dades inversor solar.

3.2.1. Número de strings en sèrie

Amb els valors del full de característiques, es poden fer els càlculs per tal d'ajustar els panells a l'inversor escollit, és a dir, veure quants panells es poden connectar a cada entrada de l'inversor.

Primer es calcula el nombre de panells màxim en sèrie:

$$N_{S-MAX-CA} = \frac{V_{I-MAX-CA}}{\left[\left(1 + (T_{0-MIN} - T_{STC}) \cdot \left(\frac{C_{VT}}{100} \right) \right) \cdot V_{CA} \right]} = \quad (46)$$

$$\frac{1100}{\left[\left(1 + (0 - 25) \cdot \left(\frac{-0,265}{100} \right) \right) \cdot 45,7 \right]} = \frac{1100}{48,72} = 22,57 \text{ u}$$

$$N_{S-MAX-MPPT} = \frac{V_{I-MAX-MPPT}}{\left[\left(1 + (T_{0-MIN} - T_{STC}) \cdot \left(\frac{C_{VT}}{100} \right) \right) \cdot V_{MPPT} \right]} = \quad (47)$$

$$\frac{1000}{\left[\left(1 + (0 - 25) \cdot \left(\frac{-0,265}{100} \right) \right) \cdot 38,53 \right]} = \frac{1000}{41,08} = 24,34 \text{ u}$$

On:

- $N_{S-MAX-CA}$: nombre màxim de panells en sèrie segons inversor
- $N_{S-MAX-MPPT}$: nombre màxim de panells en sèrie segons MPPT
- $V_{I-MAX-CA}$: màxima tensió que admet l'inversor
- $V_{I-MAX-MPPT}$: màxima tensió d'operació del MPPT
- T_{0-MIN} : temperatura mínima d'operació
- T_{STC} : temperatura en condicions STC
- C_{VT} : coeficient de temperatura de la tensió del mòdul
- V_{CA} : tensió del panell en circuit obert i STC
- V_{MPP} : tensió del panell en MPPT i STC

S'observa que el valor màxim de panells entre els dos càlculs és de 22 unitats, igual per tots dos inversors.

A continuació es calcula el mínim nombre de panells en sèrie:

$$N_{S-MIN-110} = \frac{V_{I-MIN}}{\left[\left(1 + (T_{0-MAX} - T_{STC}) \cdot \left(\frac{C_{VT}}{100} \right) \right) \cdot V_{MPP} \right]} = \quad (48)$$

$$\frac{200}{\left[\left(1 + (60 - 25) \cdot \left(\frac{-0,265}{100} \right) \right) \cdot 38,53 \right]} = \frac{200}{34,96} = 5,72 \text{ u}$$

$$N_{S-MIN-125} = \frac{V_{I-MIN}}{\left[\left(1 + (T_{0-MAX} - T_{STC}) \cdot \left(\frac{C_{VT}}{100} \right) \right) \cdot V_{MPP} \right]} = \quad (49)$$

$$\frac{180}{\left[\left(1 + (60 - 25) \cdot \left(\frac{-0,265}{100} \right) \right) \cdot 38,53 \right]} = \frac{180}{34,96} = 5,15 \text{ u}$$

On:

- N_{S-MIN} : nombre mínim de panells en sèrie
- V_{I-MIN} : valor més alt entre la tensió d'arrancada o mínima del MPPT
- T_{0-MAX} : temperatura màxima d'operació
- T_{STC} : temperatura en condicions STC
- C_{VT} : coeficient de temperatura de la tensió del mòdul
- V_{MPP} : tensió del panell en MPPT i STC

Es comprova que el nombre de panells mínim connectats en sèrie és de 6 unitats per tots dos inversors.

Entre aquest rang, hi ha una quantitat òptima de panells connectats, per saber-la:

$$N_{S-OPT-100} = \frac{V_{I-N}}{V_{MPP}} = \frac{585}{38,53} = 15,18 \text{ u} \quad (50)$$

$$N_{S-OPT-125} = \frac{V_{I-N}}{V_{MPP}} = \frac{600}{38,53} = 15,57 \text{ u} \quad (51)$$

On:

- N_{S-OPT} : nombre òptim de panells en sèrie
- V_{I-N} : voltatge nominal de l'inversor
- V_{MPP} : tensió del panell en MPPT i STC

Es determina que el nombre òptim de plaques en sèrie és de 16 unitats. S'arrodoneix el resultat a l'alça perquè la tensió del panell en condicions reals es veu reduït per l'elevada temperatura d'operació.

L'inversor de 110 kWp té un total de 9 seguidors de MPPT i 2 entrades per cadascun, en total 18 entrades. En canvi, el de 125 kWp té 12 seguidors i també dues entrades a cadascun, en total 24 entrades.

En cada una de les entrades d'un mateix seguidor ha d'haver-hi la mateixa quantitat de mòduls en sèrie. En funció del consum de cada una de les àrees, s'instal·larà un tipus d'inversor o un altre i només una unitat o un parell. Les dades de consum es poden consultar als annexos.

A partir de dades preses en diferents moments del dia i en diferents mesos, s'ha considerat la següent distribució d'inversors segons l'àrea:

- **AUX CV2:** 1 inversor Sungrow SG125CX-P2
- **L46:** 2 inversors Sungrow SG110 CX
- **L83:** 1 inversor Sungrow SG125CX-P2
- **L47:** 2 inversors Sungrow SG110CX
- **L73:** 1 inversor Sungrow SG110 CX

Amb la distribució de potència entre les 5 àrees, es pot determinar quantes plaques hi ha d'haver connectades en cada inversor i, amb el PVSyst, analitzar com distribuir les cadenes entre les entrades.

Per l'àrea d'auxiliars:

Per l'inversor SG125CX-P2 hi ha 12 MPPTs i 2 entrades en cadascun. En un principi es volia connectar les cadenes de forma que quedés algun MPPT lliure, però al simular donava avisos d'inversor sobredimensionat o carregat en funció de cada MPPT, ja que la repartició de potència no estava equilibrada. Llavors, es va canviar la distribució de les cadenes per tal d'ocupar tots els MPPTs, encara que en alguns només una de les dues entrades, i així la distribució de potència queda més repartida.

En la memòria confidencial es mostren les taules amb la distribució de les cadenes en cada subconjunt i orientació, així com les entrades MPPT.

Com es pot veure, s'ha intentat fer les cadenes de 16 mòduls en sèrie, ja és la quantitat òptima segons els càlculs anteriors. També s'ha respectat que en cada MPPT només hi hagi plaques d'una orientació i, en cas d'ocupar les dues entrades, el mateix nombre de panells en cadascuna.

Per l'àrea de L46:

En el document confidencial es mostren les taules organitzant els subconjunts, les cadenes, orientacions i entrades MPPT.

Igual que en l'àrea anterior, s'han fet els subconjunts pertinents per complir les condicions descrites i aconseguir un bon funcionament.

En l'àrea L83:

En el document confidencial es mostren les taules organitzant els subconjunts, les cadenes, orientacions i entrades MPPT.

Igual que en l'àrea anterior, s'han fet els subconjunts pertinents per complir les condicions descrites i aconseguir un bon funcionament.

En l'àrea L47:

En el document confidencial es mostren les taules organitzant els subconjunts, les cadenes, orientacions i entrades MPPT.

En el segon inversor:

En cada inversor s'han realitzat els subconjunts adequats.

Per la darrera àrea:

En el document confidencial es mostren les taules organitzant els subconjunts, les cadenes, orientacions i entrades MPPT.

Així queden distribuïdes les plaques entre les cinc àrees de consum fent que la generació de les plaques quedi repartida segons les necessitats de cada àrea. En lloc de centralitzar tota la producció en un sol inversor, s'ha optat per aquesta organització per tal que, en cas d'avaria de l'inversor o qualsevol parada, afecti el menor possible.

En el document confidencial es mostra una taula resumint el nombre de plaques en cada àrea, el nombre d'inversors i la potència equivalent.

3.2.2. Condicions a complir

Una vegada calculats els mòduls que es poden connectar a cada entrada de l'inversor, es fan uns càlculs per verificar que es compleixen els requisits tècnics:

$$V_{oc\ string} < V_{max\ inversor}$$

$$V_{max\ inversor} = 1100\ V \quad (52)$$

$$V_{oc}string = N^{\circ}mòduls \text{ per string} \cdot V_{oc}mòdul = 19 \cdot 45,7 = 868,3 \text{ V} \quad (53)$$

Es pot veure que quan hi ha més mòduls connectats en sèrie es compleix la condició, $868,3 \text{ V} < 1000 \text{ V}$. En les altres cadenes de 18, 16 o 15 també es complirà per tots dos inversors.

$$V_{oc}string < V_{max}mòdul$$

$$V_{oc}string = 868,3 \text{ V} \quad (54)$$

Compleix que $868,3 \text{ V} < 1500 \text{ V}$ en tots dos inversors.

$$V_{mpp}string < V_{mpp}inversor$$

$$200 \text{ V} < V_{mpp}inversor < 1000 \text{ V} \quad (55)$$

$$V_{mpp}string = N^{\circ}mòduls \text{ per string} \cdot V_{mpp}mòdul = 19 \cdot 38,53 = 732,07 \text{ V} \quad (56)$$

Compleix, ja que $200 \text{ V} < 732,07 \text{ V} < 1000 \text{ V}$ i també $180 \text{ V} < 732,07 \text{ V} < 1000 \text{ V}$.

$$I_{max}inversor > N^{\circ}cadenes \cdot I_{mpp}mòdul$$

Pel model SG110CX:

$$I_{max}inversor \text{ SG110CX} = 234 \text{ A} \quad (57)$$

$$N_{max}cadenes = \frac{P_{max}inversor \text{ SG110CX}}{N \cdot P_{mòdul}} = \frac{110000}{16 \cdot 505} = 13,61 \quad (58)$$

Utilitzant mòduls de 505 W, si s'instal·len cadenes de 16 mòduls, es poden formar 13 strings amb:

$$I_{mpp}mòdul = 13,11 \text{ A} \quad (59)$$

$$I_{max}inversor > 13 \cdot 13,11 \text{ A} \quad (60)$$

$$I_{max}inversor > 170,43 A \quad (61)$$

Compleix, ja que $170,43 A < 234 A$.

Per l'altre model d'inversor:

$$I_{max}inversor SG125CX = 360 A \quad (62)$$

$$N_{max}cadenes = \frac{P_{max} inversor SG125CX}{N \cdot P_{mòdul}} = \frac{125000}{16 \cdot 505} = 15,47 \quad (63)$$

Utilitzant mòduls de 505 W, si s'instal·len cadenes de 16 mòduls, es poden formar 15 *strings* amb:

$$I_{mpp}mòdul = 13,11 A \quad (64)$$

$$I_{max}inversor > 15 \cdot 13,11 A \quad (65)$$

$$I_{max}inversor > 196,65 A \quad (66)$$

Compleix, ja que $196,65 A < 360 A$.

3.3. Suports

El tipus de suport, com s'ha pogut veure en alguna imatge anterior, consta de dos tipus de peces: les planes (còncaves) i les triangulars (convexes). Segons el fabricant, les planes són de tipus **base** i les triangulars, de tipus **cim**.

Tenint en compte això, per tal de calcular la quantitat necessària de cada tipus de peça, es considera la distribució dels panells mostrada anteriorment.

3.3.1. Nombre de peces

En la memòria confidencial es mostren les vistes de perfil de les estructures per cada possible agrupació de plaques o zona en la teulada.

En cada una es calcula el nombre de peces de cada tipus que es necessiten per fixar els mòduls.

Aquests suports es col·loquen directament sobre la superfície de la teulada deixant les distàncies establertes pel fabricant, que són de 606,27 mm entre una peça base i una cim i, de (longitud mòdul - 13 cm) entre dues peces cim-cim i base-base, que pel cas del mòdul escollit seria de $2093 - 130 = 1963$ mm.

3.3.2. Justificació del pes

A part de saber el nombre de peces de tipus base i de tipus cim que calen, també és important saber si la teulada pot suportar aquest pes, ja que es tracta de peces fetes de formigó.

Segons les característiques, cada placa pesa 25,3 kg, cada peça base té un pes d'uns 18 kg i cada peça cim, 36,5 kg. Pel tipus de peça, en cada costat de la placa solar hi ha una peça de cada tipus, és a dir, cada panell es recolza sobre dues peces base i dues peces cim. Com una mateixa peça es utilitzada per dues plaques alhora, podem considerar que cada placa fa servir 1 peça de tipus base i 1 de tipus cim, ja que són dues meitats de cada peça. Així, el pes total de panell més una peça de cada tipus és:

$$\text{Pes per placa} = 25,3 \text{ kg} + 18 \text{ kg} + 36,5 \text{ kg} = 79,8 \text{ kg} \quad (67)$$

Sabent que cada placa fa 2093x1134 mm, es pot calcular la pressió exercida per metre quadrat:

$$\text{Pressió per placa} = \frac{79,8 \text{ kg}}{2,093 \cdot 1,134 \text{ m}} = 33,62 \text{ kg/m}^2 \quad (68)$$

En el plànol de Planta Bigues Coberta es pot consultar el pes dels elements que formen la coberta.

Segons el Codi Tècnic d'Edificació, en el document d'Accions en l'edificació dins de la secció de seguretat estructural, es pot consultar la pressió que han de suportar les diferents cobertes. En el cas d'una coberta amb una inclinació inferior a 20°, la càrrega uniforme ha de ser de 1 kN/m² i la càrrega concentrada, de 2 kN.⁵

Si fem la comprovació:

$$\frac{1 \text{ kN}}{9,8 \text{ N}} \cdot 1 \text{ kg} = 102 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (69)$$

Veiem que 36 kg/m² < 102 kg/m², de manera que la coberta suporta el pes de la instal·lació.

⁵ Veure més detalls en el document SE-AE abril 2009: [Microsoft Word - DB SE-AE abril 2009.doc \(codigotecnico.org\)](http://codigotecnico.org)

3.4. Cablejat

Una vegada fets els càlculs dels mòduls, inversors i suports per a la instal·lació, fa falta saber quin cable és el més adequat per connectar els diferents components, tot calculant les seccions, longituds i proteccions adients.

3.4.1. Longitud

Segons el PCT de l'IDAE el cable ha de tenir una longitud suficient per no generar esforços en els diferents elements.⁶

Mitjançant els plànols de Planta Instal·lació de cadascuna de les àrees i el d'Estructura es mesura la longitud aproximada que haurien de tenir els conductors entre els diferents elements. Cal tenir en compte que es comet cert error en la mesura i al pelar els cables, de forma que es considera una mica més de longitud per compensar-ho.

Pel tipus d'instal·lació, els cables necessaris per interconnectar els elements són:

- Cables de les cadenes de plaques solars que van des del generador fotovoltaic fins a l'inversor.
- Cables des de l'inversor fins a l'armari de baixa tensió del CT.

En la memòria confidencial es mostren les longituds de cable per cada tram i àrea. Aquestes longituds són les totals dels diferents trams de cable, tenint en compte el cable positiu i el negatiu de cada cadena així com el cable que uneix les plaques.

3.4.2. Tipus de cable

Segons el PCT de l'IDAE, els conductors han de ser deu coure (Cu) i tenir la secció adequada per evitar caigudes de tensió i sobreescalfaments.⁷ A més, tot el cablejat pertanyent a DC ha de tenir el doble d'aïllament i el necessari pel seu ús en la intempèrie, aire lliure o enterrat, segons la norma *UNE 21123*.⁸

Es faran servir dos tipus de cablejat, un per la part de corrent continu (DC) i l'altre per la de corrent altern (AC). A més, també el cable de comunicacions:

- **Cable fotovoltaic:** Aquest cable serà el que es farà servir per interconnectar els mòduls en sèrie i allargar el cable fins a l'inversor. En el plànol de Planta Instal·lació es pot veure en cada una de les àrees com estan disposats aquests cables per aconseguir que totes les cadenes arribin a una entrada de l'inversor. Com a

⁶ Veure pàgina 16

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf

⁷ Veure pàgina 16

[documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf \(idae.es\)](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf)

⁸ Veure <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=norma-une-21123-1-2014-n0053007>

característiques del cable, aquest ha de ser resistent als raigs UV, ha de tenir goma HEPR per suportar 100°C, ha de ser resistent a l'aigua, compatible amb connectors de la instal·lació, flexible amb radi de curvatura de 43 mm i complir la normativa vigent CPR, TÜV i EN. Per connectar-lo a l'inversor, haurà d'incorporar un connector MC4 a cada extrem.

- **Cable AC:** Per connectar els inversors amb la xarxa. Es pot fer servir una mànega de 4 o 5 fils o bé, quatre cables independents. Per connectar els cables són necessaris uns terminals OT/DT. Tindran aïllament XLPE.
- **Cable de comunicacions:** El cable per comunicar l'inversor amb el PC serà un del tipus RS485. En cas d'haver-hi més d'un inversor, es poden interconnectar entre si. El connector necessari és un RJ45. Cal tenir en compte que la longitud total no ha de superar els 1200 m.

3.4.3. Càlcul de la secció

Per calcular el cablejat per la instal·lació hem de tenir sempre en compte la reglamentació existent REBT. Per tant, esbrinar la secció d'un cable consisteix a calcular la secció mínima normalitzada que satisfaci simultàniament les condicions següents: caiguda de tensió i intensitat màxima admissible.

Caiguda de tensió

La circulació de corrent a través dels conductors ocasiona una pèrdua de potència transportada pel cable i una caiguda de tensió o diferència entre les tensions en l'origen i extrem de la canalització. Aquesta caiguda de tensió ha de ser inferior als límits marcats pel REBT en cada part de la instal·lació, amb l'objectiu de garantir el funcionament dels receptors alimentats pel cable.

Segons la *ITC-BT-40* els cables s'han de dimensionar per una intensitat no inferior al 125 % de la màxima del generador. A la intensitat nominal, la caiguda de tensió entre el generador i el punt de connexió a la xarxa, no serà superior al 1,5 %.⁹

Pel cablejat fotovoltaic d'interconnexió entre les plaques i l'inversor es fa servir:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\Delta V \cdot n \cdot C} \quad (70)$$

⁹ Veure <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-18099#ib-40>

Pel cablejat d'interconnexió d'inversors i connexió amb l'armari de BT:

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{\Delta V \cdot C} \quad (71)$$

On:

S = secció conductor (mm²)

L = longitud de la conducció (m).

I = intensitat (A).

cos(φ) = factor de potència.

ΔV = caiguda de tensió màxima admissible.

C = conductivitat del material (54 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

n = nº plaques en sèrie

En la part de DC, per poder fer servir l'expressió anterior, falta saber la corrent:

$$I = \frac{P_{max}}{V_{mpp}} = \frac{505}{38,53} = 13,1 \text{ A} \quad (72)$$

On:

I = intensitat màxima admissible (A).

P_{max} = potència màxima de la placa (W).

V_{mpp} = tensió de la placa en el punt de màxima potència (V).

Amb aquesta dada, es calcula la secció del cablejat de les diferents cadenes. A l'haver-hi tantes, es calcula la secció de les cadenes per la longitud màxima i mínima. Cal tenir en compte que les longituds calculades anteriorment són les totals de cada una de les cadenes, considerant els cables entre plaques i els de cada extrem. No obstant, ara interessa saber la longitud de cada tram de cable possible, és a dir, des de la placa de l'extrem fins a l'inversor:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot (1,25 \cdot 13,1)}{0,015 \cdot 38,53 \cdot n \cdot 54} \quad (73)$$

En la memòria confidencial es mostra les seccions dels cables més curts i més llargs entre les plaques i l'inversor en cada subconjunt.

Llavors es normalitzen i es mostren en una altra taula.

També s'aplica per les altres cadenes i es mostra la longitud total de cable de cada secció determinada.

Per la part AC es fa servir el mateix procediment, però amb l'altra fórmula. En aquest cas, la intensitat serà la de sortida de l'inversor, especificada en el full de característiques:

- Pel SG110 CX: 158,8 A
- Pel SG125 CX-P2: 181,1 A

En la memòria confidencial es calcula per cada àrea la secció dels cables d'AC en cada tram. Al final es mostra un resum en forma de taula.

Intensitat màxima admissible

La temperatura del conductor del cable, treballant a plena càrrega i el règim permanent, no ha de superar en cap moment la temperatura màxima admissible assignada dels materials que es fan servir per a l'aïllament del cable.

Aquesta temperatura s'especifica en les normes particulars dels cables i sol ser de 70°C pels cables amb aïllament termoplàstic i de 90°C pels que tenen aïllament termoestable.

D'una banda, cal tenir en compte el mètode d'instal·lació del cablejat segons la *ITC-BT-19* i, per l'altra, els factors de correcció. Es faran servir els mètodes E (pels cables AC de l'inversor a l'armari BT) i F (pels cables DC fotovoltaics de les plaques a l'inversor). Pels factors de correcció cal fer servir la següent expressió:

$$k_{total} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (74)$$

Cada un dels coeficients va relacionat amb un ítem:

k_1 = factor de correcció per temperatura.

k_2 = factor de correcció per agrupament de cables.

k_3 = factor de correcció per estar exposat al sol.

Es pren com a temperatura ambient una que suposi el pitjor cas, com pot ser 40°C. Igual que abans, es tenen en compte els trams possibles: plaques – inversor i inversor – armari BT.

En el primer tram, en ser part exterior i part interior, es farà servir un tub de PVC per portar el cablejat pel conducte adequat i protegir-lo. Aquest tub anirà des d'on s'agrupen els diferents cables de les cadenes fins a l'inversor.

La distribució dels tubs es farà per subconjunts. En cada àrea es posarà un tub per cada un dels subconjunts existents. Depenent de la quantitat de cables que protegirà el tub, aquest ha de tenir un diàmetre concret. A partir del plànol de la planta de la instal·lació es pot calcular la longitud de tub necessària.

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

Taula 15. Diàmetre exterior dels tubs.

Amb el nombre de conductors per subconjunt i la secció que ocupen totes els conductors, es determina el diàmetre exterior del tub. En el document confidencial es mostra per cada àrea el nombre de conductors que hi ha, la secció de tots, el diàmetre del tub i la longitud que ha de tenir.

Per saber les intensitats màximes admissibles, s'ha consultat la Norma UNE 20460-5-523 pel mètode d'instal·lació, que com s'ha comentat, és el E per la part d'alterna i el F per la part de contínua.

Tabla 52 - C11
 Intensidades admisibles, en amperios, para los métodos de instalación E, F y G de la tabla 52 - B1
 Aislamiento XLPE/EPR, conductores de cobre
 Temperatura del conductor: 90 °C
 Temperatura ambiente de referencia: 30 °C

Sección nominal de los conductores mm ²	Métodos de instalación de la tabla 52 - B1						
	Cables multiconductores		Cables unipolares				
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados	Dos conductores cargados en contacto	Tres conductores cargados en triángulo	Tres conductores cargados en plano		
					En contacto	Separados	
						Horizontales	Verticales
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
1	2	3	4	5	6	7	8
1,5	26	23	--	--	--	--	--
2,5	36	32	--	--	--	--	--
4	49	42	--	--	--	--	--
6	63	54	--	--	--	--	--
10	86	75	--	--	--	--	--
16	115	100	--	--	--	--	--
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	--	--	940	823	868	1 085	1 008
500	--	--	1 083	946	998	1 253	1 169
630	--	--	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362

NOTA - Las secciones se suponen circulares hasta los 16 mm² inclusive. Para secciones superiores, los valores indicados se refieren a almas sectoriales y pueden ser aplicados de forma segura a las almas circulares.

Taula 16. Intensitats màximes admissibles.

Amb aquesta taula es pot verificar si la intensitat màxima admissible per cablejat és major a la nominal, tot considerant els factors de correcció de temperatura:

Ambient temperature °C	Insulation			
	PVC	XLPE and EPR	Mineral *	
			PVC covered or bare and exposed to touch 70 °C	Bare not exposed to touch 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

* For higher ambient temperatures, consult manufacturer.

Taula 17. Factors de correcció de temperatura.

Depenent del nombre de cables, hi ha el factor d'agrupament:

Norma UNE 20 460-5-523

DISPOSICIÓN DE LOS CABLES CONTIGUOS	Nº de circuitos o cables multiconductores								
	1	2	3	4	5	9	12	16	20
Empotrados o embutidos. Métodos A1/A2 y B1/B2	1,00	0,80	0,70	0,70	0,58	0,50	0,45	0,40	0,40
Capa única sobre muros, suelos o bandejas no perforadas. Método C	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	.	.	.
Capa única en el techo. Método C	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	.	.	.
Capa única sobre bandejas perforadas. Métodos E y F.	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	.	.	.
Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc Métodos E y F.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	.	.	.

Taula 18. Factor de reducció per agrupament de circuits.

Amb tot això ja es pot determinar el factor de correcció total per cadascun dels cables.

Com a factor de temperatura s'escull 0,9 per tots els conductors suposant una temperatura de 40°C.

Com a factor d'exposició al sol, per cables DC de les cadenes, es pren 0,9 i pels cables AC, un valor de 1 a l'estar soterrats.

Pel factor d'agrupament, cal tenir en compte els conductors de cada tub. En cas d'haver 9 o més conductors per tub es pren 0,7 i en cas d'haver menys, segons la taula 55, el valor estarà entre 0,75 i 1. Pels cables AC, al ser 3F+N+PE el factor serà de 0,75.

Ara cal complir la següent condició:

$$I_{nominal} < I_{max.adm.} \cdot k_{total} \tag{75}$$

En el document confidencial es mostra en una taula els trams de cable d'AC de cada àrea, la secció per caiguda de tensió, el corrent màxim admissible, el factor de correcció i si compleix.

Com es pot observar, no compleix l'expressió, amb les seccions calculades per caiguda de tensió no és suficient, de forma que cal augmentar la secció d'aquests cables.

Llavors, com a dada confidencial es mostra una segona taula corregint les seccions per tal que es compleixi la condició.

Hi ha una diferència important entre la secció calculada per cada mètode. En el primer la secció és més petita perquè es considera la tensió, la conductivitat... Que en estar al denominador redueixen molt el resultat. En aquest segon mètode, principalment es considera la corrent, de forma que tenint en compte un factor de correcció i intensitat màxima admissible, la secció ha d'augmentar perquè el corrent nominal és elevat.

3.4.4. Proteccions

Una vegada calculades les seccions dels cables que es faran servir en cada un dels trams de la instal·lació, cal analitzar quines proteccions s'utilitzen per a una protecció adequada dels dispositius.

Això és perquè la instal·lació pot comportar certs riscos per a les persones i els elements que componen el sistema.

De manera general, hi ha les següents especificacions:

- Per les instal·lacions amb més de 48 V hi ha d'haver una posta a terra.
- Els elements de protecció han de protegir a les persones davant de contactes directes i indirectes.
- El sistema ha d'estar protegit de possibles sobrecàrregues, curtcircuits i sobretensions.

La intensitat de l'element de protecció ve donada per la següent expressió:

$$I_{nominal} < I_{protecció} < I_{màxima adm.} \quad (76)$$

Igual que per les seccions, també cal normalitzar el valor determinat segons una taula:

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

Taula 19. Valors d'intensitats normalitzats.

Com a element extern de protecció, s'afegirà un interruptor com els que ja hi ha en l'armari de baixa tensió que hi ha en el CT de cada una de les àrees. Aquest interruptor serà com el de la imatge següent:



Figura 23. Tipus d'interruptor pel sistema fotovoltaic.

Com s'observa, just a sota d'aquest interruptor, ja hi ha prou espai per posar el de la instal·lació fotovoltaica, de manera que dins de l'armari es podria fer la connexió sense haver de fer ampliacions.

Aquest interruptor anirà abans del comptador bidireccional perquè en cas d'obrir el circuit per qualsevol motiu, no es tingui en compte l'energia que es genera.

En la memòria confidencial es mostra una taula amb la intensitat nominal que circula pels conductors d'AC de cada àrea, la màxima admissible, i el calibre de l'interruptor de protecció.

S'ha escollit el valor normalitzat més proper al valor mig entre el corrent nominal i el màxim admissible perquè no sigui massa just ni estigui sobredimensionat.

Pel que fa a les proteccions de sobrecàrregues, curtcircuits i sobretensions, no s'afegeixen més proteccions de les que ja incorpora l'inversor.

El model d'inversor SG110CX incorpora les següents proteccions:

- Protecció de polaritat inversa en DC
- Protecció contra curtcircuit en AC
- Protecció contra corrent de fuga
- Protecció contra sobretensió tipus II per AC i tipus I+II per DC
- Monitoratge de falla a terra
- Interruptor DC
- Interruptor AC
- Funció d'extinció d'arc (AFCI)
- Disseny sense fusibles amb monitoratge intel·ligent de la corrent de la cadena

L'altre inversor, el SG125CX-P2 conté:

- Protecció de polaritat inversa en DC
- Protecció contra curtcircuit en AC
- Protecció contra corrent de fuga
- Protecció contra sobretensió tipus II en AC i tipus I+II en DC
- Monitoratge de falla a terra
- Interruptor DC
- Funció d'extinció d'arc (AFCI)
- Funció de registre d'avaries en la xarxa

També cal tenir en compte que el sistema generador d'energia normalment generarà energia per consumir en la mateixa àrea, però en determinats moments, també injectarà a la xarxa, de manera que la xarxa ha d'estar protegida. Per fer-ho, el mateix inversor, igual que té un sistema per monitoritzar les cadenes o *strings*, també incorpora un monitoratge de xarxa. Això permet que l'electricitat que s'injecti estigui sincronitzada amb la freqüència, la tensió i el desfasament que tingui la xarxa. Així, no es desestabilitza i s'eviten possibles danys.

Per mesurar l'energia injectada i importada de la xarxa, cal un comptador bidireccional. Aquest realitza un monitoratge continu dels fluxos d'energia en el sistema. D'una banda mesura l'energia consumida i, de l'altra, la producció.

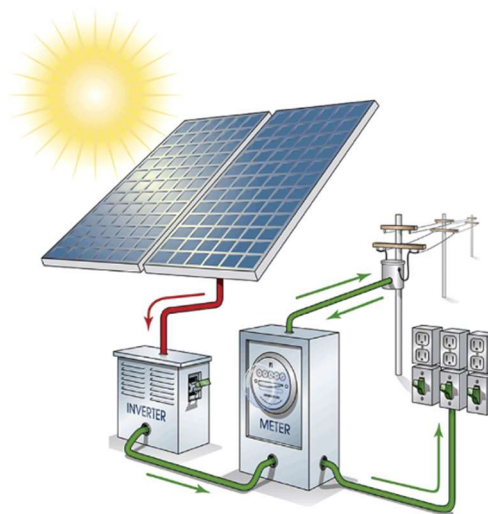


Figura 24. Diagrama de la connexió a xarxa.

Com s'observa, està instal·lat en el punt de connexió entre la instal·lació fotovoltaica i la xarxa, de forma que capta la informació de la xarxa i es comunica amb l'inversor. Si la producció d'energia és superior al consum local, l'inversor permet que l'excés d'energia s'injecti a la xarxa. Per contra, si el consum és major que la producció, l'inversor facilita la importació d'energia de la xarxa.

Tots dos inversors incorporen proteccions de grau IP66 contra la pols i l'aigua que pugui haver en l'entorn del dispositiu.

Respecte a la protecció contra contactes, ha de complir amb la norma UNE 20,481 i la ITC-BT-36, la norma UNE 20.460-4-41.

La protecció contra contactes directes es tracta de prendre mesures per protegir a les persones dels perills que poden haver d'un contacte. Les principals mesures a aplicar són:

- Protecció per aïllament de les parts actives
- Protecció per mitjà de barreres
- Protecció per mitjà d'obstacles
- Protecció per posta a terra fora de l'abast per llunyania
- Protecció complementària per dispositius de corrent diferencial i residual

La protecció contra contactes indirectes es pot fer aïllant les parts actives. Això es pot aconseguir mitjançant:

- Protecció per tall automàtic de l'alimentació
- Protecció per l'ús d'equips de la classe II
- Protecció als locals o emplaçaments no conductors
- Protecció mitjançant connexions equipotencials locals no connectades a terra
- Protecció per separació elèctrica

3.4.5. Càlcul de posta a terra

Per les instal·lacions fotovoltaïques no hi ha una normativa específica per la posta a terra. No obstant això, cal tenir en consideració diferents aspectes:

- Els **mòduls solars** disposen d'un orifici concret per la posta a terra com es pot veure en la següent imatge:

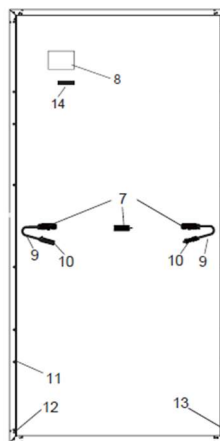


Figura 25. Diagrama de l'estructura del mòdul.

On:

1 Marc d'alumini	2 Vidres fotovoltaics	3 EVA	4 Cèl·lula
5 Pla posterior	6 Silicona	7 Caixa de connexions	8 Placa de nom
9 Cable	10 Connector	11 Forat d'instal·lació	12 Forat de terra
13 Forat de fuga	14 Codi de barres		

Taula 20. Descripció elements mòdul solar.

Per la seguretat i evitar que el mòdul sigui danyat per llamps i electricitat estàtica, el marc del mòdul ha d'estar connectat a terra. El conductor de connexió a terra pot ser de coure o d'aliatge de coure o qualsevol altre material utilitzat com a conductor elèctric que compleixi el Codi Elèctric Nacional corresponent. Aquest conductor cal que es connecti a terra amb un elèctrode de connexió adequat.

A l'hora de fer la connexió a terra, el valor de parell recomanat és de 2,3 Nm i l'accessori de connexió a terra utilitza filferro de coure de nucli 3,3 mm². El cable de coure no pot danyar-se per la pressió durant la instal·lació.

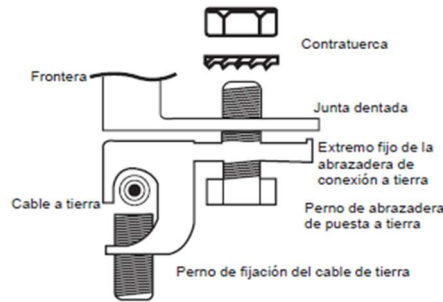


Figura 26. Mètode de connexió a terra de l'orifici.

- Pel **sistema** en contínua cal posar-se a terra en un únic punt per evitar la possibilitat de que circuli corrent pels conductors de protecció i afectar a l'inversor.

Segons la *ITC-BT 40*, quan la instal·lació receptora estigui acoblada a una xarxa que tingui el neutre posat a terra, es connectaran les masses de la instal·lació i receptors a una terra independent de la del neutre de la xarxa.

Per poder fer correctament la posta a terra farà falta saber la secció dels conductors que serveixen per unir les masses de la instal·lació a elements per assegurar la protecció. Segons la *ITC-BT 18*:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S _p (mm ²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Taula 21. Relació seccions conductors protecció de fase.

A partir de les dades de les seccions calculades anteriorment, es pot saber quina secció ha de tenir el cable de protecció.

En la memòria confidencial es mostra una taula amb la secció del conductor de fase de cada àrea i la del conductor de posta a terra.

Segons la taula, si la secció dels conductors de fase és superior a 35 mm², la secció del conductor de protecció serà d'una secció equivalent a la meitat de la dels cables de fase. Així, s'ha calculat la meitat i s'ha aproximat el valor a la secció normalitzada més propera per sobre.

Tant el conductor de terra de les plaques com el dels inversors aniran connectats al mateix punt de posta a terra del sistema, que serà diferent per cada àrea o CT.

3.5. Simulació de la instal·lació amb PVSyst

En aquest apartat es pretén simular la instal·lació fotovoltaica mitjançant el programa PVSyst. La idea és analitzar quines pèrdues hi haurà, quina serà la generació en diferents períodes de temps, en base a dades meteorològiques, i quin seria el balanç econòmic de la instal·lació per saber el temps d'amortització.

3.5.1. Pèrdues

Les pèrdues en un sistema fotovoltaic poden afectar significativament el seu rendiment i eficiència global, per tant, és essencial considerar i mitigar totes les possibles fonts de pèrdua. La correcta instal·lació, el manteniment regular, l'elecció de components de qualitat i un disseny optimitzat són fonamentals per minimitzar les pèrdues i maximitzar la producció d'energia.

En aquest projecte s'han tingut en compte diferents pèrdues que hi pot haver:

Pèrdues per inclinació i orientació

Es fa servir el mètode proposat per l'IDAE, mitjançant el següent diagrama, vàlid per una latitud d'uns 41°.

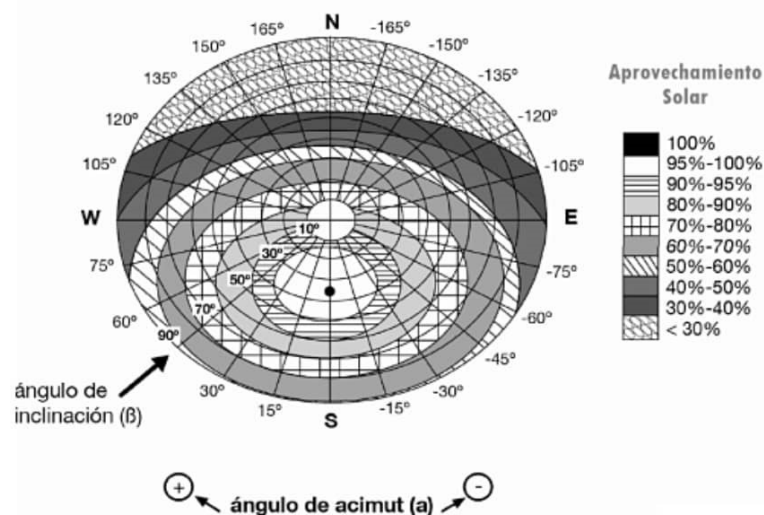


Figura 27. Aprofitament solar segons l'angle.

El punt negre és l'ideal, ja que s'aprofitaria el 100%. Si tenim que l'angle d'azimut és de 90° perquè orientem les plaques est-oest i la inclinació és de 15°, es pot saber l'aprofitament:

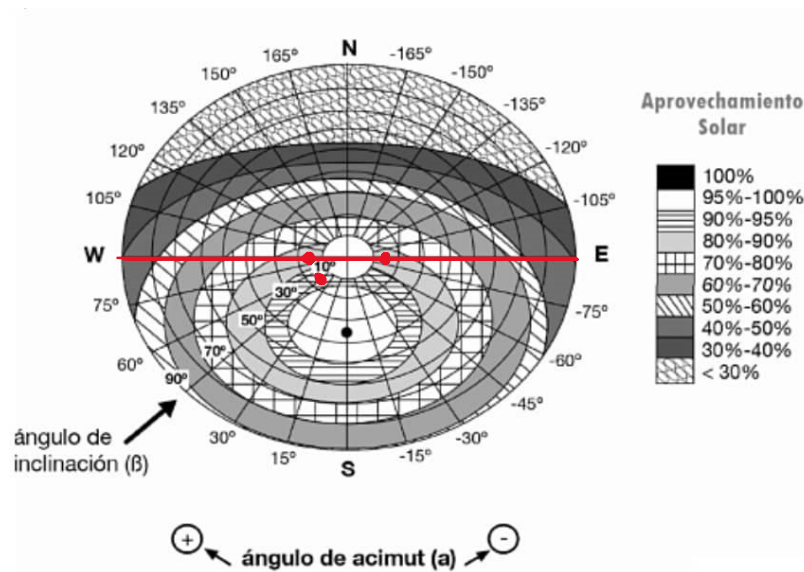


Figura 28. Punt de treball.

Marcant amb una línia els angles d'azimut per cada una de les dues orientacions i amb un punt la inclinació dels panells, es pot seguir la corba fins que el punt creua amb la línia. Els dos punts obtinguts són els de treball pels panells orientats a l'oest i a l'est.

A partir de la llegenda de la dreta es pot veure que els punts marcats es troben en una zona amb un aprofitament d'entre el 80 i el 90%. Si ens quedem amb el pitjor valor, les pèrdues màximes seran del **20%**.

Pèrdues per pols i brutícia

Aquest tipus de pèrdues es donen per qualsevol tipus de brutícia que pugui aparèixer en els mòduls a causa de diferents motius. Segons el PCT de l'IDAE aquestes pèrdues poden arribar fins al **8%**.

Pèrdues tèrmiques

El rendiment disminueix amb l'increment de la temperatura a la qual es troba la superfície del panell.

Per calcular el factor que considera les pèrdues per increment de temperatura, normalment es fa servir la següent expressió:

$$P_t = K_t \cdot (T_c - 25^{\circ}\text{C}) \quad (77)$$

On:

- P_t : pèrdues per augment de la temperatura
- K_t : coeficient de temperatura del mòdul solar ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
- T_c : temperatura mitjana de funcionament

Si es consulten les dades del fabricant, el coeficient de temperatura de la potència és de $-0,34\%/^{\circ}\text{C}$ i la temperatura nominal de les cel·les és de 45°C . Aleshores tenim:

$$P_t = 0,0034 \cdot (45 - 25^\circ\text{C}) = 6,8\% \quad (78)$$

De forma que, de mitjana, les pèrdues per temperatura que pot tenir la instal·lació seran del **6,8%**.

Pèrdues en els conductors

Per saber les pèrdues que tindran els cables calculats en el projecte, cal analitzar les pèrdues de potencial o caiguda de tensió considerant la diferència de potencial a la que estan sotmesos.

Pel tram de DC es fa servir:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I}{S \cdot n \cdot C} \quad (79)$$

Prenent com a valors:

- I = 13,1 A
- S = en funció de cada cadena
- C = 56 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- n = n° panells en sèrie

Pel tram que interconnecta els inversors en les àrees on hi ha dos inversors en paral·lel, es fa servir:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{S \cdot C} \quad (80)$$

Prenent com a valors:

- I = 158,8 A
- S = 70 mm^2
- C = 56 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- $\cos(\varphi) = 0,8$

Pel darrer tram, entre l'inversor i l'armari de BT, es treballa amb:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{S \cdot C} \quad (81)$$

Prenent com a valors:

- I = 181,1 A o 317,6 A
- S = 70 mm^2 o 95 mm^2 o 240 mm^2
- C = 56 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- $\cos(\varphi) = 0,8$

En la memòria confidencial es mostra una taula amb les pèrdues de cada tipus de conductor o cada tram.

Totes aquestes pèrdues es recullen en el *Performance Ratio (PR)*. Aquest terme indica l'eficiència de la instal·lació en condicions reals de treball pel període de disseny. És la relació que hi hauria entre l'energia generada realment pel generador fotovoltaic i l'energia que generaria si fos un generador ideal, sense pèrdues. [13]

Per calcular-lo es pot fer servir la següent expressió:

$$PR = \eta_{\text{mòdul}} \cdot \eta_{\text{inversor}} \cdot \eta_{\text{temp.}} \cdot \eta_{\text{brutícia}} \cdot \eta_{\text{cablejat}} \cdot \eta_{\text{orientació}} = \quad (82)$$

$$97\% \cdot 98,5\% \cdot 93,2\% \cdot 92\% \cdot 97,26\% \cdot 80\% = 93\%$$

Aquest càlcul és teòric i no contempla els canvis al llarg de l'any, de forma que és poc precís. Per tal de tenir uns valors més acurats, amb el programa PVSyst es pot analitzar les pèrdues durant els diferents mesos en cada una de les àrees:

MES	PR AUX	PR L46	PR L83	PR L47	PR L73
GENER	0,843	0,896	0,895	0,896	0,847
FEBRER	0,850	0,904	0,902	0,904	0,855
MARÇ	0,842	0,896	0,892	0,896	0,847
ABRIL	0,836	0,891	0,886	0,891	0,843
MAIG	0,820	0,871	0,868	0,870	0,824
JUNY	0,805	0,855	0,852	0,854	0,809
JULIOL	0,796	0,845	0,842	0,845	0,800
AGOST	0,800	0,851	0,846	0,851	0,805
SETEMBRE	0,818	0,872	0,866	0,872	0,824
OCTUBRE	0,826	0,880	0,876	0,880	0,832
NOVEMBRE	0,836	0,889	0,887	0,889	0,841
DESEMBRE	0,834	0,886	0,885	0,886	0,838
MITJANA	0,820	0,872	0,868	0,872	0,825

Taula 22. PR al llarg de l'any en cada àrea.

S'observa que el mes de febrer és el que presenta un millor rendiment en totes les àrees. En canvi, el mes de juliol és quan l'eficiència general del sistema resulta ser més baixa. Si comparem les àrees, les de major potència com L46 i L47 tenen un rendiment mig superior a les altres. En canvi, l'àrea d'auxiliars i L73 tenen les mitjanes més baixes. Això ve donat per com s'ha dimensionat cada sistema, el tipus d'inversor, la longitud dels cables i la quantitat de plaques en cada orientació.

A continuació es mostren més detalls en una de les àrees, la d'auxiliars:

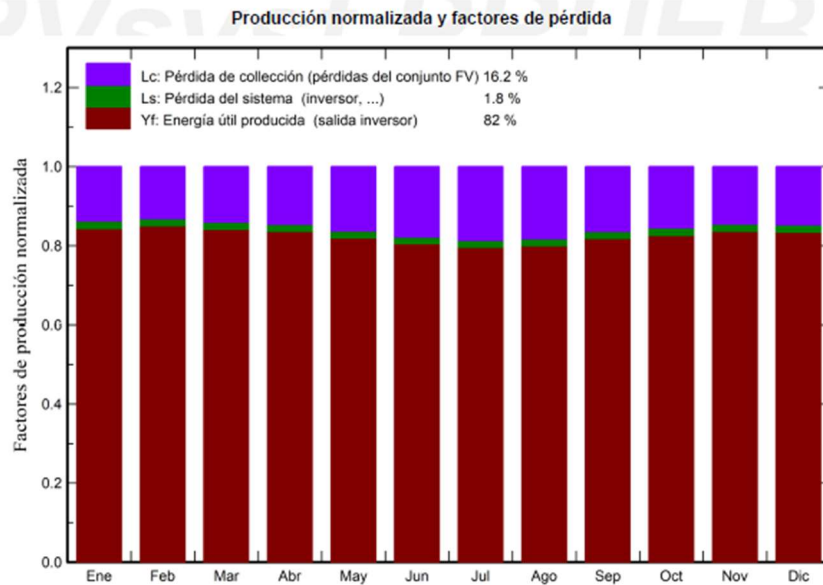


Figura 29. PR i pèrdues al llarg de l'any a AUX.

Aquesta figura mostra d'un surt la PR de 0,82 mostrada a la taula anterior.

Perfilant més, es pot observar el següent diagrama de pèrdues:

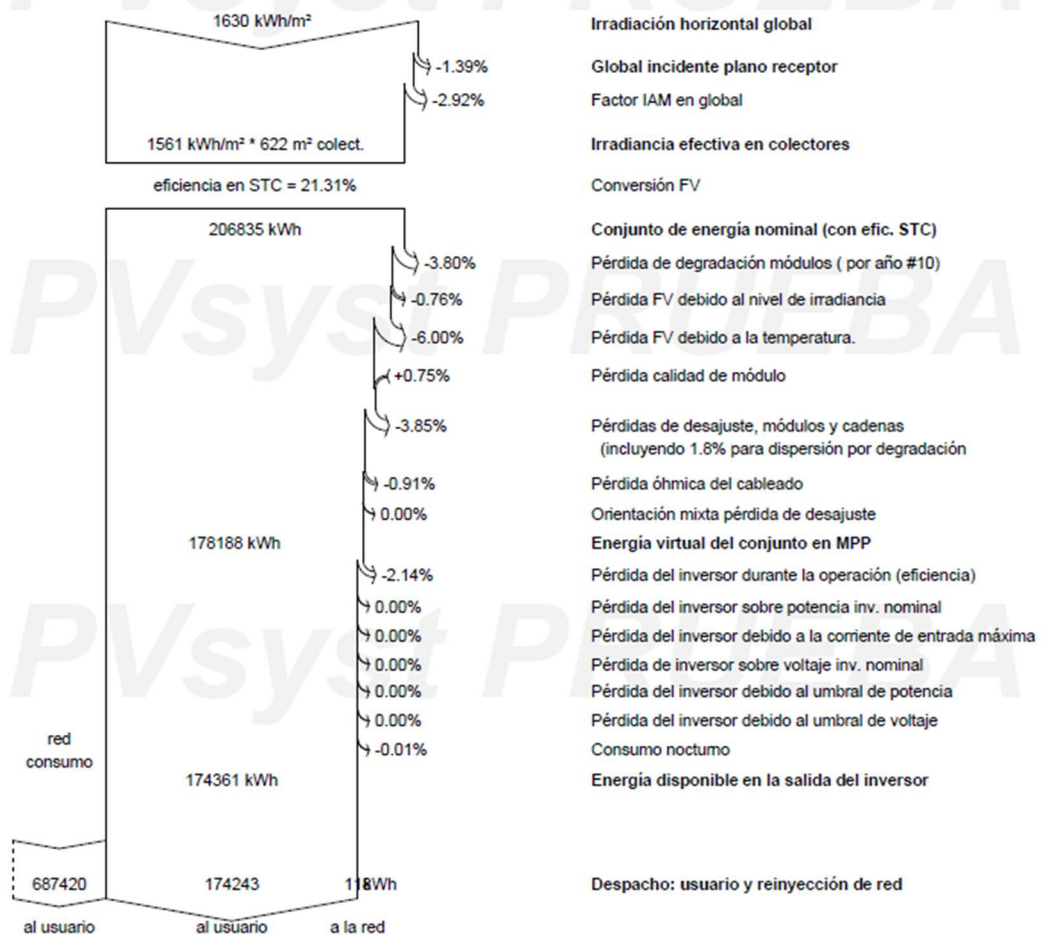


Figura 30. Diagrama de pèrdues d'AUX.

Com es pot comprovar, hi ha pèrdues al llarg de tot el circuit, des que les plaques reben la irradiació fins que l'inversor entrega l'energia. Tot i ser petites, a l'haver tantes pèrdues, al final l'eficiència general es veu reduïda sobre un 15% de mitjana en les diferents àrees.

3.5.2. Previsió energia generada

Una vegada fets els càlculs de les pèrdues possibles, cal determinar la potència que es preveu generar.

Per saber-ho, es fa servir la següent expressió:

$$E_g = \frac{I \cdot P_{mp} \cdot PR}{I_0} \quad (83)$$

On:

- E_g : energia generada per la instal·lació en un mes.
- I : irradiació solar mitjana durant un mes
- P_{mp} : potència màxima de la instal·lació de cada àrea
- PR : Performance Ratio o eficiència global.
- I_0 : irradiació solar en condicions estàndard, 1 kW/m².

A partir de les dades del PVSyst, es pot obtenir la irradiació de l'emplaçament al llarg de l'any:

	I diària (kWh/m²/dia)	I mensual (kWh/m²/mes)
GENER	2,06	63,8
FEBRER	3	83,9
MARÇ	4,37	135,6
ABRIL	5,42	162,7
MAIG	6,44	199,6
JUNY	7,12	213,7
JULIOL	7,09	219,8
AGOST	6,14	190,2
SETEMBRE	4,65	139,5
OCTUBRE	3,26	101,1
NOVEMBRE	2,18	65,5
DESEMBRE	1,77	54,8

Taula 23. Irradiació diària i mensual.

En un gràfic:

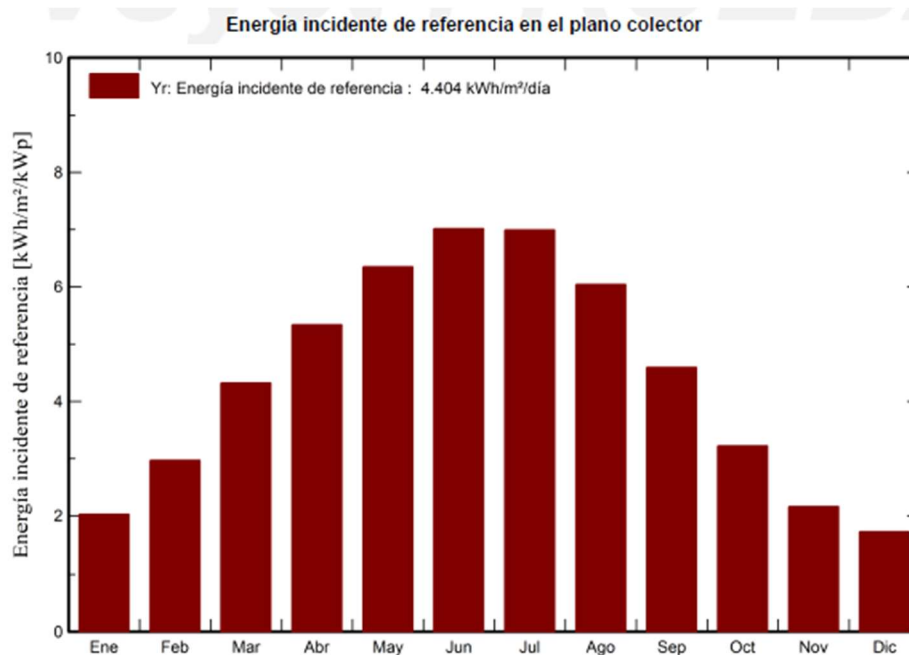


Figura 31. Irradiació diària al llarg de l'any.

A continuació es mostra quina generació mensual s'espera obtenir a cada àrea:

	AUX			
	I (kWh/m ²)	PR	E _g diària (kWh)	E _g mensual (kWh)
GENER	2,06	0,84	229,23	7106,09
FEBRER	3	0,85	336,6	9424,8
MARÇ	4,37	0,84	485,7	15056,68
ABRIL	5,42	0,84	598,11	17943,24
MAIG	6,44	0,82	697,07	21609,03
JUNY	7,12	0,81	756,57	22697,14
JULIOL	7,09	0,8	744,96	23093,77
AGOST	6,14	0,8	648,38	20099,9
SETEMBRE	4,65	0,82	502,09	15062,65
OCTUBRE	3,26	0,83	355,44	11018,77
NOVEMBRE	2,18	0,84	240,57	7217,02
DESEMBRE	1,77	0,83	194,86	6040,53

Taula 24. Generació diària i mensual a AUX.

Es preveu generar un total de 176369 kWh durant un any en l'àrea d'auxiliars. No obstant, això és un càlcul teòric, segons la simulació la generació és de **174243 kWh**. Aquesta generació és la que s'aprofita directament en aquesta àrea. Cal afegir l'energia que s'injecta a la xarxa, que es comenta en l'apartat següent.

Ara que se sap quina és l'energia generada, cal fer una comparativa amb el consum per tenir un balanç energètic:

En el document confidencial es mostra una taula amb dades de consums, generació i el balanç entre els dos valors.

S'observa que el consum és més elevat durant els mesos de juliol a octubre coincidint amb quan fa més calor i, per tant, els sistemes de climatització funcionen durant més temps i consumeixen més. A banda, durant els mesos d'estiu és quan les plaques reben més irradiació, de forma que es genera més energia. D'aquesta manera, una mica es compensa el consum amb la generació i fa que el balanç no presenti grans variacions al llarg de l'any. En cap mes s'arriba a cobrir la demanda, però en els mesos d'abril, maig i juny l'energia que es necessita de la xarxa és menor a la dels altres mesos.

Si es valoren situacions crítiques com pot ser la d'un dia completament assolellat, un dia núvol i un dia plujós, la generació pot ser de:

	Ir (kWh/m ²)	PR	Eg (kWh)
Assolellat	7	0,82	757,68
Ennuvolat	2	0,82	216,48
Plujós	0,5	0,82	54,12

Taula 25. Generació diària en situacions crítiques a AIX.

Es pot veure la diferència entre dos extrems meteorològics. A efectes de producció, hi ha uns 700 kWh de diferència, cosa que és molt. Tot i no fer-ho per una situació tan extrema, en la taula 55 ja s'ha fet el càlcul prenent diferents irradiacions, tot suposant que en els mesos d'hivern hi ha menys dies assolellats i a l'estiu la irradiació és més elevada.

Per la L46:

	L46			
	I (kWh/m ²)	PR	Eg diària (kWh)	Eg mensual (kWh)
GENER	2,06	0,9	369,15	11443,71
FEBRER	3	0,9	542,4	15187,2
MARÇ	4,37	0,9	783,1	24276,22
ABRIL	5,42	0,89	965,84	28975,32
MAIG	6,44	0,87	1121,85	34777,29
JUNY	7,12	0,86	1217,52	36525,6
JULIOL	7,09	0,85	1198,21	37144,51
AGOST	6,14	0,85	1045,03	32395,87
SETEMBRE	4,65	0,87	810,96	24328,8
OCTUBRE	3,26	0,88	573,76	17786,56
NOVEMBRE	2,18	0,89	387,6	11628,12
DESEMBRE	1,77	0,89	313,64	9722,96

Taula 26. Generació diària i mensual.

Es preveu generar un total de 284192 kWh durant un any en l'àrea L46. No obstant, això és un càlcul teòric, segons la simulació la generació és de **279648 kWh**.

Ara que se sap quina és l'energia generada, cal fer una comparativa amb el consum per tenir un balanç energètic:

Com abans, en el document confidencial es mostra una taula amb les dades de consum mensual, l'energia generada cada mes i el balanç energètic.

S'observa que el consum és més elevat durant els mesos de juliol a octubre coincidint amb quan fa més calor. A banda, durant els mesos d'estiu és quan les plaques reben més irradiació, de forma que es genera més energia. D'aquesta manera, una mica es compensa el consum amb la generació i fa que el balanç no presenti grans variacions al llarg de l'any. En cap mes s'arriba a cobrir la demanda, però en els mesos d'abril, maig i juny l'energia que es necessita de la xarxa és menor a la dels altres mesos.

Si es valoren situacions crítiques com pot ser la d'un dia completament assolellat, un dia núvol i un dia plujós, la generació pot ser de:

	Ir (kWh/m ²)	PR	Eg (kWh)
Assolellat	7	0,872	1220,8
Ennuvolat	2	0,872	348,8
Plujós	0,5	0,872	87,2

Taula 27. Generació diària en situacions crítiques.

Es pot veure la diferència entre dos extrems meteorològics. A efectes de producció, hi ha més de 1100 kWh de diferència, cosa que és molt. Tot i no fer-ho per una situació tan extrema, en la taula 58 ja s'ha fet el càlcul prenent diferents irradiacions, tot suposant que en els mesos d'hivern hi ha menys dies assolellats i a l'estiu la irradiació és més elevada.

Per la L83:

	L83			
	I (kWh/m ²)	PR	Eg diària (kWh)	Eg mensual (kWh)
GENER	2,06	0,9	267,34	8287,43
FEBRER	3	0,9	392,37	10986,36
MARÇ	4,37	0,89	565,22	17521,69
ABRIL	5,42	0,89	696,31	20889,22
MAIG	6,44	0,87	810,54	25126,69
JUNY	7,12	0,85	879,6	26388,14
JULIOL	7,09	0,84	865,62	26834,16
AGOST	6,14	0,85	753,19	23349,01
SETEMBRE	4,65	0,87	583,9	17517,64
OCTUBRE	3,26	0,88	414,09	12836,64
NOVEMBRE	2,18	0,89	280,38	8411,42
DESEMBRE	1,77	0,89	227,14	7041,19

Taula 28. Generació diària i mensual.

Es preveu generar un total de 205188 kWh durant un any en l'àrea L83. No obstant, això és un càlcul teòric, segons la simulació la generació és de **165779 kWh**. Aquesta diferència equival a les pèrdues que hi ha i que hi ha energia que directament s'injecta a la xarxa.

Ara que se sap quina és l'energia generada, cal fer una comparativa amb el consum per tenir un balanç energètic:

De la mateixa manera, en el document confidencial es mostra una taula amb les dades de consum mensual, l'energia generada cada mes i el balanç energètic.

Igual que abans, el consum és més elevat durant els mesos de juliol a octubre coincidint amb quan fa més calor. A banda, durant els mesos d'estiu és quan les plaques reben més irradiació, de forma que es genera més energia. D'aquesta manera, una mica es compensa el consum amb la generació i fa que el balanç no presenti grans variacions al llarg de l'any. En cap mes s'arriba a cobrir la demanda, però en els mesos d'abril, maig i juny l'energia que es necessita de la xarxa és menor a la dels altres mesos.

Si es valoren situacions crítiques com pot ser la d'un dia completament assolellat, un dia núvol i un dia plujós, la generació pot ser de:

	Ir (kWh/m ²)	PR	Eg (kWh)
Assolellat	7	0,868	881
Ennuvolat	2	0,868	251,72
Plujós	0,5	0,868	62,93

Taula 29. Generació diària en situacions crítiques.

Es pot veure la diferència entre dos extrems meteorològics. A efectes de producció, hi ha uns 800 kWh de diferència, cosa que és molt. Tot i no fer-ho per una situació tan extrema, en la taula 61 ja s'ha fet el càlcul prenent diferents irradiacions, tot suposant que en els mesos d'hivern hi ha menys dies assolellats i a l'estiu la irradiació és més elevada.

Per la L47:

	L47			
	I (kWh/m ²)	PR	Eg diària (kWh)	Eg mensual (kWh)
GENER	2,06	0,9	406,07	12588,08
FEBRER	3	0,9	596,64	16705,92
MARÇ	4,37	0,9	861,41	26703,85
ABRIL	5,42	0,89	1062,43	31872,85
MAIG	6,44	0,87	1232,62	38211,1
JUNY	7,12	0,85	1337,71	40131,17
JULIOL	7,09	0,85	1318,03	40858,96
AGOST	6,14	0,85	1149,53	35635,45
SETEMBRE	4,65	0,87	892,06	26761,68
OCTUBRE	3,26	0,88	631,14	19565,22
NOVEMBRE	2,18	0,89	426,26	12790,93
DESEMBRE	1,77	0,89	345,01	10695,26

Taula 30. Generació diària i mensual.

Es preveu generar un total de 312520 kWh durant un any en l'àrea L47. No obstant, això és un càlcul teòric, segons la simulació la generació és de **308107 kWh**.

Ara que se sap quina és l'energia generada, cal fer una comparativa amb el consum per tenir un balanç energètic:

En el document confidencial es mostra una taula amb les dades de consum mensual, l'energia generada cada mes i el balanç energètic.

S'observa que el consum és més elevat durant els mesos de juliol a octubre coincidint amb quan fa més calor. A banda, durant els mesos d'estiu és quan les plaques reben més irradiació, de forma que es genera més energia. D'aquesta manera, una mica es compensa el consum amb la generació i fa que el balanç no presenti grans variacions al llarg de l'any. En cap mes s'arriba a cobrir la demanda, que és la més elevada de les cinc àrees, però en els mesos d'abril, maig i juny l'energia que es necessita de la xarxa és menor a la dels altres mesos.

Si es valoren situacions crítiques com pot ser la d'un dia completament assolellat, un dia núvol i un dia plujós, la generació pot ser de:

	Ir (kWh/m ²)	PR	Eg (kWh)
Assolellat	7	0,872	1342,88
Ennuvolat	2	0,872	383,68
Plujós	0,5	0,872	95,92

Taula 31. Generació diària en situacions crítiques.

Es pot veure la diferència entre dos extrems meteorològics. A efectes de producció, hi ha uns 1250 kWh de diferència, cosa que és molt. Tot i no fer-ho per una situació tan extrema, en la taula 64 ja s'ha fet el càlcul prenent diferents irradiacions, tot suposant que en els mesos d'hivern hi ha menys dies assolellats i a l'estiu la irradiació és més elevada.

Per la L73:

	L73			
	I (kWh/m ²)	PR	Eg diària (kWh)	Eg mensual (kWh)
GENER	2,06	0,85	177,97	5517,12
FEBRER	3	0,86	261,63	7325,64
MARÇ	4,37	0,85	377,54	11703,8
ABRIL	5,42	0,84	466,04	13981,32
MAIG	6,44	0,82	541,27	16779,34
JUNY	7,12	0,81	587,53	17625,84
JULIOL	7,09	0,8	578,54	17934,86
AGOST	6,14	0,8	504,16	15628,82
SETEMBRE	4,65	0,82	390,82	11724,7
OCTUBRE	3,26	0,83	276,66	8576,36
NOVEMBRE	2,18	0,84	187	5610,14
DESEMBRE	1,77	0,84	151,29	4690,07

Taula 32. Generació diària i mensual.

Es preveu generar un total de 137098 kWh durant un any en l'àrea L73. No obstant, això és un càlcul teòric, segons la simulació la generació és de **134310 kWh**.

Ara que se sap quina és l'energia generada, cal fer una comparativa amb el consum per tenir un balanç energètic:

En el document confidencial es mostra una taula amb les dades de consum mensual, l'energia generada cada mes i el balanç energètic.

De la mateixa manera que en les altres àrees, s'observa que el consum és més elevat durant els mesos de juliol a octubre coincidint amb quan fa més calor. A banda, durant els mesos d'estiu és quan les plaques reben més irradiació, de forma que es genera més energia. D'aquesta manera, una mica es compensa el consum amb la generació i fa que el balanç no presenti grans variacions al llarg de l'any. En cap mes s'arriba a cobrir la demanda, però en els mesos d'abril, maig i juny l'energia que es necessita de la xarxa és menor a la dels altres mesos.

Si es valoren situacions crítiques com pot ser la d'un dia completament assolellat, un dia núvol i un dia plujós, la generació pot ser de:

	Ir (kWh/m ²)	PR	Eg (kWh)
Assolellat	7	0,825	589,05
Ennuvolat	2	0,825	168,3
Plujós	0,5	0,825	42,08

Taula 33. Generació diària en situacions crítiques.

Es pot veure la diferència entre dos extrems meteorològics. A efectes de producció, hi ha uns 550 kWh de diferència, cosa que és molt. Tot i no fer-ho per una situació tan extrema, en la taula 67 ja s'ha fet el càlcul prenent diferents irradiacions, tot suposant que en els mesos d'hivern hi ha menys dies assolellats i a l'estiu la irradiació és més elevada.

Si es fa un resum de l'energia que es preveu aprofitar pel consum de cada àrea i la demanda d'aquestes en un any:

En la memòria confidencial es mostra una taula resumint en cada àrea quin és el consum anual i l'energia aprofitada de la instal·lació.

Es pot observar que el consum durant un any és molt alt. No obstant, amb les plaques es pot cobrir un consum que suposa un 22,33% del total.

Depenent de l'àrea, aquest percentatge varia. En la part d'auxiliars es cobreix un 20,22%, en la línia 46 suposa un 21,26%, per la L83 equival a 32,71%, per L47 significa el 20,88% i per la L73, el 22,55%. Aquest resultat es deu a que cada instal·lació està dissenyada d'una manera diferent, el nombre de cadenes varia, la quantitat de plaques no és la mateixa ni tampoc el nombre d'entrades de l'inversor ocupades. El fet que en la L83 s'aprofiti més energia en relació al consum pot ser perquè totes les cadenes són de 16 mòduls i hi ha més MPPTs amb les dues entrades ocupades en comparació amb les altres àrees.

3.5.3. Balanç econòmic

En l'apartat anterior s'ha analitzat quina és l'energia que es genera en cada una de les cinc instal·lacions i que s'aprofita pel consum de cada àrea. S'ha fet teòricament i després s'ha comparat amb els resultats de la simulació i s'ha fet un balanç per saber quina energia cal extreure de la xarxa. A més s'han considerat diferents situacions meteorològiques per veure com afecten diferents nivells d'irradiació en la producció diària.

A tot això cal afegir l'energia que es produeix amb els panells, però que directament s'injecta a la xarxa i en ven com excedent. Això es dona en els moments en què la potència de l'àrea és inferior a la que dona la instal·lació fotovoltaica. Ara que es vol veure econòmicament quins són els resultats, interessa tenir-ho en compte, ja que l'empresa distribuïdora paga a una quantitat per kWh.

En primer lloc es mostra per cada una de les àrees quina energia s'injecta a la xarxa i quan.

En l'àrea d'auxiliars:

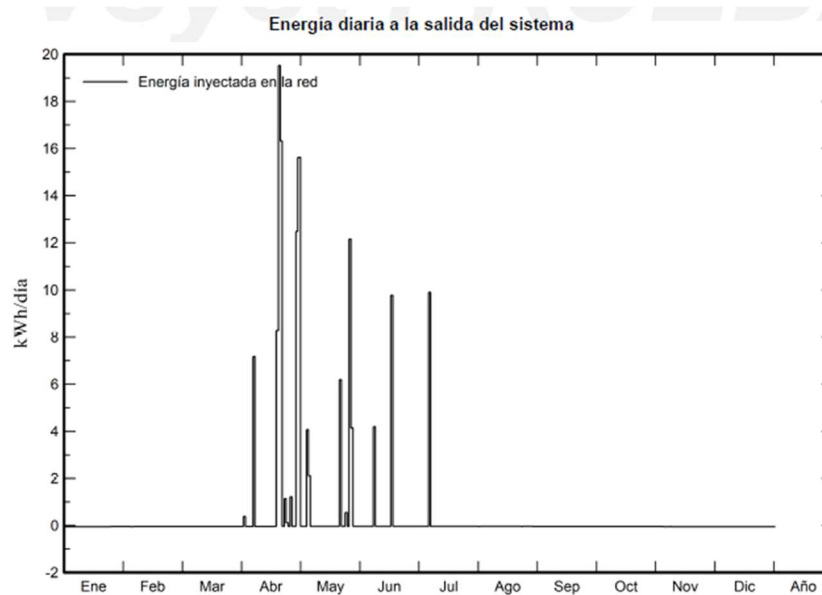


Figura 32. Energia injectada diària AUX al llarg de l'any.

En aquesta figura es pot observar que l'energia excedent s'injecta a la xarxa en els mesos entre abril i juny, que són els que tenen un millor balanç com s'ha comentat anteriorment. En aquests mesos es dona l'equilibri entre una bona irradiació i un consum no tan elevat com a l'estiu, cosa que fa que en determinats moments hi hagi excedents d'energia.

En la següent taula es mostra com es distribueix aquest excedent en funció de l'hora del dia en els diferents mesos.

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H
Enero	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Febrero	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Marzo	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Abril	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	39.2
Mayo	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	1.9	14.2
Junio	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
Julio	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9
Agosto	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Septiembre	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Octubre	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Noviembre	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diciembre	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Año	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-0.9	-0.6	-0.2	0.0	0.6	11.3	71.2

	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Febrero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Marzo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Abril	31.8	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Mayo	10.5	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Junio	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Septiembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Octubre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Diciembre	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Año	48.5	4.3	0.0	0.0	-0.3	-0.7	-1.0	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5

Taula 34. Energia injectada per hores AUX al llarg de l'any.

Es pot veure que els moments del dia en què hi ha excedent són entre les 10h i les 14h, que coincideix amb quan hi ha més irradiació incident. Entre aquestes hores, també s'observa que és a les 12h quan hi ha més excedents, ja que a l'abril, al maig, al juny i al juliol a aquesta hora es donen. A les altes hores, el mes de maig és quan s'injecta una mica en cada una.

	AUX		
	ENERGIA MENSUAL APROFITADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL INJECTADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL GENERADA (kWh)
GENER	7008	-	7008
FEBRER	9351	-	9351
MARÇ	14908	-	14908
ABRIL	17641	81,28	17722,28
MAIG	21314	28,18	21342,18
JUNY	22401	12,84	22413,84
JULIOL	22826	8,7	22834,7
AGOST	19820	-	19820
SETEMBRE	14911	-	14911
OCTUBRE	10914	-	10914
NOVEMBRE	7171	-	7171
DESEMBRE	5978	-	5978
TOTAL	174243	117,84	174360,84

Taula 35. Balanç energètic mensual previst a AUX.

En aquesta taula es plasmen els aspectes comentats amb les dades anteriors.

Ara cal saber el cost que suposa l'energia consumida de la xarxa sense la instal·lació fotovoltaica, quin estalvi dona la producció solar i el benefici de la venda dels excedents. Per fer-ho, es consulta la web d'OMIE per tenir una mitjana mensual del preu de l'energia en els darrers mesos. [14] Pels excedents, com ja s'ha comentat en la planificació, s'ha d'acordar amb l'empresa comercialitzadora si es fixa un preu constant o un preu segons el mercat majorista. Ara per fer l'estudi es consulta el preu de l'energia excedentària de l'autoconsum (PVPC) [15]:

En la memòria confidencial es mostra una taula on apareix el cost que suposa mensualment consumir energia de la xarxa, l'estalvi amb la fotovoltaica, l'import de la venda dels excedents i el cost final que suposaria cada mes.

Si s'afegeix la instal·lació fotovoltaica amb excedents, el cost que suposa el consum d'aquesta àrea a dia d'avui es redueix un **19,25%**.

En l'àrea corresponent a la L46:

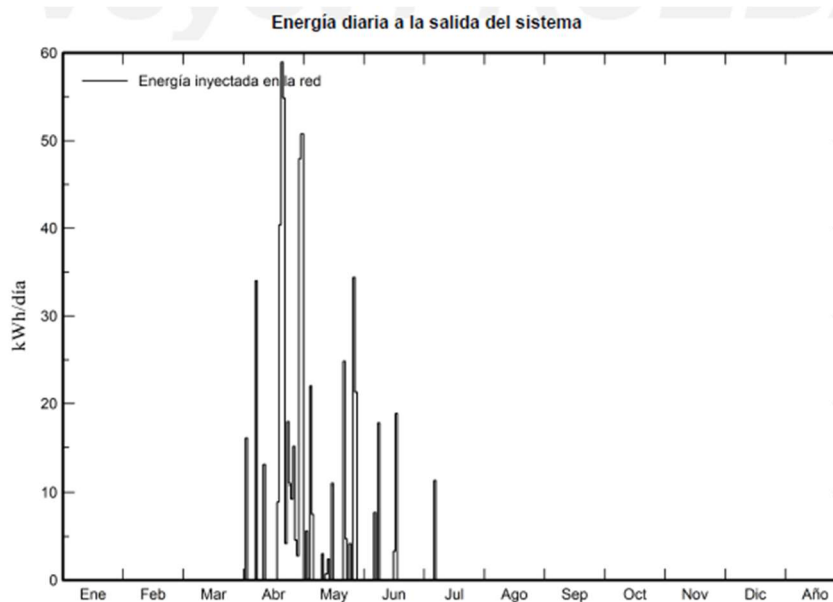


Figura 33. Energia injectada diària L46 al llarg de l'any.

Igual que abans, la injecció a la xarxa tindrà lloc generalment entre abril i juny.

En la següent taula es mostra com es distribueix aquest excedent en funció de la hora del dia en els diferents mesos.

Sumas mensuales por hora para E_Grid [kWh]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	162
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	20	58
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	23
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	86	254

	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	132	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	45	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año	197	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 36. Energia injectada per hores L46 al llarg de l'any.

Es pot veure que els moments del dia on hi ha excedent són entre les 10h i les 14h.. Entre aquestes hores, també s'observa que és a les 12h quan hi ha més excedents, ja que a l'abril, al maig, al juny i al juliol a aquesta hora es donen. A les altes hores, el mes de maig és quan s'injecta una mica en cada una.

	L46		
	ENERGIA MENSUAL APROFITADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL INJECTADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL GENERADA (kWh)
GENER	11246	-	11246
FEBRER	15021	-	15021
MARÇ	23983	-	23983
ABRIL	28131	389,6	28520,6
MAIG	34132	141,6	34273,6
JUNY	35919	47,7	35966,7
JULIOL	36635	11,2	36646,2
AGOST	31895	-	31895
SETEMBRE	24008	-	24008
OCTUBRE	17563	-	17563
NOVEMBRE	11520	-	11520
DESEMBRE	9594	-	9594
TOTAL	279648	590,1	280237,1

Taula 37. Balanç energètic mensual previst a L46.

En aquesta taula es plasmen els aspectes comentats amb les dades anteriors.

Igual que abans, es fa l'estudi econòmic:

En la memòria confidencial es mostra una taula on apareix el cost que suposa mensualment consumir energia de la xarxa, l'estalvi amb la fotovoltaica, l'import de la venda dels excedents i el cost final que suposaria cada mes.

Si s'afegeix la instal·lació fotovoltaica amb excedents, el cost que suposa el consum d'aquesta àrea a dia d'avui es redueix un **20,37 %**.

Per la línia 83:

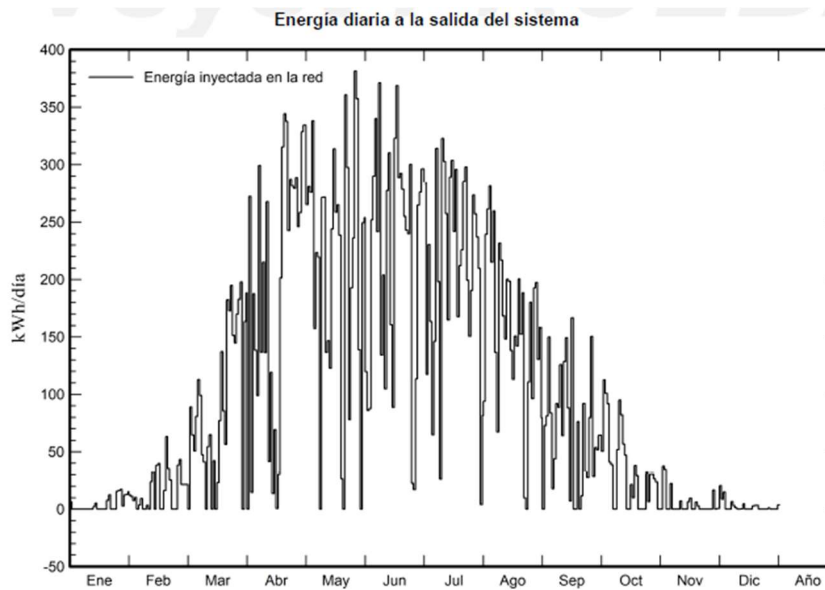


Figura 34. Energia injectada diària L83 al llarg de l'any.

A diferència de les anteriors àrees, la injecció a la xarxa està molt repartida al llarg de l'any, però més centrada entre abril i juny. Cal dir que és una simulació i faltaria veure si en realitat és així.

En la següent taula es mostra com es distribueix aquest excedent en funció de l'hora del dia en els diferents mesos.

Sumas mensuales por hora para E_Grid [kWh]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	55
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	165
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204	501	680
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	1	364	764	924	1071
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	58	522	956	965	1074
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	49	529	963	977	1103
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	9	368	823	1073	1188
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	518	852	993
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	186	435	541
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	243	320
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	59
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	45
Año	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	116	1885	4478	6059	7296

	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	60	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	160	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	721	533	236	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	1053	874	551	185	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	1064	958	701	297	7	0	0	0	0	0	0
Junio	1101	947	676	299	4	0	0	0	0	0	0
Julio	1116	968	685	285	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	1037	842	522	92	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	480	316	70	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	286	102	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	58	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año	7160	5600	3442	1159	11	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Taula 38. Energia injectada per hores L83 al llarg de l'any.

Es pot veure que els moments del dia en què hi ha excedent són entre les 8h i les 17h.. Entre aquestes hores, també s'observa que és a les 12h quan hi ha més excedents. A les altres hores, els mesos de maig i juny és quan s'injecta una mica en cada una.

	L83		
	ENERGIA MENSUAL APROFITADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL INJECTADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL GENERADA (kWh)
GENER	8047	125	8172
FEBRER	10468	433	10901
MARÇ	14490	2873	17363
ABRIL	14849	5785	20634
MAIG	18232	6601	24833
JUNY	19421	6645	26066
JULIOL	20031	6513	26544
AGOST	18091	4957	23048
SETEMBRE	15327	2027	17354
OCTUBRE	11702	1014	12716
NOVEMBRE	8222	142	8364
DESEMBRE	6900	72	6972
TOTAL	165780	37187	202967

Taula 39. Balanç energètic mensual previst a L83.

En aquesta taula es plasmen els aspectes comentats amb les dades anteriors.

Igual que abans, es fa l'estudi econòmic:

En la memòria confidencial es mostra una taula on apareix el cost que suposa mensualment consumir energia de la xarxa, l'estalvi amb la fotovoltaica, l'import de la venda dels excedents i el cost final que suposaria cada mes.

Si s'afegeix la instal·lació fotovoltaica amb excedents, el cost que suposa el consum d'aquesta àrea a dia d'avui es redueix un **38,11 %**.

A l'àrea L47:

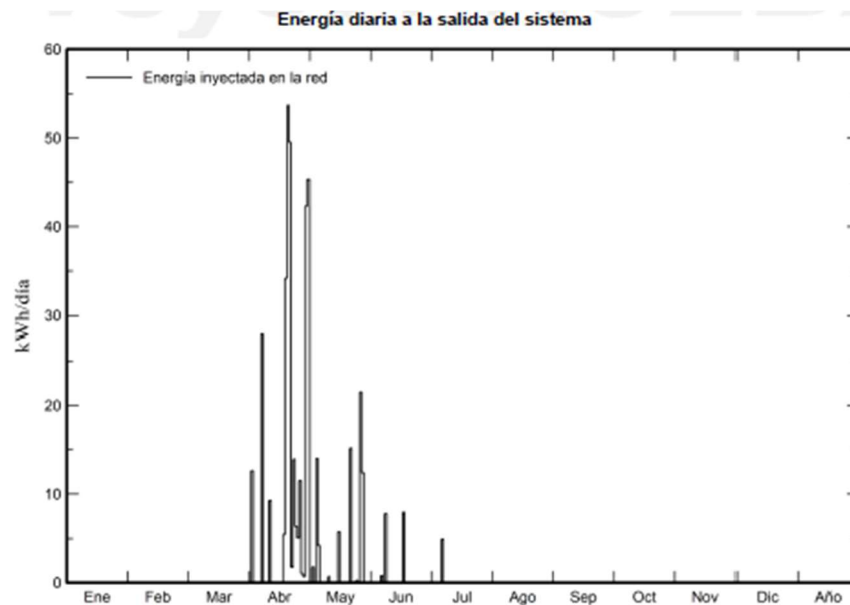


Figura 35. Energia injectada diària L47 al llarg de l'any.

Com de costum, la injecció a la xarxa està centrada entre abril i juny.

En la següent taula es mostra com es distribueix aquest excedent en funció de l'hora del dia en els diferents mesos.

Sumas mensuales por hora para E_Grid [kWh]													
	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	142
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	36
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	193

	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	110	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año	144	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 40. Energia injectada per hores L47 al llarg de l'any.

Es pot veure que els moments del dia on hi ha excedent són entre les 11h i les 14h.. Entre aquestes hores, també s'observa que és a les 12h quan hi ha més excedents. A les altres hores, els mesos d'abril i maig és quan s'injecta una mica en cada una.

	L47		
	ENERGIA MENSUAL APROFITADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL INJECTADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL GENERADA (kWh)
GENER	12393	-	12393
FEBRER	16549	-	16549
MARÇ	26412	-	26412
ABRIL	31095	320,5	31415,5
MAIG	37648	75,7	37723,7
JUNY	39559	16,5	39575,5
JULIOL	40319	4,9	40323,9
AGOST	35108	-	35108
SETEMBRE	26438	-	26438
OCTUBRE	19342	-	19342
NOVEMBRE	12685	-	12685
DESEMBRE	10560	-	10560
TOTAL	308107	417,6	308525,6

Taula 41. Balanç energètic mensual previst a L47.

En aquesta taula es plasmen els aspectes comentats amb les dades anteriors.

Igual que abans, es fa l'estudi econòmic:

En la memòria confidencial es mostra una taula on apareix el cost que suposa mensualment consumir energia de la xarxa, l'estalvi amb la fotovoltaica, l'import de la venda dels excedents i el cost final que suposaria cada mes.

Si s'afegeix la instal·lació fotovoltaica amb excedents, el cost que suposa el consum d'aquesta àrea a dia d'avui es redueix un **19,96 %**.

Finalment, en L73:

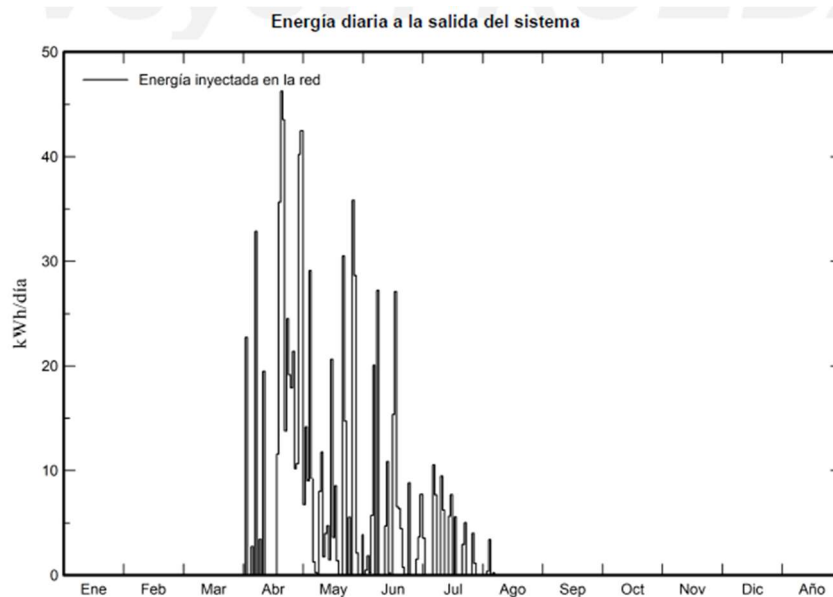


Figura 36. Energia injectada diària L47 al llarg de l'any.

Com de costum, la injecció a la xarxa està centrada entre abril i juny.

En la següent taula es mostra com es distribueix aquest excedent en funció de la hora del dia en els diferents mesos.

Sumas mensuales por hora para E_Grid [kWh]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	75	143
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	37	85
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16	59
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	37
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	131	327

	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	126	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	77	37	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	58	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año	293	123	3	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 42. Energia injectada per hores L47 al llarg de l'any.

Es pot veure que els moments del dia en què hi ha excedent són entre les 10h i les 15h.. Entre aquestes hores, també s'observa que és a les 12h quan hi ha més excedents. A les altres hores, el mes de maig és quan s'injecta una mica en cada una.

L73			
	ENERGIA MENSUAL APROFITADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL INJECTADA (kWh)	ENERGIA MENSUAL GENERADA (kWh)
GENER	5422	-	5422
FEBRER	7243	-	7243
MARÇ	11571	-	11571
ABRIL	13333	418,5	13751,5
MAIG	16275	256,8	16531,8
JUNY	17197	153,5	17350,5
JULIOL	17610	69,3	17679,3
AGOST	15397	4	15401
SETEMBRE	11583	-	11583
OCTUBRE	8476	-	8476
NOVEMBRE	5564	-	5564
DESEMBRE	4639	-	4639
TOTAL	134310	902,1	135212,1

Taula 43. Balanç energètic mensual previst a L47.

En aquesta taula es plasmen els aspectes comentats amb les dades anteriors.

Igual que abans, es fa l'estudi econòmic:

En la memòria confidencial es mostra una taula on apareix el cost que suposa mensualment consumir energia de la xarxa, l'estalvi amb la fotovoltaica, l'import de la venda dels excedents i el cost final que suposaria cada mes.

Si s'afegeix la instal·lació fotovoltaica amb excedents, el cost que suposa el consum d'aquesta àrea a dia d'avui es redueix un **21,69 %**.

Resumint els principals paràmetres:

En el document confidencial es mostra una taula amb el consum energètic anual de cada àrea, l'energia generada i injectada, l'excedent, el cost de la xarxa, l'estalvi i la reducció que suposa en la factura final.

Es pot veure que de normal la generació és proporcional al consum, excepte en la L83 i L73. Els excedents, en canvi, ja no segueixen cap patró, ja que depenen de la potència que es té en aquell instant. No obstant, cal destacar la 83 perquè té molt més excedent que la resta. Això fa que l'estalvi també es vegi afectat i no sigui proporcional al consum, de manera que la reducció en la factura de la llum ronda el 20 %, però en la 83 s'alça fins al 38 %.

De forma global, el fet d'instal·lar tots aquests mòduls i tenint en compte els excedents, això equival a un estalvi que redueix la factura un 22 %.

En la memòria confidencial es mostra un gràfic del cost mensual que suposa consumir tota l'energia de la xarxa i el cost amb la instal·lació fotovoltaica.

Tot i semblar que és força, encara no es pot determinar si és viable. A l'apartat de *Payback*, una vegada fet el pressupost, es veurà el temps d'amortització.

Annexos

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Sr. David Carpintero Pleguezuelos

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

1. Distribució de la nau (CONFIDENCIAL)

En la memòria confidencial s'explica quins són els centres de transformació vinculats a la nau. A més, es comenta les línies de producció que hi ha i que es fabrica en cadascuna.

Finalment, es resumeix breument l'àrea de consum que no és una línia, és a dir, que està connectat i forma part del sistema auxiliar.

2. Documentació de partida (CONFIDENCIAL)

Com s'ha comentat, la informació de partida consta de plànols de la nau i dades de consum energètic.

Amb el programa que on es pot visualitzar la informació referent als analitzadors de xarxa, es pot veure el detall de cada una de les àrees de les diferents naus. En el nostre cas, interessa les de la nau de CV2. A mode d'exemple, per l'àrea d'AUX CV2 es pot veure en primer pla aquesta informació:

En el document confidencial es mostra una imatge amb els paràmetres de l'analitzador de xarxa referent a l'àrea auxiliar.

D'entre totes les dades de tensió, corrent, desfasament, harmònics, potència i energia interessen les dues últimes. A la part dreta, es pot visualitzar la potència activa, reactiva i aparent en cada una de les fases i el sumatori total.

Més avall, hi ha una pestanya on es poden veure les dades en forma de llistat. Hi ha un llistat de les dades principals i una altra més extensa on es mostren les potències mínimes i màximes, diferents tarifes de consums...

Aquí hi hauria una taula amb la potència activa màxima en cada fase i la total per l'àrea comentada.

També es mostra en la memòria confidencial el consum per minut, quart d'hora i diari.

Per les altres àrees el format és el mateix. El que pot resultar interessant és veure les dades de potència màxima i les tarifes per tenir una idea de les diferències.

Cal dir que aquestes imatges s'han pres a inicis de juny, de forma que les dades de les tarifes van variant amb els mesos, no es poden suposar constants.

Aleshores es van mostrant les taules de potència activa màxima i consum en aquests tres intervals de temps per les línies de producció.

Resumint aquestes dades s'extreuen unes conclusions en funció de la producció de cada línia.

Per tenir una altra referència, es mostren les dades del més de febrer i així es pot comparar.

Es mostraria una taula de com evoluciona el consum auxiliar llarg del mes de gener en un dia concret.

Llavors es repeteix pel cas d'una de les línies.

Amb aquestes dades extretes del programa s'ha pogut analitzar la potència de cada àrea, el consum mensual i diari i com evoluciona. Però el que resulta interessant per fer la repartició de potències és la factura de la llum i l'evolució anual.

Per fer-ho, es compara el consum de la fàbrica amb el de la nau i s'observa que, en general, el consum de la nau és tan sols el 3 % del que suposa tota la fàbrica. Sent els mesos d'estiu els que tenen un consum superior. Llavors es gràfica el consum de la nau al llarg de l'any.

Seguidament, es mostra en una taula les dades del consum mensual de cada àrea i es gràfica per tal que sigui més visual.

3. Estudis amb entitat pròpia

3.1. Estudi de seguretat i salut

3.1.1. Justificació

El Reial Decret 1627/1997 de 24 d'octubre, pel qual s'estableixen disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció, estableix en l'apartat 2 de l'Article 4 que en els projectes d'obra no inclosos en els supòsits previstos en l'apartat 1 del mateix Article, el promotor estarà obligat al fet que en la fase de redacció del projecte s'elabori un Estudi Bàsic de Seguretat i Salut.

Article 4. Obligatorietat de l'estudi de seguretat i salut o de l'estudi bàsic de seguretat i salut.

El promotor estarà obligat a que en la fase de redacció del projecte s'elabori un estudi de seguretat i salut en els projectes d'obres en què es doni algun dels supòsits següents:

- a) Que el pressupost d'execució per contracta inclòs en el projecte sigui igual o superior a 450.759,08 €.
- b) Que la durada estimada sigui superior a 30 dies laborables, emprant-se en algun moment a més de 20 treballadors simultàniament.
- c) Que el volum de mà d'obra estimada, entenent per tal la suma dels dies de treball del total dels treballadors en l'obra, sigui superior a 500.
- d) Les obres de túnels, galeries, conduccions subterrànies i preses.

Com es dona el supòsit que el pressupost d'execució per contracta és superior a l'import comentat, cal elaborar un Estudi de Seguretat i Salut.

3.1.2. Objecte

El present Estudi de Seguretat i Salut Laboral té com a objecte establir les directrius generals encaminades a disminuir en la mesura del possible, els riscos d'accidents laborals i malalties professionals, així com a la minimització de les conseqüències dels accidents que es produeixin, mitjançant la planificació de la medicina assistencial i de primers auxilis, durant l'execució dels treballs de la instal·lació fotovoltaica.

Aquest Estudi s'ha elaborat en compliment del Reial decret 1.627/1997 de 24 d'Octubre, que estableix els criteris de planificació control i desenvolupament dels mitjans i mesures de Seguretat i Salut que han de tenir-se presents en l'execució dels Projectes de Construcció. El Contractista encarregat de l'execució del present Projecte serà el responsable directe que es compleixin totes les mesures preventives, col·lectives i personals, en matèria de Seguretat i Salut, així com de proveir a cada treballador del seu corresponent Equip de Protecció Individual. Així mateix, el Contractista haurà de prevenir qualsevol risc que pogués no haver-se previst en el present Estudi de Seguretat i Salut.

3.1.3. Abast

Les mesures contemplades en aquest Estudi aconseguirien a tots els treballs que es realitzaran en el citat Projecte, i aplica l'obligació del seu compliment a totes les persones de les diferents organitzacions que intervinguin en l'execució d'aquests.

3.1.4. Dades generals

TIPUS DE TREBALL

El treball que s'ha de realitzar per Contractistes de diferents especialitats en l'execució del Projecte de la Planta Fotovoltaica, consisteix bàsicament en el desenvolupament de les següents fases principals de construcció:

- Obra Civil.
- Muntatge d'equip principal (mòduls fotovoltaics i estructura).
- Muntatge d'inversors.
- Muntatge d'aparells
- Muntatge de xarxes de baixa tensió.
- Muntatge de cablejat i connexió.
- Proves i posada en marxa dels diferents Equips i Sistemes.

ACTIVITATS GENERALS

Les activitats principals que s'executaran en el desenvolupament dels treballs detallats, són bàsicament les següents:

- Manipulació de materials.
- Transport de materials i equips dins de l'obra.
- Muntatge d'estructures i tancaments.
- Maniobres d'hissat, situació en obra i muntatge d'equips i materials.
- Estesa i connexió de cables.
- Muntatge d'Instal·lacions.

Més endavant s'analitzen els riscos previsibles inherents a aquests, i es descriuen les mesures de protecció previstes en cada cas.

SITUACIÓ I METEOROLOGIA

La instal·lació definida es troba en el terme municipal de Puigpelat a la província de Tarragona.

El clima és de tipus mediterrani. La temperatura mitjana és de 15°C i la precipitació supera lleugerament els 500 mm. Els hiverns són suaus i els estius calorosos.

OFICIS

La mà d'obra directa prevista la compondran els treballadors dels següents oficis:

- Caps d'Equip, Comandaments de Brigada.
- Encofradores.
- Estructurista i Ferrallistes.
- Muntadors d'estructures metàl·liques.
- Muntadors d'equips mecànics.
- Muntadors d'equips i instal·lacions elèctriques.
- Soldadors.
- Cablejadores i connectadors.
- Gruistes i maquinistes.
- Ajudants.
- La mà d'obra indirecta estarà composta per:

- Caps d'Obra.
- Tècnics d'execució/Control de Qualitat/Seguretat.
- Encarregats.
- Administratius.

MAQUINÀRIA I MITJANS AUXILIARS

La maquinària i els mitjans auxiliars més significatius que es preveu utilitzar per a l'execució dels treballs objecte del present Estudi, són els que es relacionen a continuació:

- Equip de soldadura elèctrica.
- Equip de soldadura oxiacetilènica-oxitall.
- Màquina elèctrica de roscar.
- Camió de transport.
- Grua mòbil.
- Camió grua.
- Cabrestant d'hissat.
- Pistoles de fixació.
- Perforadores de mà.
- Talla tubs.
- Corbadores de tubs.
- Radials i esmeriladores.
- Corrioles, aparells, eslinga, grillons, etc.
- Joc aixeca bobines, corrons, etc.
- Màquina anivelladora.
- Compressor.
- Martell trencador i picador, etc.

Entre els mitjans auxiliars cal esmentar els següents:

- Bastides sobre terreny.
- Bastides metàl·liques modulars.
- Escales de mà.

- Escales de tisora.
- Quadres elèctrics auxiliars.
- Instal·lacions elèctriques provisionals.
- Eines de mà.
- Bancs de treball.
- Equips de mesura.
- Comprovador de seqüència de fases.
- Mesurador d'aïllament.
- Mesurador de terres.
- Pinces amperimètriques.

Pel subministrament d'energia a les màquines i eines elèctriques pròpies dels treballs objecte del present Estudi, els contractistes instal·laran quadres de distribució amb presa de corrent en les instal·lacions de la propietat o alimentats mitjançant grups electrògens. Tant els riscos previsibles com les mesures preventives a aplicar per als treballs en instal·lacions, elements i màquines elèctriques són analitzats en els apartats següents.

ANÀLISI DE RISCOS

Analitzem a continuació els riscos previsibles inherents a les activitats d'execució previstes, així com les derivades de l'ús de maquinària, mitjans auxiliars i manipulació d'instal·lacions, màquines o eines elèctriques.

Amb la finalitat de no repetir innecessàriament la relació de riscos analitzarem primer els riscos generals, que poden donar-se en qualsevol de les activitats, i després seguirem amb l'anàlisi dels específics de cada activitat.

RISCOS GENERALS

Entenem com a riscos generals aquells que poden afectar a tots els treballadors, independentment de l'activitat concreta que realitzin. Es preveu que puguin donar-se els següents:

- Caigudes d'objectes o components sobre persones.
- Caigudes de persones a diferent nivell.
- Caigudes de persones al mateix nivell.
- Projeccions de partícules als ulls.
- Conjuntivitis per arc de soldadura o altres.
- Ferides en mans o peus per maneig de materials.
- Sobreesforços.
- Cops i cops per maneig d'eines.
- Cops contra objectes.
- Atrapaments entre objectes.
- Cremades per contactes tèrmics.
- Exposició a descàrregues elèctriques.
- Incendis i explosions.
- Atrapament per bolcada de màquines, vehicles o equips.
- Atropellaments o cops per vehicles en moviment.

- Lesions per manipulació de productes químics.
- Inhalació de productes tòxics.

RISCOS ESPECÍFICS

Ens referim aquí als riscos propis d'activitats concretes que afecten només el personal que fa treballs en aquestes. Aquest personal estarà exposat als riscos generals indicats en el punt anterior, més els específics de la seva activitat:

Treballs amb ferralla

Els riscos més comuns relatius a la manipulació i muntatge de ferralla són:

- Talls i ferides en el maneig de les barres o filferros.
- Atrapaments en les operacions de càrrega i descàrrega de paquets de barres o en la col·locació d'aquestes.
- Torçades de peus, ensopegades i caigudes al mateix nivell en caminar sobre les armadures.
- Trencaments eventuais de barres durant el doblegat.

Treballs d'encofrat i desencofrat

En aquesta activitat podem destacar els següents:

- Despreniment de taulers.
- Burxades amb objectes punxants.
- Caiguda de materials (taulers, taulons, puntals, etc.).
- Caiguda d'elements de l'encofrat durant les operacions de desencofrat.
- Talls i ferides en mans per maneig d'eines (serres, raspalls, etc.) i materials.

Manipulació de materials

Els riscos propis d'aquesta activitat estan inclosos en la descripció de riscos generals.

Transport de materials i equips dins de l'obra

En aquesta activitat, a més dels riscos enumerats en el punt 4.1, són previsibles els següents:

- Despreniment o caiguda de la càrrega, o part d'aquesta, per ser excessiva o estar mal subjecta.
- Cops contra parts sortints de la càrrega.
- Atropellaments de persones.
- Bolcades.

- Xocs contra altres vehicles o màquines.
- Cops o enganxaments de la càrrega amb objectes } instal·lacions o esteses de cables.

Prefabricació i muntanya d'estructures, tancaments i equips

Dels específics d'aquest apartat cal destacar:

- Caiguda de materials per la mala execució de la maniobra d'hissat i acoblament dels mateixos o fallada mecànica d'equips.
 - Caiguda de persones des d'altura per diverses causes.
 - Atrapament de mans o peus en el maneig dels materials o equips. Caiguda d'objectes eines soltes.
 - Explosions o incendis per l'ús de gasos o per projeccions incandescents.

Maniobres d'hissat, situació en obra i muntatge d'equips i materials

Com a riscos específics d'aquestes maniobres podem citar els següents:

- Caiguda de materials, equips o components dels mateixos per fallada dels mitjans d'elevació o error en la maniobra.
 - Caiguda de petits objectes o materials solts (cantoneres, eines, etc.) sobre persones.
 - Caiguda de persones des d'altura en operacions d'estrebada o desestovada de les peces.
 - Atrapaments de mans o peus.
 - Aixafament de persones per moviments incontrolats de la càrrega.
 - Cops d'equips, en el seu hissat i transport, contra altres instal·lacions (estructures, línies elèctriques, etc.), caiguda o bolcada dels mitjans d'elevació.

Muntatge d'instal·lacions. Sòls i Acabats

Els riscos inherents a aquestes activitats podem considerar-los inclosos dins dels generals, al no executar-se a grans altures ni presentar aspectes relativament perillosos.

MAQUINES I MITJANS AUXILIARS

Analitzem en aquest apartat els riscos que a més dels generals, poden presentar-se en l'ús de maquinària i els mitjans auxiliars. Diferenciem aquests riscos classificant-los en els següents grups:

Màquines fixes i eines elèctriques

Els riscos més significatius són:

- Les característiques de treballs en elements amb tensió elèctrica en els quals poden produir-se accidents per contactes, tant directes com indirectes.
 - Caigudes de personal a aquest, o diferent nivell per desordre de mànegues.

- Lesions per ús inadequat, o males condicions de màquines giratòries o de tall.
- Projeccions de partícules.

Mitjans d'Elevació

Considerem com a riscos específics d'aquests mitjans, els següents:

- Caiguda de la càrrega per deficient estrebada o maniobra.
- Trencament de cable, ganxo, estrobo, grilló o qualsevol altre mitjà auxiliar d'elevació.
- Cops o aixafaments per moviments incontrolats de la càrrega.
- Excés de càrrega amb el consegüent trencament, o bolcada, del mitjà corresponent.
- Fallada d'elements mecànics o elèctrics.
- Caiguda de persones a diferent nivell durant les operacions de moviment de càrregues.

Bastides, Plataformes i Escales

Són previsible els següents riscos:

- Caigudes de persones a diferent nivell.
- Carda de la bastida per bolcada.
- Bolcades o lliscaments d'escales.
- Caiguda de materials o eines des de la bastida.
- Els derivats de patiment de malalties, no detectades (epilèpsia, vertigen, etc.).

Equips de soldadura elèctrica i oxiacetilènica

Els riscos previsible propis de l'ús d'aquests equips són els següents:

- Incendis.
- Cremades.
- Els derivats de la inhalació de vapors metàl·lics
- Explosió d'ampolles de gasos.
- Projeccions incandescent, o de cossos estranys.
- Contacte amb l'energia elèctrica.

3.1.5. Mesures preventives

Per a disminuir en la mesura del possible els riscos previstos en l'apartat anterior, ha d'actuar-se sobre els factors que, per separat o en conjunt, determinen les causes que produeixen els accidents. Ens estem referint al factor humà i al factor tècnic.

L'actuació sobre el factor humà, basada fonamentalment en la formació, mentalització i informació de tot el personal que participi en els treballs del present Projecte, així com en aspectes ergonòmics i condicions ambientals, serà analitzada amb major deteniment en altres punts de l'Estudi. Pel que respecta a l'actuació sobre el factor tècnic, s'actuarà bàsicament en els següents aspectes:

- Proteccions col·lectives.
- Proteccions personals.
- Controls i revisions tècniques de seguretat.

Sobre la base dels riscos previsibles enunciats en el punt anterior, analitzem a continuació les mesures previstes en cadascun d'aquests camps.

PROTECCIONS COL·LECTIVES

Sempre que sigui possible es donarà prioritat a l'ús de proteccions col·lectives, ja que la seva efectivitat és molt superior a la que donen les proteccions personals. Sense excloure l'ús d'aquestes últimes, les proteccions col·lectives previstes, en funció dels riscos enunciats, són els següents:

Riscos generals

Ens referim aquí a les mesures de seguretat a adoptar per a la protecció de riscos que considerem comuns a totes les activitats, són les següents:

- Senyalitzacions d'accés a obra i ús d'elements de protecció personal.
- Acotació i senyalització de zona on existeixi risc de caiguda d'objectes des d'altura.
- Es muntaran baranes resistents en els buits pel que pogués produir-se caiguda de persones.
 - En cada tall de treball, es disposarà de, almenys, un extintor portàtil de pols polivalent.
 - Si algun lloc de treball generés risc de projeccions (de partícules, o per arc de soldadura) a tercers es col·locaran mampares opaques de material ignífug.
 - Si es fessin treballs amb projeccions incandescents en proximitat de materials combustibles, es retiraran aquests o es protegiran amb lona ignífuga.
 - Es mantindran ordenats els materials, cables i mànegues per a evitar el risc de cops o caigudes al mateix nivell per aquesta causa.
 - Les restes de materials generats pel treball es retiraran periòdicament per a mantenir netes les zones de treball.
 - Els productes tòxics i perillosos es manipularan segons el que s'estableix en les condicions d'ús específiques de cada producte.
 - Respectar la senyalització i limitacions de velocitat fixades per a circulació de vehicles i maquinària a l'interior de l'obra. Aplicar les mesures preventives contra riscos elèctrics que desenvoluparem més endavant.
 - Tots els vehicles portaran els indicadors òptics i acústics que exigeixi la legislació vigent.

Riscos específics

Les proteccions col·lectives previstes per a la prevenció d'aquests riscos són les següents:

- 1) En treballs en altura

És evident que el treball en altura es presenta dins de moltes de les activitats que es realitzen en l'execució d'aquest Projecte i, com a tal, les mesures preventives relatives als mateixos seran tractades conjuntament amb la resta de les quals afecten a cadascú.

No obstant això, donada l'elevada gravetat de les conseqüències que, generalment, es deriven de les caigudes d'altura, es considera oportú i convenient remarcar, en aquest apartat concret, les mesures de prevencions bàsiques i fonamentals que han d'aplicar-se per a eliminar, en la mesura que sigui possible, els riscos inherents als treballs en altura.

Destacarem, entre altres, les següents mesures:

-Per a evitar la caiguda d'objectes:

- Coordinar els treballs de manera que no es facin treballs superposats.
- Davant la necessitat de treballs en la mateixa vertical, posar les oportunes proteccions (xarxes, marquesines, etc.).
- Delimitar i senyalitzar les zones amb el risc de caiguda d'objectes.
- Senyalitzar i controlar la zona on es realitzin maniobres amb càrregues suspeses, fins que aquestes es trobin totalment secundades.
- Emprar cordes per al guiat de càrregues suspeses, que seran manejades des de fora de la zona d'influència de la càrrega, i accedir a aquesta zona sola quan la càrrega estigui pràcticament arriada.

-Per a evitar la caiguda de persones:

- Es muntaran baranes resistents en tot el perímetre o vores de plataformes, forjats, etc. pels quals poguessin produir-se caiguda
- Es protegiran amb baranes o tapes de suficient resistència els buits existents en forjats, així com en paraments verticals si aquests són accessibles o estan a menys de 1,5 m. del sòl.
- Les baranes que es llevin o buits que es destapin per a introducció d'equips, etc., es mantindran perfectament controlats i senyalitzats durant la maniobra, reposant-se les corresponents proteccions res més finalitzar aquestes.
- Les bastides que s'utilitzin (modulars o tubulars) compliran els requeriments i condicions mínimes definides en l'O.G.S.H.T., destacant entre altres:

Superfícies de suport horitzontal i resistent.

- Si son mòbils, les rodes estaran bloquejades i no es traslladaran amb persones sobre aquestes.

- A partir de 2 m. d'altura es protegirà tot el seu perímetre amb roda peus i baranes col·locades a 45 i 90 cm. del pis, el qual tindrà, com a mínim, una amplària de 60 cm.

-No sobrecarregar les plataformes de treball i mantenir-les netes i lliures d'obstacles. -En altura (més de 2 m.) és obligatori utilitzar cinturó de seguretat, sempre que no existeixin proteccions (baranes) que impedeixin la caiguda, el qual estarà ancorat a elements, fixos, mòbils, definitius o provisionals, de suficient resistència.

-S'instal·laran entenimentades o cables fiadors per a subjecció dels cinturons de seguretat en aquells casos en què no sigui possible muntar baranes de protecció, o bé sigui necessari el desplaçament dels operaris sobre estructures o cobertes. En aquest cas s'utilitzaran cinturons de caiguda, amb arnès proveïts d'absorció d'energia

- Les escales de mà compliran, com a mínim, les següents condicions:

- No tindran trencats ni estrellats travessers o esglaons.
- Disposaran de sabates antilliscants.
- La superfície de suport inferior i superior seran planes i resistents.
- Fixació o amarrament pel seu cap en casos especials i usar el cinturó de seguretat ancorat a un element aliè a aquesta.
 - Col·locar-la amb la inclinació adequada.
 - Amb les escales de tisora, posar-li topall o cadena perquè no s'obrin, no usar-les plegades i no posar-se a cavall en elles.

2) En treballs amb ferralla

- Els paquets de rodons s'apilaran en posició horitzontal, separant les capes amb dorments de fusta i evitant altures de piles superiors a 1,50 m.
 - No es permetrà grimpar per les armadures.
 - Es col·locaran taulers per a circular per les armadures de ferralla.
 - No s'empraran elements o mitjans auxiliars (escales, ganxos, etc.) fets amb trossos de ferralla soldada.
 - Diàriament es netejarà la zona de treball, recollint i retirant les retallades i filferros sobrants de l'armat.

3) En treballs d'encofrat i desencofrat

- L'ascens i descens als encofrats es farà amb escales de mà reglamentàries.
- No romandran operaris en la zona d'influència de les càrregues durant les operacions d'hissat i trasllat de taulers, puntals, etc.
 - Es trauran o reblaran tots els claus o puntes existents en la fusta usada.
 - El desencofrat es realitzarà sempre des del costat en què no puguin desprendre's els taulers i arrossegar a l'operari.
 - Es delimitarà, mitjançant cinta de senyalització, la zona en la qual puguin caure elements procedents de les operacions d'encofrat o desencofrat.

4) En treballs de formigó

-Abocats mitjançant canaló:

- Instal·lar topalls de final de recorregut dels camions formigonera per a evitar bolcades.
- No situar-se cap operari darrere dels camions formigonera en les maniobres de reculada.

-Abocament mitjançant galleda amb grua:

- Senyalitzar amb pintura el nivell màxim d'ompliment del cub per a no sobrepassar la càrrega admissible de la grua.
 - No romandre cap operari sota la zona d'influència de la galleda durant les operacions d'hissat i transport d'aquest amb la grua.
 - L'obertura de la galleda per a abocament es farà exclusivament accionant la palanca prevista per a això. Per a realitzar tal operació s'usaran, obligatòriament, guants, ulleres i, quan existeixi risc de caiguda, cinturó de seguretat.

- El guiat de la galleda fins a la seva posició d'abocament es farà sempre a través d'entenimentades guia.

-Per a la manipulació de materials:

- Informar els treballadors sobre els riscos més característics d'aquesta activitat, accidents més habituals i manera de prevenir-los fent especialment recalcament sobre els següents aspectes:

-Maneig manual de materials.

-Apilament de materials, segons les seves característiques.

-Maneig/apilament de materials tòxic/perillosos.

-Per al transport de materials i equips dins de l'obra:

- Es compliran les normes de trànsit i límits de velocitat establerta per a circular pels vials d'obra, les quals estaran senyalitzades i difoses als conductors.

- Es prohibirà que les plataformes i/o camions transportin una càrrega superior a la identificada com a màxima admissible.

- La càrrega es transportarà amarrada amb cables d'acer, cordes o estrebos de suficient resistència.

- Se senyalitzaran amb banderoles o llums vermelles les parts sortints de la càrrega i, de produir-se aquests sortints, no excediran de 1,50 m.

- En les maniobres amb el risc de bolcada del vehicle, es col·locaran topalls i s'ajudaran amb un senyal. • Quan s'hagi de circular o realitzar maniobres en proximitat de línies elèctriques, s'instal·laran gàlils o topalls que evitin aproximar-se a la zona d'influència de les línies.

- No es permetrà el transport de persones fora de la cabina dels vehicles.

- No es transportaran, en cap cas, càrregues suspeses per la ploma amb grues mòbils.

- Es revisarà periòdicament l'estat dels vehicles de transport i mitjans auxiliars corresponents.

- Per a la prefabricació, hissat i muntatge d'estructures, tancaments i equips:

- Se senyalitzaran i delimitaran les zones en què hi hagi risc de caiguda de materials per manipulació, elevació i transport d'aquests.

- No es permetrà, en cap concepte, l'accés de qualsevol persona a la zona senyalitzada i delimitada en la qual es realitzin maniobres amb càrregues suspeses.

- El guiat de càrregues/equips per a la seva ubicació definitiva, es farà sempre mitjançant entenimentades guia manejades des de llocs fora de la zona d'influència de la seva possible caiguda, i no s'accedirà a aquesta zona fins al moment just d'efectuar el seu acobli o posicionament.

- Es tapan o protegiran amb baranes resistents o, segons els casos, se senyalitzessin adequadament els buits que es generin en el procés de muntatge. • S'assemblaran a nivell de sòl, en la mesura (que ho permeti la zona de muntatge i capacitat de les grues, els mòduls d'estructures amb la finalitat de reduir en la mesura del possible el nombre d'hores de treball en altura i els seus riscos.

- Els llocs de treball de soldadura estaran prou separats o s'aïllaran amb pantalles divisòries.

- La zona de treball, sigui de taller o de camp, es mantindrà sempre neta i ordenada.

- Els equips/estructures romandran esbiaixades, durant tota la fase de muntatges fins que no s'efectuï la subjecció definitiva, per a garantir la seva estabilitat en les pitjors condicions previsibles.

- Les bastides que s'utilitzin compliran els requeriments i condicions mínimes definides en l'O.G.S.H.T.

- S'instal·laran cordes o cables fiadors per a subjecció dels cinturons de seguretat en aquells casos en què no sigui possible muntar plataformes de treball amb barana, és a dir necessari el desplaçament d'operaris sobre l'estructura. En aquests casos s'utilitzaran cinturons de caiguda, amb arnès proveïts d'absorció d'energia.

- De qualsevol forma, atès que aquestes operacions i maniobres estan molt condicionades per l'estat real de l'obra en el moment d'executar-les, en el cas de detectar-se una complexitat especial s'elaborarà un estudi de seguretat específic a aquest efecte.

-Per a maniobres d'hissat i ubicació en obra de materials i equips.

- Les mesures de prevenció a aplicar en relació amb els riscos inherents a aquesta mena de treballs, que ja es van relacionar, estan contemplades i definides en el punt anterior, destacant especialment les corresponents a:

- Senyalitzar i delimitar les zones de treball amb càrregues suspeses.
- No romandre cap persona en la zona d'influència de la càrrega.
- Fer el guiat de les càrregues mitjançant cordes.
- Entrar en la zona de risc en el moment de l'acoblament.

PROTECCIONS PERSONALS

Com a complement de les proteccions col·lectives, serà obligatori l'ús de les proteccions personals. Els comandaments intermedis i el personal de seguretat vigilaran i controlaran la correcta utilització d'aquestes peces de protecció.

Totes les proteccions personals compliran la Normativa Europea (CE) relativa a Equips de Protecció Individual (EPI).

Es preveu l'ús, en major o menor grau, de les següents proteccions personals:

- Casc.
- Pantalla facial transparent.
- Pantalla de soldador amb visor abatible i cristall inactínic.
- Màscara facial segons necessitats.
- Màscara d'un sol ús de paper.
- Guants de diversos tipus (muntador, soldador, aïllant, goma, etc.)
- Cinturó de seguretat.
- Jaqueta, peto, maniguets i polaines de cuir.
- Ulleres protectores de diversos tipus.
- Calçat de seguretat, adequat a cadascun dels treballs.
- Proteccions auditives (cascos o taps).
- Roba de treball.

REVISIONS TÈCNIQUES DE SEGURETAT

La seva finalitat és comprovar la correcta aplicació del Pla de Seguretat. Per a això, el Contractista vetllarà per l'execució correcta de les mesures preventives fixades en aquest Pla.

Sense perjudici de l'anterior, podran realitzar-se visites d'inspecció per tècnics assessors especialistes en seguretat, l'assessorament de la qual pot ser de gran valor.

3.1.6. Instal·lacions elèctriques provisionals

L'escomesa elèctrica general alimentarà una sèrie de quadres de distribució dels diferents contractistes, els quals es col·locaran estratègicament per al subministrament de corrent a les seves corresponents instal·lacions, equips i eines pròpies dels treballs.

RISCOS PREVISIBLES

Els riscos implícits a aquestes instal·lacions són els característics dels treballs i manipulació d'elements (quadres, conductors, etc. i eines elèctriques, que poden produir accidents per contactes tant directes com indirectes.

MESURES PREVENTIVES

Les principals mesures preventives a aplicar en instal·lacions, elements i equips elèctrics seran els següents:

Quadres de distribució

Seràn estancs, romandran totes les parts sota tensió inaccessibles al personal i estaran dotats de les següents proteccions:

- Interruptor general.
- Proteccions contra sobrecàrregues i curtcircuits.
- Diferencial de 300 dt..
- Presa de terra de resistència màxima 20 OHMS.
- Diferencial de 30 dt. per a les preses monofàsiques que alimenten eines o útils portàtils.
- Tindran senyalitzacions de perill elèctric. Solament podrà manipular en ells l'electricista.
- Els conductors aïllats utilitzats tant per a escomesa com per a instal·lacions, seran de 1.000 volts de tensió nominal com a mínim.

Prolongadors, clavilles, connexions i cables

• Els prolongadors, clavilles i connexions seran de tipus intempèrie amb tapes de seguretat en preses de corrent femelles i de característiques tals que assegurin l'aïllament, fins i tot en el moment de connectar i desconnectar.

- Els cables elèctrics seran del tipus intempèrie sense presentar fissures i de suficient resistència a esforços mecànics.
- Els entroncaments i aïllaments en cables es faran amb maniguets i cintes aïllants vulcanitzades.
- Les zones de pas es protegiran contra danys mecànics.

Eines i útils elèctrics portàtils

- Els llums elèctrics portàtils tindran el mànec aïllant i un dispositiu protector del llum de suficient resistència. En estructures metàl·liques i altres zones d'alta conductivitat elèctrica s'utilitzaran transformadors per a tensions de 24 V.
- Totes les eines, llums i útils seran de doble aïllament.
- Totes les eines, llums i útils elèctrics portàtils, estaran protegits per diferencials d'alta sensibilitat (30 mA.).

Màquines i equips elèctrics

A més d'estar protegits per diferencials de mitja sensibilitat (300 mA.), aniran connectats a una presa de terra de 20 ohms de resistència màxima i portaran incorporat a la mànega d'alimentació el cable de terra connectat al quadre de distribució.

Normes de caràcter general

- Baix cap concepte es deixaran elements de tensió, com a puntes de cables terminals, etc., sense aïllar.
- Les operacions que afectin la instal·lació elèctrica, seran realitzades únicament per l'electricista.
- Quan es realitzin operacions en cables quadres i instal·lacions elèctriques, es faran sense tensió.

Estudi de revisions de manteniment

Es realitzarà un adequat manteniment i revisions periòdiques de les diferents instal·lacions, equips i eines elèctriques, per a analitzar i adoptar les mesures necessàries en funció dels resultats d'aquestes revisions.

3.1.7. Mesures de protecció contra incendis

Cada contractista disposarà en obra d'extintors de Pols o Gas en número suficient per a cobrir les necessitats dels riscos d'incendi que generin els treballs que realitza, així com per a la protecció de les seves instal·lacions i oficines, magatzems, vehicles. etc.

REVISIONS PERIÒDIQUES

La persona designada a aquest efecte pels diferents contractistes, comprovarà periòdicament l'estat dels extintors i substituirà els descarregats o baixos de pressió.

3.1.8. Emmagatzematge i ús de gasos

EMMAGATZEMATGE

Les ampolles de gasos s'emmagatzemaran en un recinte delimitat i exclusiu per a elles que complirà les següents condicions:

- Se separarà cada tipus de gas en compartiments diferents i, en cada cas, estarà senyalitzat el contingut d'aquestes.
- Se separessin les ampolles plenes de les buides.
- El recinte estarà perfectament ventilat, cobert dels raigs del sol i en l'accés hi haurà algun extintor.

ÚS D'AMPOLLES I BOMBONES

El personal que manegi les ampolles de gasos o equips d'oxitall, estarà ensinistrat per a aquests treballs i com a mínim complirà les següents normes bàsiques de Seguretat:

- La pressió de treball de l'acetilè no serà superior a dues atmosferes.
- Abans d'encendre el bufador per primera vegada cada dia, les mànegues es purgaran individualment, així com en finalitzar el treball.
- Verificar periòdicament l'estat de les mànegues, juntes, etc., per a detectar possibles fugides. Per a això s'utilitzarà aigua sabonosa, però mai flama.
- Es posaran vàlvules antiretorn en les sortides dels manòmetres i en les entrades del bufador.
- Durant el transport o desplaçament, les ampolles fins i tot sí que estan buides, han de tenir la vàlvula tancada i la caputxa posada.
- Està prohibit l'arrossegament, lliscament o roda dura de l'ampolla en posició horitzontal.
- No es col·locaran, ni puntualment, prop de substàncies o líquids fàcilment inflamables com ara oli, gasolina, etc.
- Les ampolles es mantindran allunyades del punt de treball, prou perquè no els arribin les espurnes o escòries o bé es protegiran, d'aquestes o d'altres treballs, amb mantes ignífuges.
- No s'empraran mai els gasos comprimits per a netejar residus, vestuaris, ni per a ventilar persones.
- Les ampolles estaran sempre, en obra, en posició vertical i col·locada en carros porta ampolles o amarrada a punts fixos per a evitar la seva caiguda.

3.1.9. Formació del personal

El seu objectiu és informar els treballadors dels riscos propis dels treballs que realitzaran, donar-los a conèixer les tècniques preventives i mantenir l'esperit de seguretat de tot el personal.

Per a l'ensenyament de les Tècniques de Prevenció, a més dels sistemes de divulgació escrita, com a fullets, normes, etc., ocuparan un lloc primordial les xerrades específiques de riscos i activitats concretes.

FORMACIÓ DE SEGURETAT I PRIMERS AUXILIS PEL PERSONAL D'INGRÈS EN OBRA

Tot el personal, abans de començar els seus treballs, haurà d'assistir a una xerrada en la qual anirà informat dels riscos generals de l'obra, de les mesures previstes per a evitar-los, de les Normes de Seguretat d'obligat compliment i d'aspectes generals de Primers Auxilis.

A l'inici de la setmana els encarregats de cadascun dels grups de treball impartiran unes xerrades de seguretat sobre els treballs a realitzar en aquest període i les normes de seguretat a seguir.

FORMACIONS SOBRE RISCOS ESPECÍFICS

Estaran dirigides als grups de treballadors subjectes a riscos concrets en funció de les activitats que desenvolupin. Seran impartides pels Comandaments directes dels treballs o Tècnics de Seguretat, aquests seran els tècnics de seguretat de cadascuna de les empreses que participen en l'execució de l'obra.

Si, sobre la marxa dels treballs, es detectessin situacions d'especial risc en determinades professions o fases de treball, es programarien Xerrades Específiques, impartides pel Tècnic de Seguretat encaminades a divulgar les mesures de protecció necessàries en les activitats a què es refereixin. Entre els temes més importants a desenvolupar en aquestes xerrades estaran els següents:

- Riscos elèctrics.
- Treballs en altura.
- Riscos de soldadura elèctrica i oxitall.
- Ús de màquines, maneig d'eines.
- Maneig de càrregues de manera manual i amb mitjans mecànics.
- Ús de bastides, plataformes, escales i línies de vida.

3.1.10. Reunions de seguretat

Perquè la política de mentalització i motivació dels comandaments d'obra en el camp de la prevenció d'accidents sigui realment efectiva, són molt importants les Reunions de Seguretat en les quals la Direcció d'Obra, els Comandaments Responsables de l'execució

dels treballs, els treballadors i el personal de Seguretat analitzin conjuntament aspectes relacionats exclusivament amb la prevenció d'accidents.

3.1.11. Medicina assistencial

Partint de la impossibilitat humana d'aconseguir el nivell de risc zero, és necessari preveure les mesures que disminueixin les conseqüències dels accidents que, inevitablement puguin produir-se. Això es durà a terme a través de tres situacions:

- Control mèdic dels empleats.
- L'organització de mitjans d'actuació ràpida i primers auxilis a accidentats.
- La medicina assistencial en cas d'accident o malaltia professional.

CONTROL MÈDIC

Tal com estableix la Legislació Vigent, tots els treballadors que intervinguin en la construcció de les obres objecte d'aquest Estudi, passaran els reconeixements mèdics previstos en funció del risc al fet que, pel seu ofici o ocupació, vagin a estar sotmesos.

MITJANS D'ACTUACIÓ I PRIMERS AUXILIS

La primera assistència mèdica als possibles accidentats serà realitzada pels Serveis Mèdics de la Mútua Laboral concertada per cada contractista o, quan la gravetat o tipus d'assistència ho requereixi pels Serveis d'Urgència dels Hospitals Públics o Privats més pròxims. En l'obra es disposarà, en tot moment, d'un vehicle per a fer una evacuació immediata, d'un mitjà de comunicació (telèfon) i d'una Farmaciola i, a més, hi haurà personal amb uns coneixements bàsics de Primers Auxilis, amb la finalitat d'actuar en casos d'urgent necessitat. Així mateix es disposarà, igualment, en obra d'una "nota" escrita, col·locada en un lloc visible i de la qual s'informarà i donarà còpia a tots els contractistes, que contindrà una relació amb les adreces i telèfons dels Hospitals, ambulàncies més pròximes, així com els metges locals.

MEDICINA ASSISTENCIAL EN CAPACITATS LABORABLES TRANSITÒRIES O PERMANENTS

El contractista ha d'acreditar que aquest servei queda cobert per l'organització de la Mútua Laboral amb la qual ha de tenir contractada pòlissa de cobertura d'incapacitat transitòria, permanent o mort per accident o malaltia professional.

3.1.12. Vestuaris i lavabos

En la zona destinada a instal·lacions de contractistes, aquests muntaran casetes prefabricades per a lavabos i vestuaris del seu personal complint, en funció del nombre de treballadors que els utilitzin a cada moment, les condicions mínimes establertes en el Capítol III de l'O.G.S.H.T., o bé usar, en defecte d'això i sota les mateixes condicions les

instal·lacions definitives. En qualsevol cas, aquestes instal·lacions s'hauran de mantenir en unes adequades condicions de neteja i higiene.

3.1.13. *Plec de condicions*

OBJECTE

L'objecte del següent Plec de condicions és especificar les característiques i condicions tècniques corresponents als mitjans de protecció col·lectiva i individual vists anteriorment, així com les normes necessàries per al seu correcte manteniment, atesa la Reglamentació Vigent.

DISPOSICIONS LEGALS REGLAMENTÀRIES

Serà d'obligat compliment, per part dels contractistes, la normativa ressenyada a continuació:

- Reial decret 1627/1997, de 24 d'Octubre
- Llei 3111995, de 8 de Novembre, de Prevenció de Riscos Laborals
- Ordenança General de Seguretat i Higiene en el Treball (O.M. de 9 de Març de 1971), en els Capítols i articles no derogats per la Llei 31/95)
- Llei General de la Seguretat Social (RD 2065/74, de 30 de Maig)
- Ordenances General Sideri metal·lúrgica (O.M. de 29 de Juliol de 1970)
- Estatut dels Treballadors (Llei 8/80 de t de Març)
- Constitució, composició i funcions dels Comitès de Seguretat i Salut Laboral (Llei 31/95)
- Ordenança 1 laboral de la Construcció (O.M. 28.08.70)
- Ordenança Laboral Indústries Sideri metal·lúrgiques (O.M.29.07.70)
- Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (D.2413/73 de 20 de Setembre, i Ordenis Complementàries)
- Reglament d'Activitats Molestes, Insalubres i Perilloses (D.2414/61 de 22 de Desembre)
- Reglament d'Explosius (RD 2114/78, BOE 07.09.78)
- Reglament d'aparells Elevadors per a Obres (O.M. de 23 de Maig de 1977, i Ordenis Complementàries)
- Reglament de Seguretat en les Màquines (RD 1495/86 de 26 de Maig)
- Reglament d'Aparells a Pressió (RD 1244/79 de 4 d'Abril)
- Emmagatzematge de Productes Químics (RD 668/80 de 8 de Febrer)
- Instrucció Tècnica Reglamentària sobre extintors d'incendis (O.M. de 31 de Maig de 1982)
- Normes sobre senyalització (RD 1403/86 de 9 de Maig)
- Estudis i Plans de Seguretat (RD 555/86 de 21 de Febrer)
- Notificació d'accidents de treball (O.M. de 16 de Desembre de 1987)
- Normes Tècniques Reglamentàries per a l'Homologació de Mitjans de Protecció Personal
- F.P.I (RD 1407/92 de 20 de Novembre i modificacions posteriors)
- Convenis Col·lectius Provincials

Serán també d'obligat compliment qualsevol altra disposició oficial, relativa a la Seguretat i Salut Laboral, que entri en vigor durant l'execució de l'obra i que pugui afectar els treballs en aquesta.

PROTECCIONS PERSONALS

Tots els Equips de Protecció Individual (EPI) compliran el que s'estableix en l'RD 1407/92 de 20 de Novembre, i modificacions posteriors, pel qual s'adopten en tots els Equips de Protecció Individual (EPI) d'Espanya compliran el que s'estableix en els criteris de la Normativa Europea (Directiva 89/656/CE).

Disposaran del consegüent certificat i contindrà de manera visible el segell (CE) corresponent.

PROTECCIONS COL·LECTIVES

Considerem com a Proteccions Col·lectives les següents:

- Bastides
- Xarxes (segons Norma UNE 81-65680)
- Mampares
- Proteccions de la instal·lació elèctrica
- Mitjans de protecció contra incendis
- Senyalització
- Baranes
- Plataformes
- Línies o cordes de vida, etc.

REVISIONS TÈCNIQUES DE SEGURETAT

Tal com hem indicat al llarg del present Estudi, es realitzaran, amb una certa periodicitat, les revisions necessàries als equips, eines i mitjans auxiliars, amb la finalitat de mantenir-los en perfectes condicions d'ús.

4. Altres documents

La documentació referent als fulls de característiques dels diferents components es pot veure en els enllaços corresponents, indicats en les notes de peu.

Plànols

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Sr. David Carpintero Pleguezuelos

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI		TREBALL DE FI DE GRAU DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER		
	<i>Data</i>			<i>Nom</i>
<i>Dibuixat</i>	20/04/24			David M.
<i>S.normes</i>	UNE			
<i>Escala</i> 1:100.000	SITUACIÓ GEOGRÀFICA		Nº 1	
			Substitueix a Substituit per	



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI		
	Data	Nom
Dibuixat	20/04/24	David M.
S.normes	UNE	

TREBALL DE FI DE GRAU
 DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU
 INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER

Escala
 1:10.000
 1:8.000

EMPLAÇAMENT

Nº 2

Substitueix a
 Substituit per

3. Planta Coberta (CONFIDENCIAL)

Aquest plànol és confidencial i mostra com és la coberta de la nau. A més, dona detalls de les capes que la formen i d'elements existents que hi ha per damunt d'aquesta. Tot això indicant cotes.

4. Distribució Mòduls (CONFIDENCIAL)

Aquest plànol indica com s'ha fet la distribució de les plaques solars en la coberta tot considerant les distàncies calculades. També es mostren les cotes entre els mòduls i els elements considerats.

5. Distribució Àrees (CONFIDENCIAL)

En aquest plànol es mostra quines plaques fa referència a cada una de les àrees de consum per tal de diferenciar-les. També s'indica la quantitat de plaques que hi ha en cadascuna.

6. Planta Instal·lació L46 (CONFIDENCIAL)

Per l'àrea L46 es mostren les cadenes de plaques solars i per on passar el cablejat de la part DC. A més s'ubiquen els inversors i s'indiquen quines plaques estan connectades a cadascun i l'orientació dels mòduls.

7. Planta Instal·lació L83 (CONFIDENCIAL)

La idea és la mateixa que la del plànol anterior. El que canvia és la quantitat de plaques i per on es passen els cables, així com la ubicació de l'inversor d'aquesta àrea.

8. Planta Instal·lació AUX CV2 (CONFIDENCIAL)

La idea és la mateixa que la del plànol anterior. El que canvia és la quantitat de plaques i per on es passen els cables, així com la ubicació de l'inversor d'aquesta àrea.

9. Planta Instal·lació L47 (CONFIDENCIAL)

La idea és la mateixa que la del plànol anterior. El que canvia és la quantitat de plaques i per on es passen els cables, així com la ubicació dels inversors d'aquesta àrea.

10. Planta Instal·lació L73 (CONFIDENCIAL)

La idea és la mateixa que la del plànol anterior. El que canvia és la quantitat de plaques i per on es passen els cables, així com la ubicació de l'inversor d'aquesta àrea.

11. Esquema Unifilar L46 (CONFIDENCIAL)

En forma de diagrama es mostren totes les cadenes que hi ha, la seva connexió amb els inversors i la connexió d'aquests amb l'armari de BT del CT i la xarxa. A més s'indica l'orientació de les cadenes i la secció de tots els cables.

12. Esquema Unifilar L83 (CONFIDENCIAL)

En forma de diagrama es mostren totes les cadenes que hi ha, la seva connexió amb l'inversor i la connexió d'aquest amb l'armari de BT del CT i la xarxa. A més s'indica l'orientació de les cadenes i la secció de tots els cables.

13. Esquema Unifilar AUX CV2 (CONFIDENCIAL)

En forma de diagrama es mostren totes les cadenes que hi ha, la seva connexió amb l'inversor i la connexió d'aquest amb l'armari de BT del CT i la xarxa. A més s'indica l'orientació de les cadenes i la secció de tots els cables.

14. Esquema Unifilar L47 (CONFIDENCIAL)

En forma de diagrama es mostren totes les cadenes que hi ha, la seva connexió amb els inversors i la connexió d'aquests amb l'armari de BT del CT i la xarxa. A més s'indica l'orientació de les cadenes i la secció de tots els cables.

15. Esquema Unifilar L73 (CONFIDENCIAL)

En forma de diagrama es mostren totes les cadenes que hi ha, la seva connexió amb l'inversor i la connexió d'aquest amb l'armari de BT del CT i la xarxa. A més s'indica l'orientació de les cadenes i la secció de tots els cables.

16. Estructura (CONFIDENCIAL)

Tot i no ser propi del projecte, aquest plànol es mostra perquè s'han utilitzat cotes pels càlculs. Es tracta de la vista de perfil de la nau on es mostren les cotes de les altures tant de l'interior com de l'exterior de la nau.

17. Planta Bigues Coberta (CONFIDENCIAL)

Tot i no ser propi del projecte, aquest plànol es mostra perquè s'han utilitzat dades pels càlculs. Es tracta de la vista de planta de la nau on es mostren les cotes entre les bigues, les característiques de les bigues i la pressió que pot suportar la coberta.

Plec de Condicions

**DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU
INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Sr. David Carpintero Pleguezuelos

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

Naturalesa i objecte del Plec General

Article 1.- El present Plec General de Condicions té caràcter supletori del Plec de Condicions particulars del Projecte. Ambdós, com a part del projecte tenen com a finalitat regular l'execució de les obres fixant-ne els nivells tècnics i de qualitat exigibles i precisen les intervencions que corresponen, segons el contracte i d'acord amb la legislació aplicable, al Promotor o propietari de l'obra, al Contractista o constructor de l'obra, als seus tècnics i encarregats, al Projectista, així com les relacions entre ells i les seves obligacions corresponents en ordre a l'acompliment del contracte d'obra.

Documentació del Contracte d'Obra

Article 2.- Integren el contracte els documents següents relacionats per ordre de relació pel que es refereix al valor de les seves especificacions en cas d'omissió o contradicció aparent:

1. Les condicions fixades en el mateix document de contracte d'empresa o arrendament d'obra si és que existeix.
2. El Plec de Condicions particulars.
3. El present Plec General de Condicions.
4. La resta de la documentació del Projecte (memòria, plànols, amidaments i pressupost).

Les ordres i instruccions de la Direcció facultativa de les obres s'incorporen al Projecte com a interpretació, complement o precisió de les seves determinacions. En cada document, les especificacions literals prevalen sobre les gràfiques i en els plànols, la cota preval sobre la mida a escala.

1. Condicions facultatives

1.1. Delimitació General de Funcions Tècniques

El Projectista

Article 3.- Correspon al Projectista:

- a) Redactar els complements o rectificacions del projecte que calguin.
- b) Assistir a les obres, tantes vegades com ho requereixi la seva naturalesa i complexitat, per tal de resoldre les contingències que es produïssin i impartir les instruccions complementàries que calguin per aconseguir la solució correcta.
- c) Coordinar la intervenció en obra d'altres tècnics que, en el seu cas, concorrin a la direcció amb funció pròpia en aspectes parcials de la seva especialitat.
- d) Aprovar les certificacions parcials d'obra, la liquidació final i assessorar el promotor en l'acte de la recepció.
- e) Preparar la documentació final de l'obra i expedir i subscriure el certificat de final d'obra.

El Constructor

Article 4.- Correspon al Constructor:

- a) Organitzar els treballs de construcció, redactant els plans d'obra que calguin i projectant o autoritzant les instal·lacions provisionals i mitjans auxiliars de l'obra.
- b) Elaborar el Pla de Seguretat i Salut en el treball en el qual s'analitzin, estudiïn, desenvolupin i complementin les previsions contemplades a l'estudi o estudi bàsic, en funció del seu propi sistema d'execució de l'obra.
- c) Subscriure amb el Projectista l'acte de replanteig de l'obra.
- d) Ostentar la direcció de tot el personal que intervingui en l'obra i coordinar les intervencions dels subcontractistes.
- e) Assegurar la idoneïtat de tots i cadascun dels materials i elements constructius que s'utilitzen, comprovant-ne els preparats en obra i rebutjant, per iniciativa pròpia o per prescripció del Projectista, els subministraments o prefabricats que no comptin amb les garanties o documents d'idoneïtat requerits per les normes d'aplicació.
- f) Custodiar el Llibre d'ordres i seguiment de l'obra, i donar el vistiplau a les anotacions que s'hi practiquin.
- g) Facilitar al Projectista, amb temps suficient, els materials necessaris per a l'acompliment de la seva comesa.
- h) Preparar les certificacions parcials d'obra i la proposta de liquidació final.
- i) Subscriure amb el Promotor les actes de recepció provisional i definitiva.
- j) Concertar les assegurances d'accidents de treball i de danys a tercers durant l'obra.

1.2. De les obligacions i drets generals del Contractista

Verificació dels documents del projecte

Article 5.- Abans de començar les obres, el Contractista consignarà per escrit que la documentació aportada li resulta suficient per a la comprensió de la totalitat de l'obra contractada, o en cas contrari, sol·licitarà els aclariments pertinents.

Pla de Seguretat i Salut

Article 6.- El Contractista, a la vista del Projecte que contingui l'Estudi de Seguretat i Salut o bé l'Estudi bàsic, presentarà el Pla de Seguretat i Salut que s'haurà d'aprovar, abans de l'inici de l'obra, pel coordinador en matèria de seguretat i salut o per la direcció facultativa en cas de no ser necessària la designació de coordinador.

Serà obligatòria la designació, per part del promotor, d'un coordinador en matèria de seguretat i salut durant l'execució de l'obra sempre que a la mateixa intervingui més d'una empresa, o una empresa i treballadors autònoms o diversos treballadors autònoms.

Els contractistes i subcontractistes seran responsables de l'execució correcta de les mides preventives fixades en el pla de seguretat i salut, relatiu a les obligacions que els hi corresponguin a ells directament o, en tot cas, als treballadors autònoms contractats per ells. Els contractistes i subcontractistes respondran solidàriament de les conseqüències que es derivin de l'incompliment de les mides previstes en el pla, en els termes de l'apartat 2 de l'article 42 de la Llei 31/1995 de Prevenció de Riscos Laborals.

Oficina a l'obra

Article 8.- El Contractista habilitarà a l'obra una oficina en la qual hi haurà una taula o taulell adequat, on s'hi puguin estendre i consultar els plànols.

En l'esmentada oficina hi tindrà sempre el Contractista a disposició de la Direcció Facultativa:

- El projecte complet, inclosos els complements que en el seu cas, redacti el projectista.
- La Llicència d'obres.
- El Llibre d'Ordres i Assistències.
- El Pla de Seguretat i Salut.
- La documentació de les assegurances esmentades en l'article 4.j)

Disposarà a més el Contractista una oficina per a la Direcció Facultativa, convenientment condicionada per treballar-hi amb normalitat a qualsevol hora de la jornada.

El Llibre d'Incidències, que haurà de restar sempre a l'obra, es trobarà en poder del coordinador en matèria de seguretat i salut o, en el cas de no ésser necessària la designació de coordinador, en poder de la Direcció Facultativa.

Representació del Contractista

Article 9.- El Contractista està obligat a comunicar a la propietat la persona designada com a delegat seu a l'obra, que tindrà el caràcter de Cap de la mateixa, amb dedicació plena i amb facultats per representar-lo i adoptar en tot moment aquelles decisions que es refereixen a la Contracta.

Les seves funcions seran les del Contractista segons s'especifica a l'article 5.

Quan la importància de les obres ho requereixi i així es consigni en el Plec de "Condicions particulars d'índole facultativa" el Delegat del Contractista serà un facultatiu de grau superior o grau mitjà, segons els casos.

El Plec de Condicions particulars determinarà el personal facultatiu o especialista que el Contractista s'obligui a mantenir en l'obra com a mínim, i el temps de dedicació compromesa.

L'incompliment d'aquesta obligació o, en general, la manca de qualificació suficient per part del personal segons la naturalesa dels treballs, facultarà al projectista per ordenar la paralització de les obres, sense cap dret a reclamació, fins que sigui esmenada la deficiència.

Presència del Contractista en l'obra

Article 10.- El Cap d'obra, per ell mateix o mitjançant els seus tècnics o encarregats, estarà present durant la jornada legal de treball i acompanyarà a la Direcció Facultativa en les visites que facin a les obres, posant-se a la seva disposició per a la pràctica dels reconeixements que es considerin necessaris i subministrant-los les dades que calguin per a la comprovació de mesures i liquidacions.

Treballs no estipulats expressament

Article 11.- És obligació de la contracta executar tot el que sigui necessari per a la bona construcció i aspecte de les obres, encara que no es trobi expressament determinat als documents de Projecte, sempre que, sense separar-se del seu esperit i recta interpretació, ho disposi el Projectista dins els límits de possibilitats que els pressupostos habilitin per a cada unitat d'obra i tipus d'execució.

En cas de defecte d'especificació en el Plec de Condicions particulars, s'entendrà que cal un reformat de projecte requerint consentiment exprés de la propietat tota variació que suposi increment de preus d'alguna unitat d'obra en més del 20 per 100 o del total del pressupost en més d'un 10 per 100.

Interpretacions, aclariments i modificacions dels documents del projecte

Article 12.- Quan es tracti d'aclarir, interpretar o modificar preceptes dels Plecs de Condicions o indicacions dels plànols o croquis, les ordres i instruccions corresponents es comunicaran precisament per escrit al Contractista que estarà obligat a tornar els originals o les còpies subscriuint amb la seva signatura el conforme que figurarà al peu de totes les ordres, avisos o instruccions que rebí, tant de la Direcció Facultativa.

Qualsevol reclamació que en contra de les disposicions de la Direcció Facultativa vulgui fer el Contractista, haurà de dirigir-la, dins precisament del termini de tres dies, a aquell que l'hagués dictat, el qual donarà al Contractista el corresponent rebut si així ho sol·licités.

Article 13.- El Contractista podrà requerir de la Direcció Facultativa, les instruccions o aclariments que calguin per a la correcta interpretació i execució del projecte.

Reclamacions contra les ordres de la Direcció Facultativa

Article 14.- Les reclamacions que el Contractista vulgui fer contra les ordres o instruccions dimanades de la Direcció Facultativa, solament podrà presentar-les, a través de Projectista, davant la Propietat, si són d'ordre econòmic i d'acord amb les condicions estipulades en els Plecs de Condicions corresponents. Contra disposicions d'ordre tècnic de la direcció Facultativa, no s'admetrà cap reclamació, i el Contractista podrà salvar la seva responsabilitat, si ho estima oportú, mitjançant exposició raonada dirigida al Projectista, el qual podrà limitar la seva resposta a l'acusament de recepció que en tot cas serà obligatori per aquest tipus de reclamacions.

Recusació pel Contractista del personal nomenat pel Projectista

Article 15.- El Contractista no podrà recusar als Projectistes o personal encarregat per aquests de la vigilància de l'obra, ni demanar que per part de la propietat es designin altres facultatius per als reconeixements i amidaments.

Quan es cregui perjudicat per la seva tasca, procedirà d'acord amb allò estipulat a l'article precedent, però sense que per això no es puguin interrompre ni pertorbar la marxa dels treballs.

Faltes del personal

Article 16.- El Projectista, en el cas de desobediència a les seves instruccions, manifesta incompetència o negligència greu que comprometi o pertorbi la marxa dels treballs, podrà requerir el Contractista perquè aparti de l'obra als dependents o operaris causants de la pertorbació.

Article 17.- El Contractista podrà subcontractar capítols o unitats d'obra a altres contractistes i industrials, subjectant-se en el seu cas, a allò estipulat en el Plec de Condicions particulars i sense perjudici de les seves obligacions com a Contractista general de l'obra.

1.3. Prescripcions generals relatives als treballs, materials i mitjans auxiliars

Camins i accessos

Article 18.- El Contractista disposarà pel seu compte dels accessos a l'obra, la senyalització i el seu tancament o vallat.

La Direcció Facultativa podrà exigir la seva modificació o millora.

Replanteig

Article 19.- El Contractista iniciarà les obres replantejant-les en el terreny i assenyalant-ne les referències principals que mantindrà com a base d'ulteriors replanteigs parcials. Aquests treballs es consideraran a càrrec del Contractista i inclosos en la seva oferta.

El Contractista sotmetrà el replanteig a l'aprovació de la Direcció Facultativa i una vegada aquesta hagi donat la seva conformitat prepararà una acta acompanyada d'un plànol que haurà de ser aprovat pel Projectista, i serà responsabilitat del Contractista l'omissió d'aquest tràmit.

Començament de l'obra. Ritme d'execució dels treballs

Article 20.- El Contractista començarà les obres en el termini marcat en el Plec de Condicions Particulars, desenvolupant-les en la forma necessària perquè dins dels períodes parcials assenyalats en el Plec esmentat quedin executats els treballs corresponents i, en conseqüència, l'execució total es dugui a terme dins del termini exigint en el Contracte.

Obligatòriament i per escrit, el Contractista haurà de donar compte a la Direcció Facultativa del començament dels treballs almenys amb tres dies d'anticipació.

Ordre dels treballs

Article 21.- En general, la determinació de l'ordre dels treballs és facultat de la Contractista, excepte aquells casos en què, per circumstàncies d'ordre tècnic, la Direcció Facultativa estimi convenient variar.

Facilitat per a altres Contractistes

Article 22.- D'acord amb el que requereixi la Direcció Facultativa, el Contractista General haurà de donar totes les facilitats raonables per a la realització dels treballs que siguin encomanats a tots els altres Contractistes que intervinguin en l'obra. Això sense perjudici de les compensacions econòmiques que tinguin lloc entre Contractistes per utilització de mitjans auxiliars o subministraments d'energia o altres conceptes.

En cas de litigi, ambdós Contractistes respectaran allò que resolgui la Direcció Facultativa.

Ampliació del projecte per causes imprevistes o de força major

Article 23.- Quan sigui necessari per motiu imprevist o per qualsevol accident ampliar el Projecte, no s'interrompran els treballs i es continuaran segons les instruccions fetes per la Direcció Facultativa en tant es formula o tramita el Projecte Reformat.

El Contractista està obligat a realitzar amb el seu personal i els seus materials allò que la Direcció de les obres disposi per fer calçats, apuntalaments, enderrossos, recalçaments, bastides o qualsevol obra de caràcter urgent, anticipant de moment aquest servei, l'import del qual li serà consignat en un pressupost addicional o abonat directament, d'acord amb el que s'estipuli.

Pròrroga per causa de força major

Article 24.- Si per causa de força major i independent de la voluntat del Contractista, aquest no pogués començar les obres, o hagués de suspendre-les, o no li fos possible acabar-les en els terminis prefixats, se li atorgarà una pròrroga proporcionada per l'acompliment de la Contracta, previ informe favorable del Projectista. Per això, el Contractista exposarà, en un escrit dirigit a la Direcció Facultativa la causa que impedeix l'execució o la marxa dels treballs i el retard que degut a això s'originaria en els terminis acordats, raonant degudament la pròrroga que per l'esmentada causa sol·licita.

Responsabilitat de la Direcció Facultativa en el retard de l'obra

Article 25.- El Contractista no podrà excusar-se de no haver complert els terminis d'obres estipulats, al·legant com a causa la carència de plànols o ordres de la Direcció Facultativa, a excepció del cas en què havent-ho sol·licitat per escrit no se li hagués proporcionat.

Condicions generals d'execució dels treballs

Article 26.- Tots els treballs s'executaran amb estricta subjecció al Projecte, a les modificacions que prèviament hagin estat aprovades i a les ordres i instruccions que sota la responsabilitat de la Direcció Facultativa i per escrit, lliurin els Projectistes al Contractista, dins de les limitacions pressupostàries i de conformitat amb allò especificat a l'article 11.

Durant l'execució de l'obra es tindran en compte els principis d'acció preventiva de conformitat amb la Llei de Prevenció de Riscos Laborals.

Obres ocultes

Article 27.- De tots els treballs i unitats d'obra que hagin de quedar ocults a l'acabament de l'edifici, se n'aixecaran els plànols que calguin per tal que quedin perfectament definits; aquests documents s'estendran per triplicat i se'n lliuraran: un als Tècnics Projectistes i l'altre al Contractista. Aquests documents aniran firmats pels tècnics directors i els contractistes. Els plànols, que hauran d'anar suficientment acotats, es consideraran documents indispensables i irrecusables per a efectuar les mesures.

Treballs defectuosos

Article 28.- El Contractista haurà d'emprar materials que compleixin les condicions exigides en les "Condicions generals i particulars d'índole tècnica" del Plec de Condicions i realitzarà tots i cadascun dels treballs contractats d'acord amb allò especificat també en l'esmentat document.

Per això, i fins que tingui lloc la recepció definitiva de l'edifici, és responsable de l'execució dels treballs que ha contractat i de les faltes i defectes que en els treballs hi poguessin existir per la seva mala execució o per la deficient qualitat dels materials emprats o aparells col·locats sense que li exoneri de responsabilitat el control que és competència dels Tècnics Projectistes, ni tampoc el fet que aquests treballs hagin estat valorats en les certificacions parcials d'obra, que sempre s'entendran exteses i abonades a bon compte.

A conseqüència de l'expressat anteriorment, quan el Tècnic Projectista detecti vicis o defectes en els treballs executats, o que els materials emprats o els aparells col·locats no reuneixin les condicions preceptuades, ja sigui en el decurs de l'execució dels treballs, o un cop finalitzats, i abans de ser verificada la recepció definitiva de l'obra, podrà disposar que les parts defectuoses siguin enderrocades o desmuntats i reconstruïdes o instal·lats d'acord amb el que s'hagi contractat, i tot això a càrrec de la Contracta.

Si la Contracta no estimés justa la decisió i es negués a l'enderroc o desmuntatge i reconstrucció ordenades, es plantejarà la qüestió davant el Projectista de l'obra, que ho resoldrà.

Vicis ocults

Article 29.- Si el Tècnic Projectista tingués raons de pes per creure en l'existència de vicis ocults de construcció en les obres executades, ordenarà efectuar a qualsevol moment, i abans de la recepció definitiva, els assaigs, destructius o no, que cregui necessaris per reconèixer els treballs que suposi que són defectuosos. Les despeses que ocasionin seran a compte del Contractista, sempre i quan els vicis existeixin realment, en cas contrari seran a càrrec de la Propietat.

Dels materials i dels aparells. La seva procedència

Article 30.- El Contractista té llibertat de proveir-se dels materials i aparells de totes classes en els punts que ell cregui convenient, excepte en els casos en què el Plec Particular de Condicions Tècniques preceptuï una procedència determinada.

Obligatòriament, i abans de procedir a la seva utilització i aplec, el Contractista haurà de presentar al Tècnic Projectista una llista completa dels materials i aparells que hagi d'emprar

en la qual s'hi especifiquin totes les indicacions sobre marques, qualitats, procedència i idoneïtat de cadascun.

Presentació de mostres

Article 31.- A petició de la Direcció Facultativa, el Contractista li presentarà les mostres dels materials amb l'anticipació prevista en el Calendari de l'Obra.

Materials no utilitzables

Article 32.- El Contractista, a càrrec seu, transportarà i col·locarà, agrupant-los ordenadament i en el lloc adequat, els materials procedents de les excavacions, enderrocs, etc., que no siguin utilitzables en l'obra.

Es retiraran de l'obra o es portarà a l'abocador, quan així sigui establert en el Plec de Condicions particulars vigent en l'obra.

Si no s'hagués preceptuat res sobre el particular, es retiraran de l'obra quan així ho ordeni la Direcció Facultativa, però acordant prèviament amb el Contractista la seva justa taxació, tenint en compte el valor d'aquests materials i les despeses del seu transport.

Materials i aparells defectuosos

Article 33.- Quan els materials, elements, instal·lacions o aparells no fossin de la qualitat prescrita en aquest Plec, o no tinguessin la preparació que s'hi exigeix o, en fi, quan la manca de prescripcions formals del Plec, es reconegués o es demostrés que no eren adequats per al seu objecte, la Direcció Facultativa donarà ordre al Contractista de substituir-los per altres que satisfacin les condicions o compleixin l'objectiu al qual es destinen.

Si el Contractista al cap de quinze (15) dies de rebre ordres que retiri els materials que no estiguin en condicions no ho ha fet, podrà fer-ho la Propietat carregant-ne les despeses a la Contracta.

Si els materials, elements, instal·lacions o aparells fossin defectuosos, però acceptables a criteri de la Direcció Facultativa, es rebran, però amb la rebaixa de preu que ell determini, llevat que el Contractista prefereixi substituir-los per altres en condicions.

Despeses ocasionades per proves i assaigs

Article 34.- Totes les despeses dels assaigs, anàlisis i proves realitzats pel laboratori i, en general, per persones que no intervinguin directament a l'obra seran per compte del propietari o del promotor (art. 3.1. del Decret 375/1988. Generalitat de Catalunya)

Neteja de les obres

Article 35.- És obligació del Contractista mantenir netes les obres i els seus voltants, tant de runa com de materials sobrants, fer desaparèixer les instal·lacions provisionals que no siguin necessàries, així com adoptar les mesures i executar tots els treballs que calguin perquè l'obra ofereixi bon aspecte.

Obres sense prescripcions

Article 36.- En l'execució de treballs que entren en la construcció de les obres i instal·lacions i pels quals no existeixin prescripcions consignades explícitament en aquest Plec ni en la documentació restant del Projecte, el Contractista s'atendrà, en primer lloc, a les instruccions que dicti la Direcció Facultativa de les obres i, en segon lloc, a les regles i pràctiques de la bona construcció.

1.4. De les recepcions de les obres i instal·lacions

De les recepcions provisionals

Article 37.- Trenta dies abans de finalitzar les obres, la Direcció Facultativa comunicarà a la Propietat la proximitat del seu acabament amb la finalitat de convenir la data per a l'acte de recepció provisional.

Aquesta recepció es farà amb la intervenció de la Propietat, del Constructor i la Direcció Facultativa. Es convocarà també als tècnics restants que, en el seu cas, haguessin intervingut en la direcció amb funció pròpia en aspectes parcial o unitats especialitzades.

Practicat un detingut reconeixement de les obres, s'extindrà una acta amb tants exemplars com intervinents i signats per tots ells. Des d'aquesta data començarà a córrer el termini de garantia, si les obres es trobessin en estat de ser admeses.

Seguidament, els Tècnics de la Direcció Facultativa estendran el Certificat corresponent de final d'obra.

Quan les obres no es trobin en estat de ser rebudes, es farà constar en l'acta i es donarà al Contractista les oportunes instruccions per resoldre els defectes observats, fixant un termini per a subsanar-los, finalitzat el qual, s'efectuarà un nou reconeixement a fi de procedir a la recepció provisional de l'obra.

Si el Contractista no hagués complert, podrà declarar-se rescindit el contracte amb pèrdua de la fiança.

Documentació final d'obra

Article 38.- La Direcció Facultativa facilitarà a la Propietat la documentació final de les obres, amb les especificacions i contingut disposats per la legislació vigent i, si es tracta d'habitatges, amb allò que s'estableix en els paràgrafs 2, 3, 4 i 5, de l'apartat 2 de l'article 4t. del Reial Decret 515/1989, de 21 d'abril.

Mesura definitiva dels treballs i liquidació provisional de l'obra

Article 39.- Rebudes provisionalment les obres, es procedirà immediatament pel tècnic projectista a la seva mesura definitiva, amb l'assistència precisa del Contractista o del seu representant. S'extindrà l'oportuna certificació per triplicat que, aprovada per la Direcció Facultativa amb la seva signatura, servirà per l'abonament per part de la Propietat del saldo resultant excepte la quantitat retinguda en concepte de fiança.

Termini de garantia

Article 40.- El termini de garantia haurà d'estipular-se en el Plec de Condicions Particulars i en qualsevol cas mai no haurà de ser inferior a nou mesos.

Conservació de les obres rebudes provisionalment

Article 41.- Les despeses de conservació durant el termini de garantia comprès entre les recepcions provisional i definitiva, seran a càrrec del Contractista.

Si l'edifici fos ocupat o emprat abans de la recepció definitiva, la vigilància, neteja i reparacions causades per l'ús seran a càrrec del propietari i les reparacions per vicis d'obra o per defectes en les instal·lacions, seran a càrrec de la Contracta.

De la recepció definitiva

Article 42.- La recepció definitiva es verificarà després de transcorregut el termini de garantia en igual forma i amb les mateixes formalitats que la provisional, a partir de la data del qual cessarà l'obligació del Contractista de reparar al seu càrrec aquells desperfectes inherents a la conservació normal dels edificis i quedaran només subsistents totes les responsabilitats que poguessin afectar-li per vicis de construcció.

Pròrroga del termini de garantia

Article 43.- Si en procedir al reconeixement per a la recepció definitiva de l'obra, no es trobés en les condicions degudes, la recepció definitiva s'aplaçarà i la Direcció Facultativa marcarà al Contractista els terminis i formes en què s'hauran de fer les obres necessàries i, si no s'efectuessin dins d'aquests terminis, podrà resoldre's el contracte amb pèrdua de la fiança.

De les recepcions de treballs la contracta de les quals hagi estat rescindida

Article 44.- En el cas de resolució del contracte, el Contractista estarà obligat a retirar, en el termini que es fixi en el Plec de Condicions Particulars, la maquinària, mitjans auxiliars, instal·lacions, etc., a resoldre els subcontractes que tingués concertats i a deixar l'obra en condicions de ser recomençada per una altra empresa.

Les obres i treballs acabats per complet es rebran provisionalment amb els tràmits establerts en l'article 35.

Transcorregut el termini de garantia es rebran definitivament segons allò que es disposa en els articles 39 i 40 d'aquest Plec. Per a les obres i treballs no acabats, però acceptables a criteri de la Direcció facultativa, s'efectuarà una sola i definitiva recepció.

2. Condicions econòmiques

2.1. Principi general

Article 45.- Tots els que intervenen en el procés de construcció tenen dret a percebre puntualment les quantitats acreditades per la seva correcta actuació d'acord amb les condicions contractualment establertes.

Article 46.- La propietat, el contractista i, en el seu cas, els tècnics poden exigir-se recíprocament les garanties adequades a l'acompliment puntual de les seves obligacions de pagament.

2.2. Fiances

Article 47.- El Contractista prestarà fiança d'acord amb alguns dels procediments següents, segons que s'estipuli:

a) Dipòsit previ, en metàl·lic o valors, o aval bancari, per import entre el 3 per 100 i 10 per 100 del preu total de contracta (art.53).

b) Mitjançant retenció a les certificacions parcials o pagaments a compte en la mateixa proporció.

Fiança provisional

Article 48.- En el cas que l'obra s'adjudiqui per subhasta pública, el dipòsit provisional per a prendre-hi part s'especificarà en l'anunci de l'esmentada subhasta i la seva quantia serà d'ordinari, i exceptuant estipulació distinta en el Plec de Condicions particulars vigent en l'obra, d'un tres per cent (3 per 100) com a mínim, del total del pressupost de contracta.

El Contractista al qual s'hagi adjudicat l'execució d'una obra o servei per la mateixa, haurà de dipositar en el punt i termini fixats a l'anunci de la subhasta o el que es determini en el Plec de Condicions particulars del Projecte, la fiança definitiva que s'assenyali i, en el seu defecte, el seu import serà del deu per cent (10 per 100) de la quantitat per la qual es faci l'adjudicació de l'obra, fiança que pot constituir-se en qualsevol de les formes especificades en l'apartat anterior.

El termini assenyalat en el paràgraf anterior, i llevat condició expressa establerta en el Plec de Condicions Particulars, no excedirà de trenta dies naturals a partir de la data en què sigui comunicada l'adjudicació i en aquest termini haurà de presentar l'adjudicatari la carta de pagament o rebut que acrediti la constitució de la fiança a la qual es refereix el mateix paràgraf.

L'incompliment d'aquest requisit donarà lloc a què es declari nul·la l'adjudicació, i l'adjudicatari perdrà el dipòsit provisional que hagués fet per prendre part en la subhasta.

Execució de treballs amb càrrec a la fiança

Article 49.- Si el Contractista es negués a fer pel seu compte els treballs necessaris per ultimar l'obra en les condicions contractades, la Direcció Facultativa, en nom i representació del Propietari, els ordenarà executar a un tercer o, podrà realitzar-los directament per

administració, abonant el seu import amb la fiança dipositada, sense perjudici de les accions a les quals tingui dret el propietari, en el cas que l'import de la fiança no fos suficient per cobrir l'import de les despeses efectuades en les unitats d'obra que no fossin de recepció.

De la seva devolució en general

Article 50.- La fiança retinguda serà retornada al Contractista en un termini que no excedeixi trenta (30) dies un cop signada l'Acta de Recepció Definitiva de l'obra. La propietat podrà exigir que el Contractista li acrediti la liquidació i saldo dels seus deutes causats per l'execució de l'obra, tals com salaris, subministraments, subcontractes...

Devolució de la fiança en el cas que es facin recepcions parcials

Article 51.- Si la propietat, amb la conformitat de la Direcció Facultativa, accedís a fer recepcions parcials, tindrà dret el Contractista a què li sigui retornada la part proporcional de la fiança.

2.3. Dels preus

Composició dels preus unitaris

Article 52.- El càlcul dels preus de les distintes unitats d'obra és el resultat de sumar els costos directes, els indirectes, les despeses generals i el benefici industrial.

Es consideren costos directes:

- a) La mà d'obra, amb els seus plusos, càrregues i assegurances socials, que intervinguin directament en l'execució de la unitat d'obra.
- b) Els materials, als preus resultants a peu d'obra, que quedin integrats en la unitat de què es tracti o que siguin necessaris per a la seva execució.
- c) Els equips i sistemes tècnics de seguretat i higiene per a la prevenció i protecció d'accidents i malalties professionals.
- d) Les despeses de personal, combustible, energia, etc. que tinguin lloc per l'accionament o funcionament de la maquinària i instal·lació utilitzades en l'execució de la unitat d'obra.
- e) Les despeses d'amortització i conservació de la maquinària, instal·lacions, sistemes i equips anteriorment citats.

Es consideraran costos indirectes:

Les despeses d'instal·lació d'oficines a peu d'obra, comunicacions, edificació de magatzems, tallers, pavellons temporals per a obrers, laboratoris, assegurances, etc., els del personal tècnic i administratiu adscrits exclusivament a l'obra i els imprevistos. Totes aquestes despeses, es xifran en un percentatge dels costos directes.

Es consideraran despeses generals:

Les despeses generals d'empresa, despeses financeres, càrregues fiscals i taxes de l'administració, legalment establertes. Es xifran com un percentatge de la suma dels costos directes i indirectes (en els contractes d'obres de l'Administració pública aquest percentatge s'estableix entre un 13 per 100 i un 17 per 100.)

Benefici industrial

El benefici industrial del Contractista s'estableix en el 6 per 100 sobre la suma de les partides anteriors.

Preu d'Execució material

S'anomenarà Preu d'Execució material el resultat obtingut per la suma dels anteriors conceptes excepte el Benefici Industrial.

Preu de Contracta

El preu de Contracta és la suma dels costos directes, els indirectes, les Despeses Generals i el Benefici Industrial.

L'IVA gira sobre aquesta suma, però no n'integra el preu.

Preus de contracta. Import de contracta

Article 53.- En el cas que els treballs a fer en un edifici o obra aliena qualsevol es contractessin a risc i ventura, s'entén per Preu de Contracta el que importa el cost total de la unitat d'obra, és a dir, el preu d'execució material més el tant per cent (%) sobre aquest últim preu en concepte de Benefici Industrial de Contractista. El benefici s'estima normalment, en un 6 per 100, llevat que en les Condicions Particulars se n'estableixi un altre de diferent.

Preus contradictoris

Article 54.- Es produiran preus contradictoris només quan la Propietat mitjançant l'Arquitecte decideixi introduir unitats o canvis de qualitat en alguna de les previstes, o quan calgui afrontar alguna circumstància imprevista.

El Contractista estarà obligat a efectuar els canvis.

Si no hi ha acord, el preu es resoldrà contradictòriament entre la direcció facultativa i el Contractista abans de començar l'execució dels treballs i en el termini que determini el Plec de Condicions Particulars. Si subsisteix la diferència s'acudirà, en primer lloc, al concepte més anàleg dins del quadre de preus del projecte i, en segon lloc, al banc de preus d'utilització més freqüent en la localitat.

Els contradictoris que hi haguessin es referiran sempre als preus unitaris de la data del contracte.

Reclamacions d'augment de preus per causes diverses

Article 55.- Si el Contractista abans de la signatura del contracte, no hagués fet la reclamació o observació oportuna, no podrà sota cap pretext d'error o omissió reclamar augment dels preus fixats en el quadre corresponent del pressupost que serveixi de base per a l'execució de les obres (amb referència a Facultatives).

Formes tradicionals de mesurar o d'aplicar els preus

Article 56.- En cap cas podrà al·legar el Contractista els usos i costums del país respecte a l'aplicació dels preus o de la forma de mesurar les unitats d'obra executades, es respectarà allò previst en primer lloc, al Plec General de Condicions Tècniques i, en segon lloc, al Plec General de Condicions particulars.

De la revisió dels preus contractats

Article 57.- Si es contracten obres pel seu compte i risc, no s'admetrà la revisió dels preus en tant que l'increment no arribi, en la suma de les unitats que falten per realitzar d'acord amb el Calendari, a un muntant superior al tres per 100 (3 per 100) de l'import total del pressupost de Contracte.

En cas de produir-se variacions en alça superiors a aquest percentatge, s'efectuarà la revisió corresponent d'acord amb la fórmula establerta en el Plec de Condicions Particulars, rebent el Contractista la diferència en més que resulti per la variació de l'IPC superior al 3 per 100.

No hi haurà revisió de preus de les unitats que puguin quedar fora dels terminis fixats en el Calendari de l'oferta.

Emmagatzematge de materials

Article 58.- El Contractista està obligat a emmagatzemar els materials o aparells d'obra que la Propietat ordeni per escrit.

Els materials emmagatzemats, una vegada abonats pel Propietari són, de l'exclusiva propietat d'aquest; de la seva cura i conservació en serà responsable el Contractista.

2.4. Obres per administració

Administració

Article 59.- Se'n diuen "Obres per Administració" aquelles en què les gestions que calgui per a la seva realització les porti directament el propietari, sigui ell personalment, sigui un representant seu o bé mitjançant un constructor.

Les obres per administració es classifiquen en les dues modalitats següents:

- a) Obres per administració directa.
- b) Obres per administració delegada o indirecta.

Obres per administració directa

Article 60.- Se'n diuen "Obres per Administració directa" aquelles en què el Propietari per si mateix o mitjançant un representant seu, que pot ser la Direcció Facultativa, autoritzat expressament per aquest tema, porti directament les gestions que calguin per a l'execució de l'obra, adquirint-ne els materials, contractant-ne el seu transport a l'obra i, en definitiva, intervenint directament en totes les operacions precises perquè el personal i els obrers contractats per ell puguin realitzar-la; en aquestes obres el constructor, si hi fos, o

l'encarregat de la seva realització, és un simple dependent del propietari, ja sigui com empleat seu o com autònom contractat per ell, que és el que reuneix, per tant, la doble personalitat de Propietari i Contractista.

Obres per administració delegada o indirecta

Article 61.- S'entén per "Obra per administració delegada o indirecta" la que convenen un Propietari i un Constructor perquè aquest últim, per comte d'aquell i com a delegat seu, realitzi les gestions i els treballs que calguin i es convinguin.

Són, per tant, característiques peculiars de les "Obres per Administració delegada o indirecte" les següents:

a) Per part del Propietari, l'obligació d'abonar directament o per mitjà del Constructor totes les despeses inherents a la realització dels treballs convinguts, reservant-se el Propietari la facultat de poder ordenar, bé per si mateix o mitjançant la Direcció Facultativa en la seva representació, l'ordre i la marxa dels treballs, l'elecció dels materials i aparells que en els treballs han d'emprar-se i, a la fi, tots els elements que cregui necessaris per regular la realització dels treballs convinguts.

b) Per part del Contractista, l'obligació de portar la gestió pràctica dels treballs, aportant els seus coneixements constructius, els mitjans auxiliars que calguin i, en definitiva, tot allò que, en harmonia amb la seva tasca, es requereixi per a l'execució dels treballs, rebent per això del Propietari un tant per cent (%) prefixat sobre l'import total de les despeses efectuades i abonades pel Contractista.

Liquidació d'obres per administració

Article 62.- Per a la liquidació dels treballs que s'executin per administració delegada o indirecta, regiran les normes que amb aquesta finalitat s'estableixin en les "Condicions particulars d'índole econòmica" vigents en l'obra; en cas que no n'hi haguessin, les despeses d'administració les presentarà el Contractista al Propietari, en relació valorada a la qual s'adjuntaran en l'ordre expressat més endavant els documents següents conformats tots ells per la Direcció facultativa:

a) Les factures originals dels materials adquirits per als treballs i el document adequat que justifiqui el dipòsit o la utilització dels esmentats materials en l'obra.

b) Les nòmines dels jornals abonats, ajustades a allò que és establert en la legislació vigent, especificant el nombre d'hores treballades en l'obra pels operaris de cada ofici i la seva categoria, acompanyant les esmentades nòmines amb una relació numèrica dels encarregats, capatassos, caps d'equip, oficials i ajudants de cada ofici, peons especialitzats i solts, llisters, guardians, etc., que hagin treballat en l'obra durant el termini de temps al qual corresponguin les nòmines que es presentin.

c) Les factures originals dels transports de materials posats en l'obra o de retirada d'enderrocs.

d) Els rebuts de llicències, impostos i altres càrregues inherents a l'obra que hagin pagat o en la gestió de la qual hagi intervingut el Constructor, ja que el seu abonament és sempre a compte del Propietari.

A la suma de totes les despeses inherents a la pròpia obra en la gestió o pagament de la qual hagin intervingut el Constructor se li aplicarà, si no hi ha conveni especial, un quinze per cent (15 per 100), entenent-se que en aquest percentatge estan inclosos els mitjans auxiliars i els de seguretat preventius d'accidents, les despeses generals que originin al Constructor els treballs per administració que realitzi el Benefici Industrial del mateix.

Abonament als constructors dels comptes d'administració delegada

Article 63.- Llevat pacte distint, els abonaments al Constructor dels comptes d'Administració delegada, els realitzarà el Propietari mensualment segons els comunicats de treball realitzats aprovats pel propietari o pel seu delegat representant.

Independentment, la direcció Facultativa Tècnic redactarà, amb la mateixa periodicitat, la mesura de l'obra realitzada, valorant-la d'acord amb el pressupost aprovat. Aquestes valoracions no tindran efectes per als abonaments al Contractista sinó que s'hagués pactat el contrari contractualment.

Normes per a l'adquisició dels materials i aparells

Article 64.- Això no obstant, les facultats que en aquests treballs per Administració delegada es reserva el Propietari per a l'adquisició dels materials i aparells, si al Contractista se li autoritza per gestionar-los i adquirir-los, haurà de presentar al Propietari, o en la seva representació a la Direcció Facultativa, els preus i les mostres dels materials i aparells oferts, necessitant la seva prèvia aprovació abans d'adquirir-los.

Responsabilitat del constructor en el baix rendiment dels obrers

Article 65.- Si la Direcció Facultativa advertís en els comunicats mensuals d'obra executada que preceptivament ha de presentar-li el Contractista, que els rendiments de la mà d'obra, en totes o en alguna de les unitats d'obra executades fossin notablement inferiors als rendiments normals admesos generalment per a unitats d'obra iguals o similars, li ho notificarà per escrit al Contractista, amb la finalitat que aquest faci les gestions precises per augmentar la producció en la quantia assenyalada per la Direcció Facultativa.

Si un cop feta aquesta notificació al Contractista, en els mesos successius, els rendiments no arribessin als normals, el Propietari queda facultat per resarcir-se de la diferència, rebaixant-ne el seu import del quinze per cent (15 per 100) que pels conceptes abans expressats correspondria abonar-li al Contractista en les liquidacions quinzenals que preceptivament s'hagin d'efectuar-li. En cas de no arribar ambdues parts a un acord pel que fa als rendiments de la mà d'obra, se sotmetrà el cas a arbitratge.

Responsabilitats del contractista

Article 66.- En els treballs d'Obres per Administració delegada" el Contractista només serà responsable dels defectes constructius que poguessin tenir els treballs o unitats executades per ell i també els accidents o perjudicis que poguessin sobrevenir als obrers o a terceres persones per no haver pres les mesures necessàries i que en les disposicions legals vigents s'estableixen. En canvi, i exceptuant l'expressat a l'article 63 precedent, no serà responsable del mal resultat que poguessin donar els materials i aparells elegits segons les normes establertes en aquest article.

En virtut del que s'ha consignat anteriorment, el Contractista està obligat a reparar pel seu compte els treballs defectuosos i a respondre també dels accidents o perjudicis expressats en el paràgraf anterior.

2.5. De la valoració i abonament dels treballs

Formes diferents d'abonament de les obres

Article 67.- Segons la modalitat elegida per a la contractació de les obres i exceptuant que en el Plec Particular de Condicions econòmiques s'hi preceptuï una altra cosa, l'abonament dels treballs s'efectuarà així:

1r. Tipus fix o tant alçat total. S'abonarà la xifra prèviament fixada com a base de l'adjudicació, disminuïda en el seu cas a l'import de la baixa efectuada per l'adjudicatari.

2n. Tipus fix o tant alçat per unitat d'obra, el preu invariable del qual s'hagi fixat a la bestreta, podent-ne variar solament el nombre d'unitats executades.

Prèvia mesura i aplicant al total de les unitats diverses d'obra executades, del preu invariable estipulat a la bestreta per cadascuna d'elles, s'abonarà al Contractista l'import de les compreses en els treballs executats i ultimats d'acord amb els documents que constitueixen el Projecte, els quals serviran de base per a la mesura i valoració de les diverses unitats.

3r. Tant variable per unitat d'obra, segons les condicions en què es realitzi i els materials diversos emprats en la seva execució d'acord amb les ordres de la Direcció Facultativa. S'abonarà al Contractista en idèntiques condicions al cas anterior.

4t. Per llistes de jornals i rebuts de materials autoritzats en la forma que el present "Plec General de Condicions econòmiques" determina.

5è. Per hores de treball, executat en les condicions determinades en el contracte.

Relacions valorades i certificacions

Article 68.- En cada una de les èpoques o dates que es fixin en el contracte o en els "Plec de Condicions Particulars" que regeixin en l'obra, formarà el Contractista una relació valorada de les obres executades durant els terminis previstos, segons la mesura que haurà practicat la Direcció Facultativa.

El treball executat pel Contractista en les condicions preestablertes, es valorarà aplicant al resultat de la mesura general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral corresponent per a cada unitat d'obra, els preus assenyalats en el pressupost per a cadascuna d'elles, tenint present a més allò establert en el present "Plec General de Condicions econòmiques" respecte a millores o substitucions de materials o a les obres accessòries i especials, etc.

Al Contractista, que podrà presenciar les mesures necessàries per estendre aquesta relació, la Direcció Facultativa li facilitarà les dades corresponents de la relació valorada, acompanyant-les d'una nota d'enviament, a l'objecte que, dins del termini de deu (10) dies a partir de la data de recepció d'aquesta nota, el Contractista pugui en examinar-les i tornar-les firmades amb la seva conformitat o fer, en cas contrari, les observacions o reclamacions que

consideri oportunes. Dins dels deu (10) dies següents a la seva recepció, la Direcció Facultativa acceptarà o refusarà les reclamacions del Contractista si hi fossin, donant-li compte de la seva resolució i podent el Contractista, en el segon cas, acudir davant el Propietari contra la resolució de la Direcció Facultativa en la forma prevista en els "Plecs Generals de Condicions Facultatives i Legals".

Prenent com a base la relació valorada indicada en el paràgraf anterior, la Direcció Facultativa expedirà la certificació de les obres executades.

De l'import se'n deduirà el tant per cent que per a la constitució de la finança s'hagi preestablert.

El material emmagatzemat a peu d'obra per indicació expressa i per escrit del Propietari, podrà certificar-se fins el noranta per cent (90 per 100) del seu import, als preus que figuren en els documents del Projecte, sense afectar-los del tant per cent de Contracta.

Les certificacions es remetran al Propietari, dins del mes següent al període al qual es refereixen, i tindran el caràcter de document i lliuraments a bon compte, subjectes a les rectificacions i variacions que es deriven de la liquidació final, no suposant tampoc aquestes certificacions ni aprovació ni recepció de les obres que comprenen.

Les relacions valorades contindran solament l'obra executada en el termini al qual la valoració es refereix. En cas que la Direcció Facultativa ho exigís, les certificacions s'estendran a l'origen.

Millores d'obres lliurament executades

Article 69.- Quan el Contractista, inclòs amb autorització de la Direcció Facultativa, utilitzés materials de preparació més acurada o de mides més grans que l'assenyalat en el Projecte o substituís una classe de fàbrica per una altra de preu més alt, o executés amb dimensions més grans qualsevol part de l'obra o, en general introduís en l'obra sense demanar-li, qualsevol altra modificació que sigui beneficiosa a criteri del Tècnic Director, no tindrà dret, no obstant, més que a l'abonament del que pogués correspondre en el cas que hagués construït l'obra amb estricta subjecció a la projectada i contractada o adjudicada.

Abonament de treballs pressupostats amb partida alçada

Article 70.- Exceptuant el preceptuat en el "Plec de Condicions Particulars d'índole econòmica", vigent en l'obra, l'abonament dels treballs pressupostats en partida alçada, s'efectuarà d'acord amb el procediment que correspongui entre els que a continuació s'expressen:

a) Si hi ha preus contractats per a unitats d'obra iguals, les pressupostades mitjançant partida alçada, s'abonaran prèvia mesura i aplicació del preu establert.

b) Si hi ha preus contractats per a unitats d'obra similars, s'establiran preus contradictoris per a les unitats amb partida alçada, deduïts dels similars contractats.

c) Si no hi ha preus contractats per a unitats d'obra iguals o similars, la partida alçada s'abonarà íntegrament al Contractista, exceptuant el cas que en el Pressupost de l'obra s'expressi que l'import d'aquesta partida s'ha de justificar, en aquest cas, el Tècnic Director

indicarà al Contractista i amb anterioritat a l'execució, el procediment que s'ha de seguir per portar aquest compte que, en realitat serà d'administració, valorant-ne els materials i jornals als preus que figuren en el Pressupost aprovat o, en el seu defecte, als que anteriorment a l'execució convinguin ambdues parts, incrementant-se l'import total amb el percentatge que es fixi en el Plec de Condicions Particulars en concepte de Despeses Generals i Benefici Industrial del Contractista.

Abonament d'esgotaments i altres treballs especials no contractats

Article 71.- Quan calguessin efectuar esgotaments, injeccions o altres treballs de qualsevol índole especial o ordinària, que per no haver estat contractats no fossin per compte del Contractista, i si no fossin contractats amb tercera persona, el Contractista tindrà l'obligació de fer-los i de pagar les despeses de tota mena que ocasionin, i li seran abonats pel Propietari per separat de la Contracta.

A més de reintegrar mensualment aquestes despeses al Contractista, se li abonarà juntament amb ells el tant per cent de l'import total que, en el seu cas, s'especifiqui en el Plec de Condicions Particulars.

Pagaments

Article 72.- El Propietari pagarà en els terminis prèviament establerts.

L'import d'aquests terminis correspondrà precisament al de les certificacions d'obra conformades pel Tècnic Director, en virtut de les quals es verificaran els pagaments.

Abonament de treballs executats durant el termini de garantia

Article 73.- Efectuada la recepció provisional i si durant el termini de garantia s'haguessin executat treballs, per al seu abonament es procedirà així:

1r. Si els treballs que es fan estiguessin especificats en el Projecte i, sense causa justificada, no s'haguessin realitzat pel Contractista al seu temps, i la Direcció Facultativa exigís la seva realització durant el termini de garantia, seran valorats els preus que figuren en el pressupost i abonats d'acord amb el que es va establir en els "Plec Particulars" o en el seu defecte en els Generals, en el cas que aquests preus fossin inferiors als vigents en l'època de la seva realització; en cas contrari, s'aplicaran aquests últims.

2n. Si s'han fet treballs puntuals per a la reparació de desperfectes ocasionats per l'ús de l'edifici, degut a que aquest ha estat utilitzat durant aquest temps pel Propietari, es valoraran i abonaran els preus del dia, prèviament acordats.

3r. Si s'han fet treballs per a la reparació de desperfectes ocasionats per deficiència de la construcció o de la qualitat dels materials, no s'abonarà per aquests treballs res al Contractista.

2.6. De les indemnitzacions mútues

Import de la indemnització per retard no justificat en el termini d'acabament de les obres

Article 74.- La indemnització per retard en l'acabament s'establirà en un tant per mil (0/000) de l'import total dels treballs contractats, per cada dia natural de retard, comptats a partir del dia d'acabament fixat en el calendari d'obra.

Les sumes resultants es descomptaran i retindran amb càrrec a la fiança.

Demora dels pagaments

Article 75.- Si el propietari no pagués les obres executades, dins del mes següent a què correspon el termini convingut, el Contractista tindrà a més el dret de percebre l'abonament d'un quatre i mig per cent (4,5 per 100) anual, en concepte d'interessos de demora, durant l'espai de temps de retard i sobre l'import de l'esmentada certificació.

Si encara transcorreguessin dos mesos a partir de l'acabament d'aquest termini d'un mes sense realitzar-se aquest pagament, tindrà dret el Contractista a la resolució del contracte, procedint-se a la liquidació corresponent de les obres executades i dels materials emmagatzemats, sempre que aquests reuneixin les condicions preestablertes i que la seva quantitat no excedeixi de la necessària per a la finalització de l'obra contractada o adjudicada.

Malgrat l'expressat anteriorment, es refusarà tota sol·licitud de resolució del contracte fundat en la demora de pagaments, quan el Contractista no justifiqui que en la data de l'esmentada sol·licitud ha invertit en obra o en materials emmagatzemats admissibles la part de pressupost corresponent al termini d'execució que tingui assenyalat al contracte.

2.7. Varis

Millores i augments d'obra. Casos contraris

Article 76.- No s'admetran millores d'obra, només en el cas que el Tècnic Director hagi manat per escrit l'execució de treballs nous o que millorin la qualitat dels contractats, així com la dels materials i aparells previstos en el contracte.

Tampoc s'admetran augments d'obra en les unitats contractades, excepte en cas d'error en els amidaments del Projecte, llevat que la Direcció Facultativa ordeni, també per escrit, l'ampliació de les contractades.

En tots aquests casos serà condició indispensable que ambdues parts contractants, abans de la seva execució o utilització, convinguin per escrit els imports totals de les unitats millorades, els preus dels nous materials o aparells ordenants utilitzar i els augments que totes aquestes millores o augments d'obra suposin sobre l'import de les unitats contractades.

Se seguirà el mateix criteri i procediment, quan el Tècnic Director introdueixi innovacions que suposin una reducció apreciable en els imports de les unitats d'obra contractades.

Unitats d'obra defectuoses però acceptables

Article 77.- Quan per qualsevol causa calgués valorar obra defectuosa, però acceptable segons la Direcció Facultativa de les obres, aquest determinarà el preu o partida d'abonament després de sentir al Contractista, el qual s'haurà de conformar amb l'esmentada resolució, excepte el cas en què, estant dins el termini d'execució, s'estimi més enderrocar l'obra i refer-la d'acord amb condicions, sense excedir l'esmentat termini.

Assegurança de les obres

Article 78.- El Contractista estarà obligat a assegurar l'obra contractada durant tot el temps que duri la seva execució fins a la recepció definitiva; la quantia de l'assegurança coincidirà en cada moment amb el valor que tinguin per Contracta els objectes assegurats. L'import abonat per la Societat Asseguradora, en el cas de sinistre, s'ingressarà en compte a nom del Propietari, perquè amb càrrec al compte s'aboni l'obra que es construeixi, i a mesura que aquesta es vagi fent. El reintegrament d'aquesta quantitat al Contractista es farà per certificacions, com la resta dels treballs de la construcció. En cap cas, llevat conformitat expressa del Contractista, fet en document públic, el Propietari podrà disposar d'aquest import per menesters distints del de reconstrucció de la part sinistrada; la infracció del que anteriorment s'ha exposat serà motiu suficient perquè el Contractista pugui resoldre el contracte, amb devolució de fiança, abonament complet de despeses, materials emmagatzemats, etc., i una indemnització equivalent a l'import dels danys causats al Contractista pel sinistre i que no se li haguessin abonats, però sols en proporció equivalent a allò que representi la indemnització abonada per la Companyia Asseguradora, respecte a l'import dels danys causats pel sinistre, que seran taxats amb aquesta finalitat pel Tècnic Director.

En les obres de reforma o reparació, es fixarà prèviament la part d'edifici que hagi de ser assegurada i la seva quantia, i si res no es preveu, s'entendrà que l'assegurança ha de comprendre tota la part de l'edifici afectada per l'obra.

Els riscos assegurats i les condicions que figuren a la pòlissa o pòlisses d'Assegurances, els posarà el Contractista, abans de contractar-los, en coneixement del Propietari, amb l'objectiu de recaptar d'aquest la seva prèvia conformitat o objeccions.

Conservació de l'obra

Article 79.- Si el Contractista, tot i sent la seva obligació, no atén la conservació de l'obra durant el termini de garantia, en el cas que l'edifici no hagi estat ocupat pel Propietari abans de la recepció definitiva, el Tècnic Director, en representació del Propietari, podrà disposar tot el que calgui perquè s'atengui la vigilància, neteja i tot el que s'hagués de menester per la seva bona conservació, abonant-se tot per compte de la Contracta.

En abandonar el Contractista l'edifici, tant per bon acabament de les obres, com en el cas de resolució del contracte, està obligat a deixar-ho desocupat i net en el termini que la Direcció Facultativa fixi.

Després de la recepció provisional de l'edifici i en el cas que la conservació de l'edifici sigui a càrrec del Contractista, no s'hi guardaran més eines, útils, materials, mobles, etc. que els indispensables per a la vigilància i neteja i pels treballs que fos necessari executar.

En tot cas, tant si l'edifici està ocupat com si no, el Contractista està obligat a revisar i reparar l'obra, durant el termini expressat, procedint en la forma prevista en el present "Plec de Condicions Econòmiques".

Utilització pel contractista d'edificis o bens del propietari

Article 80.- Quan durant l'execució de les obres el Contractista ocupi, amb la necessària i prèvia autorització del Propietari, edificis o utilitzi materials o útils que pertanyin al

Propietari, tindrà obligació de adobar-los i conservar-los per fer-ne lliurament a l'acabament del contracte, en estat de perfecta conservació, reposant-ne els que s'haguessin inutilitzat, sense dret a indemnització per aquesta reposició ni per les millores fetes en els edificis, propietats o materials que hagi utilitzat.

En el cas que en acabar el contracte i fer lliurament del material, propietats o edificacions, no hagués acomplert el Contractista amb el previst en el paràgraf anterior, ho realitzarà el Propietari a costa d'aquell i amb càrrec a la fiança.

3. Condicions tècniques generals (CONFIDENCIAL)

3.1. Objecte

- Fixar les condicions tècniques mínimes que han de complir les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a ala xarxa que es realitzin en l'àmbit d'actuació de l'IDAE (projectes, línies de suport, etc.). Pretén servir de guia per instal·ladors i fabricants d'equips, definits les especificacions mínimes que ha de complir una instal·lació per assegurar la seva qualitat, en benefici de l'usuari i del propi desenvolupament d'aquesta tecnologia.
- Valorar la qualitat final de la instal·lació en quant al seu rendiment, producció i integració.
- En l'àmbit d'aplicació d'aquest Plec de Condicions Tècniques (en el que segueix, PCT) s'estén a tots els sistemes mecànics, elèctrics i electrònics que formen part de les instal·lacions.
- En determinats supòsits, pels projectes es podran adoptar, per la pròpia naturalesa d'aquests o del desenvolupament tecnològic, solucions diferents a les exigides en aquest PCT, sempre que quedi suficientment justificada la seva necessitat i que no impliqui una disminució de les exigències mínimes de qualitat especificades en el mateix.

3.2. Generalitats

- Aquest plec és d'aplicació en la seva integritat a totes les instal·lacions solars fotovoltaïques destinades a la producció d'electricitat per a ser venuda a la xarxa. Queden excloses expressament les instal·lacions aïllades de la xarxa.
- Podran optar a aquesta convocatòria altres aplicacions especials, sempre i quan s'assegurin uns requisits de qualitat, seguretat i durabilitat equivalents. Tant en memòria de sol·licitud com en la memòria de dissenys o projecte s'inclouran les característiques d'aquestes aplicacions.
- En tot cas, és d'aplicació tota la normativa que afecti a instal·lacions solars fotovoltaïques.

3.3. Capítol 1. Instal·lació

En la memòria confidencial s'explica de cada una de les partides les principals característiques i aspectes que cal tenir en compte a l'hora de fer la instal·lació.

3.4. Capítol 2. Connexions

En la memòria confidencial s'explica de cada una de les partides les principals característiques i aspectes que cal tenir en compte a l'hora de fer la instal·lació.

3.5. Capítol 3. Proteccions

En la memòria confidencial s'explica de cada una de les partides les principals característiques i aspectes que cal tenir en compte a l'hora de fer la instal·lació.

3.6. Capítol 4. Altres

En la memòria confidencial s'explica de cada una de les partides les principals característiques i aspectes que cal tenir en compte a l'hora de fer la instal·lació.

Amidaments

CONFIDENCIAL

**DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU
INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Sr. David Carpintero Pleguezuelos

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

1. Capítol 1. Instal·lació

Pels ítems de mòdul solar, inversors i estructures de suport es fa una breu descripció i s'indiquen les dimensions i la quantitat de cadascun.

2. Capítol 2. Connexions

Pels ítems relacionats amb el cablejat, connectors i tubs es fa una breu descripció i s'indiquen les dimensions i la quantitat de cadascun.

3. Capítol 3. Proteccions

Pels ítems dels interruptors de protecció es fa una breu descripció i s'indiquen les dimensions i la quantitat de cadascun.

4. Capítol 4. Altres

Pels ítems d'armari, ventilador, proves, seguretat i legalització es fa una breu descripció i s'indiquen les dimensions i la quantitat de cadascun.

Pressupost

CONFIDENCIAL

**DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA EN UNA NAU
INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE PAPER**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Sr. David Carpintero Pleguezuelos

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

Els preus que figuren en la següent llista s'han extret de catàlegs referenciats o emprant els valors facilitats pel generador de preus [16].

1. Preus unitaris

En aquest apartat es mostra en una taula el codi de cada ítem, la descripció el preu unitari.

2. Preus descompostos

Els valors de les unitats següents s'han extret del generador de preus.

2.1. Capítol 1. Instal·lació

En aquest grup es detallen els costos dels ítems més voluminosos com són els mòduls, inversor i els suports. Es tenen compte la mà d'obra i els costos directes complementaris.

2.2. Capítol 2. Connexions

En aquest grup es detallen els costos dels ítems com el cablejat, els connectors i els tubs. Es tenen compte la mà d'obra i els costos directes complementaris.

2.3. Capítol 3. Proteccions

En aquest grup es detallen els costos dels ítems com els interruptors. Es tenen compte la mà d'obra i els costos directes complementaris.

2.4. Capítol 4. Altres

En aquest grup es detallen els costos dels ítems com els armaris i ventiladors. Es tenen compte la mà d'obra i els costos directes complementaris.

3. Pressupost

3.1. Capítol 1. Instal·lació

Aquí es mostra el codi, la descripció, la quantitat, el preu i l'import final de cada ítem.

3.2. Capítol 2. Connexions

Aquí es mostra el codi, la descripció, la quantitat, el preu i l'import final de cada ítem.

3.3. Capítol 3. Proteccions

Aquí es mostra el codi, la descripció, la quantitat, el preu i l'import final de cada ítem.

3.4. Capítol 4. Altres

Aquí es mostra el codi, la descripció, la quantitat, el preu i l'import final de cada ítem.

4. Resum del pressupost

En el resum es fa el sumatori de l'import de cada capítol i s'aplica el 13 % de benefici industrial i 6 % de despeses generals.

A aquest pressupost se li aplica l'IVA del 21 %.

5. Payback

Cal tenir en compte diferents factors:

5.1. Valor actual net (VAN)

Amb aquest paràmetre es pot conèixer la suma dels valors dels fluxos de caixa, mitjançant:

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{F_i}{(1+r)^t} \quad (84)$$

On:

- I_0 = inversió inicial.
- F_i = fluxos nets de caixa de l'any.
- k = taxa de descompte.
- t = anys en futur.

Es considera una taxa de descompte inicial del 5 %. Com a vida útil es pren el valor de la garantia de producció del mòdul escollit, que segons el fabricant és de 25 anys.

La teoria del VAN diu que:

- $VAN < 0$: presenta pèrdues, projecte no viable.
- $VAN > 0$: presenta guanys, projecte viable.

- VAN = 0: ni pèrdues ni guanys, de forma que tampoc és rendible.

Analitzant les dades es comprova que el valor del VAN acaba sent positiu al final de la vida útil.

5.2. Taxa interna de retorn (TIR)

La taxa interna de retorn indica la taxa d'interès o rendibilitat de la instal·lació per tal de determinar el benefici que s'obté cada any.

Per saber-ho, cal substituir el valor de "k" pel TIR i igualar el VAN a 0. Així, si el TIR és superior al valor inicial de "k", la inversió serà rendible.

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{F_i}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (85)$$

Fent els càlculs pertinents, el valor de TIR és superior al valor del 5 % anterior, de forma que és correcte.

5.3. Retorn de la inversió (ROI)

El ROI mesura la rendibilitat d'una inversió, és a dir, quant benefici o rendiment s'obté en relació amb el cost de la inversió inicial.

Pel seu càlcul es fa servir:

$$ROI = \frac{\text{Estalvis totals durant la vida útil} - \text{Inversió inicial}}{\text{Inversió inicial}} \cdot 100 \quad (86)$$

Si es calcula anualment:

$$ROI \text{ anual} = \frac{ROI}{\text{Vida útil}} \quad (87)$$

Un valor de ROI és una mica baix, ja que supera la inflació i ofereix un retorn baix, però segur.

Si es fa una gràfica per veure l'evolució, s'observa que, a partir dels 12 anys de la posada en marxa de la instal·lació, ja es tenen beneficis. És un període superior al de les instal·lacions domèstiques o de menys potència, però, tot i això, permet tenir guanys durant la meitat de la vida útil.

Al final cal tenir en compte la vida útil dels panells, els costos de manteniment, l'estalvi energètic que suposa, subvencions i un possible increment del cost de l'energia. En aquest cas no s'ha considerat cap subvenció ni un increment del preu del MWh, però cal tenir en compte que és possible que el preu vagi a l'alça o torni a valors més elevats com fa un parell d'anys. D'aquesta manera, el cost inicial podria ser inferior i l'estalvi total més alt, reduint el període d'amortització.

Si s'aconsegueix la subvenció del programa d'ajudes per autoconsum i emmagatzematge (Next Generation EU), al tractar-se d'una gran empresa i d'una instal·lació de superior a 100 kW a Catalunya, les ajudes podrien cobrir el 15 % del pressupost d'execució per contracta.

El 15 % de descompte de la subvenció redueix el temps d'amortització un parell d'anys. En qüestió de 10 anys ja es recuperaria la inversió inicial.

Referències

- [1] E. T. E. Factorenergia, «Factor energia,» [En línia]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/energia-solar/>. [Últim accés: 4 Maig 2024].
- [2] O. Planas, «Energia Solar,» [En línia]. Available: https://ca.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/efecte-fotovoltaic#google_vignette. [Últim accés: 4 Maig 2024].
- [3] O. Planas, «Energia Solar,» [En línia]. Available: <https://ca.solar-energia.net/que-es-energia-solar/radiacio-solar>. [Últim accés: 5 Maig 2024].
- [4] A. Soria, «Censolar,» [En línia]. Available: <https://www.censolar.org/legislacion-fotovoltaica-2021/>. [Últim accés: 5 Maig 2024].
- [5] HogarSolar, «hogarsolar,» [En línia]. Available: <https://hogarsolarenergia.es/comparativa-paneles-mas-eficientes/>. [Últim accés: 24 Maig 2024].
- [6] R. G. Cordero, «SunFields Europe,» [En línia]. Available: <https://www.sfe-solar.com/instalaciones-fotovoltaicas/productos/>. [Últim accés: 24 Maig 2024].
- [7] SotySolar, «SotySolar,» [En línia]. Available: <https://sotysolar.es/placas-solares/tipos-placas-solares-compararpaneles#:~:text=1%20%C2%BFC%C3%B3mo%20hacer%20una%20comparativa%20de%20placas%20solares%3Fplacas%20solares%20Canadian%20Solar%20Hiku%206%20410%20W>. [Últim accés: 25 Maig 2024].
- [8] S. R. Buñuel, «Solfy,» 5 Desembre 2023. [En línia]. Available: <https://solfy.net/placas-solares/mejores-placas-solares-del-mercado-en-2024/>. [Últim accés: 1 Juny 2024].
- [9] Soletec, «Soletec,» 8 Gener 2024. [En línia]. Available: <https://soletec.es/descubre-los-tipos-de-soportes-para-placas-solares-fotovoltaicas-que-existen/#:~:text=Los%205%20tipos%20de%20soportes%20para%20placas%20solares,Fachada%20...%205%205.%20Soportes%20de%20Seguimiento%20Solar>. [Últim accés: 4 Juny 2024].
- [10] J. Pérez, «Placas y Paneles,» [En línia]. Available: <https://placasypaneles.es/blog/como-fijar-placas-solares-al-tejado/>. [Últim accés: 9 Juny 2024].
- [11] J. Insa, «Monsolar,» [En línia]. Available: <https://www.monsolar.com/blog/orientacion-placas-solares-este-oeste/>. [Últim accés: 10 Juny 2024].
- [12] «Cambio Energético,» [En línia]. Available: <https://www.cambioenergetico.com/blog/orientacion-este-oeste-placas-solares/>. [Últim accés: 7 Juny 2024].
- [13] Areatecnologia, «Areatecnologia,» [En línia]. Available: <https://areatecnologia.com/electricidad/perdidas-fotovoltaica.html>. [Últim accés: 2 Juliol 2024].
- [14] T. I. d. reservados, «OMIE,» 2024. [En línia]. Available: <https://www.omie.es/es/market-results/annual/daily-market/daily-prices?scope=annual&year=2023&system=1>. [Últim accés: 12 Agost 2024].
- [15] REE, «ESIOS,» 2024. [En línia]. Available: https://www.esios.ree.es/es/analisis/1739?compare_indicators=1001&vis=2&start_date=01-08-2023T00%3A00&end_date=31-07-2024T23%3A55&compare_start_date=31-08-2023T00%3A00&groupby=month&zoom=6&latlng=39.99395569397331%2C-2.6477050781249996. [Últim accés: 12 Agost 2024].

- [16] S. CYPE Ingenieros, «Generador de Precios.» [En línia]. Available: <https://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>. [Últim accés: 13 Agost 2024].