



Universitat
de les Illes Balears

*Universitat de les Illes Balears
Cra. de Valldemossa, km 7.5 (Campus UIB). 07122
Palma, Illes Balears
Q0718001A
971 17 3000*

MODIFICACIONS AL PLA INICIAL DE DESPLEGAMENT DE FOTOVOLTAICA AL CAMPUS DE LA UIB



Data: 18 d'abril de 2023

Autors

*Sr. Benito Mas Gracia
benito.mas@uib.es
Sr. Murti Bär
murti.baer@uib.es
Dr. Vicente José Canals Guinand
v.canals@uib.es
Sr. Joan Margarit Trias
joan.margarit@uib.es
Dr. Víctor Martínez Moll
a.moran@uib.es
Sra. Marta Pons Nieto
marta.pons@uib.es*

*Dept. D'Enginyeria Industrial i
Construcció de la Universitat de
les Illes Balears*

*Servei de Patrimoni, Contractació,
Infraestructura i Unitat Tècnica de
la Universitat de les Illes Balears*

ÍNDIX

ESCENARIS DE GENERACIÓ FOTOVOLTAICA AL CAMPUS DE LA UIB.....	4
<i>Modificació del pla de desplegament.....</i>	4
<i>Contingut del document.....</i>	4
Edifici Interdepartamental.....	6
Caminal de Formentera.....	12
Pantaleu.....	20
Camí de l'Ullastre.....	29
Solar road.....	37
Pèrgoles fotovoltaiques de Can López.....	45
Hosteleria Est.....	53
Hosteleria Nord.....	61
Pèrgoles fotovoltaiques de l'aparcament de l'escola d'Hosteleria.....	68
Pèrgoles fotovoltaiques de Cas Jai.....	75
COMPARATIVA DELS PLANS DE DESPLEGAMENT DE LA GENERACIÓ FOTOVOLTAICA AL CAMPUS DE LA UIB	81
<i>Variació de la potència pic.....</i>	84
<i>Actuacions sobre l'anell de MT de la UIB</i>	84

ESCENARIS DE GENERACIÓ FOTOVOLTAICA AL CAMPUS DE LA UIB

L'estudi "*Escenaris de Generació Fotovoltaica al Campus de la Universitat de les Illes Balears*" que es va fer arribar al Servei de Patrimoni, Contractació, Infraestructura i Unitat Tècnica de la UIB el dia 22 de desembre de 2022, considerava el desplegament de 7 plantes fotovoltaïques a les zones de **Cas Jai, al Pantaleu, a l'Aljub General, a l'aparcament de l'Anselm Turmeda, al Caminal d'Eivissa, al Caminal de Formentera, i al Caminal de Cabrera**, i la solarització de les cobertes dels edificis **Gaspar Melchor de Jovellanos, Guillem Cifre de Colonya, Anselm Turmeda, Beatriu de Pinós, Antoni Maria Alcover i Sureda, i el Coberta del Campus Esport**. Aquestes potencials instal·lacions permetrien generar en total **11.195,2 MWh/any**, i cobrir el **109 %** de la demanda energètica anual del Campus, amb un cost estimat de **13.806.703 €**.

MODIFICACIÓ DEL PLA DE DESPLEGAMENT

D'acord amb les directrius rebudes per part del Consell de Direcció de la UIB, s'ha procedit a modificar el pla de desplegament fotovoltaic del Campus. Concretament, s'ha acordat no desplegar la potencial instal·lació del Caminal de Cabrera, i s'han reduït les dimensions de les pèrgoles fotovoltaïques que s'havia proposat desplegar al Caminal de Formentera. La no execució de la instal·lació del Caminal de Cabrera implica una reducció en la generació de **2.192,7 MWh/any**, mentre que la reducció de la instal·lació del Caminal de Formentera implica una reducció de **456,243 MWh/any**. Per tant, l'energia que s'havia estimat que s'obtindria s'ha vist reduïda en **2.648,9 MWh/any**.

Amb l'objectiu de compensar aquesta reducció en la generació, i poder cobrir la demanda energètica del Campus, s'ha modificat el pla inicial de desplegament fotovoltaic del Campus. Aquesta modificació s'ha realitzat en col·laboració entre el Servei de Patrimoni i el Departament d'Enginyeria de la UIB. La present modificació comporta **l'ampliació de la planta fotovoltaica del Pantaleu**, el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques al terreny annexa al **Camí de l'Ullastre i als terrenys annexes a la facultat d'Hosteleria**, el desplegament de pèrgoles fotovoltaïques a **Can López, a l'aparcament de Cas Jai, i a l'aparcament de la facultat d'Hosteleria**, la solarització de la **coberta del nou edifici Interdepartamental**, i la creació d'un caminal solar sobre el nou camí que connectarà l'aparcament de l'Anselm Turmeda i el Carrer Conillera. Aquestes noves plantes fotovoltaïques/modificacions permetran generar en conjunt fins a **2.943,3 MWh/any**.

CONTINGUT DEL DOCUMENT

El present document conté els pre-dissenys i els estudis energètics i econòmics de les potencials instal·lacions fotovoltaïques que es podrien desplegar a les següents zones:

- Coberta de l'edifici Interdepartamental
- Caminal de Formentera
- Zona de del Pantaleu
- Zona annexa al Camí de l'Ullastre
- Solar Road
- Zona d'Hosteleria Est
- Zona d'Hosteleria Nord
- Pèrgoles fotovoltaïques de l'aparcament d'Hosteleria
- Pèrgoles fotovoltaïques de Cas Jai

Seguidament, es presenta una comparativa entre els escenaris de generació globals del pla inicial de desplegament i del pla modificat.

EDIFICI INTERDEPARTAMENTAL

Analitzant la coberta de l'edifici Interdepartamental s'ha pogut veure que consta d'una coberta plana transitable susceptible per instal·lar-hi plaques fotovoltaïques. A la **Figura 1** es presenta de color vermell les zones lliures de la coberta, i a la **Taula 1** les principals característiques:

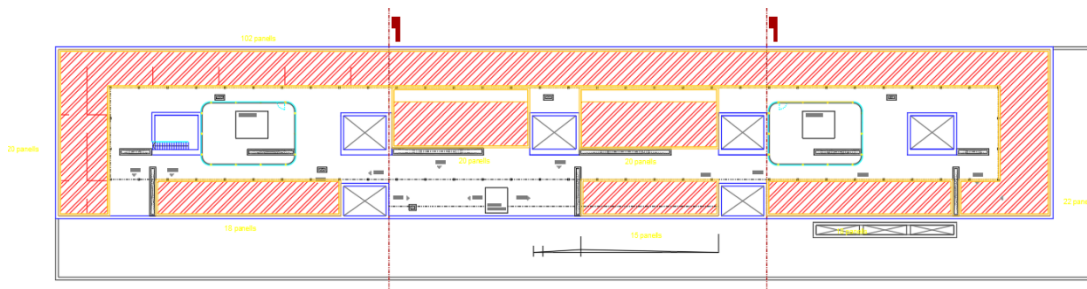


Figura 1. Zones susceptibles per instal·lar-hi plaques fotovoltaïques de la coberta de l'edifici Interdepartamental.

Taula 1. Característiques de les cobertes identificades a l'edifici Interdepartamental.

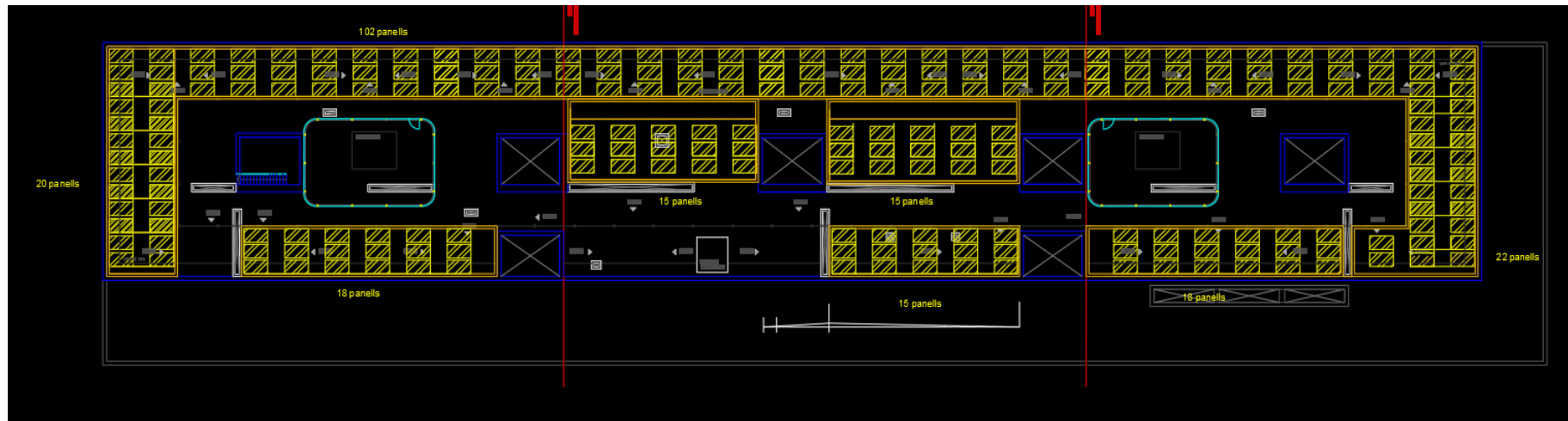
Categoria de coberta	Superfície de la coberta [m²]	Superfície PV útil de la coberta [m²]	Angle azimut / orientació	Inclinació de la coberta	Inclinació dels panells fotovoltaics
B	846,32	382,1	12° / S-E	0°	30°

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

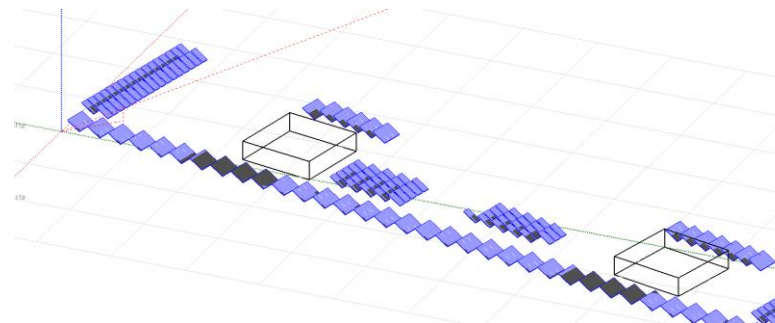
Un cop analitzats els diferents escenaris de generació fotovoltaica es planteja que en la coberta de l'edifici Interdepartamental es podria ubicar un parc fotovoltaic de **102 kW_p** de panells fotovoltaics, elements generadors en corrent continua (DC), i **100 kW_{ac}** de potencia de producció en corrent alterna (AC), elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaics es transferida mitjançant corrent continua s'ha de transformar en corrent alterna, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaics de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400 V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis.

Sobre la superfície útil de la coberta es podria instal·lar fins a **225** panells fotovoltaics del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**, que ocuparien una superfície de **382,1 m²**, equivalent a un **45,14 %** de la superfície de coberta òptima de l'edifici, estimada en **846,3 m²**. Les cadenes de strings dels panells fotovoltaics aniran connectats a **1 inversor de 100 kWac model Sunny Highpower 100-20 Peak3** del fabricant alemany SMA.

A la Figura 2 es presenta el pre-disseny amb Autocad de la distribució de panells fotovoltaics sobre la coberta, i l'estudi d'ombres dut a terme amb el programari PVsyst:



(a)



(b)

Figura 2 : (a) Pre-disseny de la planta fotovoltaica de la coberta de l'edifici Inter departamental. (b) Estudi d'ombres de la potencial instal·lació fotovoltaica que es podria desplegar sobre la coberta de l'edifici.

A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 2. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica de la coberta de l'edifici Interdepartamental

	Irradiància Global horitzontal [kWh/m²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	8,561	8,43
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	9,905	9,755
<i>Març</i>	137,40	50,84	14,667	14,434
<i>Abril</i>	168,00	65,67	15,735	15,487
<i>Maig</i>	205,80	81,80	17,676	17,398
<i>Juny</i>	220,60	82,30	17,895	17,619
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	17,985	17,709
<i>Agost</i>	196,90	68,01	17,322	17,054
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	14,224	14,009
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	11,629	11,454
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	8,159	8,04
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	7,588	7,476
Total anual:	1.684,90	654,89	161,346	158,866
Inversió neta (Total del pressupost general) [€]:				122.719,26 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				45,59
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				1,55 %

Concretament, la instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **158,9 MWh/any**, que permetria cobrir un **1,55 %** de la demanda elèctrica anual del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **45,59 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta de **122.719,26 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **1,20 €/Wp**, (impostos inclosos), i totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...), l'adequació de l'anell de mitja tensió del campus i el conjunt de l'obra civil associada (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del predisseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie. Donat que l'espai útil de les cobertes es limitat serà fonamental que la eficiència del panell sigui la més alta possible. Per aquest estudi s'ha seleccionat el panell model LR4-72HPH-455M, del fabricant xines Longi Solar, que presenta una eficiència del 20,9 % i les característiques tècniques que s'exposen a la **Taula 3**. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb eficiència igual o superiors als analitzats.

Taula 3. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referència:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potència nominal [W _p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9

Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Estructures de suport

Si s'analitza la coberta útil de l'edifici Inter departamental es pot veure que es tracta d'una coberta plana transitable, de manera que per fixar els panells s'han emprat estructures de suport prefabricades:

- *Coberta plana transitable:* a les cobertes planes transitables s'ha decidit utilitzar unes estructures de suport de formigó prefabricat denominades SOLARBLOC. La geometria i la massa d'aquests elements permeten fixar els panells fotovoltaics directament a sobre seu, sense requerir d'una estructura metàl·lica o haver d'ancorar l'estructura de suport a la coberta.



Figura 3: SOLARBLOC.

A l'IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético*) s'indica que la distància de separació entre files de mòduls de panells ha de ser tal que es garanteixi almanco quatre hores de sol al voltant del mig dia del solstici d'hivern. Si es calcula aquesta distància tenint en compte que la latitud de la posició de l'edifici Gaspar Melchor de Jovellanos es de 39.38° N, que la longitud del panell fotovoltaic es de 1,038 m (horitzontal), i que l'angle del panell sobre l'horitzontal es de 30° , s'obté que la separació entre files ha de ser de 0,997 m. Si es considera la longitud vertical (2,094 m) la separació mínima ha de ser de 1,33 m. Tenint en compte que l'espai disponible a les cobertes es limitat, en aquest estudi s'ha decidit reduir lleugerament aquesta distància per tal de poder instal·lar un major nombre de panells, de manera que la **separació entre files de panells ha estat fixada en 1,3 m**. En conseqüència, les diferents estructures es faran ombra entre elles, el que implicarà unes **pèrdues anuals d'energia**, que d'acord a la simulació duta a terme amb el PVsyst es **del 7,85 %**. Ara bé, les pèrdues son compensades amb l'augment de la generació al col·locar més estructures per unitat d'àrea. En quan a la coberta inclinada cal mencionar que la separació entre files no s'ha de tenir en compte donat que les plaques s'instal·laran emprant estructures coplanars. Tot i així s'ha deixat espai suficient per poder dur a terme tasques de manteniment.

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient que permeti la seva instal·lació en la intempèrie, en la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparà; a fi de minimitzar les pèrdues de distribució en DC. A més a més, el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser major al 98 %, i hauran de disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Per aquest estudi s'ha seleccionat **el model Sunny Highpower 100-20 PEAK3 de 100 kW_{ac}**.

Taula 4. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Highpower 100-20 PEAK3

Fabricant:	SMA
Referència:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	150
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	100
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98,6
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	98

A la Taula 5, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 5. Superfícies i característiques dels equipaments emprats en la planta fotovoltaica de l'edifici Interdepartamental.

Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m ²]	Inclinació	Angle azimut / orientació	Superfície Ocupada [m ²]
Suports prefabricats de formigó	Solarbloc	Pretensados DURAN	288	-	-	-	-	-	-
Panells fotovoltaics	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	225	455 W _p	102 kW _p	2,17	16/30º	12º / 78º S	382
Inversors	Sunny Highpower 100-20 PEAK3	SMA	1	100 kW _{ac}	100 kW _{ac}	--	--		--
Superfície total ocupada amb la projecció dels elements de la instal·lació [m ²]:									698,6
Superfície total òptima de la coberta [m ²]:									846,3
Percentatge d'ocupació:									45,14 %

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA DE L'EDIFICI INTERDEPARTAMENTAL

El cost de la inversió necessària per el desplegament d'una planta fotovoltaica amb les característiques i equips descrits en les subseccions anteriors a la coberta de l'edifici Interdepartamental ascendeix a **122.719,26 €**. En la **Taula 6** es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar per implementar la instal·lació proposada en el present estudi:

Taula 6: Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica de l'edifici Interdepartamental.

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Instal·lació a coberta plana transitable	Solar block, palangana de suport del cablejat i accessoris material elèctric, caixa de strings, mà d'obra...	1	23.544,95 €	23.544,95 €	29,48%
Total obres civils i estructures:					23.544,95 €	29,88%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat de connexió des de l'inversor fins al quadre de baixa de l'edifici.	1	3.807,14 €	3.807,14 €	4,77%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					3.807,14 €	4,77%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					27.352,09 €	34,25%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					
	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3	1	7.199,00	7.199,00	9,01%

	Panell fotovoltaic	LR 4-72 HPH 455 M G2	225	144,63	32.541,75	40,75%
	Comptador elèctric		1	2.700,00	2.700,00	3,38%
Capítol 4	Seguretat i Salut	Un quadre de baixa tensió (BT)	1	1066,1155	1.066,12	1,33%
Capítol 5	Imprevistos d'obra	Seguretat i salut	1	3.000,00	3.000,00	3,76%
Pressupost d'execució material (PEM):					79.858,96	100,00%
Despeses Generals (DG):				13,00%	10.381,66 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	4.791,54 €	
				Total DG+BI [€]:	15.173,20 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	6.388,72 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					101.420,88 €	
IVA:				21,00%	21.298,38 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					122.719,26 €	
Cost específic [€/Wp]:					1,20	

CAMINAL DE FORMENTERA

En la present subsecció es detallen els principals aspectes relacionats amb el desplegament d'una potencial instal·lació fotovoltaica d'autoconsum als terrenys corresponents a la zona d'estacionament del Caminal de Formentera. A continuació es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny en funció de l'ús, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica a desplegar-hi, i la generació elèctrica mensual que abocaria aquesta instal·lació a la xarxa, un detall dels equipaments seleccionats, i una estimació dels costos d'inversió.

UBICACIÓ

El Caminal de Formentera es troba ubicat al campus de la Universitat de les Illes Balears, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears). La zona susceptible per instal·lar-hi plaques fotovoltaïques sobre pèrgoles es troba delimitada mitjançant una línia vermella continua en la **Figura 4**. Concretament, aquesta zona presenta una superfície d'uns **3.507,9 m²**



Figura 4. Zona delimitada amb color vermell seria on s'ubicaria la planta fotovoltaica del Caminal Formentera.

Com es pot apreciar, la zona definida es troba delimitada per el terraplè i els arbres que s'ubiquen al costat del caminal. Alguns d'aquests elements donaran peu a l'aparició d'ombres sobre els panells fotovoltaïcs que s'instal·lin en les seves immediacions, en especial per les tardes donat que bona part dels obstacles s'ubiquen a l'oest del terreny proposat. Per tant, a l'hora de pre-dimensionar el potencial parc fotovoltaic que es podria instal·lar en aquest terreny s'haurà de realitzar un estudi d'ombres properes, a fi de determinar les pèrdues de generació provocades per aquets obstacles.

CLASIFICACIÓ DE LA ZONA AFECTADA

Els terrenys prioritaris del Caminal de Formentera formen part de la *zona 6 – àrea d'esports*, segons el que estableix el Pla especial de l'any 1986 de la Universitat de les Illes Balears, que consta d'una superfície aproximada de **52.990 m²**. Segons el mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques disponible al visor de la Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB) de la *Conselleria de Media Ambient i Territori* del GOIB, la zona d'aparcament del caminal de Formentera presenta una aptitud **baixa**. Per altra banda, si s'analitza el mapa d'aparcaments de més

de 1.000 m² aptes per una possible instal·lació de panells fotovoltaics, d'acord amb llei 10/2019, del visor IDEIB, la zona d'aparcament del Caminal de Formentera presenta un nivell d'insolació òptim.

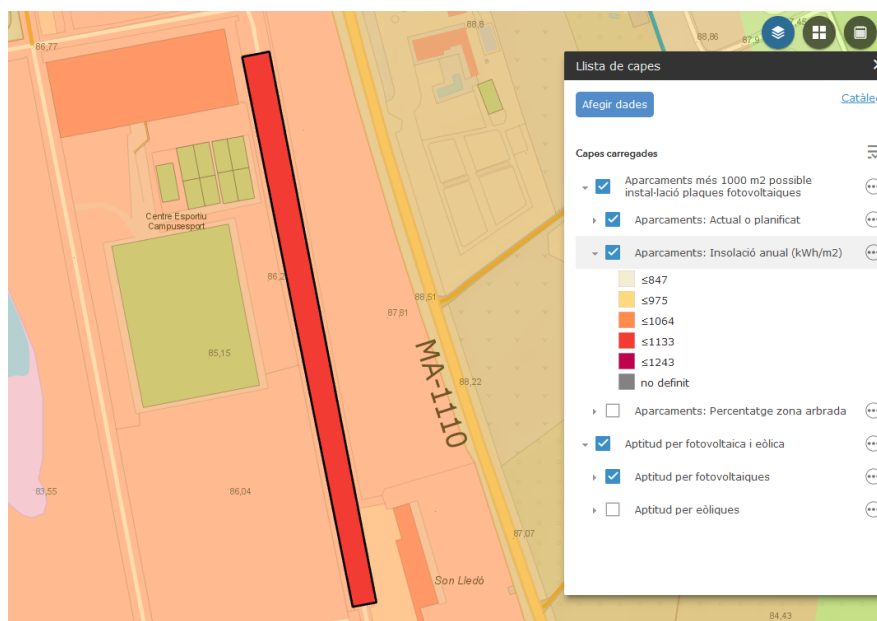


Figura 5. Mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques del caminal de Formentera. Font: IDEIB.

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaica es planteja que en la zona d'estacionament del Caminal de Formentera es podria ubicar un parc fotovoltaic de **327 kW_p** de potencia de producció en corrent continua (DC) i **330 kW_{ac}** de potencia de producció en corrent alterna (AC), dels elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaics es transferida mitjançant corrent continua s'ha de transformar en corrent alterna, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaics de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'haurà d'eleva la tensió de l'energia produïda en baixa tensió per la instal·lació fotovoltaica a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permetria la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera del Campus. Concretament, en el present estudi es proposa evacuar l'energia que generaria la potencial instal·lació fotovoltaica del Caminal de Formentera a través del CT que es proposa construir annexa a l'Aljub General, el cost del qual ja s'ha inclòs a l'estimació del cost de la instal·lació de la potencial planta fotovoltaica que es podria instal·lar a la zona de l'Aljub General.

Un cop analitzats els terrenys s'ha determinat que es podria desplegar una potencial instal·lació fotovoltaica que permetria instal·lar fins a **718 panells fotovoltaics**, del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar, de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**, col·locades sobre **sis marquesines model PR1.1 SC20, del fabricant SUNFER**, que ocuparien una superfície de **1.812,3 m²**, equivalent a un **3,4 %** de la superfície de la zona 6 – àrea d'esports que en totalitat consta de **50.990 m²**. La coberta de cada una d'aquestes marquesines presentaria una inclinació de 5° sobre l'horitzontal, i les estructures presentarien una orientació 79 °(marquesines col·locades al costat esquerra del caminal, orientació nord) o -101°(marquesines del costat de la dreta del caminal, orientació nord). A la vegada, les cadenes de panells fotovoltaics de dues marquesines consecutives (partint des del sud) anirien connectades a un inversor de **110 kWac model Sunny Tripower STP110**

(panells de les marquesines PR1.1 SC20+PR1.1 SC20), del fabricant alemany SMA. Finalment, les cadenes de panells de les dues marquesines model PR1.1 SC20 de més del nord es connectarien a **2 inversors model Ingecon Sun 100TL de 55 kW**, del fabricant espanyol Ingeteam. El pre-disseny de la distribució dels panells fotovoltaics es presenta a la **Figura 6**.

A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 7. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica ubicada a l'aparcament del Caminal de Formentera

	Irradiància Global horitzontal [kWh/m²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	19,65	19,18
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	25,11	24,64
<i>Març</i>	137,40	50,84	40,53	39,82
<i>Abril</i>	168,00	65,67	49,03	48,22
<i>Maig</i>	205,80	81,80	59,33	58,38
<i>Juny</i>	220,60	82,30	62,43	61,48
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	62,19	61,24
<i>Agost</i>	196,90	68,01	55,14	54,25
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	41,41	40,73
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	30,73	30,18
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	19,80	19,38
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	17,00	16,59
Total anual:	1.684,90	654,89	482,34	474,10
Inversió neta (Total del pressupost general):				667.222,13 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				136,07
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				4,63%

Concretament, la instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **474,10 MWh/any**, que permetria cobrir un **4,63 %** de la demanda elèctrica anual del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **136,07 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta de **667.222,13 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **2,04 €/Wp**, (impostos inclosos), i totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...), l'adequació de l'anell de mitja tensió del campus i el conjunt de l'obra civil associada (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del predisseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.

Finalment, cal remarcar que en el cost específic determinat, de **2,04 €/Wp**, hi ha **0,18 €/Wp (8,82 %)** que es corresponen a actuacions destinades a l'adequació de la xarxa de distribució de MT de la UIB per a permetre una correcta evacuació de l'energia generada a la xarxa.

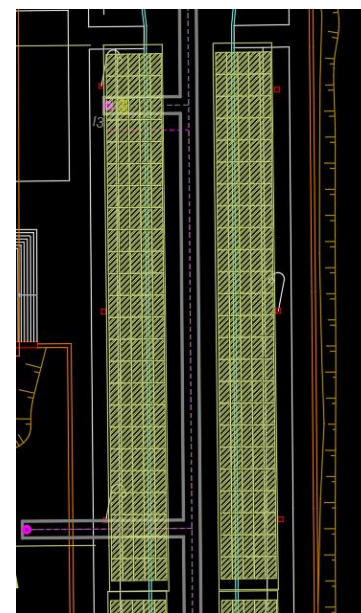
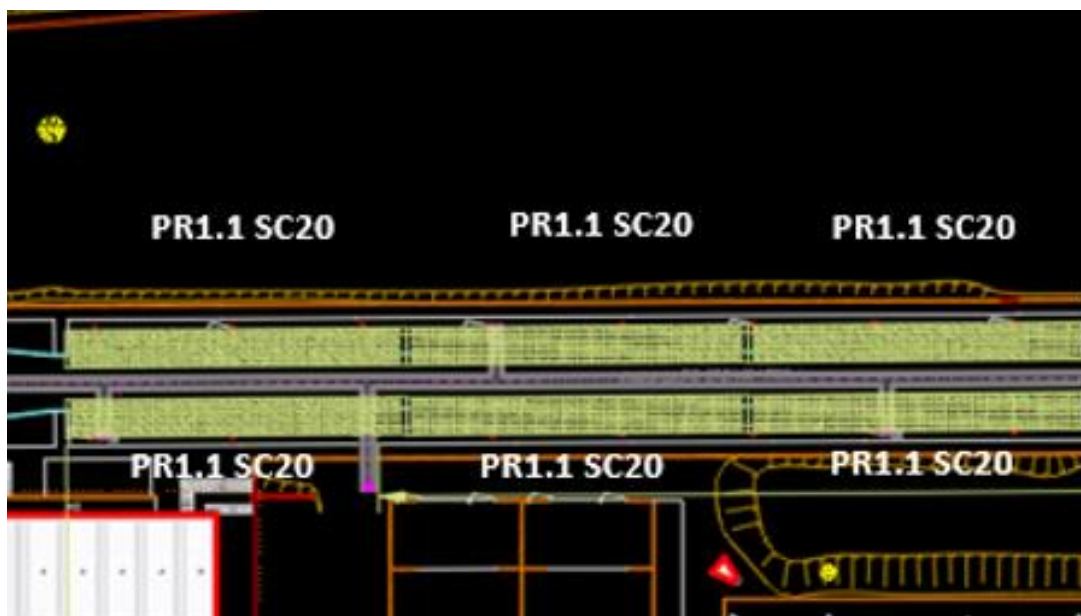


Figura 6: Pre-disseny de la planta fotovoltaica de l'aparcament del Caminal de Formentera.

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie, sent una de les característiques de selecció més rellevants que l'eficiència del panell sigui la més alta possible. Per aquest estudi s'ha seleccionat el panell model LR4-72HPH-455M, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del 20,9 % i les característiques tècniques que s'exposen a la **Taula 8**. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi.

Taula 8. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referència:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potència nominal [W_p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Marquesines

A l'hora de seleccionar les marquesines fotovoltaiques s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Cal mencionar que al pre-disseny s'han situat sis marquesines model PR1.1 Sc20 (fins a: $24 \times 5 = 120$ panells) del fabricant SUNFER, permetent en total la instal·lació de 720 panells fotovoltaics.

A la vegada, amb la finalitat de minimitzar l'impacte visual i paisatgístic s'ha decidit que l'altura màxima de la marquesina sobre el terreny sigui de 3,5 m, i l'altura mínima de 2,2 m per tal de permetre compatibilitzar la generació solar amb l'ús del terreny com a estacionament de vehicles. Els pilars de les marquesines es fixaran al sòl mitjançant el seu cargolat a uns ancoratges prèviament embotits a sabates de formigó, que tindran un volum de com a mínim 4 m^3 i es trobaran separades entre si com a màxim 5 m. A la **Figura 7** es presenta una representació gràfica de l'ús d'una marquesina simple model PR3.1 SC4 a un aparcament de cotxes:

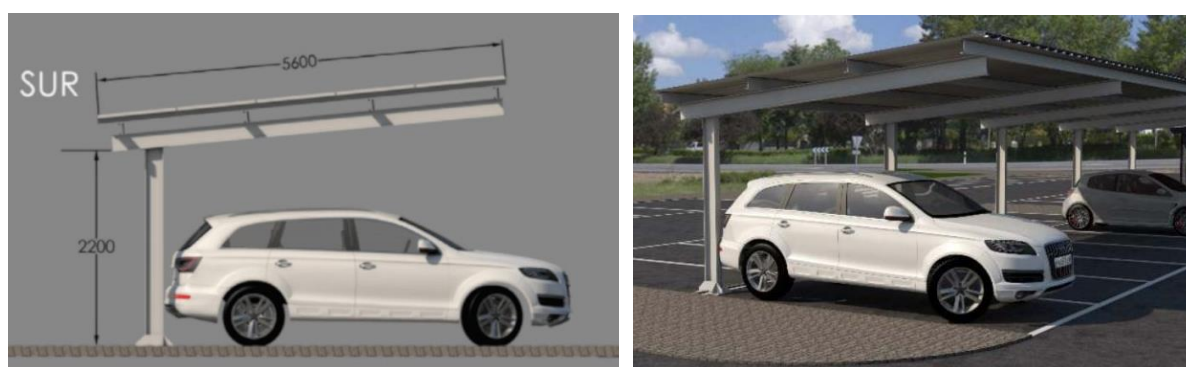


Figura 7. Marquesina modular.

Les marquesines emprades permeten la instal·lació de cinc fileres de 24 panells fotovoltaics muntats horitzontalment, per mides de panells fins a $2150 \times 1060 \text{ mm}$. L'altura màxima de l'estructura amb els

panells sobre el sòl es de **2,67 m**. Els pilars de les marquesines es distribuïran cada 5 metres, i aniran fixats mitjançant cargols a les respectives sabates de formigó.

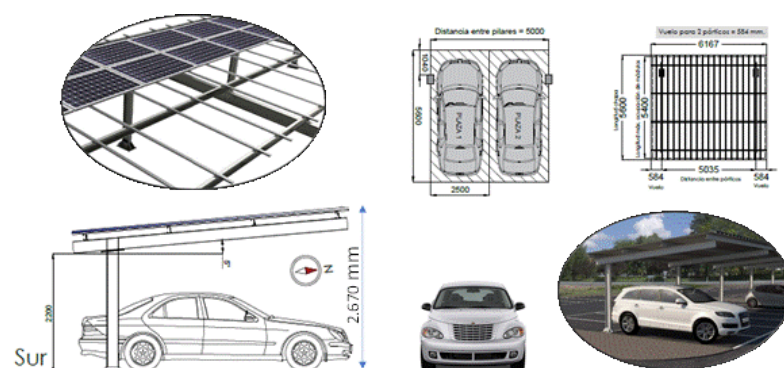


Figura 8. Disposició de les fileres de marquesines fotovoltaïques de l'aparcament del Caminal de Formentera.

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en la intempèrie, en la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparà; a fi de minimitzar les pèrdues de de distribució de en DC. A la vegada el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser major al 98%, disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Per aquest estudi s'han seleccionat tres models d'inversors trifàsics. Concretament, s'han emprat els inversors **model Sunny Tripower STP110, del fabricant alemany SMA** i l'inversor **model Ingecon Sun 100TL de 55 kW, del fabricant espanyol Ingeteam**.

Taula 9. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Tripower STP110

Fabricant:	SMA
Referència:	Sunny Tripower STP110
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	165
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.100
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	110
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98,6
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	93,5

Taula 10. Principals característiques tècniques de l'inversor Ingecon Sun 100 TL

Fabricant:	Ingeteam
Referència:	Ingecon Sun 100 TL
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	80,2
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	55,3
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98,5
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	78

A la **Taula 11**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 11. Superfícies i característiques del equipaments emprats en la planta fotovoltaica del Caminal de Formentera.

Zona fotovoltaica 1: Marquesines per la zona d'estacionament de l'esquerra del Caminal de Formentera (orientat cap al nord)									
Model de marquesina:		PR1.1 SC20	Fabricant:		SUNFER	Unitats:	3	Superfície unitària [m²]:	302,05
Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m²]	Inclinació	Angle azimut / orientació	Superfície Ocupada [m²]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	360	455 W _p	163,8 kW _p	2,17	5°	79/ S-O	906,15 (marquesines)
Inversors	Sunny Tripower STP110	SMA	1	110kW _{ac}	110 kW _{ac}	--	--	--	--
Inversors	INGECON SUN 100TL	Ingeteam	1	55 kW _{ac}	55 kW _{ac}	--	--	--	--
Zona fotovoltaica 2: Marquesines per la zona d'estacionament de la dreta del Caminal de Formentera (orientat cap al nord)									
Model de marquesina:		PR1.1 SC20	Fabricant:		SUNFER	Unitats:	6	Superfície unitària [m²]:	294,65
Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m²]	Inclinació	Angle azimut / orientació	Superfície Ocupada [m²]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	360	455 W _p	163,8 kW _p	2,17	5°	-101/ S-E	906,15 (marquesines)
Inversors	Sunny Tripower STP110	SMA	1	110kW _{ac}	110 kW _{ac}	--	--	--	--
Inversors	INGECON SUN 100TL	Ingeteam	1	55 kW _{ac}	55 kW _{ac}	--	--	--	--
Evacuació de la generació									
Centre de transformació	---	Quadre de Baixa tensió a instal·lar al CT que s'ha construït al costat de la planta PV de l'Aljub General	1	--	--	--	--	--	--
Superfície total ocupada amb la projecció dels elements de la instal·lació [m²]:									1.812,3
Superfície total de la "zona 6 – àrea d'esports" [m²]:									50990
Percentatge d'ocupació de la "zona 6 – àrea d'esports" [%]:									3,55 %

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA DEL CAMINAL DE FORMENTERA

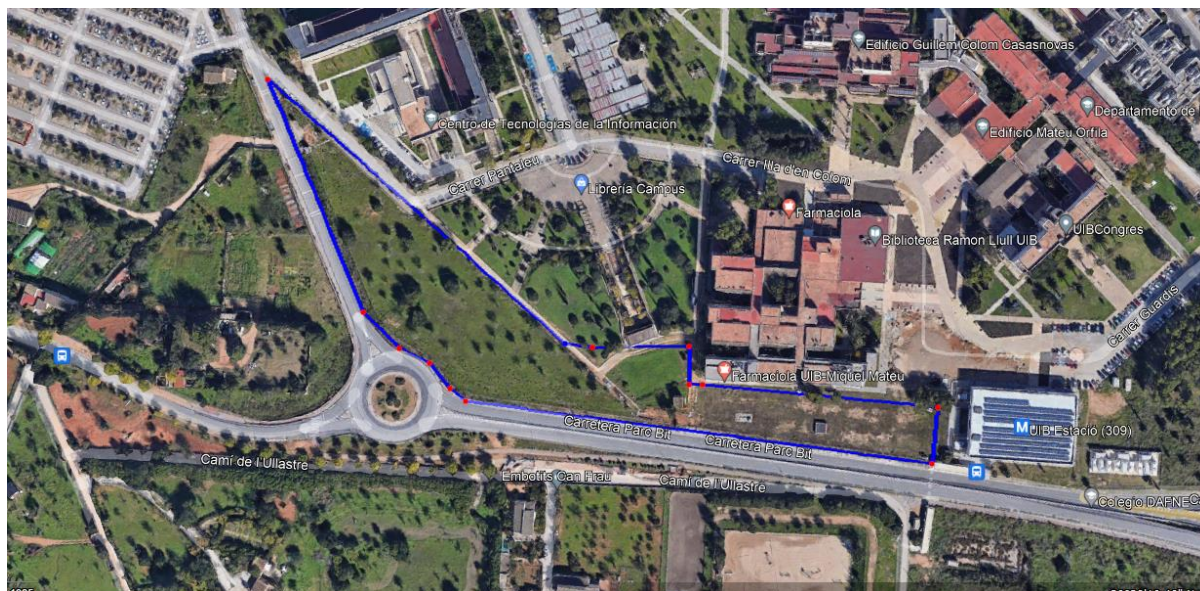
El cost de la inversió necessària per el desplegament d'una planta fotovoltaica amb les característiques i equips descrits en les subseccions anteriors al Caminal de Formentera ascendeix a **667.222,13 €**. En la **Taula 12** es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar:

Taula 12. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica de l'aparcament del Caminal de Formentera

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Obra Civil	---	1	4.479,90 €	4.479,90 €	1,03%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaïques	Marquesines dels aparcaments i la seva instal·lació, material auxiliar, cimentacions de les sabates, mà d'obra de la instal·lació, etc.	1	245.900,06 €	245.900,06 €	56,63%
Total obres civils i estructures:					250.379,96 €	57,67%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra, rasa per l'entubat, formigonat de la rasa de connexió fins al CT de la planta de l'Aljub General, etc, mà d'obra de la instal·lació, etc.	1	29.209,15 €	29.209,15 €	6,73%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					29.209,15 €	6,73%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					279.589,10 €	64,39%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					
	Inversor	Sunny Tripower STP110-60-Core2	2	8.617,70 €	17235,4	3,97%
	Inversor	Ingecon Sun 100TL	2	6.187,50 €	12.375,00 €	2,85%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	718	144,63	103.844,34 €	23,92%
	Comptador elèctric		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,62%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	1	600,00 €	600,00 €	0,14%
Capítol 4	Centre de transformació	Quadre de protecció de Baixa Tensió (BT)	1	3.738,09 €	3.738,09 €	0,86%
Capítol 5	Sistema de Seguretat	Clos perimetral + Sistema de seguretat	1	2.190,90 €	2.190,90 €	0,50%
Capítol 6	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	5.493,60 €	5.493,60 €	1,27%
Capítol 7	Seguretat i salut	Seguretat i salut	1	425,10 €	425,10 €	0,10%
Capítol 8	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	1,38%
Pressupost d'execució material (PEM):					434.191,54 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	56.444,90 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	26.051,49 €	
				Total DG+BI [€]:	82.496,39 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	34.735,32 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					551.423,25 €	
IVA:				21,00%	115.798,88 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					667.222,13 €	
Cost específic [€/Wp]:					2,04	

En la present subsecció es detallen els principals aspectes relacionats amb el desplegament d'una potencial instal·lació fotovoltaica d'autoconsum als terrenys annexos al Pantaleu. A continuació es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una potencial planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny segons l'ús, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica que s'hi podria desplegar, i la generació elèctrica mensual que aquesta abocaria a la xarxa, una descripció dels equipaments seleccionats, i una estimació dels costos d'inversió necessaris.

La zona del Pantaleu es troba ubicada al campus de la Universitat de les Illes Balears, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears) en els terrenys annexes a l'edifici Ramon Llull i el Pantaleu. Concretament la zona susceptible per instal·lar-hi plaques fotovoltaiques es troba delimitada mitjançant una línia blava continua en la **Figura 9**. Aquest terreny presenta una superfície d'uns **16.014 m²** i delimita amb l'edifici Ramon Llull, l'estació de metro del Campus, la carretera que dona accés al Parc Bit i al campus, i la zona del Pantaleu.



Com es pot apreciar, la zona definida es troba delimitada per l'estació de metro de la UIB, i la rampa subterrània que permet creuar la carretera del Parc Bit. Alguns d'aquets elements donaran peu a l'aparició d'ombres sobre els panells fotovoltaics que s'instal·lin en les seves immediacions, en especial als dematins donat que s'ubiquen principalment a l'est de la zona. Per tant, a l'hora de pre-dimensionar el potencial parc fotovoltaic que es podria instal·lar en aquest terreny s'haurà de realitzar un estudi d'ombres properes, a fi de determinar les pèrdues de generació provocades per la presència d'aquets obstacles.

Els terrenys prioritaris annexos al Pantaleu i a l'edifici Ramon Llull formen part de la *zona 1 – àrea de reserva natural*, segons el que estableix el Pla Especial de 1986 de la Universitat de les Illes Balears, que en la seua totalitat consta d'una superfície aproximada de **347.833 m²**. Cal remarcar que sota una fracció d'aquests terrenys hi discorrerà la propera ampliació de la línia de metro de la UIB-Parc Bit. En quan a l'aptitud per instal·lar-hi un parc fotovoltaic, cal mencionar que segons el mapa d'aptitud per

el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques, disponible al visor de la Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB) de la *Conselleria de Media Ambient i Territori* del GOIB, aquests terrenys presenten una aptitud **alta**.

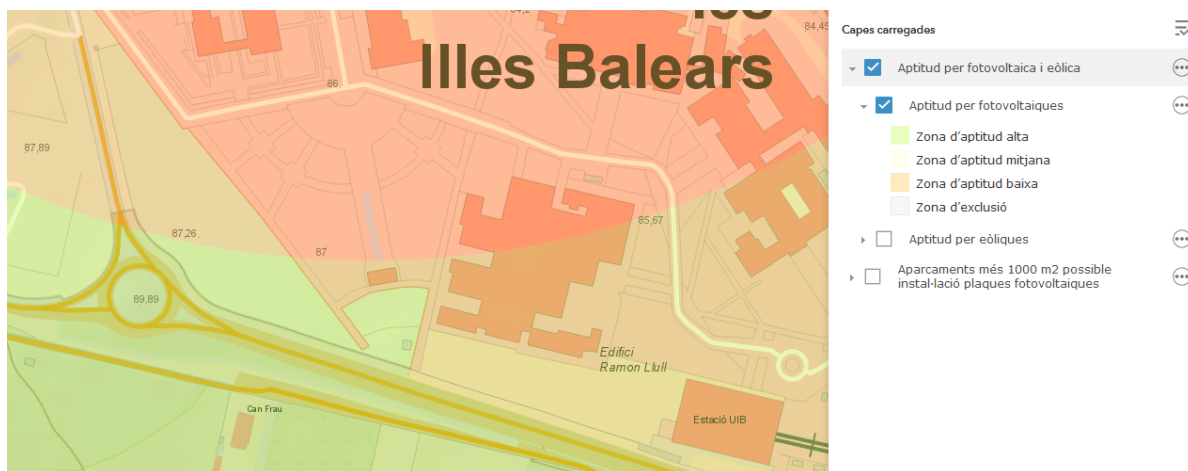


Figura 10. Mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques dels terrenys annexes a l'edifici Ramon Llull i el Pantaleu. Font: IDEIB.

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaïca es planteja que en la zona annexa a l'edifici de Ramón Llull i el Pantaleu, es podria ubicar un parc fotovoltaïc de **1.165 kW_p** de potencia de producció en corrent continu (DC) i **1.100 kW_{ac}** de potencia de producció en corrent altern (AC), dels elements convertidors de DC/AC.

Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaïcs es transferida mitjançant corrent continu s'ha de transformar en corrent altern, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaïcs de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'haurà d'eleva la tensió de l'energia produïda en baixa tensió per la instal·lació fotovoltaïca a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permetria la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera del Campus. Concretament, **es planteja la construcció de dos centres de transformació**, on cada un estarà compost per un transformador de **1.000 kVA**, una cel·la de línia, una cel·la de protecció, una cel·la de seccionament, una cel·la de mesura, i un quadre de baixa tensió. El primer centre de transformació s'ubicaria annexa al **Pantaleu** i s'encarregaria d'evacuar l'energia generada per la fracció de la potencial instal·lació ubicada a l'est de la planta fotovoltaïca proposada (orientat cap al nord). Finalment, es proposa ubicar el segon centre de transformació annexa a l'edifici de **Ca ses Llúcies**, permetent evacuar l'energia generada per la fracció de més de l'oest de la potencial instal·lació fotovoltaïca del Pantaleu, i també l'energia generada per la potencial instal·lació fotovoltaïca que es podria instal·lar sobre pèrgoles a les sis zones de 40 estacionaments de l'aparcament de l'Anselm Turmeda.

Un cop analitzats els terrenys s'ha determinat que es podria desplegar una potencial instal·lació fotovoltaïca que permetria instal·lar fins a **2.560 panells fotovoltaïcs**, del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar, de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**, que ocuparien una superfície de **5.031,7 m²**, equivalent a un **1,44 %** de la superfície de la zona 7 – àrea de reserva natural.

Els panells fotovoltaics s'instal·larien sobre suports inclinats a 30°, del **model 35V** del fabricant espanyol SUNFER, que permetrien col·locar dues fileres de cinc panells. A la vegada, les 16 cadenes (strings) de 16 panells fotovoltaics de sortida s'interconnectaran a **11 inversos de 100 kWac** model **Sunny Highpower SHP100-20** del fabricant alemany SMA. El pre-disseny de la distribució de panells fotovoltaics als terrenys annexes al Pantaleu i l'estudi d'ombres obtingut amb el programari PVsyst, es presenta a la **Figura 11**.

A partir de la simulació del pre-disseny de la planta, realitzada mitjançant el programari PVsyst, s'ha obtingut l'energia que aquesta injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB una vegada descomptades les pèrdues de la planta, **Taula 13**.

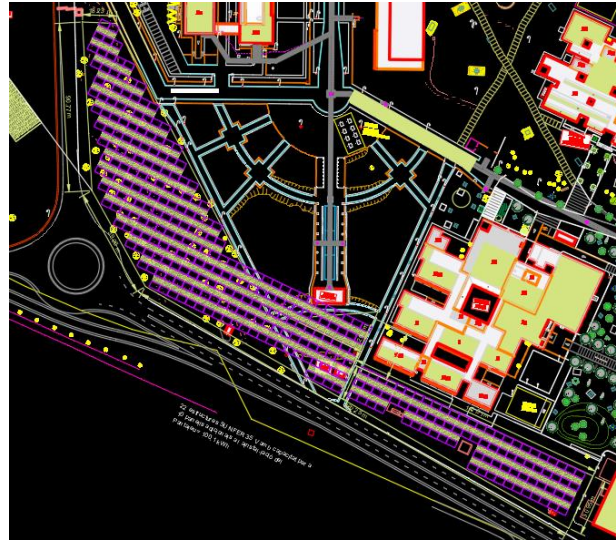
Taula 13. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica ubicada en els terrenys annexes a l'edifici Ramón Llull i al Pantaleu.

	Irradiància Global horitzontal [kWh/m²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	105,10	103,45
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	120,16	118,29
<i>Març</i>	137,40	50,84	173,84	171,01
<i>Abril</i>	168,00	65,67	180,68	177,78
<i>Maig</i>	205,80	81,80	198,97	195,82
<i>Juny</i>	220,60	82,30	200,81	197,69
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	202,81	199,67
<i>Agost</i>	196,90	68,01	196,83	193,73
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	166,78	164,20
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	140,12	137,96
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	99,64	98,14
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	92,05	90,65
Total anual:	1.684,90	654,89	1877,79	1848,40
Inversió neta (Total del pressupost general):				1.933.670,61 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				530,49
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				18,04%

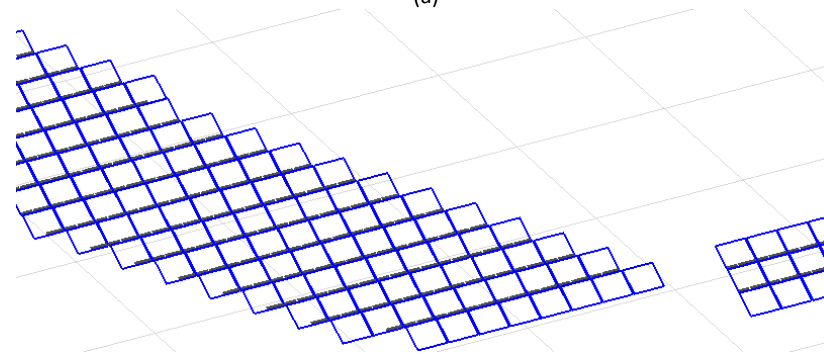
Concretament, la instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **1.848,4 MWh/any**, que permetria cobrir un **18,04 % de la demanda elèctrica anual** del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **530,5 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta (incloent tots els impostos) de **1.939.882,7 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **1,68 €/W_p** (impostos inclosos) e incloent totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...) i obra civil associades (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del pre-disseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.

Finalment, cal remarcar que en el cost específic determinat, de **1,68 €/W_p**, hi ha **0,24 €/W_p** (**14,37 %**) que es corresponen a actuacions destinades a l'adequació de la xarxa de distribució de MT de la UIB per a permetre una correcta evacuació de l'energia generada a la xarxa.



(a)



(b)

Figura 11: (a) Pre-disseny de la planta fotovoltaica dels terrenys annexes al Pantaleu.(b) Estudi d'ombres generat amb el programari PVsyst de la planta fotovoltaica als terrenys annexes a l Pantaleu

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per el pres-disseny de la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie. Donat que una de les premisses rebudes en la confecció del present estudi es la minimització de l'ocupació de territori per aconseguir la independència energètica del campus, serà d'especial rellevància que la eficiència del panell sigui la més alta possible.

Per el present estudi s'ha seleccionat el panell fotovoltaic **model LR4-72HPH-455M**, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del **20,9 %** i les característiques tècniques que s'exposen a la **Taula 14**. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi, si es vol obtenir una generació elèctrica equivalent o superior a la plantejada.

Taula 14. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [W _p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Estructures de suport

A l'hora de seleccionar les estructures de suport dels panells fotovoltaics s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Un altre requisit ha estat que les estructures permetin la instal·lació de entre 6 i 12 panells amb configuracions de dos panells verticals o quatre panells muntats horitzontalment, amb l'objectiu de mantenir l'alçada màxima de l'estructura per sota els 3 metres per tal de minimitzar l'impacte visual i paisatgístic de la planta de generació. A la vegada, s'ha decidit que l'alçada mínima de l'estructura sobre el terreny serà d'almenys 0,5 m amb l'objectiu de permetre la possibilitat de compatibilitzar la generació solar amb cultiu o l'ús del terreny com a pastos d'animals. Finalment, cal mencionar que per tal d'evitar la generació de residus permanents sobre el terreny al moment de desmuntar la planta, un cop completada la seva vida operativa, les estructures de suport s'hauran de poder fixar al sòl sense requerir de formigó o algun altre material de característiques similars.

Per tal de complir amb els requisits mencionats, en el present estudi s'ha decidit utilitzar estructures que permeten la seva fixació al terreny mitjançant el clavat directe de l'estructura al sòl, **Figura 12 (a)**, o mitjançant l'ús de pern de terra, **Figura 12 (b)**, segons la composició del sol.



Figura 12. (a) Estructura fixada al sòl mitjançant hinxes. (b) Estructura fixada al sòl mitjançant cargols de terra.

En ambdós casos es produeix una ocupació i una degradació mínima del terreny, donat que l'ocupació del territori es limita a la superfície de 4 cargols o hinxes per cada 3 metres lineals d'estructura. Els cargols i les hinxes es fixen al sòl mitjançant un equip hidràulic o un accessori hidràulic per excavadora que fa les funcions de tornavís i de martell hidràulic, respectivament. Aquestes solucions facilitaran el desmantellament i el reciclatge de la instal·lació, una vegada acabi la seua vida útil.

Concretament, en aquest estudi s'ha optat per l'estructura que es clava al sol mitjançant sis hinxes, model 35V del fabricant SUNFER, que es presenta a la **Figura 13**, i amb un angle dels panells sobre l'horitzontal de 30° . Aquesta estructura permet la instal·lació de 10 panells en configuració de dues fileres de cinc panells muntats verticalment, per a mides de panells de fins a 2279×1150 mm, amb una altura màxima sobre el sòl de l'estructura amb els panells de **2,62 m**.

En quan a la separació entre diferents fileres contigües, s'ha fixat en **3,5 m**, per tal de poder utilitzar mitjans mecànics per dur a terme la neteja periòdica dels panells fotovoltaics. A l'IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético*) s'indica que la distància de separació entre files de mòduls de panells ha de ser tal que es garanteixi almanco quatre hores de sol al voltant del mig dia del solstici d'hivern. Si es calcula aquesta distància tenint en compte que la latitud on s'ubica es terreny, **$39,38^\circ$ N**, que la longitud de l'estructura amb cinc panells col·locats horitzontalment es de **5,2 m** (horitzontal), i que l'angle dels panells sobre l'horitzontal es de 30° , s'obté que la separació recomanada ha de ser de **6,7 m**. Per tant, es proposa reduir la separació entre panells al respecte a la recomanada al Plec de condicions tècniques d'instal·lacions fotovoltaïques del IDAE (*Instituto para la diversificación y Ahorro Energético*), a fi de maximitzar la generació fotovoltaica. En conseqüència les diferents estructures es faran ombra entre elles, el que implicarà unes pèrdues anuals del **3,57 %** de la generació, d'acord a les simulacions realitzades. Ara bé, les pèrdues son compensades amb l'augment de la generació al col·locar mes estructures per unitat d'àrea.

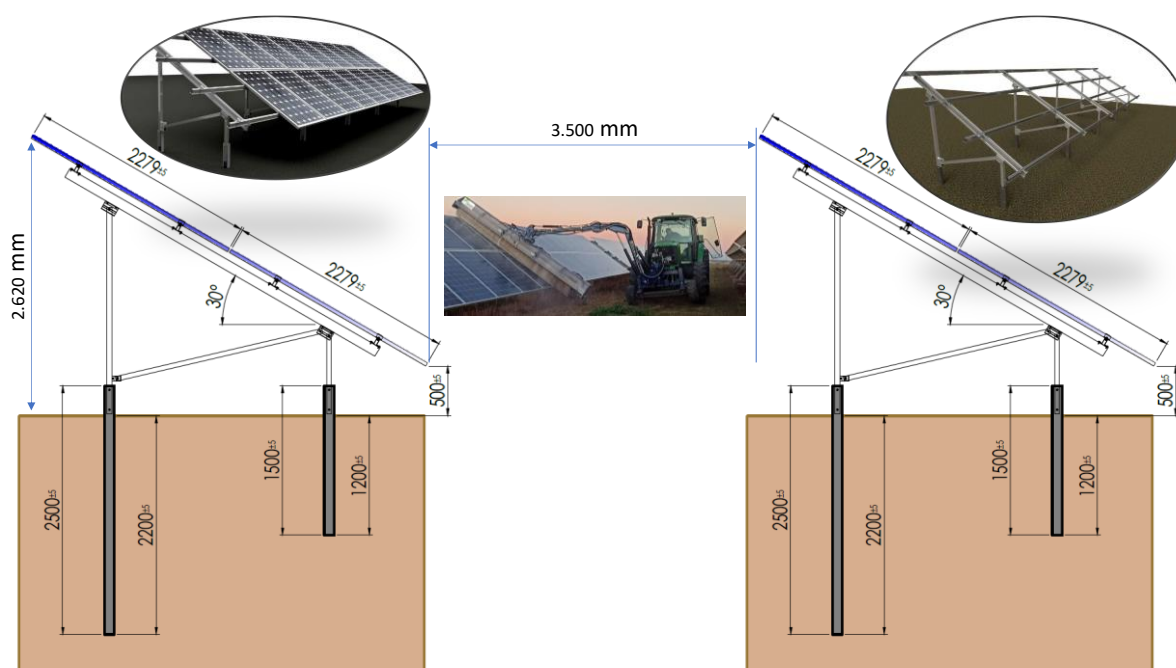


Figura 13. Disposició de les fileres d'estructures de suport dels panells a la planta fotovoltaica del Pantaleu

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en intempèrie, fixant-los a la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparan. Tota això, a fi de minimitzar les pèrdues de distribució en DC. A la vegada, el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser igual o major al 98 %, i hauran de disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Cal remarcar que serà necessari desplegar el sistema de comunicacions (en el cas de desplegar una solució de comunicacions sense fils tindrà un cost inferior a les solucions cablejades) per tal de poder interaccionar amb l'inversor.

Al present estudi s'ha seleccionat un inversor trifàsic amb una potència de **100kW_{ac}**, model **Sunny Highpower 100-20 PEAK3** del fabricant alemany, amb una eficiència en la conversió del **98,6%** i amb les característiques tècniques que es presenten en la **Taula 15**.

Taula 15. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Highpower 100-20 Peak3.

Fabricant:	SMA
Referència:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	150
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	100
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98,6
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	98

A la **Taula 16**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 16. Superfícies i característiques dels equipaments emprats en el potencial parc fotovoltaic dels terrenys annexes al Pantaleu i l'edifici Ramón Llull.

Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m²]	Inclinació	Angle azimut / orientació	Superfície Ocupada [m²]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	2560	455 W _p	1164,8 kW _p	1,87	30º	-16º / S-O	5.031,7
Estructura de suport	SUNFER 35 V	SUNFER	256	---	---	15,05	30º	-16º / S-O	5.031,7
Inversors	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3	SMA	11	100 kW _{ac}	1100 kW _{ac}	--	--		--
Centre de transformació	---	Caseta prefabricada Omarzabal	2	1000 kVA	2000 kVA	14,47	--		28,9
Superfície total ocupada amb la projecció dels elements de la instal·lació:									5.031,7
Superfície total de la "zona 1 – facultats existents":									347.833
Percentatge d'ocupació de la "zona 1 – facultats existents":									1,44 %

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA DEL PANTALEU

El cost de la inversió necessària per el desplegament de la planta fotovoltaica proposada, amb les característiques i equips descrits en els subapartats anteriors, en els terrenys annexes a l'edifici Ramon Llull i el Pantaleu ascendeix a **1.939.882,72 €**. En la es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar per a desplegar la instal·lació proposada.

Taula 17, es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar per a desplegar la instal·lació proposada.

Taula 17. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica del Pantaleu.

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Obra Civil	---	1	15.960,50 €	15.960,50 €	1,25%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaïques	Estructura de suport dels panells PV i la seva instal·lació, palanganes de suport del cablejat, material elèctric, material auxiliar, mà d'obra, etc	1	441.982,43 €	441.982,43 €	34,64%
Total obres civils i estructures:					457.942,93 €	35,89%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra, <u>Planta fotovoltaica -> CT Pantaleu</u>	1	36.325,02 €	36.325,02 €	2,85%
		Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra, <u>Planta Fotovoltaica-> CT annexa a Ca ses Llúcies</u>	1	27.990,29 €	27.990,29 €	2,19%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					64.315,31 €	5,04%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					522.258,24 €	40,93%

Capítol 3	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 (SMA)	11	13.698,00 €	150.678,00 €	11,81%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	2560	144,63	370.252,80 €	29,02%
	Comptador elèctric	---	1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,21%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	160	600,00 €	96.000,00 €	7,52%
Capítol 4	Centre de transformació	Centre de transformació de 1000 kVA, amb caseta prefabricada, 2 celdes de línia, 1 celda de proteccions + fusible, 1 celda de seccionament, 1 celda de mesura.	2	49.643,07 €	99.286,14 €	7,78%
Capítol 5	Sistema de Seguretat	Clos perimetral+ Sistema de Seguretat	1	7.805,50 €	7.805,50 €	0,61%
Capítol 6	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	19.572,00 €	19.572,00 €	1,53%
Capítol 7	Seguretat i Salut	Seguretat i Salut	1	1.514,50 €	1.514,50 €	0,12%
Capítol 8	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	0,47%
Pressupost d'execució material (PEM):					1.276.067,18 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	165.888,73 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	76.564,03 €	
				Total DG+BI [€]:	242.452,76 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	102.085,37 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					1.620.605,32 €	
IVA:				21,00%	340.327,12 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					1.960.932,43 €	
Cost específic [€/Wp]:					1,68	

CAMÍ DE L'ULLASTRE

En la present subsecció es detallen els principals aspectes relacionats amb el desplegament d'una potencial instal·lació fotovoltaica d'autoconsum als terrenys ubicats entre el camí de l'Ullastre, e Carrer Maria Agnesi, i el Camí de Can Gori. A continuació es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny en funció de l'ús, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica a desplegar-hi, i la generació elèctrica mensual que abocaria aquesta instal·lació a la xarxa, un detall dels equipaments seleccionats, i una estimació dels costos d'inversió.

UBICACIÓ

El terreny susceptible per instal·lar-hi un potencial parc fotovoltaica es troba ubicat al campus de la Universitat de les Illes Balears, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), delimitat per els camins de l'Ullastre i de Can Gori, i el Carrer Maria Agnesi. El terreny es presenta a la **Figura 14**, delimitat per una línia contínua de color blau.

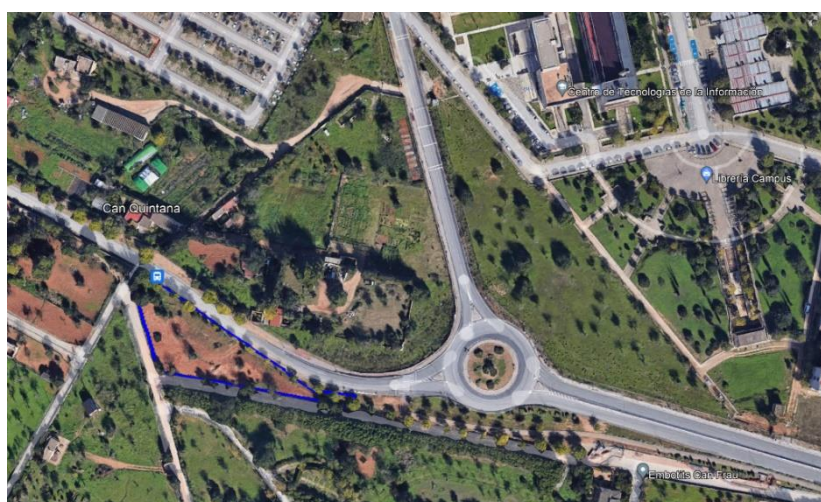


Figura 14. Terrenys susceptibles per instal·lar-hi plaques fotovoltaïques. Font: Google Earth.

CLASIFICACIÓ DE LA ZONA AFECTADA

En quan a l'aptitud per instal·lar-hi un parc fotovoltaic, cal mencionar que segons el mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques, disponible al visor de la Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB) de la *Conselleria de Media Ambient i Territori* del GOIB, presenta una aptitud **alta**.

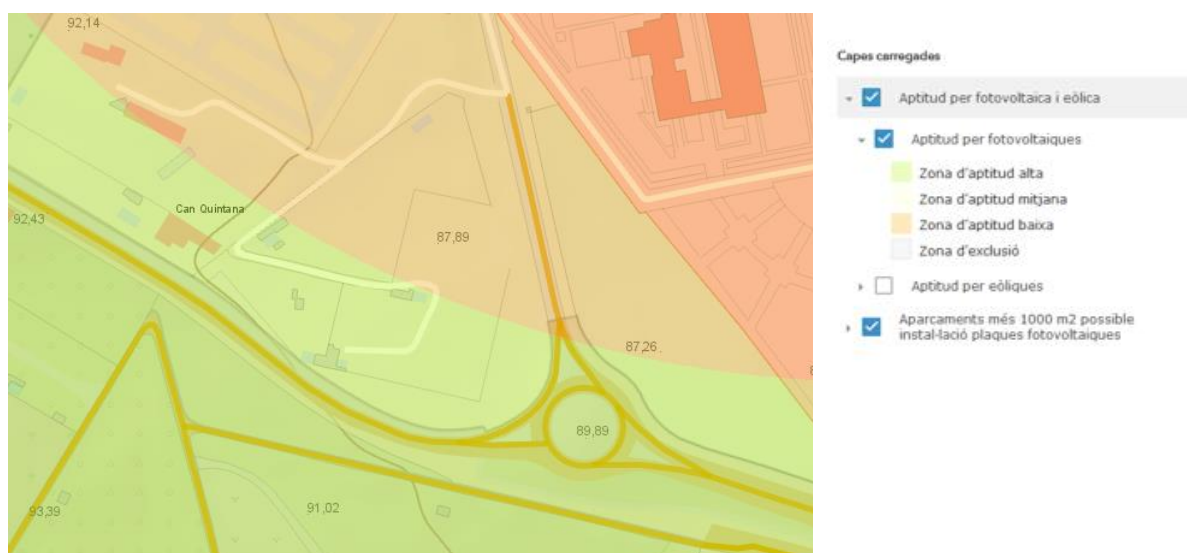


Figura 15. Mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques. Font: IDEIB.

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaïca es planteja que en la zona annexa al Camí de l'Ullastre es podria ubicar un parc fotovoltaïc de **159 kW_p** de potència de producció en corrent continu (DC), i **150 kW_{ac}** de potència de producció en corrent altern (AC), dels elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaïcs es transferida mitjançant corrent continu s'ha de transformar en corrent altern, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaïcs de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'ha d'eleva la tensió de l'energia produïda en baixa tensió per la instal·lació fotovoltaïca a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permet la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera de la xarxa de mitja tensió del campus. L'energia generada per la potencial instal·lació fotovoltaïca s'evacuaria cap als centres de transformació que s'ha plantejat construir annexes a l'aparcament de l'Anselm Turmeda.

Un cop analitzats els terrenys s'ha determinat que es podria desplegar una potencial instal·lació fotovoltaïca que permetria instal·lar fins a **350 panells fotovoltaïcs**, del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar, de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**, que ocuparien una superfície de **776,3 m²**. Els panells fotovoltaïcs s'instal·larien sobre suports inclinats a 30°, del model **35V** del fabricant espanyol SUNFER, que permeten col·locar dues fileres de cinc panells. A la vegada, les 14 cadenes (strings) de 25 panells fotovoltaïcs de sortida s'interconnectaran a un **inversor de 150 kWac** model **Sunny Highpower SHP150-20 Peak3** del fabricant alemany SMA. El pre-disseny de la distribució de panells fotovoltaïcs als terrenys annexes a la residència d'estudiants del Campus de la UIB, i l'estudi d'ombres obtingut amb el programari PVsyst, es presenta a la **Figura 16**.

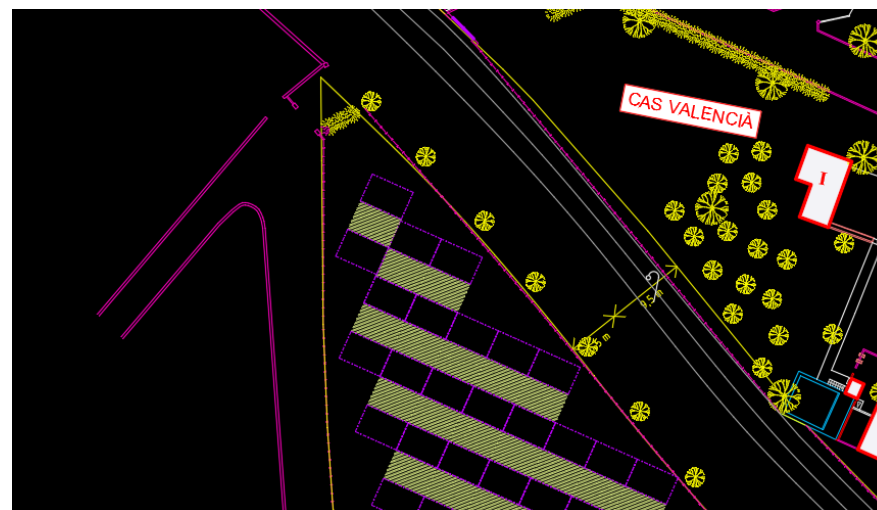
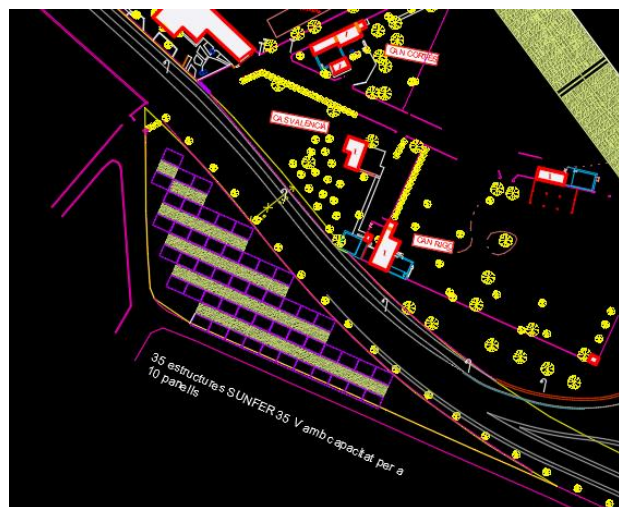
A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 18. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica ubicada als terrenys annexes al Camí de l'Ullastre

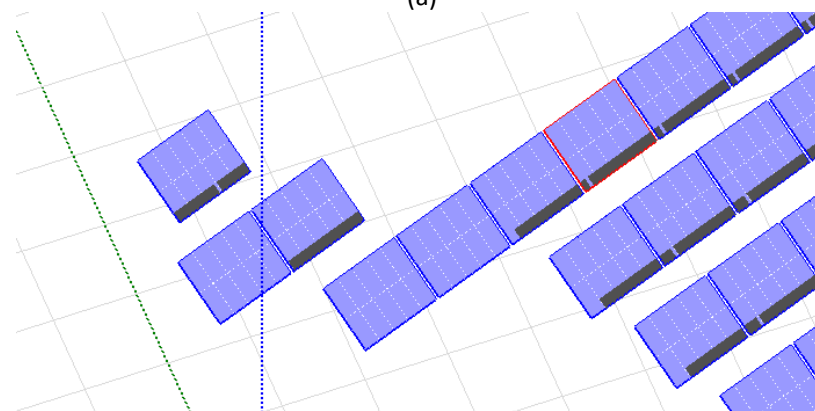
	Irradiància Global horitzontal [kWh/m²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	14,59	14,41
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	16,40	16,20
<i>Març</i>	137,40	50,84	24,01	23,71
<i>Abril</i>	168,00	65,67	25,44	25,13
<i>Maig</i>	205,80	81,80	28,14	27,80
<i>Juny</i>	220,60	82,30	28,48	28,15
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	28,85	28,51
<i>Agost</i>	196,90	68,01	27,65	27,32
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	23,29	23,01
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	19,24	19,01
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	13,79	13,63
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	12,98	12,83
Total anual:	1.684,90	654,89	262,84	259,70
Inversió neta (Total del pressupost general):				283.825,58 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				74,53
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				2,53%

Concretament, aquesta instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **259,7 MWh/any**, que permetria cobrir un **2,53 % de la demanda elèctrica anual** del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **74,53 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta (incloent tots els impostos) de **283.825,6 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **1,79 €/Wp** (impostos inclosos) e incloent totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...) i obra civil associades (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del pre-disseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.



(a)



(b)

Figura 16 (a) Pre-disseny de la planta fotovoltaica. (b) Estudi d'ombres generat amb el programari PVsyst de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie. Donat que una de les premisses rebudes en la confecció del present estudi es la minimització de l'ocupació de territori per aconseguir la independència energètica del campus, serà d'especial rellevància que la eficiència del panell sigui la més alta possible.

Per el present estudi s'ha seleccionat el panell fotovoltaic **model LR4-72HPH-455M**, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del **20,9 %** i les característiques tècniques que s'exposen a la **Taula 19**. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi, si es vol obtenir una generació elèctrica equivalent o superior a la plantejada.

Taula 19. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referència:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potència nominal [W _p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Estructures de suport

A l'hora de seleccionar les estructures de suport dels panells fotovoltaics s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Un altre requisit ha estat que les estructures permetin la instal·lació de entre 6 i 12 panells amb configuracions de dos panells verticals o quatre panells muntats horitzontalment, amb l'objectiu de mantenir l'alçada màxima de l'estructura per sota els 3 m per tal de minimitzar l'impacte visual i paisatgístic de la planta de generació. A la vegada, s'ha decidit que l'alçada mínima de la estructura sobre el terreny sigui d'almenys 0,5 m amb l'objectiu de permetre la possibilitat de compatibilitzar la generació solar amb cultiu o l'ús del terreny com a pastos d'animals. Finalment, cal mencionar que per tal d'evitar la generació de residus permanents sobre el terreny en el moment de desmuntar la planta un cop completada la seva vida operativa, les estructures de suport s'hauran de poder fixar al sòl sense requerir de formigó o algun altre material de característiques similars.

Per tal de complir amb els requisits mencionats, en el present estudi s'ha decidit utilitzar estructures que permeten la seva fixació al terreny mitjançant el clavat directe de l'estructura al sòl, **Figura 17 (a)**, o mitjançant l'ús de pernys de terra, **Figura 17 (b)**, segons la composició del sol.

En ambdós casos es produeix una ocupació i una degradació mínima del terreny, donat que l'ocupació del territori es limita a la superfície de 4 cargols o hiques per cada 3 metres lineals d'estructura. Els cargols i les hiques es fixen al sòl mitjançant un equip hidràulic o un accessori hidràulic per excavadora que fa les funcions de tornavís i de martell hidràulic, respectivament. Aquestes solucions facilitaran el desmantellament i el reciclatge de la instal·lació, una vegada acabi la seva vida útil.

Concretament, en aquest estudi s'ha optat per l'estructura que es clava al sol mitjançant sis hiques, model 35V del fabricant SUNFER, que es presenta a la **Figura 18**, i amb un angle dels panells sobre l'horitzontal de 30°. Aquesta estructura permet la instal·lació de 10 panells en configuració de dues

fileres de cinc panells muntats verticalment, per a mides de panells de fins a 2279 x 1150 mm, amb una altura màxima sobre el sòl de l'estructura amb els panells de **2,62 m**.



Figura 17. (a) estructura fixada al sòl mitjançant hinged. (b) Estructura fixada al sòl mitjançant cargols de terra.

En quan a la separació entre diferents fileres contigües, s'ha fixat en **3,5 m**, per tal de poder utilitzar mitjans mecànics per dur a terme la neteja periòdica dels panells fotovoltaics. A l'IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético*) s'indica que la distància de separació entre files de mòduls de panells ha de ser tal que es garanteixi almanco quatre hores de sol al voltant del mig dia del solstici d'hivern. Si es calcula aquesta distancia tenint en compte que la latitud on s'ubica es terreny, **39,38° N**, que la longitud de l'estructura amb cinc panells col·locats horitzontalment es de **5,2 m** (horitzontal), i que l'angle dels panells sobre l'horitzontal es de **30°**, s'obté que la separació recomanada ha de ser de **6,7 m**. Per tant, es proposa reduir la separació entre panells al respecte a la recomanada al Plec de condicions tècniques d'instal·lacions fotovoltaïques del IDAE (*Instituto para la diversificación y Ahorro Energético*), a fi de maximitzar la generació fotovoltaica. En conseqüència les diferents estructures es faran ombra entre elles, el que implicarà unes pèrdues anuals del **5,1 %** de la generació, d'acord a les simulacions realitzades. Ara bé, les pèrdues son compensades amb l'augment de la generació al col·locar mes estructures per unitat d'àrea.

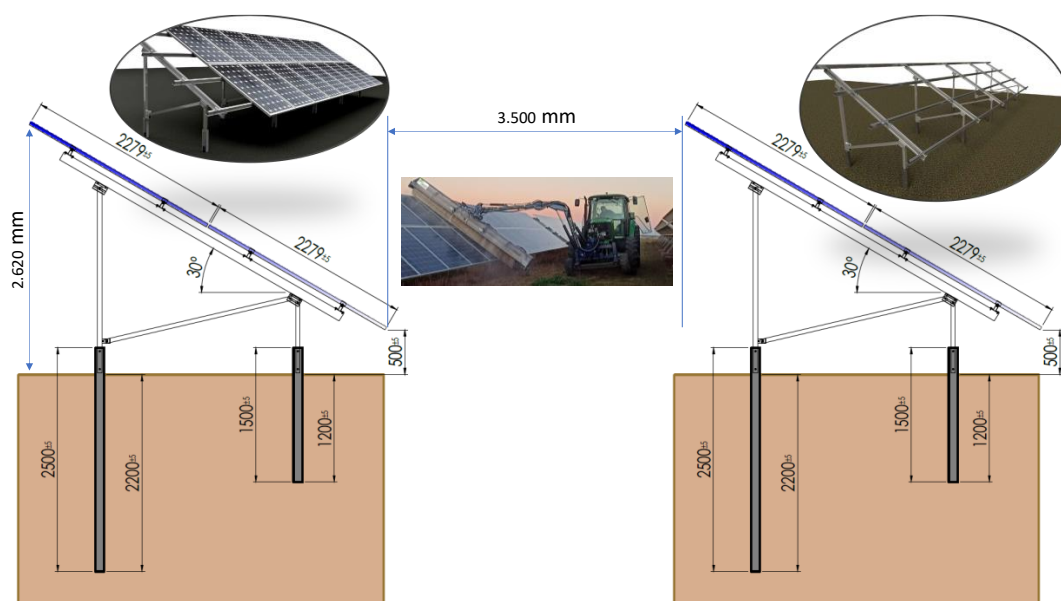


Figura 18. Disposició de les fileres d'estructures de suport dels panells a la planta fotovoltaic

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en intempèrie, fixant-los a la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparan. Tota això, a fi de minimitzar les pèrdues de distribució en DC. A la vegada, el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser igual o major al 98 %, i hauran de disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Cal remarcar que serà necessari desplegar el sistema de comunicacions (en el cas de desplegar una solució de comunicacions sense fils tindrà un cost inferior a les solucions cablejades) per tal de poder interaccionar amb l'inversor.

Al present estudi s'ha seleccionat un inversor trifàsic amb una potència de **150kW_{ac}**, model **Sunny Highpower 150-20 PEAK3** del fabricant alemany SMA, amb una eficiència en la conversió del **98,6%** i amb les característiques tècniques que es presenten en la **Taula 20**.

Taula 20. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Highpower 100-20 Peak3.

Fabricant:	SMA
Referència:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	150
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	100
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98,6
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	98

A la **Taula 21**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 21. Superfícies i característiques dels equipaments emprats en el potencial parc fotovoltaic dels terrenys annexes al Camí de l'Ullastre.

Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m ²]	Inclinació	Angle azimut / orientació	Superfície Ocupada [m ²]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	350	455 W _p	159,25 kW _p	1,87	30º	7º / S-E	776,3
Estructura de suport	SUNFER 35 V	SUNFER	35	---	---	15,05	30º	7º / S-E	776,3
Inversors	Sunny Highpower SHP150-PEAK3	SMA	1	150 kW _{ac}	150 kW _{ac}	--	--		--
Superfície total ocupada amb la projecció dels elements de la instal·lació:									776,3
Superfície total de la "zona 1 – facultats existents":									347.833
Percentatge d'ocupació de la "zona 1 – facultats existents":									0,22 %

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA ANNEXE AL CAMÍ DE L'ULLASTRE

El cost de la inversió necessària per el desplegament de la planta fotovoltaica ascendeix a **283.825,58 €**. En la **Taula 22** es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar per a desplegar la instal·lació proposada.

Taula 22. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Obra Civil	---	1	2.178,30 €	2.178,30 €	1,18%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaïques	Estructura de suport dels panells PV i la seva instal·lació, palanganes de suport del cablejat, material elèctric, material auxiliar, mà d'obra.	1	76.090,99 €	76.090,99 €	41,20%
Total obres civils i estructures:					78.269,29 €	42,38%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra, Planta fotovoltaica -> CT Aljub General	1	17.329,02 €	17.329,02 €	9,38%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					17.329,02 €	9,38%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					95.598,31 €	51,76%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					
	Inversor	Sunny Highpower SHP150-20-PEAK3 (SMA)	1	13.698,00 €	13.698,00 €	7,42%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	350	144,63	50.620,50 €	27,41%
	Comptador elèctric		1	2.700,00 €	2.700,00 €	1,46%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	14	600,00 €	8.400,00 €	4,55%
Capítol 4	Centre de transformació	Quadre de baixa tensió	1	3.738,09 €	3.738,09 €	2,02%
Capítol 5	Sistema de Seguretat	Clos perimetral + Sistema de seguretat	1	1.065,30 €	1.065,30 €	0,58%
Capítol 6	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	2.671,20 €	2.671,20 €	1,45%
Capítol 7	Seguretat i salut	Seguretat i salut	1	206,70 €	206,70 €	0,11%
Capítol 8	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	3,25%
Pressupost d'execució material (PEM):					184.698,10 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	24.010,75 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	11.081,89 €	
				Total DG+BI [€]:	35.092,64 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	14.775,85 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					234.566,59 €	
IVA:				21,00%	49.258,98 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					283.825,58 €	
Cost específic [€/Wp]:					1,79	

SOLAR ROAD

En la present subsecció del present document es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una potencial planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny en funció de l'ús designat, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica a desplegar-hi, i la generació elèctrica mensual que abocaria aquesta instal·lació a la xarxa, una descripció dels equipaments seleccionats, i una estimació dels costos d'inversió.

UBICACIÓ

A la **Figura 19** es presenta els terrenys per els quals passarà el futur caminal que connectarà el Carrer Conillera amb l'aparcament de l'Anselm Turmeda. Aquest presentarà una superfície aproximada d'uns **1.427,8 m²**, i en el present estudi es planteja cobrir-lo totalment mitjançant el desplegament d'una infraestructura singular de caminal solar, construïda en base a la combinació de les estructures metàl·liques de varies unitats de naus agrícoles, i basada en alguns dels projectes més innovadors que es plantegen a la Unió Europea en aquest àmbit (**Figura 20**).

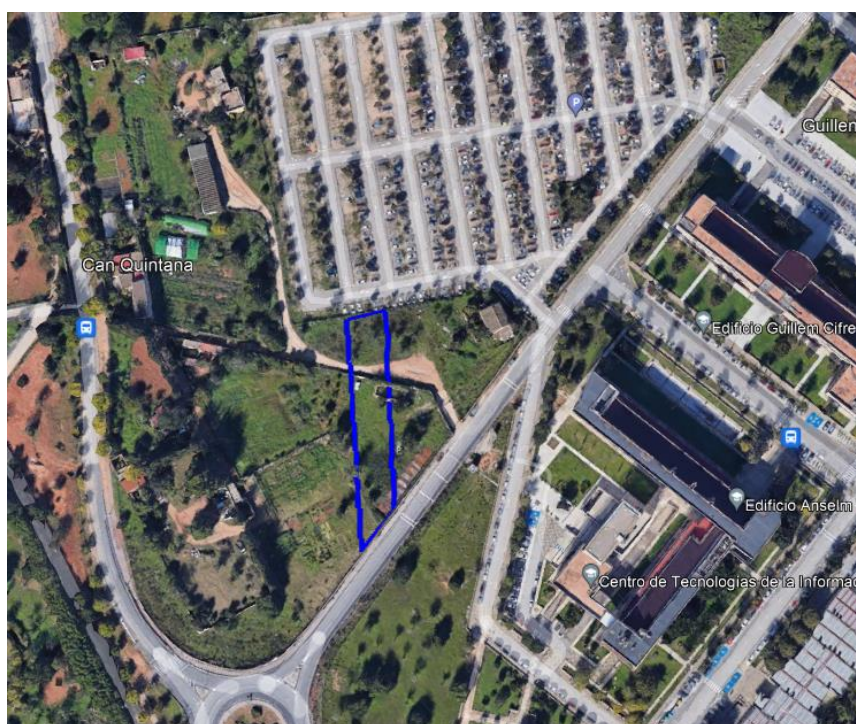


Figura 19. Zona delimitada en blau presenta els terrenys per els quals passarà el futur caminal.



PV-SÜD initiative. Font: LABOR3 for Sonnenkraft/HSB.



A81 Autobahn: Solar roof over the highway. Font: Austrian Institute of Technology

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaica es planteja que al futur caminal que connectarà l'aparcament de l'Anselm Turmeda i el Carrer Conillera es podria ubicar un caminal solar de **295 kW_p** de panells fotovoltaics, elements generadors en corrent continua (DC), i **300 kW_{ac}** de potencia de producció en corrent alterna (AC), elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per als panells fotovoltaics es transferida mitjançant corrent continua s'ha de transformar en corrent alterna, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaics de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'ha d'eleva la tensió de l'energia produïda a baixa tensió per la instal·lació fotovoltaica a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permet la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera de la xarxa de mitja tensió del campus. Concretament, es planteja evacuar l'energia generada a través del centre de transformació que s'ha proposat construir a l'aparcament de l'Anselm Turmeda, annexe a l'edifici de Ca Ses Llúcies. Per tal de tenir marge de potència, al present estudi es planteja l'ampliació del centre de transformació afegint **un transformador de 630 kVA**.

La proposta de desplegament de plaques fotovoltaïques al caminal es basa en la instal·lació d'una estructura metàl·lica continua prefabricada, del tipus nau agrícola oberta, sobre la teulada de la qual s'instal·larien els panells fotovoltaics i tot el cablejat elèctric de la instal·lació. D'aquesta manera s'aconseguiria una superfície susceptible per instal·lar-hi panells fotovoltaics de **1.535,3 m²**, una superfície major a la del tram de caminal susceptible per instal·lar-hi plaques, donat que l'amplada de la teulada de l'estructura plantejada seria d'uns 17 m, front als 14 m d'amplada de la calçada. En conseqüència, l'ús de l'estructura presentada a la **Figura 21** permetria augmentar la superfície per la instal·lació de panells fotovoltaics, i alhora evitar possibles impactes de vehicles en l'estructura en cas d'accident (al ubicar-se les sabates de l'estructura més enllà dels paretons laterals del caminal).

Sobre la superfície de la teulada del caminal, composta per 2,5 estructures metàl·liques prefabricades del model presentat a la **Figura 21**, es podria instal·lar fins a **648 panells fotovoltaics** del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**. Donat que l'estructura cobriria un caminal ja existent, aquesta instal·lació pràcticament no implicaria ocupar sol urbanitzable no consolidat. Cal mencionar que, les estructures presenten una inclinació d'un 8 %, i s'orientaran cap al sud-oest.

En quan als inversors emprats, cal mencionar que al present estudi s'han emprat **dos inversors model Sunny Highpower SPH 150 Peak3 de 150 kW** del fabricant alemany SMA.

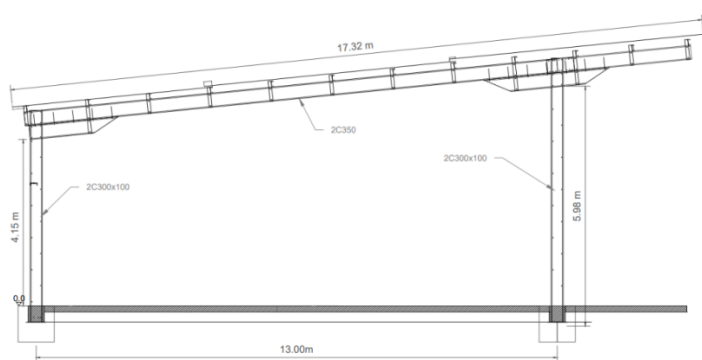


Figura 21. Exemple d'estructures metàl·liques continues prefabricades destinades a usos agrícoles que podrien servir per el desplegament del caminal solar

A la següent figura es presenta el pre-disseny de la instal·lació fotovoltaica que es podria desplegar al caminal:

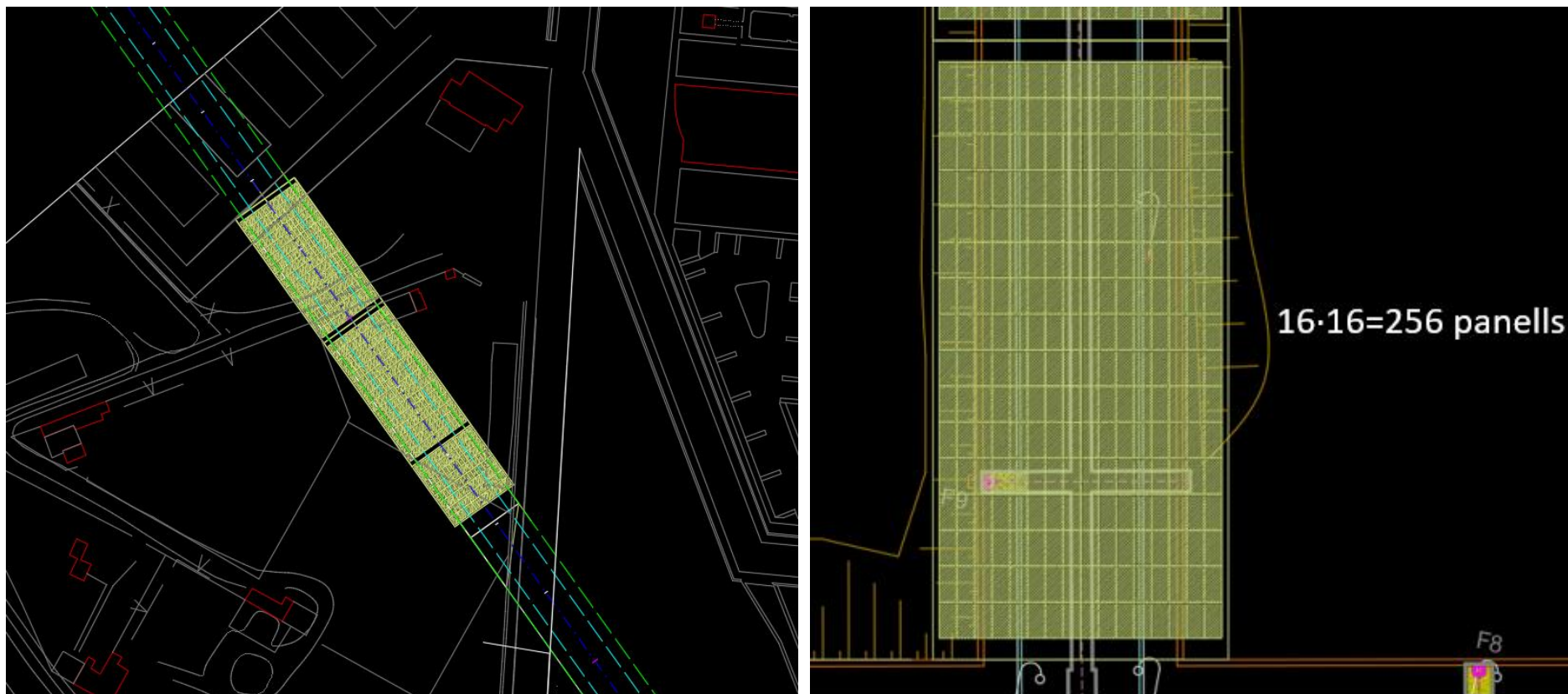


Figura 22: Pre disseny del caminal solar que es podria desplegar al caminal.

A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 23. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica ubicada al caminal

	Irradiància Global horitzontal [kWh/m²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	21,49	21,27
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	25,91	25,65
<i>Març</i>	137,40	50,84	39,87	39,45
<i>Abril</i>	168,00	65,67	46,06	45,58
<i>Maig</i>	205,80	81,80	54,27	53,69
<i>Juny</i>	220,60	82,30	56,33	55,75
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	56,04	55,46
<i>Agost</i>	196,90	68,01	51,16	50,63
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	39,85	39,44
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	30,95	30,64
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	21,06	20,84
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	18,88	18,68
Total anual:	1.684,90	654,89	461,87	457,07
Inversió neta (Total del pressupost general):				530.760,61 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				131,18
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				4,46%

Concretament, aquesta potencial instal·lació fotovoltaica tindria una generació mitja de **457,1 MWh/any**, que es correspon amb un **4,46 % de la demanda elèctrica anual** del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **131,2 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta (incloent tots els impostos) de **530.760,6 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **1,80 €/Wp** (impostos inclosos) e incloent totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...) i obra civil associades (moviments de terra, sabates, pilars per augmentar l'altura de les naus, etc.), dels qual uns **0,08 €/Wp** es corresponen a actuacions sobre la xarxa de distribució de MT de la UIB.

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie, sent una de les característiques més rellevants a l'hora de seleccionar els panells que l'eficiència del panell sigui la més alta possible. Per aquest estudi s'ha seleccionat el panell model LR4-72HPH-455M, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del 20,9 % i les característiques tècniques que s'exposen a la **Taula 24**. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi.

Taula 24. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [W _p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Estructura metàl·lica del caminal solar

A l'hora de seleccionar l'estructura del caminal solar s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Amb l'objectiu de complir aquets requisits, s'ha seleccionat un kit d'una estructura per a una nau agrícola a una aigua feta amb perfil d'acer galvanitzat cargolat, de 17 m d'amplada i 36 m de llarg, que permet cobrir la totalitat de l'amplada del caminal. Per tal de poder cobrir el tram del caminal s'han col·locat 2,5 unitats. També cal mencionar que els pilars metàl·lics de la nau s'han col·locat sobre pilastres de 1,5 m d'altura (agafant com a referència d'altura nul·la la calçada), que a la vegada es troben col·locades a sobre de sabates de 4 m³, per tal d'assegurar l'estabilitat de l'estructura, i permetre la circulació de tot tipus de vehicles.

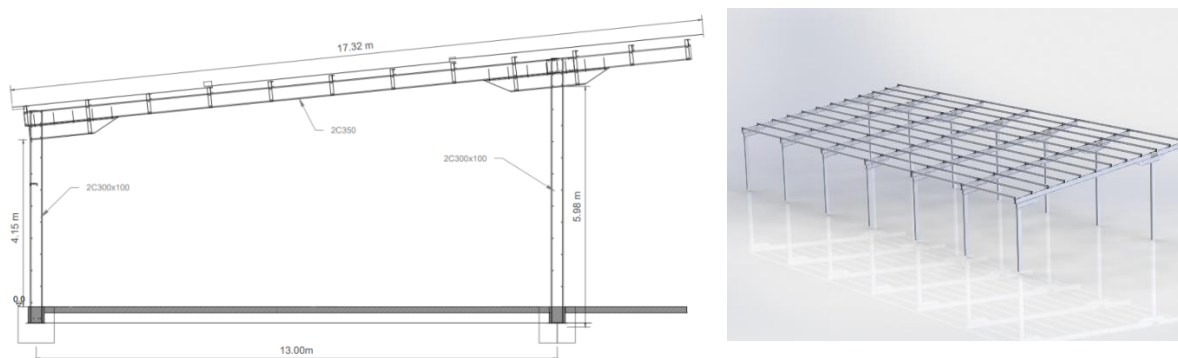


Figura 23. Exemple d'estructures metàl·liques contínues prefabricades destinades a usos agrícoles que podrien servir per el desplegament del caminal solar

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en la intempèrie, en la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparà; a fi de minimitzar les pèrdues de distribució en DC. A la vegada, el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser major al 98 %, disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip.

Per aquest estudi s'ha seleccionat el **model Sunny Highpower 150-20 PEAK3 de 150 kW**.

Taula 25. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Highpower SHP 150-Peak3

Fabricant:	SMA
Referencia:	Sunny Highpower SHP 150-Peak3
Potencia màxima en entrada en CC [kW _p]:	225
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.500
Numero d'entrades en CC:	1
Potencia màxima de sortida en CA [kW]:	150
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	99,1
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	98

A la **Taula 26**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 26. Superfícies i característiques del equipaments emprats en la planta fotovoltaica del caminal solar

Model de marquesina:		Kit Nave de Terneros	Fabricant:		CARM	Unitats:	2,5	Superfície unitària [m²]:	617,4
Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m²]	Inclinació	Angle azimuth / orientació	Superfície Ocupada [m²]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	648	455 W _p	295 kW _p	2,17	8º	-19/ S-O	1.535,3
Inversors	Sunny Highpower 150-20 PEAK3	SMA	2	150 kW _{ac}	300 kW _{ac}	--	--	--	--
Evacuació de la generació									
Centre de transformació	---	Transformador de 630 kVA + quadre de baixa tensió	1	--	630 kVA	--	--	--	--

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA DEL CAMINAL SOLAR

El cost de la inversió necessària per el desplegament d'una planta fotovoltaica amb les característiques i equips descrits en les subseccions anteriors al caminal ascendeix a **525.364,99 €**. En la

Taula 27 es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar.

Taula 27. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica de l'aparcament del caminal solar

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Obra Civil	---	1	4.041,50 €	4.041,50 €	1,17%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaiques	Estructura metàl·lica de la coberta solar del caminal, cost del transport de cada estructura des de Huesca fins a Mallorca, moviment de terres, sabates de 4 m³, pilars de formigó armat per augmentar l'altura de l'estructura metàl·lica, material auxiliar, mà d'obra de la instal·lació, etc.	1	179.393,93 €	179.393,93 €	51,94%
	Total obres civils i estructures:				183.435,43 €	53,11%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra de la instal·lació, rasa per l'entubat, formigonat de la rasa de connexió fins al CT	1	5.552,24 €	5.552,24 €	1,61%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					5.552,24 €	1,61%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					188.987,68 €	54,72%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					

	Inversor	Sunny Highpower SHP150	2	15.414,53 €	30829,06	8,93%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	648	144,63	93.720,24 €	27,13%
	Comptador elèctric		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,78%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	1	600,00 €	600,00 €	0,17%
Capítol 4	Centre de transformació	Transformador de 630 kVA de potencia + quadro de baixa tensió.	1	15.236,89 €	15.236,89 €	4,41%
Capítol 5	Sistema de Seguretat	Clos perimetral + Sistema de seguretat	1	1.976,50 €	1.976,50 €	0,57%
Capítol 6	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	4.956,00 €	4.956,00 €	1,43%
Capítol 7	Seguretat i salut	Seguretat i salut	1	383,50 €	383,50 €	0,11%
Capítol 8	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	1,74%
Pressupost d'execució material (PEM):					345.389,87 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	44.900,68 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	20.723,39 €	
				Total DG+BI [€]:	65.624,07 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	27.631,19 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					438.645,13 €	
IVA:				21,00%	92.115,48 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					530.760,61 €	
Cost específic [€/Wp]:					1,80	

PÈRGOLAS FOTOVOLTAIQUES DE CAN LÓPEZ

En la present subsecció es detallen els principals aspectes relacionats amb el desplegament d'una potencial instal·lació fotovoltaica d'autoconsum basada en la instal·lació de pèrgoles als espais d'estacionaments del costat de l'esquerra de l'aparcament de l'Anselm Turmeda (orientat cap al nord). A continuació es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny en funció de l'ús, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica a desplegar-hi, i la generació elèctrica mensual que abocaria aquesta instal·lació a la xarxa, un detall dels equipaments seleccionats, i finalment una estimació dels costos d'inversió.

UBICACIÓ

La zona d'estacionament de vehicles susceptible per instal·lar-hi plaques fotovoltaiques sobre pèrgoles es troba ubicat al campus de la Universitat de les Illes Balears, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), a l'aparcament de l'Anselm Turmeda. Aquest espai consta d'una superfície de **1.037,5 m²**, i es pot visualitzar en la **Figura 24** delimitat amb una línia de color blau.

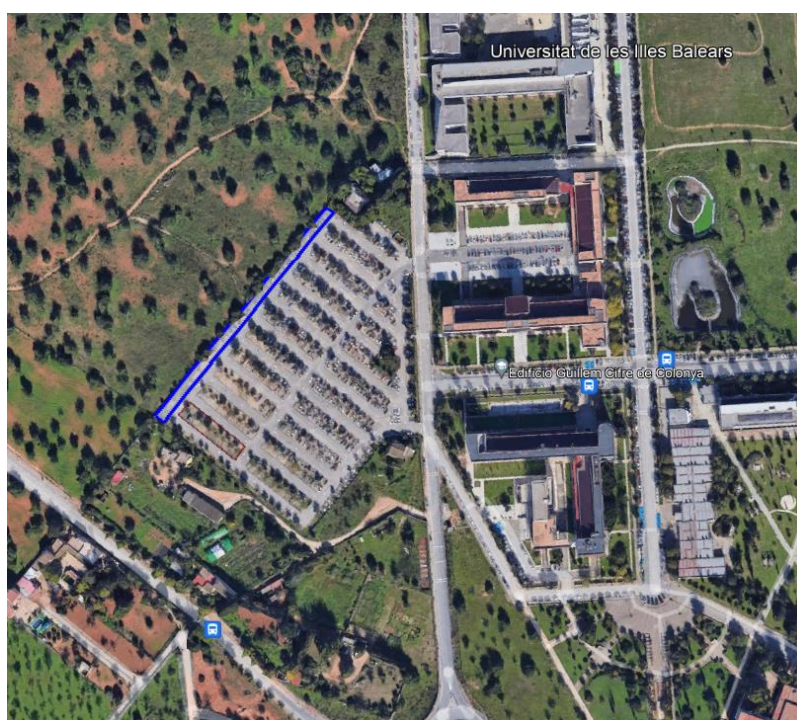


Figura 24. Zona delimitada amb blau seria on s'ubicaria la pèrgola fotovoltaica.

CLASIFICACIÓ DE LA ZONA AFECTADA

Els terrenys prioritars de l'aparcament de l'edifici Anselm Turmeda estan definits com a *zona 7 – àrea de reserva natural*, segons el que estableix el Pla Especial de 1986 de la Universitat de les Illes Balears, que en la seua totalitat consta d'una superfície aproximada de **347.833 m²**. En quan a l'aptitud per instal·lar-hi un parc fotovoltaic, cal mencionar que segons el mapa d'aptitud per al desplegament d'instal·lacions fotovoltaiques, disponible al visor de la Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB) de la *Conselleria de Media Ambient i Territori* del GOIB, presenta una aptitud **baixa**. Ara bé, d'acord a la llei 10/2019, del visor IDEIB, el citat aparcament apareix identificat i presenta un nivell d'insolació anual òptim, amb un valor menor o igual a 1.133 kWh/m², de manera que es tracta d'un aparcament de més de 1000 m² apte per a una possible instal·lació fotovoltaica.

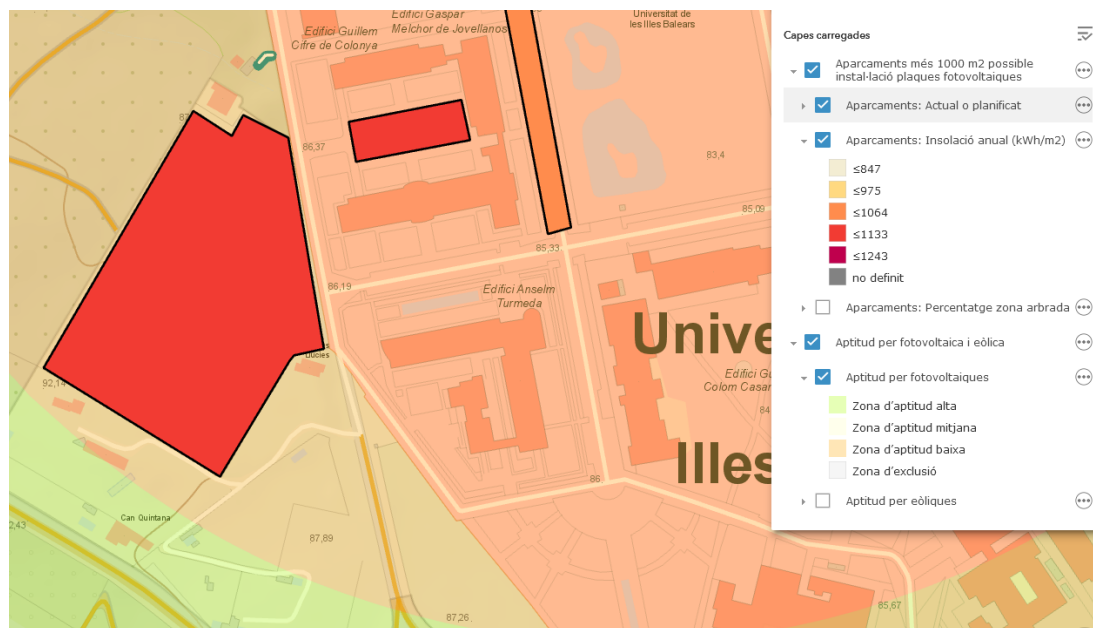


Figura 25. Mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques de l'aparcament de l'edifici Anselm Turmeda. Font: IDEIB.

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaica es planteja que en la zona d'estacionament mencionada en el present estudi es podria ubicar un parc fotovoltaic de **189 kW_p** de potencia de producció en corrent continua (DC) i **200 kW_{ac}** de potencia de producció en corrent alterna (AC), dels elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaics es transferida mitjançant corrent continua s'ha de transformar en corrent alterna, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaics de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'haurà d'eleva la tensió de l'energia produïda en baixa tensió per la instal·lació fotovoltaica a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permetria la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera del Campus. Concretament, en el present estudi es proposa evacuar l'energia que generaria la potencial instal·lació fotovoltaica a través del CT que es proposa construir annexa a l'edifici de Ca Ses Llúcies, el cost del qual ja s'ha inclòs a l'estimació del cost de la instal·lació de la potencial planta fotovoltaica que es podria instal·lar a l'aparcament de l'Anselm Turmeda.

Un cop analitzats els terrenys s'ha determinat que es podria desplegar una potencial instal·lació fotovoltaica que permetria instal·lar fins a **416 panells fotovoltaics**, del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar, de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**, col·locades sobre **tres marquesines model PR1.1 SC20 i una marquesina model PR1.1 SC10, del fabricant SUNFER** que ocuparien una superfície de **1.037,5 m²**, equivalent a un **0,29%** de la superfície de la zona 7 – àrea de reserva natural que en totalitat consta de **347.833 m**. La coberta de cada una d'aquestes marquesines presentaria una inclinació de 5° sobre l'horitzontal, i les estructures presentarien una orientació -120 °. A la vegada, les cadenes de panells fotovoltaics anirien connectades a **dos inversor de 100 kWac model Sunny Highpower 100-20 PEAK3** del fabricant alemany SMA. El pre-disseny de la distribució dels panells fotovoltaics es presenta a la **Figura 26**.

A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 28. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica

	Irradiància Global horitzontal [kWh/m ²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m ²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	10,76	10,60
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	14,02	13,81
<i>Març</i>	137,40	50,84	22,95	22,61
<i>Abril</i>	168,00	65,67	28,12	27,70
<i>Maig</i>	205,80	81,80	34,24	33,73
<i>Juny</i>	220,60	82,30	36,00	35,47
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	35,74	35,21
<i>Agost</i>	196,90	68,01	31,45	30,99
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	23,62	23,28
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	17,29	17,05
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	10,97	10,81
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	9,31	9,17
Total anual:	1.684,90	654,89	274,44	270,42
Inversió neta (Total del pressupost general):				443.372,65 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				77,61
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				2,64%

Concretament, la instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **270,4 MWh/any**, que permetria cobrir un **2,6 %** de la demanda elèctrica anual del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **77,6 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta de **443.372,7 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **2,35 €/Wp**, (impostos inclosos), i totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...), l'adequació de l'anell de mitja tensió del campus i el conjunt de l'obra civil associada (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del predisseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.

Finalment, cal remarcar que en el cost específic determinat, de **2,35 €/Wp**, hi ha **0,24 €/Wp (10,2 %)** que es corresponen a actuacions destinades a l'adequació de la xarxa de distribució de MT de la UIB per a permetre una correcta evacuació de l'energia generada a la xarxa.

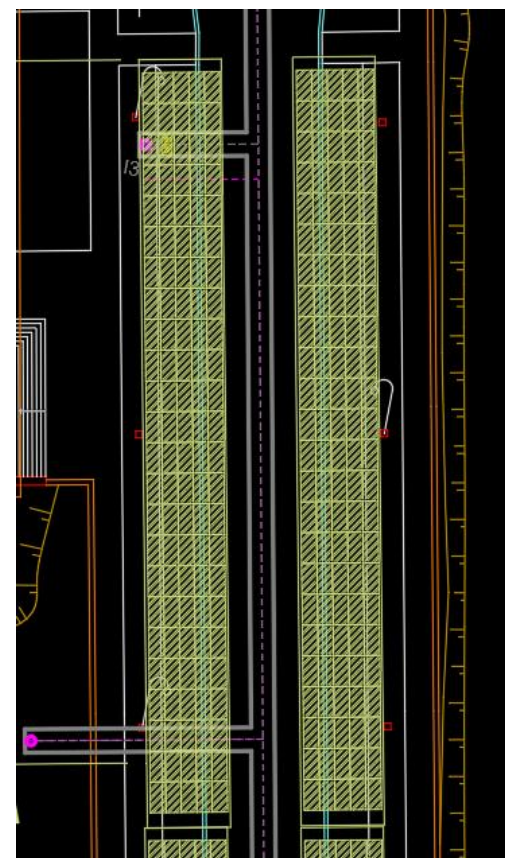
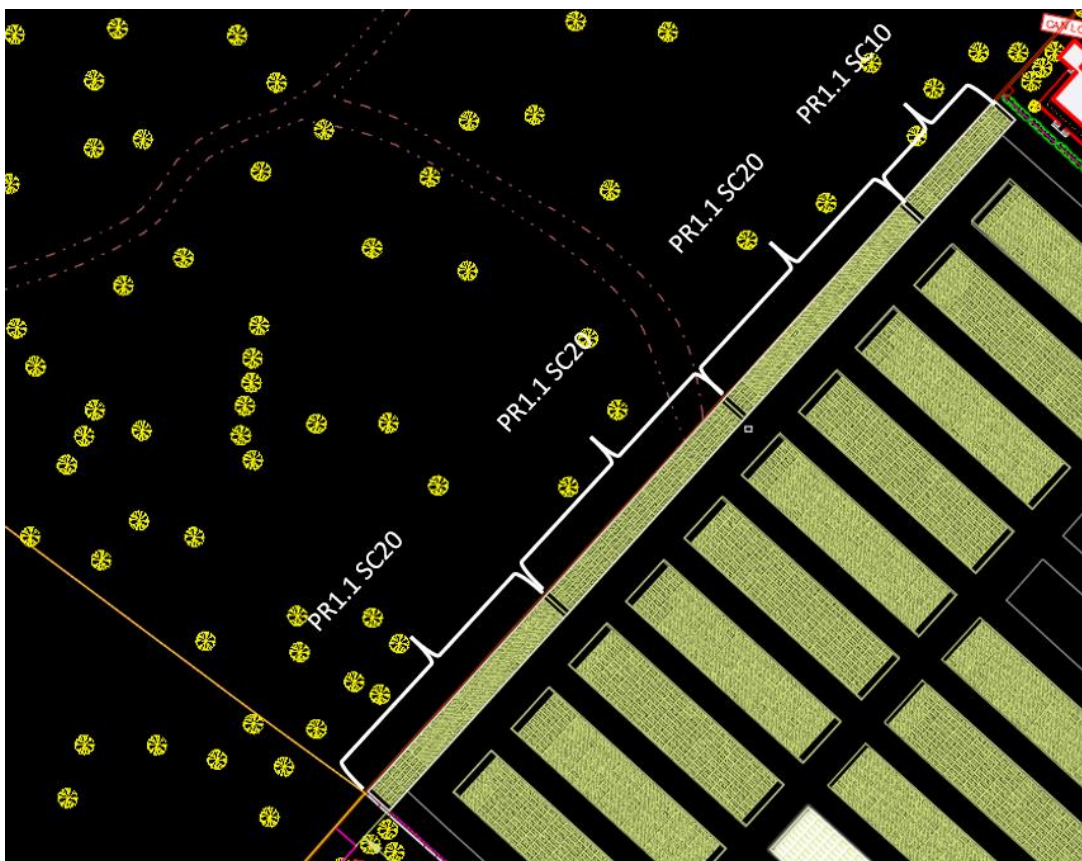


Figura 26: Pre-disseny de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie, sent una de les característiques de selecció més rellevants que l'eficiència del panell sigui la més alta possible. Per aquest estudi s'ha seleccionat el panell model LR4-72HPH-455M, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del 20,9 % i les característiques tècniques que s'exposen a la **Taula 29**. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi.

Taula 29. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referència:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potència nominal [W_p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Marquesines

A l'hora de seleccionar les marquesines fotovoltaiques s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Cal mencionar que al pre-disseny s'han situat tres marquesines model PR1.1 Sc20 (fins a: $24 \times 5 = 120$ panells) i una marquesina PR1.1 SC10 (fins a: $12 \times 5 = 60$ panells) del fabricant SUNFER permetent en total la instal·lació de 416 panells fotovoltaics.

A la vegada, amb la finalitat de minimitzar l'impacte visual i paisatgístic s'ha decidit que l'altura màxima de la marquesina sobre el terreny sigui de 3,5 m, i l'altura mínima de 2,2 m per tal de permetre compatibilitzar la generació solar amb l'ús del terreny com a estacionament de vehicles. Els pilars de les marquesines es fixaran al sòl mitjançant el seu cargolat a uns ancoratges prèviament embotits a sabates de formigó, que tindran un volum de com a mínim 4 m^3 i es trobaran separades entre si com a màxim 5 m.

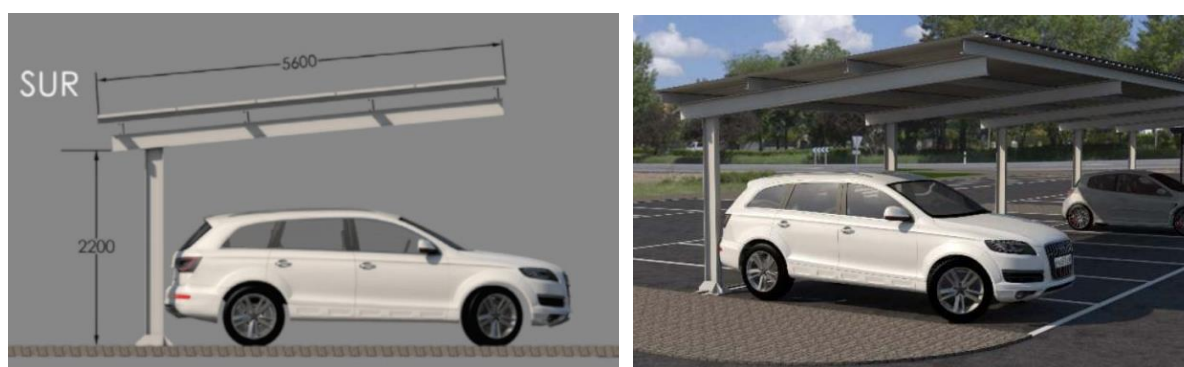


Figura 27. Marquesina modular.

Les marquesines emprades permeten la instal·lació de cinc fileres de 24 i 12 panells fotovoltaics muntats horitzontalment, per mides de panells fins a $2150 \times 1060 \text{ mm}$. L'altura màxima de l'estructura

amb els panells sobre el sòl es de **2,67 m**. Els pilars de les marquesines es distribuïran cada 5 metres, i aniran fixats mitjançant cargols a les respectives sabates de formigó.

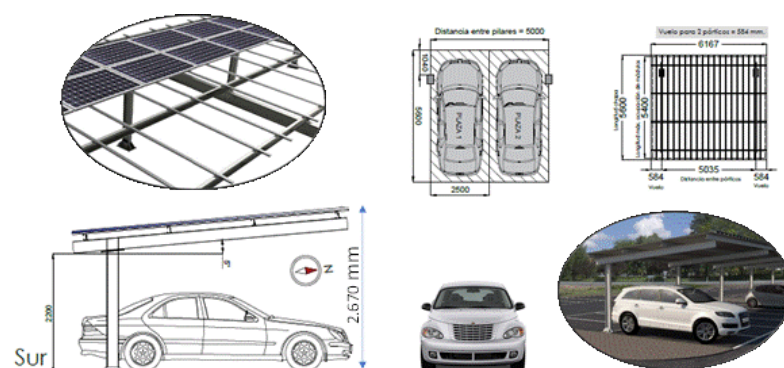


Figura 28. Disposició de les fileres de marquesines fotovoltaïques

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en la intempèrie, en la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparà; a fi de minimitzar les pèrdues de distribució en DC. A la vegada el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser major al 98 %, disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Per aquest estudi s'han seleccionat tres models d'inversors trifàsics. Concretament, s'ha emprat dos inversors **model Sunny Highpower 100-20 PEAK3 de 100 kW**.

Taula 30. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Highpower 100-20 Peak3.

Fabricant:	SMA
Referència:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	150
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	100
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98,6
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	98

A la **Taula 11**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 31. Superfícies i característiques del equipaments emprats en la planta fotovoltaica

Model de marquesina:		3*PR1.1 SC20 +PR1.1 SC10	Fabricant:		SUNFER	Unitats:	3+1	Superfície unitària [m²]:	302,05/157,6
Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m²]	Inclinació	Angle azimut / orientació	Superfície Ocupada [m²]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	360+120	455 W _p	163,8 +27,3 kW _p	2,17	5°	-120/S-O	1063,75 (marquesines)
Inversors	Sunny Highpower 100-20 Peak3	SMA	2	100kW _{ac}	200 kW _{ac}	--	--	--	--
Evacuació de la generació									

Centre de transformació	---	Quadre de baixa	1	--	--	--	--	--
Superfície total ocupada amb la projecció dels elements de la instal·lació [m²]:								1.037,5
Superfície total de la "zona 6 – àrea d'esports" [m²]:								347.833
Percentatge d'ocupació de la "zona 7 – àrea de reserva natural" [%]:								0,29 %

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El cost de la inversió necessària per el desplegament d'una planta fotovoltaica amb les característiques i equips descrits en les subseccions ascendeix a **443.372,65 €**. En la **Taula 32** es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar:

Taula 32. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Obra Civil	---	1	2.589,30 €	2.589,30 €	0,90%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaïques	Marquesines dels aparcaments i la seva instal·lació, material auxiliar, cimentacions de les sabates, mà d'obra de la instal·lació, etc.	1	163.087,56 €	163.087,56 €	56,53%
Total obres civils i estructures:					165.676,86 €	57,42%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra, rasa per l'entubat, formigonat de la rasa de connexió fins al CT de la planta de l'aparcament de l'Anselm Turmeda etc, mà d'obra de la instal·lació, etc.	1	23.356,35 €	23.356,35 €	8,10%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					23.356,35 €	8,10%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					189.033,21 €	65,52%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					
	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3	2	7.199,00 €	14.398,00 €	4,99%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	416	144,63	60.166,08 €	20,85%
	Comptador elèctric		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,94%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	13	600,00 €	7.800,00 €	2,70%
Capítol 4	Centre de transformació	Quadre de protecció de Baixa Tensió (BT)	1	3.738,09 €	3.738,09 €	1,30%
Capítol 5	Sistema de Seguretat	Clos perimetral + Sistema de seguretat	1	1.266,30 €	1.266,30 €	0,44%
Capítol 6	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	3.175,20 €	3.175,20 €	1,10%
Capítol 7	Seguretat i salut	Seguretat i salut	1	245,70 €	245,70 €	0,09%
Capítol 8	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	2,08%
Pressupost d'execució material (PEM):					288.522,58 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	37.507,94 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	17.311,35 €	
				Total DG+BI [€]:	54.819,29 €	
Honoraris professionals [€]:				8,00%	23.081,81 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					366.423,68 €	

IVA:	21,00%	76.948,97 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)		443.372,65 €	
Cost específic [€/Wp]:		2,35	

HOSTELERIA EST

En la present subsecció es detallen els principals aspectes relacionats amb el desplegament d'una potencial instal·lació fotovoltaica d'autoconsum als terrenys annexos a l'edifici de l'escola d'Hosteleria. A continuació es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny en funció de l'ús, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica a desplegar-hi, i la generació elèctrica mensual que abocaria aquesta instal·lació a la xarxa, un detall dels equipaments seleccionats, i una estimació dels costos d'inversió.

UBICACIÓ

La zona annexa a l'edifici d'Hosteleria susceptible per instal·lar-hi un potencial parc fotovoltaica es troba ubicada al campus de la Universitat de les Illes Balears, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), i es troba delimitada a la **Figura 29** per una línia contínua de color blau. Concretament, aquest terreny presenta una superfície de **4.699 m²** i delimita amb la carretera de Valldemossa (MA-1110) i l'Escola d'Hosteleria de les Illes Balears (EHIB).

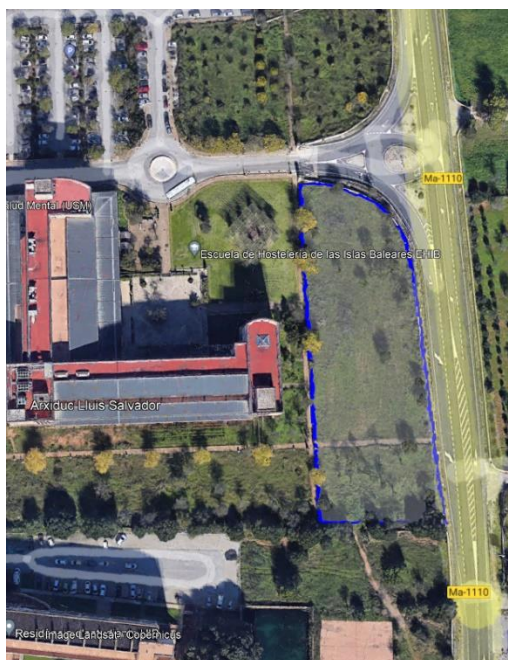


Figura 29. Terrenys annexes a l'edifici de l'Escola d'Hosteleria de les Illes Balears, susceptibles per instal·lar-hi una planta fotovoltaica. Font: Google Earth.

Com es pot apreciar, la zona definida es troba annexa a l'Escola d'Hosteleria, obstacle que donarà peu a l'aparició d'ombres sobre els panells fotovoltaics que s'instal·lin en les seves immediacions, en especial per les tardes donat que s'ubica a l'oest del terreny proposat. Per tant, a l'hora de pre-dimensionar el potencial parc fotovoltaic que es podria instal·lar en aquest terreny s'haurà de realitzar un estudi d'ombres properes, a fi de determinar les pèrdues de generació provocades per aquest obstacle.

CLASIFICACIÓ DE LA ZONA AFECTADA

Segons el mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques, disponible al visor de la Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB) de la *Conselleria de Media Ambient i Territori* del GOIB, els terrenys prioritaris annexos l'edifici Arxiduc Lluís Salvador presenta una **aptitud alta**.

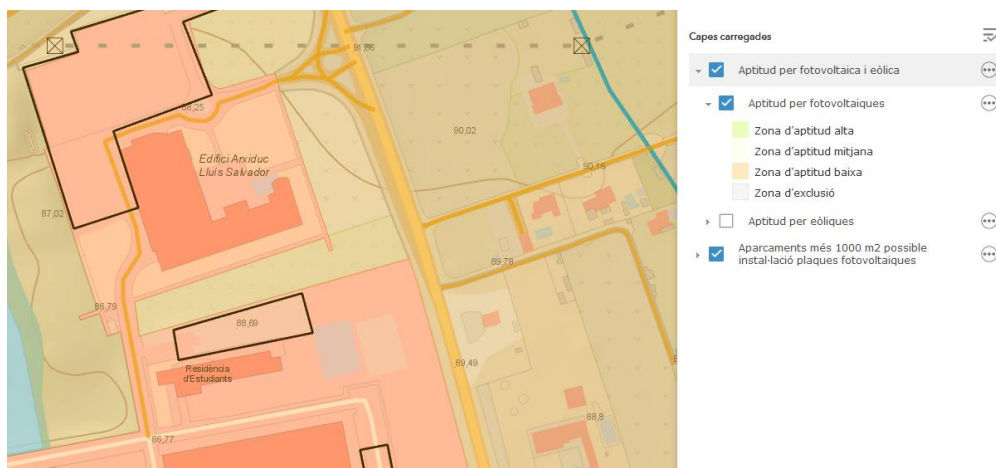


Figura 30. Mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques dels terrenys annexes a l'edifici Arxiduc Lluís Salvador. Font: IDEIB.

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaica es planteja que en la zona annexa a l'edifici d'Hosteleria es podria ubicar un parc fotovoltaic de **448 kW_p** de potència de producció en corrent continu (DC), i **450 kW_{ac}** de potència de producció en corrent alterna (AC), dels elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaics es transferida mitjançant corrent continu s'ha de transformar en corrent alterna, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaics de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'ha d'eleva la tensió de l'energia produïda en baixa tensió per la instal·lació fotovoltaica a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permet la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera de la xarxa de mitja tensió del campus. Concretament, es planteja evacuar l'energia generada a través del centre de transformació que s'ha proposat construir annexa a la planta fotovoltaica de l'Aljub General. **A més, es proposa ampliar la seva potència afegint un transformador de 1000 kVA.** D'aquesta manera es tindria marge suficient per evacuar l'energia generada la planta de l'Aljub General, el Caminal de Formentera, la planta Hosteleria Est, i la planta Hosteleria Nord.

Un cop analitzats els terrenys s'ha determinat que es podria desplegar una potencial instal·lació fotovoltaica que permetria instal·lar fins a **990 panells fotovoltaics**, del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar, de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**, que ocuparien una superfície de **1.961,3 m²**. Els panells fotovoltaics s'instal·larien sobre 99 suports inclinats a 30°, del **model 35V** del fabricant espanyol SUNFER, que permeten col·locar dues fileres de cinc panells. A la vegada, les 41 cadenes (strings) de 24 panells fotovoltaics de sortida s'interconnectaran a **3 inversors de 150 kWac** model **Sunny Highpower SHP150-20 Peak3** del fabricant alemany SMA. El pre-disseny de la

distribució de panells fotovoltaics als terrenys annexes a la residència d'estudiants del Campus de la UIB, i l'estudi d'ombres obtingut amb el programari PVsyst, es presenta a la **Figura 31**.

A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 33. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica

	Irradiància Global horitzontal [kWh/m ²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m ²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	39,74	39,30
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	45,20	44,71
<i>Març</i>	137,40	50,84	66,58	65,84
<i>Abril</i>	168,00	65,67	70,80	70,03
<i>Maig</i>	205,80	81,80	78,42	77,58
<i>Juny</i>	220,60	82,30	79,42	78,58
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	80,16	79,32
<i>Agost</i>	196,90	68,01	76,70	75,88
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	64,66	63,98
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	53,24	52,68
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	37,76	37,36
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	34,94	34,57
Total anual:	1.684,90	654,89	727,62	719,83
Inversió neta (Total del pressupost general):				711.115,98 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				206,59
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				7,03 %

Concretament, aquesta instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **719,8MWh/any**, que permetria cobrir un **7,03 % de la demanda elèctrica anual** del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **206,6 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta (incloent tots els impostos) de **711.115,9 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **1,59 €/Wp** (impostos inclosos) e incloent totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...) i obra civil associades (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del pre-disseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.

Finalment, cal remarcar que en el cost específic determinat, de **1,59 €/Wp**, hi ha **0,08 €/Wp (5 %)** que es corresponen a actuacions destinades a l'adequació de la xarxa de distribució de MT de la UIB per a permetre una correcta evacuació de l'energia generada a la xarxa.

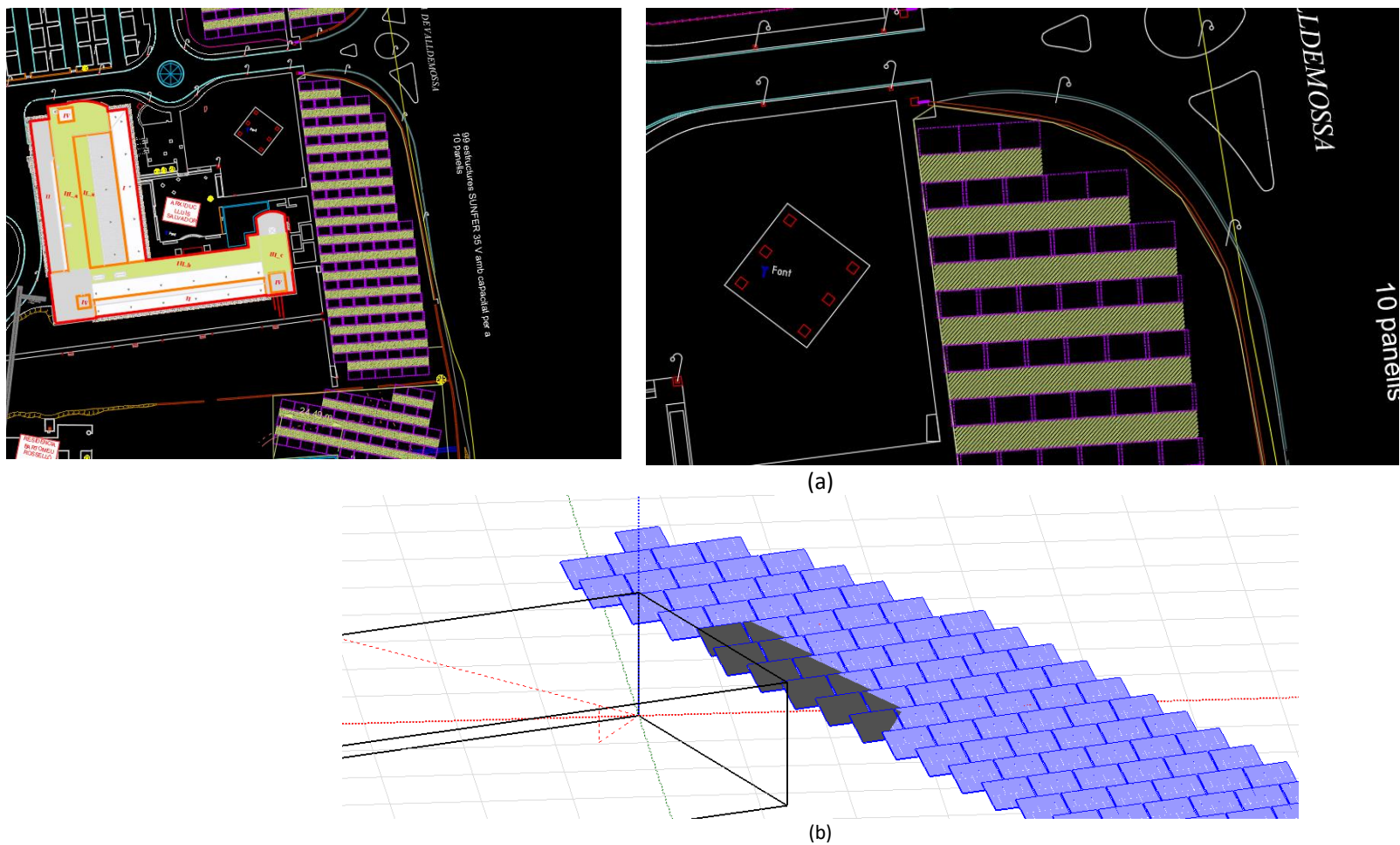


Figura 31 (a) Pre-disseny de la planta fotovoltaica. (b) Estudi d'ombres generat amb el programari PVsyst de la planta fotovoltaica .

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

Els panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie. Donat que una de les premisses rebudes en la confecció del present estudi es la minimització de l'ocupació de territori per aconseguir la independència energètica del campus, serà d'especial rellevància que la eficiència del panell sigui la més alta possible.

Per el present estudi s'ha seleccionat el panell fotovoltaic **model LR4-72HPH-455M**, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del **20,9 %** i les característiques tècniques que s'exposen a continuació. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi, si es vol obtenir una generació elèctrica equivalent o superior a la plantejada.

Taula 34. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referència:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potència nominal [W _p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Estructures de suport

A l'hora de seleccionar les estructures de suport dels panells fotovoltaics s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Un altre requisit ha estat que les estructures permetin la instal·lació de entre 6 i 12 panells amb configuracions de dos panells verticals o quatre panells muntats horitzontalment, amb l'objectiu de mantenir l'alçada màxima de l'estructura per sota els 3 m per tal de minimitzar l'impacte visual i paisatgístic de la planta de generació. A la vegada, s'ha decidit que l'alçada mínima de la estructura sobre el terreny sigui d'almenys 0,5 m amb l'objectiu de permetre la possibilitat de compatibilitzar la generació solar amb cultiu o l'ús del terreny com a pastos d'animals. Finalment, cal mencionar que per tal d'evitar la generació de residus permanents sobre el terreny en el moment de desmuntar la planta un cop completada la seva vida operativa, les estructures de suport s'hauran de poder fixar al sòl sense requerir de formigó o algun altre material de característiques similars.

Per tal de complir amb els requisits mencionats, en el present estudi s'ha decidit utilitzar estructures que permeten la seva fixació al terreny mitjançant el clavat directe de l'estructura al sòl, **Figura 32 (a)**, o mitjançant l'ús de perns de terra, **Figura 32 (b)**, segons la composició del sol.

En ambdós casos es produeix una ocupació i una degradació mínima del terreny, donat que l'ocupació del territori es limita a la superfície de 4 cargols o hinques per cada 3 metres lineals d'estructura. Els cargols i les hinques es fixen al sòl mitjançant un equip hidràulic o un accessori hidràulic per excavadora que fa les funcions de tornavís i de martell hidràulic, respectivament. Aquestes solucions facilitaran el desmantellament i el reciclatge de la instal·lació, una vegada acabi la seva vida útil.

Concretament, en aquest estudi s'ha optat per l'estructura que es clava al sol mitjançant sis hinques, model 35V del fabricant SUNFER, que es presenta a la **Figura 33**, i amb un angle dels panells sobre l'horitzontal de 30°. Aquesta estructura permet la instal·lació de 10 panells en configuració de dues

fileres de cinc panells muntats verticalment, per a mides de panells de fins a 2279 x 1150 mm, amb una altura màxima sobre el sòl de l'estructura amb els panells de **2,62 m**.



Figura 32. (a) estructura fixada al sòl mitjançant hincques. (b) Estructura fixada al sòl mitjançant cargols de terra.

En quan a la separació entre diferents fileres contigües, s'ha fixat en **3,5 m**, per tal de poder utilitzar mitjans mecànics per dur a terme la neteja periòdica dels panells fotovoltaics. A l'IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético*) s'indica que la distància de separació entre files de mòduls de panells ha de ser tal que es garanteixi almanco quatre hores de sol al voltant del mig dia del solstici d'hivern. Si es calcula aquesta distancia tenint en compte que la latitud on s'ubica es terreny, **39,38° N**, que la longitud de l'estructura amb cinc panells col·locats horitzontalment es de **5,2 m** (horitzontal), i que l'angle dels panells sobre l'horitzontal es de 30°, s'obté que la separació recomanada ha de ser de **6,7 m**. Per tant, es proposa reduir la separació entre panells al respecte a la recomanada al Plec de condicions tècniques d'instal·lacions fotovoltaïques del IDAE (*Instituto para la diversificación y Ahorro Energético*), a fi de maximitzar la generació fotovoltaica. En conseqüència les diferents estructures es faran ombra entre elles, el que implicarà unes pèrdues anuals del **4,74 %** de la generació, d'acord a les simulacions realitzades. Ara bé, les pèrdues son compensades amb l'augment de la generació al col·locar mes estructures per unitat d'àrea.

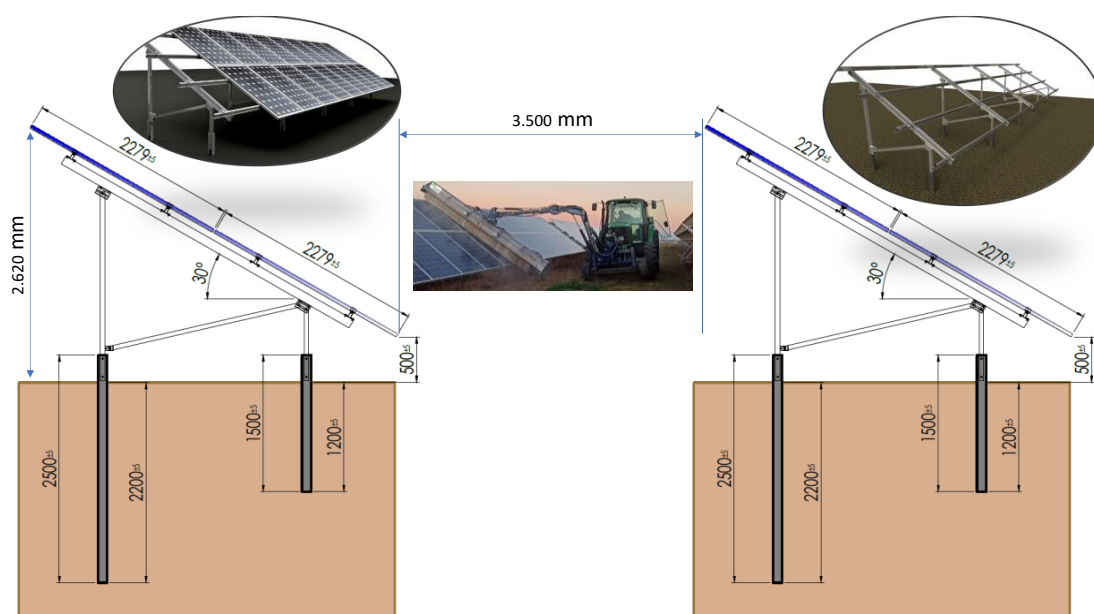


Figura 33. Disposició de les fileres d'estructures de suport dels panells a la planta fotovoltaica

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en intempèrie, fixant-los a la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparan. Tota això, a fi de minimitzar les pèrdues de distribució en DC. A la vegada, el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser igual o major al 98 %, i hauran de disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Cal remarcar que serà necessari desplegar el sistema de comunicacions (en el cas de desplegar una solució de comunicacions sense fils tindrà un cost inferior a les solucions cablejades) per tal de poder interaccionar amb l'inversor.

Al present estudi s'ha seleccionat un inversor trifàsic amb una potència de **150kW_{ac}**, model **Sunny Highpower 150-20 PEAK3** del fabricant alemany, amb una eficiència en la conversió del **98,6%** i amb les característiques tècniques que es presenten en la següent taula.

Taula 35. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Highpower SHP 150-Peak3

Fabricant:	SMA
Referència:	Sunny Highpower SHP 150-Peak3
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	225
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.500
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	150
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	99,1
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	98

A la **Taula 36**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 36. Superfícies i característiques dels equipaments emprats en el potencial parc fotovoltaic

Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m²]	Inclinació	Angle azimuth / orientació	Superfície Ocupada [m²]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	990	4 55 W _p	450 kW _p	1,87	30º	19º / S-E	1.961,3
Estructura de suport	SUNFER 35 V	SUNFER	99	---	---	15,05	30º	19º / S-E	1.961,3
Inversors	Sunny Highpower SHP10-20-PEAK3	SMA	3	150 kW _{ac}	450 kW _{ac}	--	--		--
Centre de transformació	---	Transformador de 1.000 kVA +quadre de baixa tensió	1	1000 kVA	1000 kVA	-	--		-

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El cost de la inversió necessària per el desplegament de la planta fotovoltaica proposada en els terrenys annexes a l'edifici Arxiduc Lluís Salvador ascendeix a **711.115,98 €**. En la **Taula 37** es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar per a desplegar la instal·lació proposada.

Taula 37. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica.

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Obra Civil	---	1	6.137,60 €	6.137,60 €	1,33%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaïques	Estructura de suport dels panells PV i la seva instal·lació, palanganes de suport del cablejat, material elèctric, material auxiliar, mà d'obra.	1	181.422,32 €	181.422,32 €	39,20%
Total obres civils i estructures:					187.559,92 €	40,53%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra, Planta fotovoltaica -> CT Aljub General	1	21.980,54 €	21.980,54 €	4,75%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					21.980,54 €	4,75%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					209.540,46 €	45,28%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					
	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 (SMA)	3	15.414,53 €	46.243,59 €	9,99%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	990	144,63	143.183,70 €	30,94%
	Comptador elèctric		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,58%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	41	600,00 €	24.600,00 €	5,32%
Capítol 4	Centre de transformació	Centre de transformació de 2000 kVA, amb caseta prefabricada, 2 celdes de línia, 1 celda de proteccions + fusible, 1 celda de seccionament, 1 celda de mesura.	1	19.377,09 €	19.377,09 €	4,19%
Capítol 5	Sistema de Seguretat	Clos perimetral + Sistema de seguretat	1	3.001,60 €	3.001,60 €	0,65%
Capítol 6	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	7.526,40 €	7.526,40 €	1,63%
Capítol 7	Seguretat i salut	Seguretat i salut	1	582,40 €	582,40 €	0,13%
Capítol 8	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	1,30%
Pressupost d'execució material (PEM):					462.755,24 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	60.158,18 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	27.765,31 €	
				Total DG+BI [€]:	87.923,50 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	37.020,42 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					587.699,15 €	
IVA:				21,00%	123.416,82 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					711.115,98 €	
Cost específic [€/Wp]:					1,59	

HOSTELERIA NORD

En la present subsecció es detallen els principals aspectes relacionats amb el desplegament d'una potencial instal·lació fotovoltaica d'autoconsum als terrenys annexos a la carretera de Valldemossa (Ma-1110) y l'aparcament de l'edifici de l'Escola d'Hosteleria de les Illes Balears (EHIB). A continuació es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny en funció de l'ús, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica a desplegar-hi, i la generació elèctrica mensual que abocaria aquesta instal·lació a la xarxa, un detall dels equipaments seleccionats, i una estimació dels costos d'inversió.

UBICACIÓ

La zona annexa a la zona d'aparcament de l'edifici l'Escola d'Hosteleria de les Illes Balears susceptible per instal·lar-hi un potencial parc fotovoltaica es troba ubicada al campus de la Universitat de les Illes Balears, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), i es troba delimitada a la **Figura 34** per una línia contínua de color blau. Concretament, aquest terreny presenta una superfície de **6.242 m²** i delimita amb la carretera de Valldemossa (MA-1110), l'aparcament de la facultat, i el carrer de Valldemossa.



Figura 34. Terrenys annexes a l'aparcament de l'edifici de l'Escola d'Hosteleria de les Illes Balears, susceptibles per instal·lar-hi una planta fotovoltaica. Font: Google Earth.

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaica es planteja que en la zona annexa a l'aparcament de l'edifici d'Hosteleria es podria ubicar un parc fotovoltaic de **524 kW_p** de potència de producció en corrent continua (DC), i **500 kW_{ac}** de potència de producció en corrent alterna (AC), dels elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaics es transferida mitjançant corrent continua s'ha de transformar en corrent alterna, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaics de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'ha d'eleva la tensió de l'energia produïda en baixa tensió per la instal·lació fotovoltaica a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permet la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera de la xarxa de mitja tensió del campus. Concretament, es planteja evacuar l'energia generada a través del centre de transformació que s'ha proposat construir annexa a la planta fotovoltaica de l'Aljub General.

Un cop analitzats els terrenys s'ha determinat que es podria desplegar una potencial instal·lació fotovoltaica que permetria instal·lar fins a **1.160 panells fotovoltaics**, del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar, de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**, que ocuparien una superfície de **2.298 m²**. Els panells fotovoltaics s'instal·larien sobre 116 suports inclinats a 30°, del **model 35V** del fabricant espanyol SUNFER, que permeten col·locar dues fileres de cinc panells. A la vegada, les 71 cadenes (strings) de 16 panells fotovoltaics de sortida s'interconnectaran a **5 inversors de 100 kWac** model **Sunny Highpower SHP100-20 Peak3** del fabricant alemany SMA. El pre-disseny de la distribució de panells fotovoltaics als terrenys annexes a la residència d'estudiants del Campus de la UIB, i l'estudi d'ombres obtingut amb el programari PVsyst, es presenta a la **Figura 35**.

A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 38. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica

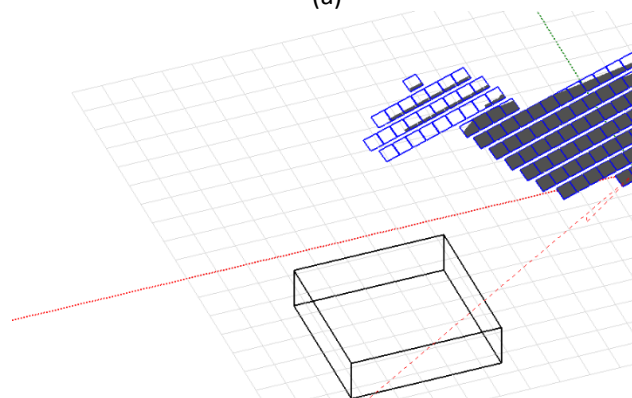
	Irradiància Global horitzontal [kWh/m²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	48,16	47,39
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	54,05	53,21
<i>Març</i>	137,40	50,84	78,87	77,58
<i>Abril</i>	168,00	65,67	83,40	82,05
<i>Maig</i>	205,80	81,80	92,20	90,74
<i>Juny</i>	220,60	82,30	93,28	91,82
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	94,14	92,67
<i>Agost</i>	196,90	68,01	90,22	88,79
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	76,35	75,16
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	63,29	62,31
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	45,49	44,80
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	42,53	41,88
Total anual:	1.684,90	654,89	861,98	848,38
Inversió neta (Total del pressupost general):				938.494,35 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				243,49
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				8,28 %

Concretament, aquesta instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **719,83 MWh/any**, que permetria cobrir un **8,28 % de la demanda elèctrica anual** del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **243,49 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta (incloent tots els impostos) de **938.494,35 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **1,79 €/Wp** (impostos inclosos) e incloent totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...) i obra civil associades (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del pre-disseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.



(a)



(b)

Figura 35 (a) Pre-disseny de la planta fotovoltaica. (b) Estudi d'ombres generat amb el programari PVsyst de la planta fotovoltaica .

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie. Donat que una de les premisses rebudes en la confecció del present estudi es la minimització de l'ocupació de territori per aconseguir la independència energètica del campus, serà d'especial rellevància que la eficiència del panell sigui la més alta possible.

Per el present estudi s'ha seleccionat el panell fotovoltaic **model LR4-72HPH-455M**, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del **20,9 %** i les característiques tècniques que s'exposen a continuació. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi, si es vol obtenir una generació elèctrica equivalent o superior a la plantejada.

Taula 39. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potència nominal [W _p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Estructures de suport

A l'hora de seleccionar les estructures de suport dels panells fotovoltaics s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Un altre requisit ha estat que les estructures permetin la instal·lació de entre 6 i 12 panells amb configuracions de dos panells verticals o quatre panells muntats horitzontalment, amb l'objectiu de mantenir l'alçada màxima de l'estructura per sota els 3 m per tal de minimitzar l'impacte visual i paisatgístic de la planta de generació. A la vegada, s'ha decidit que l'alçada mínima de la estructura sobre el terreny sigui d'almenys 0,5 m amb l'objectiu de permetre la possibilitat de compatibilitzar la generació solar amb cultiu o l'ús del terreny com a pastos d'animals. Finalment, cal mencionar que per tal d'evitar la generació de residus permanents sobre el terreny en el moment de desmuntar la planta un cop completada la seva vida operativa, les estructures de suport s'hauran de poder fixar al sòl sense requerir de formigó o algun altre material de característiques similars.

Per tal de complir amb els requisits mencionats, en el present estudi s'ha decidit utilitzar estructures que permeten la seva fixació al terreny mitjançant el clavat directe de l'estructura al sòl, **Figura 36(a)**, o mitjançant l'ús de pernys de terra, **Figura 36 (b)**, segons la composició del sol.

En ambdós casos es produeix una ocupació i una degradació mínima del terreny, donat que l'ocupació del territori es limita a la superfície de 4 cargols o hiques per cada 3 metres lineals d'estructura. Els cargols i les hiques es fixen al sòl mitjançant un equip hidràulic o un accessori hidràulic per excavadora que fa les funcions de tornavís i de martell hidràulic, respectivament. Aquestes solucions facilitaran el desmantellament i el reciclatge de la instal·lació, una vegada acabi la seva vida útil.

Concretament, en aquest estudi s'ha optat per l'estructura que es clava al sol mitjançant sis hiques, model 35V del fabricant SUNFER, que es presenta a la **Figura 37**, i amb un angle dels panells sobre l'horitzontal de 30°. Aquesta estructura permet la instal·lació de 10 panells en configuració de dues

fileres de cinc panells muntats verticalment, per a mides de panells de fins a 2279 x 1150 mm, amb una altura màxima sobre el sòl de l'estructura amb els panells de **2,62 m**.



Figura 36. (a) estructura fixada al sòl mitjançant hines. (b) Estructura fixada al sòl mitjançant cargols de terra.

En quan a la separació entre diferents fileres contigües, s'ha fixat en **3,5 m**, per tal de poder utilitzar mitjans mecànics per dur a terme la neteja periòdica dels panells fotovoltaics. A l'IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético*) s'indica que la distància de separació entre files de mòduls de panells ha de ser tal que es garanteixi almanco quatre hores de sol al voltant del mig dia del solstici d'hivern. Si es calcula aquesta distancia tenint en compte que la latitud on s'ubica es terreny, **39,38° N**, que la longitud de l'estructura amb cinc panells col·locats horitzontalment es de **5,2 m** (horitzontal), i que l'angle dels panells sobre l'horitzontal es de 30°, s'obté que la separació recomanada ha de ser de **6,7 m**. Per tant, es proposa reduir la separació entre panells al respecte a la recomanada al Plec de condicions tècniques d'instal·lacions fotovoltaïques del IDAE (*Instituto para la diversificación y Ahorro Energético*), a fi de maximitzar la generació fotovoltaica. En conseqüència les diferents estructures es faran ombra entre elles, el que implicarà unes pèrdues anuals del **3,56 %** de la generació, d'acord a les simulacions realitzades. Ara bé, les pèrdues son compensades amb l'augment de la generació al col·locar mes estructures per unitat d'àrea.

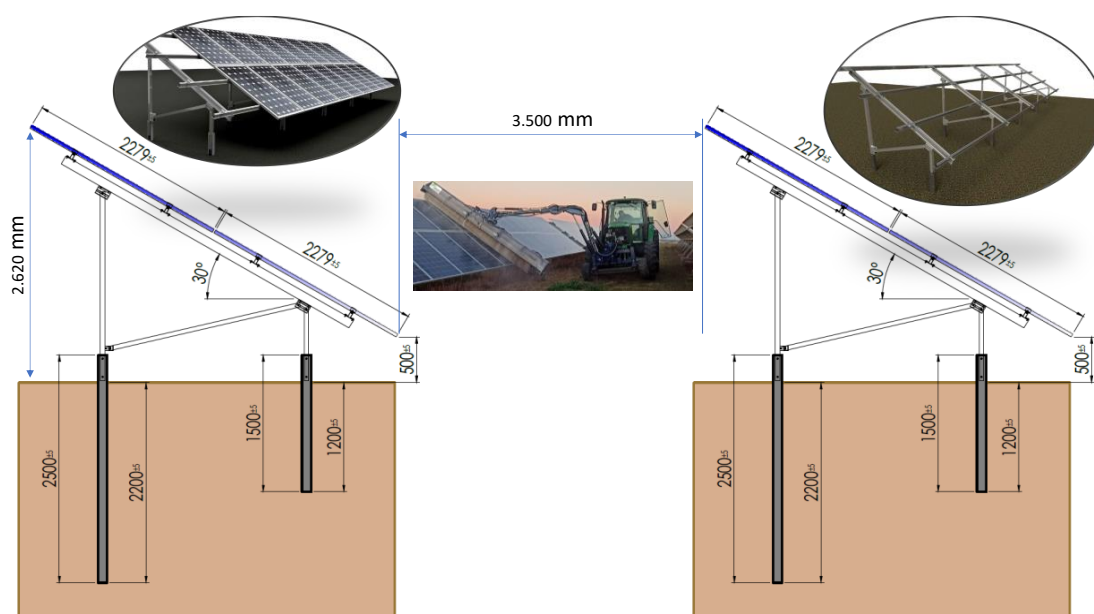


Figura 37. Disposició de les fileres d'estructures de suport dels panells a la planta fotovoltaica

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en intempèrie, fixant-los a la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparan. Tota això, a fi de minimitzar les pèrdues de distribució en DC. A la vegada, el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser igual o major al 98 %, i hauran de disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Cal remarcar que serà necessari desplegar el sistema de comunicacions (en el cas de desplegar una solució de comunicacions sense fils tindrà un cost inferior a les solucions cablejades) per tal de poder interaccionar amb l'inversor.

Al present estudi s'ha seleccionat un inversor trifàsic amb una potència de **100kW_{ac}**, model **Sunny Highpower 100-20 PEAK3** del fabricant alemany SMA, amb una eficiència en la conversió del **98,6%** i amb les característiques tècniques que es presenten en la següent taula.

Taula 40. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Highpower 100-20 Peak3.

Fabricant:	SMA
Referència:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	150
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	100
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98,6
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	98

A la **Taula 41**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 41. Superfícies i característiques dels equipaments emprats en el potencial parc fotovoltaic

Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m²]	Inclinació	Angle azimuth / orientació	Superfície Ocupada [m²]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	1160	455 W _p	527,8 kW _p	1,87	30º	18º / S-E	2.308,6
Estructura de suport	SUNFER 35 V	SUNFER	99	---	---	15,05	30º	18º / S-E	2.308,6
Inversors	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3	SMA	5	100 kW _{ac}	500 kW _{ac}	--	--		--
Centre de transformació	---	Quadre de baixa tensió	1	-	-	-	--		-

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El cost de la inversió necessària per el desplegament de la planta fotovoltaica proposada en els terrenys annexes a l'aparcament de l'edifici Arxiduc Lluís Salvador ascendeix a **938.494,35 €**. En la **Taula 42** es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar per a desplegar la instal·lació proposada.

Taula 42. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica¹.

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Obra Civil	---	1	7.178,80 €	7.178,80 €	1,18%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaïques	Estructura de suport dels panells PV i la seva instal·lació, palanganes de suport del cablejat, material elèctric, material auxiliar, mà d'obra.	1	198.033,88 €	198.033,88 €	32,43%
Total obres civils i estructures:					205.212,68 €	33,60%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, rasa, material auxiliar, mà d'obra, Planta fotovoltaica - > CT Aljub General	1	151.708,83 €	151.708,83 €	24,84%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					151.708,83 €	24,84%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					356.921,51 €	58,44%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					
	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 (SMA)	5	7.199,00 €	35.995,00 €	5,89%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	1160	144,63	167.770,80 €	27,47%
	Comptador elèctric		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,44%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	41	600,00 €	24.600,00 €	4,03%
Capítol 4	Centre de transformació	Quadre de baixa tensió	1	3.738,09 €	3.738,09 €	0,61%
Capítol 5	Sistema de Seguretat	Clos perimetral + Sistema de seguretat	1	3.510,80 €	3.510,80 €	0,57%
Capítol 6	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	8.803,20 €	8.803,20 €	1,44%
Capítol 7	Seguretat i salut	Seguretat i salut	1	681,20 €	681,20 €	0,11%
Capítol 8	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	0,98%
Pressupost d'execució material (PEM):					610.720,60 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	79.393,68 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	36.643,24 €	
				Total DG+BI [€]:	116.036,91 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	48.857,65 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					775.615,17 €	
IVA:				21,00%	162.879,18 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					938.494,35 €	
Cost específic [€/Wp]:					1,79	

¹ L'estimació del cost de la inversió de la potencial planta fotovoltaica inclou el cost de la construcció de la rasa a través de la qual es durà el cablejat de la planta d'Hosteleria Est i la planta fotovoltaica Hosteleria Nord cap al CT construït annexa a l'Aljub General

PÈRGOLAS FOTOVOLTAIQUES DE L'APARCAMENT DE L'ESCOLA D'HOSTELERIA

En la present subsecció es detallen els principals aspectes relacionats amb el desplegament d'una potencial instal·lació fotovoltaica d'autoconsum basada en la instal·lació de pèrgoles a dos trams d'estacionaments de l'aparcament de vehicles de l'Escola d'Hosteleria. A continuació es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny en funció de l'ús, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica a desplegar-hi, i la generació elèctrica mensual que abocaria aquesta instal·lació a la xarxa, un detall dels equipaments seleccionats, i finalment una estimació dels costos d'inversió.

UBICACIÓ

La zona d'estacionament de vehicles susceptible per instal·lar-hi plaques fotovoltaiques sobre pèrgoles es troba ubicat al campus de la Universitat de les Illes Balears, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), a l'aparcament de l'edifici d'Hosteleria. Aquest espai consta d'una superfície de **764 m²**, i es pot visualitzar en la **Figura 38** delimitat amb una línia de color blau.



Figura 38. Zona delimitada amb blau seria on s'ubicarien les pèrgoles fotovoltaiques.

CLASIFICACIÓ DE LA ZONA AFECTADA

D'acord a la llei 10/2019, del visor IDEIB, el citat aparcament apareix identificat i presenta un nivell d'insolació anual òptim, amb un valor menor o igual a 1.133 kWh/m², de manera que es tracta d'un aparcament de més de 1000 m² apte per a una possible instal·lació fotovoltaica.

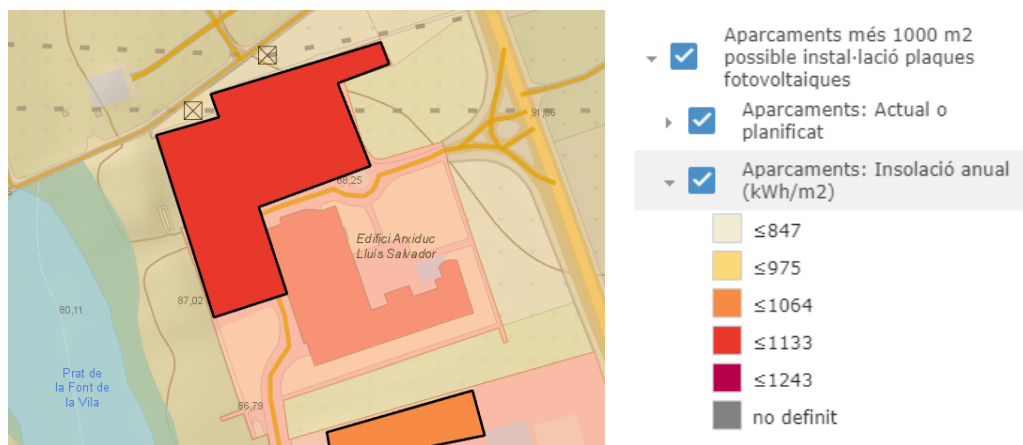


Figura 39. Mapa d'aptitud per el desplegament d'instal·lacions fotovoltaïques a l'aparcament de l'edifici de la facultat d'Hosteleria.

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaica es planteja que en la zona d'estacionament mencionada en el present estudi es podria ubicar un parc fotovoltaic de **109 kW_p** de potencia de producció en corrent continua (DC) i **110 kW_{ac}** de potencia de producció en corrent alterna (AC), dels elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaics es transferida mitjançant corrent continua s'ha de transformar en corrent alterna, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaics de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'haurà d'eleva la tensió de l'energia produïda en baixa tensió per la instal·lació fotovoltaica a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permetria la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera del Campus. Concretament, en el present estudi es proposa evacuar l'energia directament cap a l'edifici Arxiduc Lluís Salvador.

Un cop analitzats els terrenys s'ha determinat que es podria desplegar una potencial instal·lació fotovoltaica que permetria instal·lar fins a **240 panells fotovoltaics**, del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar, de **455 W_p** amb una eficiència del **20,9 %**, col·locades sobre **dues marquesines model PR1.1 del fabricant SUNFER** que ocuparien una superfície de **590 m²**. A la vegada, les cadenes de panells fotovoltaics de cada una de les marquesines anirien connectades a un **inversor de 55 kW_{ac} model Ingecon Sun 100TL** del fabricant espanyol Ingeteam. El pre-disseny de la distribució dels panells fotovoltaics es presenta a la **Figura 40**.

A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 43. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica

	Irradiància Global horitzontal [kWh/m ²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m ²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	6,97	6,83
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	8,77	8,65
<i>Març</i>	137,40	50,84	13,90	13,71
<i>Abril</i>	168,00	65,67	16,58	16,37
<i>Maig</i>	205,80	81,80	19,90	19,64
<i>Juny</i>	220,60	82,30	20,86	20,61
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	20,76	20,51
<i>Agost</i>	196,90	68,01	18,57	18,33
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	14,09	13,91
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	10,63	10,47
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	6,98	6,86
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	6,05	5,92
Total anual:	1.684,90	654,89	164,06	161,80
Inversió neta (Total del pressupost general):				266.003,59 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				46,44
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				1,58 %

Concretament, la instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **161,80 MWh/any**, que permetria cobrir un **1,58 %** de la demanda elèctrica anual del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **46,44 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta de **266.003,59 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **2,44 €/Wp**, (impostos inclosos), i totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...), l'adequació de l'anell de mitja tensió del campus i el conjunt de l'obra civil associada (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del predisseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.

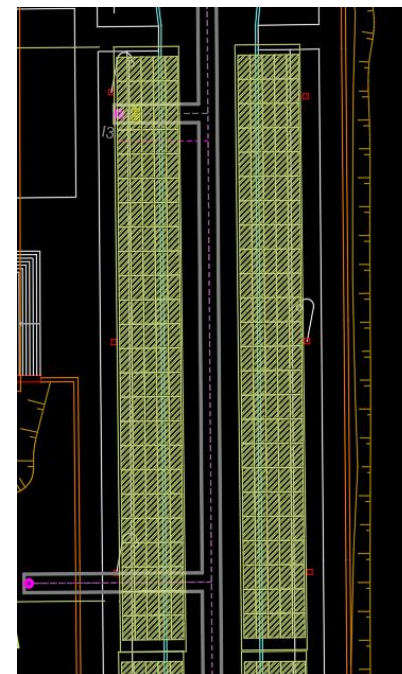


Figura 40: Pre-disseny de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie, sent una de les característiques de selecció més rellevants que l'eficiència del panell sigui la més alta possible. Per aquest estudi s'ha seleccionat el panell model LR4-72HPH-455M, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del 20,9 % i les característiques tècniques que s'exposen a la següent taula. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi.

Taula 44. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referència:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potència nominal [W_p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Marquesines

A l'hora de seleccionar les marquesines fotovoltaiques s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Cal mencionar que al pre-disseny s'han situat dues marquesines model PR1.1 Sc20 (fins a: $24 \times 5 = 120$ panells) permetent en total la instal·lació de 240 panells fotovoltaics.

A la vegada, amb la finalitat de minimitzar l'impacte visual i paisatgístic s'ha decidit que l'altura màxima de la marquesina sobre el terreny sigui de 3,5 m, i l'altura mínima de 2,2 m per tal de permetre compatibilitzar la generació solar amb l'ús del terreny com a estacionament de vehicles. Els pilars de les marquesines es fixaran al sòl mitjançant el seu cargolat a uns ancoratges prèviament embotits a sabates de formigó, que tindran un volum de com a mínim 4 m^3 i es trobaran separades entre si com a màxim 5 m.

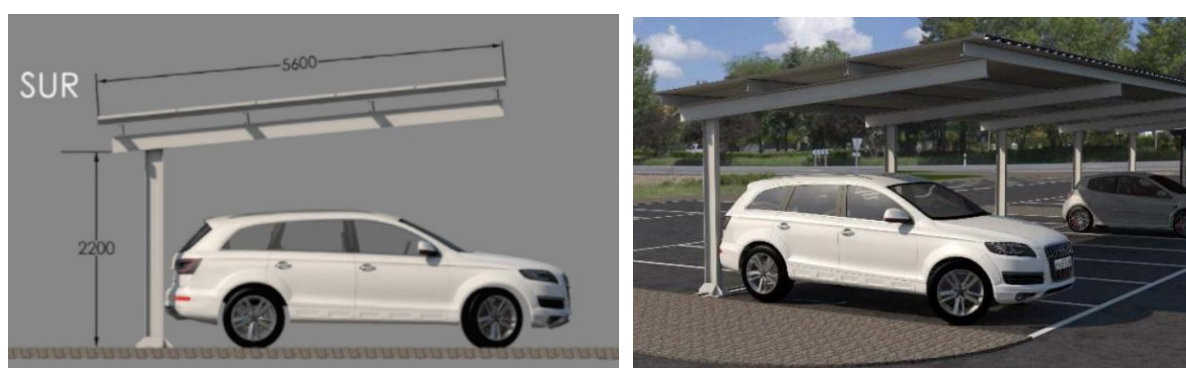


Figura 41. Marquesina modular del fabricant SUNFER.

Les marquesines emprades permeten la instal·lació de cinc fileres de 24 fotovoltaics muntats horitzontalment, per mides de panells fins a $2150 \times 1060 \text{ mm}$. L'altura màxima de l'estructura amb els panells sobre el sòl es de **2,67 m**. Els pilars de les marquesines es distribuïran cada 5 metres, i aniran fixats mitjançant cargols a les respectives sabates de formigó.

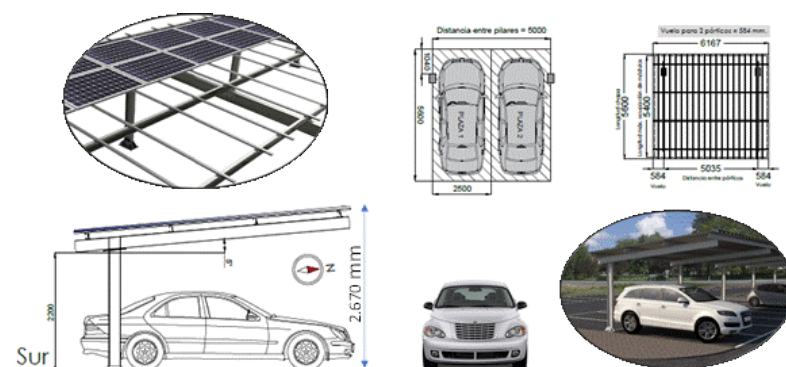


Figura 42. Disposició de les fileres de marquesines fotovoltaiques

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en la intempèrie, en la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparà; a fi de minimitzar les pèrdues de de distribució de en DC. A la vegada el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser major al 98 %, disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Per aquest estudi s'han seleccionat tres models d'inversors trifàsics. Concretament, s'han emprat dos inversors **model Ingecon Sun 100 TL del fabricant espanyol Ingeteam..**

Taula 45. Principals característiques tècniques de l'inversor Ingecon Sun 100 TL

Fabricant:	Ingeteam
Referència:	Ingecon Sun 100 TL
Potència màxima en entrada en CC [kW _p]:	80,2
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	55,3
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98,5
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	78

A la **Taula 46**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 46. Superfícies i característiques del equipaments emprats en la planta fotovoltaica

Model de marquesina:		PR1.1 SC20	Fabricant:		SUNFER	Unitats:	2	Superfície unitària [m²]:	302,05
Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m²]	Inclinació	Angle azimut / orientació	Superfície Ocupada [m²]
Panells solars	LR4- 72HPH- 455M	Longi Solar	240	455 W _p	109 kW _p	2,17	5°	17/S-E, 112/ S-O	604,1 (marquesines)
Inversors	Ingecon Sun 100 TL	Ingeteam	2	55 kW _{ac}	110 kW _{ac}	--	--	--	--

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El cost de la inversió necessària per el desplegament d'una planta fotovoltaica amb les característiques i equips descrits en les subseccions ascendeix a **266.003,59 €**. En la **Taula 47** es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar:

Taula 47. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica²

	<i>Partida</i>	<i>Model</i>	<i>Unitats</i>	<i>Cost unitari [€]</i>	<i>Cost Total [€]:</i>	<i>Percentatge del cost %</i>
Capítol 1	Obra Civil	---	1	1.493,30 €	1.493,30 €	0,86%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaïques	Marquesines dels aparcaments i la seva instal·lació, material auxiliar, cimentacions de les sabates, mà d'obra de la instal·lació, etc.	1	96.481,09 €	96.481,09 €	55,74%
Total obres civils i estructures:					97.974,39 €	56,60%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra, rasa per l'entubat, formigonat de la rasa de connexió, etc.	1	13.036,75 €	13.036,75 €	7,53%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					13.036,75 €	7,53%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					111.011,13 €	64,13%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					
	Inversor	Ingecon Sun 100 TL	2	6.187,50 €	12.375,00 €	7,15%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	240	144,63	34.711,20 €	20,05%
	Comptador elèctric		1	2.700,00 €	2.700,00 €	1,56%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	6	600,00 €	3.600,00 €	2,08%
Capítol 4	Sistema de Seguretat	Clos perimetral + Sistema de seguretat	1	730,30 €	730,30 €	0,42%
Capítol 5	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	1.831,20 €	1.831,20 €	1,06%
Capítol 6	Seguretat i salut	Seguretat i salut	1	141,70 €	141,70 €	0,08%
Capítol 7	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	3,47%
Pressupost d'execució material (PEM):					173.100,53 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	22.503,07 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	10.386,03 €	
				Total DG+BI [€]:	32.889,10 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	13.848,04 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					219.837,68 €	
IVA:				21,00%	46.165,91 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					266.003,59 €	
Cost específic [€/Wp]:					2,44	

² L'estimació del cost de la inversió inclou l'adequació de la zona d'aparcament, la construcció de la rasa, i el formigonat.

PÈRGOLAS FOTOVOLTAIQUES DE CAS JAI

En la present subsecció es detallen els principals aspectes relacionats amb el desplegament d'una pèrgola fotovoltaica a la zona d'aparcament de més del sud de Cas Jai. A continuació es detallen aspectes tals com: la ubicació dels terrenys susceptibles a instal·lar-hi una planta fotovoltaica, la classificació de la zona a la qual pertany el terreny en funció de l'ús, una descripció de la potencial instal·lació fotovoltaica a desplegar-hi, i la generació elèctrica mensual que abocaria aquesta instal·lació a la xarxa, un detall dels equipaments seleccionats, i finalment una estimació dels costos d'inversió.

UBICACIÓ

La zona d'estacionament de vehicles susceptible per instal·lar-hi plaques fotovoltaiques sobre pèrgoles es troba ubicat al campus de la Universitat de les Illes Balears, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), a l'aparcament de l'edifici de Cas Jai. Aquest espai consta d'una superfície de **285 m²**, i es pot visualitzar en la **Figura 43** delimitat amb una línia de color blau.

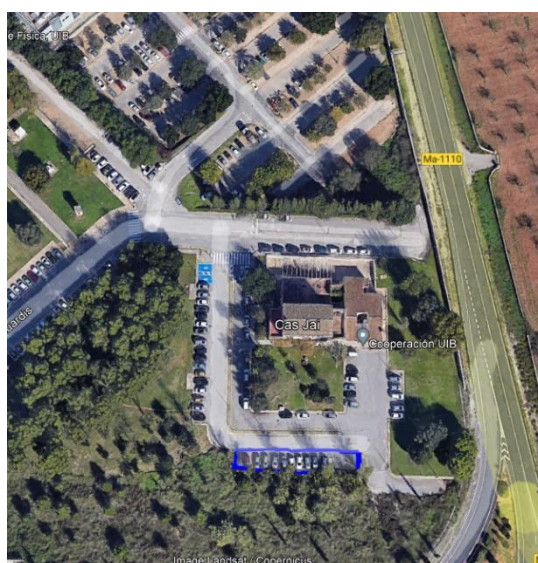


Figura 43. Zona delimitada amb blau seria on s'ubicaria la pèrgola fotovoltaica.

DESCRIPCIÓ DEL POTENCIAL PARC FOTOVOLTAIC

Un cop analitzats diferents escenaris de generació fotovoltaica es planteja que en la zona d'estacionament mencionada en el present estudi es podria ubicar un parc fotovoltaic de **38,7 kW_p** de potencia de producció en corrent continua (DC) i **33,3 kW_{ac}** de potencia de producció en corrent alterna (AC), dels elements convertidors de DC/AC. Donat que l'energia generada per els panells fotovoltaics es transferida mitjançant corrent continua s'ha de transformar en corrent alterna, amb la mateixa qualitat (tensió, freqüència,...) que la de la xarxa elèctrica, mitjançant l'ús d'inversors fotovoltaics de xarxa. Per tant, es tractaria d'una instal·lació de generació trifàsica (400V) amb injecció directa d'energia a l'anell de mitja tensió, propi de la UIB, per l'autoconsum dels diferents edificis. En conseqüència, s'haurà d'eleva la tensió de l'energia produïda en baixa tensió per la instal·lació fotovoltaica a mitja tensió (MT) mitjançant un centre de transformació (BT/MT). D'aquesta manera es permetria la injecció de l'energia a la pròpia xarxa de MT de la UIB, i l'evacuació dels excedents cap a la xarxa de distribució de ENDESA/ENEL a través del punt frontera del Campus. Concretament, en el present estudi es proposa evacuar l'energia directament cap al centre de transformació que s'ha proposat construir al costat dels aparcaments per a persones minusvàlides, a l'aparcament de Cas Jai.

Un cop analitzats els terrenys s'ha determinat que es podria desplegar una potencial instal·lació fotovoltaica que permetria instal·lar fins a **85 panells fotovoltaics**, del model LR4-72HPH-455M del fabricant xinès Longi Solar, de **455 Wp** amb una eficiència del **20,9 %**, col·locades sobre una **marquesina model PR1.1 SC14 del fabricant SUNFER** que ocuparia una superfície de **212,7 m²**. A la vegada, les cadenes de panells fotovoltaics anirien connectades a un **inversor de 33,3 kWac model Sunny Tripower STP33** del fabricant alemany SMA. El pre-disseny de la distribució dels panells fotovoltaics es presenta a la **Figura 44**.

A partir de la simulació del disseny de la planta mitjançant el programari PVsyst s'ha obtingut l'energia que s'injectaria mensualment a l'anell de mitja tensió de la UIB, una vegada descomptades les pèrdues:

Taula 48. Generació de la hipotètica planta fotovoltaica

	Irradiància Global horitzontal [kWh/m²]	Irradiància Difusa horitzontal [kWh/m²]	Energia efectiva a la sortida de la matriu de panells fotovoltaics [MWh]	Producció estimada [MWh]
<i>Gener</i>	67,70	26,84	3,92	3,811
<i>Febrer</i>	85,10	37,39	4,243	4,131
<i>Març</i>	137,40	50,84	6,03	5,867
<i>Abril</i>	168,00	65,67	6,295	6,124
<i>Maig</i>	205,80	81,80	6,94	6,747
<i>Juny</i>	220,60	82,30	7,006	6,81
<i>Juliol</i>	222,80	77,89	7,095	6,894
<i>Agost</i>	196,90	68,01	6,845	6,649
<i>Setembre</i>	145,30	59,45	5,816	5,656
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	4,913	4,777
<i>Novembre</i>	68,80	33,24	3,661	3,56
<i>Desembre</i>	59,30	26,61	3,594	3,495
Total anual:	1.684,90	654,89	66,358	64,523
Inversió neta (Total del pressupost general):				97.188,39 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				18,52
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				0,63%

Concretament, la instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una generació mitja de **64,5 MWh/any**, que permetria cobrir un **0,63%** de la demanda elèctrica anual del campus de la UIB. Addicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **18,52 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta de **97.188,39 €**. Aquesta inversió es correspon a un cost específic de **2,51 €/Wp**, (impostos inclosos), i totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...), l'adequació de l'anell de mitja tensió del campus i el conjunt de l'obra civil associada (moviments de terra, ...).

El cost específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del predisseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.

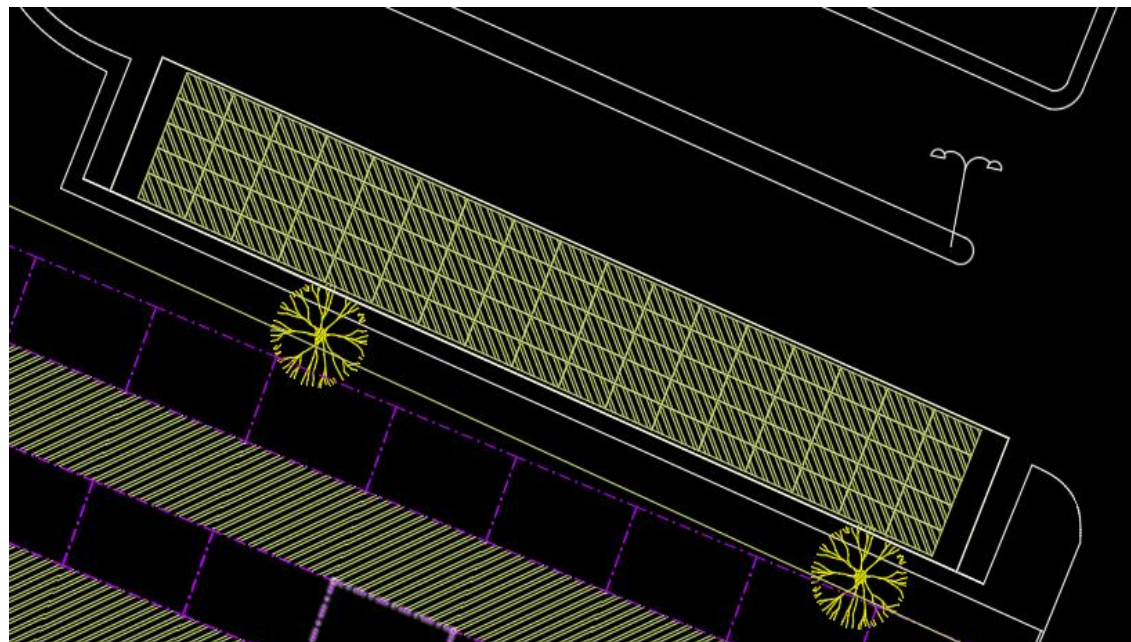
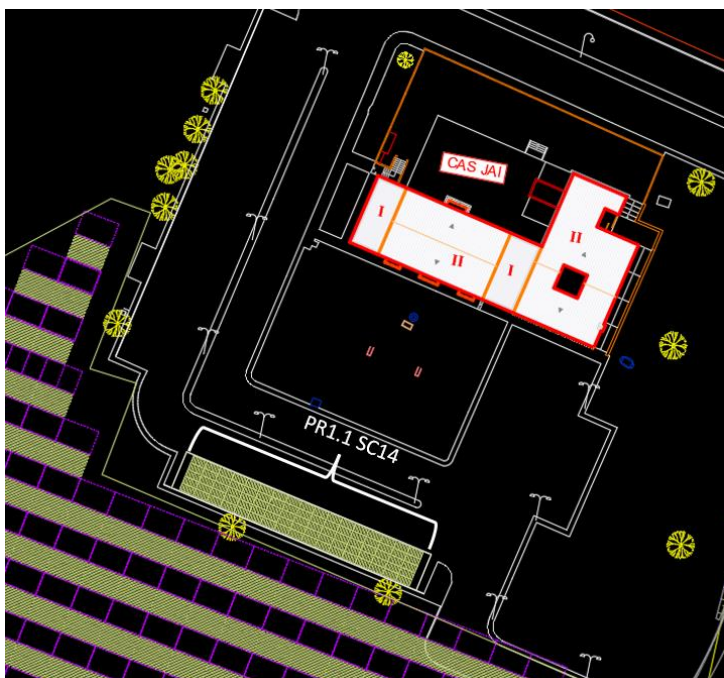


Figura 44: Pre-disseny de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En aquesta subsecció es detallen les característiques tècniques dels equips més rellevants seleccionats per a pre-dissenyar la planta fotovoltaica.

Panells fotovoltaics

El panells fotovoltaics seran monocristal·lins i s'interconnectaran entre ells en sèrie, sent una de les característiques de selecció més rellevants que l'eficiència del panell sigui la més alta possible. Per aquest estudi s'ha seleccionat el panell model LR4-72HPH-455M, del fabricant xinès Longi Solar, que presenta una eficiència del 20,9 % i les característiques tècniques que s'exposen a la següent taula. Cal remarcar que al projecte real s'han de seleccionar panells amb una eficiència igual o superior a la del panell emprat en aquest estudi.

Taula 49. Principals característiques tècniques dels panells fotovoltaics LR4-72HPH-455M

Fabricant:	Longi Solar
Referència:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potència nominal [W _p]:	455
Tipus de cel·les en el panell:	Monocristal·lí
Numero de cel·les en el panell:	144
Eficiència [%]:	20,9
Dimensions [mm]:	2094x1038x35
Pes [kg]:	23,5

Marquesines

A l'hora de seleccionar la marquesina fotovoltaica s'ha intentat minimitzar l'impacte visual, l'ocupació de territori, i la generació de residus permanents. Cal mencionar que al pre-disseny s'han situat dues marquesines model PR1.1 Sc14 (fins a: 17*5=85 panells) permetent en total la instal·lació de 85 panells fotovoltaics.

A la vegada, amb la finalitat de minimitzar l'impacte visual i paisatgístic s'ha decidit que l'altura màxima de la marquesina sobre el terreny sigui de 3,5 m, i l'altura mínima de 2,2 m per tal de permetre compatibilitzar la generació solar amb l'ús del terreny com a estacionament de vehicles. Els pilars de les marquesines es fixaran al sòl mitjançant el seu cargolat a uns ancoratges prèviament embotits a sabates de formigó, que tindran un volum de com a mínim 4 m³ i es trobaran separades entre si com a màxim 5 m.



Figura 45. Marquesina modular.

Les marquesines emprades permeten la instal·lació de cinc fileres de 24 fotovoltaics muntats horitzontalment, per mides de panells fins a 2150x1060 mm. L'altura màxima de l'estructura amb els panells sobre el sòl es de **2,67 m**. Els pilars de les marquesines es distribuïran cada 5 metres, i aniran fixats mitjançant cargols a les respectives sabates de formigó.

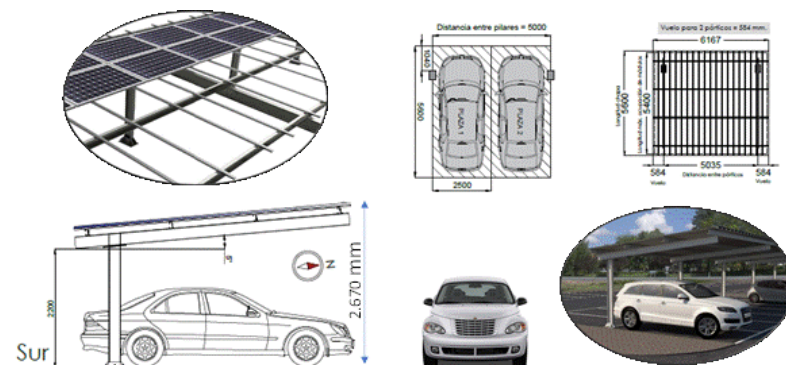


Figura 46. Disposició de les fileres de marquesines fotovoltaiques

Inversors

Els inversors hauran de disposar d'un grau de protecció (IP65) i un aïllament elèctric suficient per tal de permetre la seva instal·lació en la intempèrie, en la pròpia estructura de suport dels panells, el més proper possible dels strings de continua que agruparà; a fi de minimitzar les pèrdues de de distribució de en DC. A la vegada el rendiment en la conversió AC/DC dels inversors haurà de ser major al 98 %, disposar de sortida trifàsica (400V) i capacitats de monitorització i teleoperació (Ethernet, 4G,...) integrades en el propi equip. Per aquest estudi s'han seleccionat tres models d'inversors trifàsics. Concretament, s'ha emprat un inverter **model Sunny Tripower STP33 del fabricant alemany SMA**.

Taula 50. Principals característiques tècniques de l'inversor Sunny Tripower STP33

Fabricant:	SMA
Referència:	Sunny Tripower STP33
Potència màxima en entrada en CC [kW_p]:	50
Tensió màxima de entrada en CC [V]:	800
Numero d'entrades en CC:	1
Potència màxima de sortida en CA [kW]:	33,3
Fases de sortida:	3 / 3 - PE
Eficiència en la conversió DC/AC:	98
Grau de protecció:	IP65
Comunicacions integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	84

A la **Taula 51**, es presenten els models i les característiques principals dels equipaments considerats a l'hora de dur a terme el pre-dimensionat de la planta fotovoltaica:

Taula 51. Superfícies i característiques del equipaments emprats en la planta fotovoltaica

Model de marquesina:		PR1.1 SC14	Fabricant:		SUNFER	Unitats:	1	Superfície unitària [m^2]:	217
Element	Model	Fabricant	Unitats	Potència unitària	Potència total	Superfície unitària [m^2]	Inclinació	Angle azimut / orientació	Superfície Ocupada [m^2]
Panells solars	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	85	455 W_p	38,68 kW_p	2,17	5°	-11/ S-O	217 (marquesines)
Inversors	Sunny Tripower STP33	SMA	1	33,3 kW_{ac}	33,3 kW_{ac}	--	--	--	--

ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INVERSIÓ DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El cost de la inversió necessària per el desplegament d'una planta fotovoltaica amb les característiques i equips descrits en les subseccions ascendeix a **97.188,4 €**. En la Taula 52 es presenta de forma detallada l'estimació del cost de la inversió que s'hauria de realitzar:

Taula 52. Estimació del cost de la inversió de la planta fotovoltaica ³

	Partida	Model	Unitats	Cost unitari [€]	Cost Total [€]:	Percentatge del cost %
Capítol 1	Obra Civil	---	1	530,19 €	530,19 €	0,84%
	Instal·lació de les plaques fotovoltaiques	Marquesines dels aparcaments i la seva instal·lació, material auxiliar, cimentacions de les sabates, mà d'obra de la instal·lació, etc.	1	29.743,03 €	29.743,03 €	47,03%
Total obres civils i estructures:					30.273,22 €	47,87%
Capítol 2	Instal·lació elèctrica	Cablejat, tubs, terres, material auxiliar, mà d'obra, rasa per l'entubat, formigonat de la rasa de connexió, etc.	1	4.995,34 €	4.995,34 €	7,90%
Total cablejat instal·lació elèctrica:					4.995,34 €	7,90%
Pressupost infraestructura d'instal·lació:					35.268,56 €	55,77%
Capítol 3	Panells, inversors i comptador elèctric					
	Inversor	Ingecon Sun 100 TL	1	4.748,00 €	4.748,00 €	7,51%
	Panell PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	85	144,63	12.293,55 €	19,44%
	Comptador elèctric		1	2.700,00 €	2.700,00 €	4,27%
	Caixa de connexions	Caixa de connexions ST-36 (36 ramals de 350A)	5	255,00 €	1.275,00 €	2,02%
Capítol 4	Sistema de Seguretat	Clos perimetral + Sistema de seguretat	1	259,29 €	259,29 €	0,41%
Capítol 5	Sistema d'il·luminació	Columnes d'il·luminació	1	650,16 €	650,16 €	1,03%
Capítol 6	Seguretat i salut	Seguretat i salut	1	50,31 €	50,31 €	0,08%
Capítol 7	Imprevistos d'obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	9,49%
Pressupost d'execució material (PEM):					63.244,87 €	100,00%
				Percentatge		
Despeses Generals (DG):				13,00%	8.221,83 €	
Benefici Industrial (BI):				6,00%	3.794,69 €	
				Total DG+BI [€]:	12.016,53 €	
Honoraris professionals [€]				8,00%	5.059,59 €	
Pressupost d'execució per contrata [€]:					80.320,98 €	
IVA:				21,00%	16.867,41 €	
Total del pressupost general (inclou IVA)					97.188,39 €	
Cost específic [€/Wp]:					2,51	

³ L'estimació del cost de la inversió inclou l'adequació de la zona d'aparcament, la construcció de la rasa, i el formigonat.

COMPARATIVA DELS PLANS DE DESPLEGAMENT DE LA GENERACIÓ FOTOVOLTAICA AL CAMPUS DE LA UIB

En la present secció es presenta els balanços econòmics i energètics del pla de desplegament d'energia fotovoltaica al Campus de la UIB, abans i després de modificar-lo. Seguidament, es presenta una taula on es pot visualitzar com ha canviat la potència pic amb cada una de les modificacions del pla inicial de desplegament. Finalment, es presenta un resum amb les actuacions sobre l'anell de mitja tensió de la UIB.

Pla de desplegament inicial

La instal·lació de plaques fotovoltaïques a les zones exposades tindria associada una inversió neta (després d'imposts) de **13.806.703,01 €**, permetria **cobrir el 109 % de la demanda energètica anual de la universitat**, i alhora reduir en **3.213 tones les emissions de CO₂/any**.

Taula 53: Balanç mensual energètic i econòmic

Consum elèctric de la UIB a l'any 2021 (MT)			PV a les Cobertes	PV als aparcaments i terrenys grans	Generació mensual del conjunt	MWh (Demanda neta)
<i>Consum elèctric Mensual UIB</i>	<i>kWh</i>	<i>MWh</i>	MWh/mes	<i>MWh/mes</i>	<i>MWh/mes</i>	<i>MWh/mes</i>
Gener	942512	942,512	110,5	428,1	538,7	403,8
Febrer	833714	833,714	127,4	519,2	646,6	187,1
Març	955763	955,763	186,0	799,2	985,2	-29,4
Abril	793889	793,889	197,6	910,7	1108,3	-314,4
Maig	728519	728,519	221,5	1063,7	1285,2	-556,7
Juny	935298	935,298	225,1	1102,2	1327,3	-392,0
Juliol	991626	991,626	226,7	1103,7	1330,4	-338,8
Agost	791644	791,644	218,1	1010,5	1228,6	-436,9
Setembre	815851	815,851	180,0	796,9	977,0	-161,1
Octubre	811251	811,251	149,0	622,4	771,4	39,9
Novembre	772019	772,019	105,4	419,7	525,1	247,0
Desembre	873017	873,017	97,4	374,1	471,6	401,4
Total	10245103	10245,103	2044,6	9150,5	11195,2	-950,1
			Inversió neta	1.773.834,3 €	12.032.868,66 €	13.806.703,01€
			Reducció d'emissions de CO ₂ (tones)	586,8	2626,2	3213

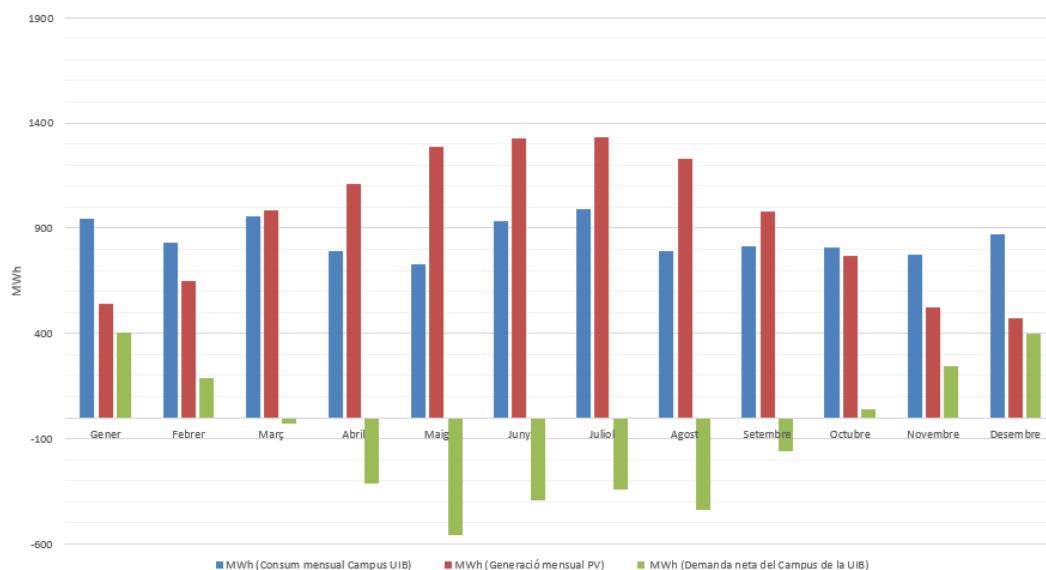


Figura 47: Binomi generació fotovoltaica i demanda del campus (2021), per l'escenari 3. Pla inicial.

Pla de desplegament modificat ⁴

La instal·lació de plaques fotovoltaïques a les zones exposades tindria associada una inversió neta (després d'imposts) de **13.335.337,25 €**, permetria **cobrir el 113 % de la demanda energètica anual de la universitat**, sense considerar el consum mensual del nou edifici Interdepartamental. A més a més, permet reduir en **3.343,1 tones les emissions de CO₂/any**.

Taula 54: Balanç mensual energètic i econòmic

Consum elèctric de la UIB a l'any 2021 (MT)			PV a les Cobertes	PV als aparcaments i terrenys grans	Generació mensual del conjunt	MWh (Demanda neta)
Consum elèctric Mensual UIB	kWh	MWh	MWh/mes	MWh/mes	MWh/mes	MWh/mes
Gener	942512	942,512	119,0	475,0	594,0	348,5
Febrer	833714	833,714	137,1	559,6	696,7	137,0
Març	955763	955,763	200,5	841,2	1041,6	-85,9
Abril	793889	793,889	213,1	929,1	1142,2	-348,3
Maig	728519	728,519	238,9	1063,2	1302,0	-573,5
Juny	935298	935,298	242,7	1092,0	1334,7	-399,4
Juliol	991626	991,626	244,4	1095,7	1340,0	-348,4
Agost	791644	791,644	235,1	1023,2	1258,3	-466,7
Setembre	815851	815,851	194,0	827,7	1021,7	-205,9
Octubre	811251	811,251	160,4	663,4	823,9	-12,6
Novembre	772019	772,019	113,4	458,7	572,2	199,9
Desembre	873017	873,017	104,9	416,2	521,1	351,9
Total	10245103	10245,103	2203,5	9444,8	11648,3	-1403,2
			Inversió neta	1.894.915,31	11.440.421,9	13.335.337,2
			Reducció d'emissions de CO ₂ (tones)	632,4	2.710,67	3343,1

⁴ A l'hora de fer el balanç s'ha considerat la generació que tindria la potencial instal·lació fotovoltaica de la coberta de l'edifici Interdepartamental, però no el seu futur consum mensual. També cal tenir en compte que s'ha considerat la generació i el cost estimat de la instal·lació fotovoltaica del Caminal d'Eivissa, a pesar de que ja s'ha iniciat la construcció de la pèrgola real.

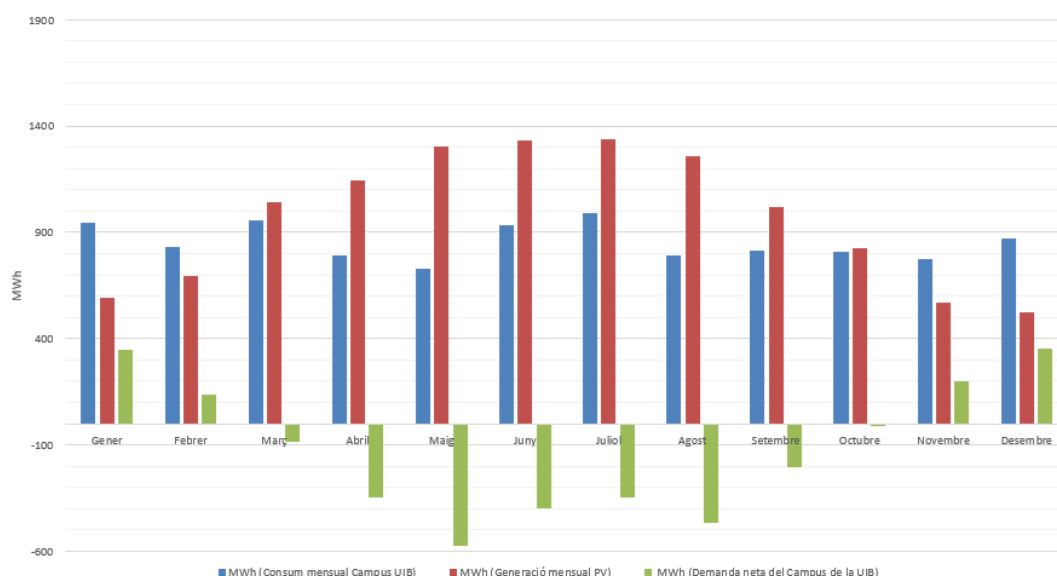


Figura 48: Binomi generació fotovoltaica i demanda del campus (2021), per l'escenari 3. Pla modificat.

Comparant els balanços globals del pla inicial envers el pla modificat, es pot apreciar com la substitució del Caminal de Cabrera i part del Caminal de Formentera, i la compensació de la generació perduda mitjançant la creació d'un conjunt d'horts solars més petits, ha permès reduir lleugerament el cost econòmic estimat de la inversió. Això es deu principalment a l'elevat cost que suposava la partida de cimentacions del Caminal de Cabrera. Un altre aspecte positiu a destacar es que el nou pla de desplegament permet obtenir uns 500 MWh/any més d'energia.

Cal indicar que el pla de desplegament modificat, d'acord amb les directives establertes per l'equip de direcció de la UIB, implica la instal·lació d'una major quantitat de panells fotovoltaics orientats cap al sud-oest, fet que ha provocat que la diferència de generació estacional (estiu enfront hivern) s'hagi redistribuït d'una forma més desfavorable envers al perfil de consum de la UIB.

Aquest fet s'aprecia si comparem el perfil de demanda i generació mensual del Campus representats a la **Figura 47** i la **Figura 48**. Clarament es pot veure que amb el nou pla de desplegament es tenen excedents energètics majors durant els mesos d'estiu, moment amb menor demanda/activitat del Campus, mentre que durant els mesos d'hivern la generació fotovoltaica es inferior a la inicialment proposada, a pesar de ser el període amb major activitat del Campus.

Finalment, com a darrer aspecte a ressaltar del pla de desplegament modificat es que aquest requereix una major ocupació de territori.

VARIACIÓ DE LA POTÈNCIA PIC

A la **Taula 55** es resumeix l'impacte de la modificació del pla inicial de desplegament fotovoltaic en quan a la potència pic. Es pot apreciar com la modificació del pla de desplegament incorpora uns 140 kWp addicionals.

Taula 55: Variació de la potència pic de la instal·lació

Variacions del pla de desplegament de fotovoltaica al Campus de la UIB	
Accions	Variació de Potència (kWp)
Eliminació del Caminal de Cabrera	-1517
Reducció del Caminal de Formentera	-325
Caminal d'Eivissa: projecte executat	5
Plantes fotovoltaïques que envolten l'edifici de turisme, y pèrgoles a l'aparcament	1088,95
Franja de terreny annexa al Camí de l'Ullastre	159,25
Pèrgola de Can López	191,1
Pèrgola de Cas Jai	43,275
Ampliació de la instal·lació del Pantaleu	100,1
Solar Road	291,2
Edifici Interdepartamental	102
Balanç global	138,875

ACTUACIONS SOBRE L'ANEL·L DE MT DE LA UIB

Les modificacions del pla inicial de desplegament fotovoltaic ha impactat sobre les diferents configuracions dels centres de transformació (CT) que inicialment s'havia planificat construir. Per una banda, l'eliminació del Caminal de Cabrera implica la no construcció del CT que es tenia previst col·locar al Caminal de Cabrera. Llavors, per tal de disposar d'un marge suficient de potència i poder evacuar sense problemes l'energia addicional generada per el Solar Road i la Pèrgola de Can López s'aconsella incorporar un nou transformador de 630 kVA al CT que s'havia proposat construir annexa a l'edifici de Ca Ses Llúcies. Finalment, per evacuar l'energia generada per les plantes fotovoltaïques Hosteleria Nord i Hosteleria Est es recomana incorporar un nou transformador de 1000 kVA al CT que s'havia previst construir a les immediacions de l'Aljub General.