



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**DISSENY D'UN PÀRQUING FOTOVOLTAIC
PER A LA CÀRREGA DE VEHICLES ELÈCTRICS**

Memòria Final

DAVID INVERNÓ DUQUE

PONENT: SALVADOR ALEPUZ MENENDEZ

Curs acadèmic 2023/2024



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Dedicatòria

M'agradaria dedicar el present projecte la meva família, en especial als meus pares, la meva germana, a la Muntsa i als meus avis, els quals m'han acompanyat durant tot aquest viatge, m'han ajudat en tot moment i sempre m'han servit d'inspiració.

Agraïments

Voldria agrair a totes les persones que m'han ajudat
a desenvolupar el present projecte.

A l'Escola Superior Politènica Tecnocampus de Mataró i tots els docents que hi formen part,
per tot el coneixement que m'han transmès, i per tot el suport que he rebut sempre.

Al meu tutor, Salvador Alepuz, per la seva col·laboració i ajuda durant tot el
projecte, i per transmetre part dels seus coneixements i fer d'aquest projecte una realitat.

Resum

Aquest document correspon a l'entrega final del Treball de Final de Grau (TFG) corresponent al grau d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica cursat al TecnoCampus de Mataró. El projecte consisteix en el disseny d'un pàrquing fotovoltaic que sigui capaç de generar l'energia suficient per a la càrrega d'un vehicle endollable, d'aquesta forma, s'utilitzaria energia d'origen 100% renovable i es contribuiria a reduir les emissions de CO₂ a l'atmosfera. Aquesta càrrega es realitzarà a través d'un carregador de vehicles elèctrics que s'instal·larà a una de les places cobertes per la marquesina solar. Actualment, la falta de punts de càrrega per a aquesta classe de vehicles suposa un greu problema pels usuaris d'aquests.

Resumen

Este documento corresponde a la entrega final del Trabajo de Fin de Grado (TFG) correspondiente al grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática cursado en el TecnoCampus de Mataró. El proyecto consiste en el diseño de un aparcamiento fotovoltaico que sea capaz de generar la energía suficiente para la carga de un vehículo enchufable. De esta forma, se utilizaría energía de origen 100% renovable y se contribuiría a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Esta carga se realizará a través de un cargador de vehículos eléctricos que se instalará en una de las plazas cubiertas por la marquesina solar. Actualmente, la falta de puntos de carga para esta clase de vehículos supone un grave problema para sus usuarios.

Abstract

This document corresponds to the final delivery of the Final Degree Project (TFG) for the Industrial Electronics and Automatic Engineering degree, studied at TecnoCampus Mataró. The project consists of designing a photovoltaic parking lot capable of generating sufficient energy to charge a plug-in vehicle. In this way, 100% renewable energy would be used, contributing to reducing CO₂ emissions into the atmosphere. This charging will be carried out through an electric vehicle charger that will be installed in one of the parking spaces covered by the solar canopy. Currently, the lack of charging points for this type of vehicles poses a serious problem for their users.

Índex

Índex de figures	V
Índex de taules.....	VII
Glossari de termes	IX
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.....	1
1.2. Finalitat.....	1
1.3. Objecte	1
1.4. Abast.....	1
1.5. Context i línies de recerca	2
2. Conceptes bàsics dels sistemes fotovoltaics i dels vehicles endollables actuals.....	3
2.1. Antecedents	3
2.2. Energies renovables.....	4
2.2.1. Energia solar.....	5
2.3. Energia solar fotovoltaica.....	6
2.3.1. Instal·lació solar fotovoltaica	7
2.3.2. Radiació i irradiància solar.....	8
2.3.2.1. Radiació solar	8
2.3.2.2. Irradiància solar.....	9
2.3.3. Components d'una instal·lació solar fotovoltaica	11

II

2.3.3.1.	Mòdul fotovoltaic	11
2.3.3.2.	Inversor solar	13
2.3.3.3.	Estructura	16
2.3.4.	Tipus d'instal·lacions solars fotovoltaiques	18
2.3.5.	Modalitats d'autoconsum	18
2.3.6.	Normativa	21
2.3.6.1.	Regulacions i lleis de les instal·lacions solars fotovoltaiques.....	21
2.3.6.2.	Regulacions i lleis de les marquesines	25
2.4.	Vehicles endollables.....	26
2.4.1.	Estudi de mercat dels vehicles endollables	27
2.4.1.1.	Estudi de les vendes i circulació dels vehicles endollables a Espanya	27
2.4.1.2.	Estudi de les necessitats de càrrega dels vehicles endollables	29
2.5.	Carregadors per a vehicles elèctrics	30
3.	Ubicació de la instal·lació solar fotovoltaica	33
4.	Disseny d'una instal·lació solar fotovoltaica per a la càrrega de vehicles endollables....	37
4.1.	Esquema instal·lació	37
4.2.	Mòduls fotovoltaics.....	39
4.3.	Inversor solar	42
4.4.	Carregador de vehicles elèctrics.....	49
4.5.	Estructura	51
4.6.	Sistema de monitoratge	53

4.7.	Cablejat.....	53
4.7.1.	Cablejat del tram de corrent continu (CC)	54
4.7.2.	Cablejat del tram de corrent altern (CA).....	55
4.8.	Proteccions	56
4.8.1.	Proteccions del tram de corrent continu.....	56
4.8.2.	Proteccions del tram de corrent altern.....	57
4.8.3.	Proteccions del carregador vehicles elèctrics.....	58
4.8.4.	Proteccions generals de la xarxa	59
4.9.	Presa de terra	59
5.	Càlcul energia generada per la instal·lació	61
5.1.	Paràmetres necessaris per l'estudi energètic	61
5.2.	Resultats de la simulació amb PVGIS.....	63
5.3.	Conclusions de la simulació.....	66
6.	Impacte mediambiental	67
7.	Perspectiva de gènere	69
8.	Planificació.....	71
8.1.	Planificació inicial.....	71
8.2.	Diagrama de Gantt de la planificació inicial del projecte	72
8.3.	Planificació final	74
8.4.	Diagrama de Gantt de la planificació final del projecte.....	75
8.5.	Anàlisi de la planificació.....	77

9. Conclusions	79
10. Bibliografia.....	81

Índex de figures

Figura 2.1. Gràfica circular origen energia per la demanda a l'estat [4]	5
Figura 2.2. Esquema del funcionament d'una instal·lació solar fotovoltaica [11]	7
Figura 2.3. Tipus de irradiació solar als objectes [16]	9
Figura 2.4. Irradiància global mitja entre els anys 1983 i 2005 [18]	10
Figura 2.5. Irradiància global mitja durant l'any 2023 [19].....	10
Figura 2.6. Efecte fotoelèctric [21]	11
Figura 2.7. Diferents tipus d'inversors solars [28].....	13
Figura 2.8. Gràfica del punt de màxima potència (MPPT) [31]	15
Figura 2.9. Tipus d'inversors solars	15
Figura 2.10. Estructura inclinada [33].....	17
Figura 2.11. Noves matriculacions de cotxes segons la seva font d'energia [43].....	27
Figura 2.12. Carregador per vehicles elèctrics [47]	30
Figura 2.13. Connectors dels Tipus-1, Tipus-2 i CCS respectivament [48]	31
Figura 3.1. Vista satèl·lit de l'aparcament objecte d'estudi [52]	34
Figura 3.2. Imatge de Google Earth de l'aparcament escollit [53]	34
Figura 3.3. Gràfic de les temperatures de cada dia durant l'any 2023 a Manresa [51].....	35
Figura 4.1. Esquema explicatiu de la instal·lació solar fotovoltaica objecte d'estudi	38
Figura 4.2. Mòdul LONGi Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M [56].....	41
Figura 4.3. Dimensions mòdul LONGi Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M [55]	41
Figura 4.4. Inversor HUAWEI SUN2000 -12KTL-M2 [57]	42

Figura 4.5. Corbes d'eficiència de l'inversor segons el voltatge d'entrada [57]	46
Figura 4.6. Arquitectura del circuit elèctric de l'inversor [57]	48
Figura 4.7. Taula elecció interruptor diferencial segons model d'inversor Huawei [59]	48
Figura 4.8. Carregador VE Wallbox Copper SB [60]	49
Figura 4.9. Render 3D de la marquesina dissenyada	52
Figura 4.10. Esquema de connexió del Smart Power Sensor [62]	53
Figura 5.1. Producció estimada d'energia generada mensualment	64
Figura 5.2. Irradiància rebuda pels mòduls fotovoltaics mensualment.....	65
Figura 5.3. Irradiància global mensualment de l'any 2020.....	65
Figura 5.4. Irradiància global, difusa i directa diària el mes de juny	66
Figura 8.1. Diagrama de Gantt de la planificació inicial del projecte.....	73
Figura 8.2. Diagrama de Gantt de la planificació final del projecte	76

Índex de taules

Taula 2.1. Tipus estació de càrrega segons la potència màxima.....	32
Taula 3.1. Dades generals de la ubicació	33
Taula 4.1. Característiques tècniques mòdul Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M [55]	40
Taula 4.2. Característiques tècniques inversor HUAWEI SUN2000 -12KTL-M2 [57]	44
Taula 4.3. Configuració de la connexió dels mòduls a l'inversor solar	44
Taula 4.4. Tensions i corrents de la instal·lació segons distribució proposada	45
Taula 4.5. Característiques tècniques carregador VE Wallbox Copper SB [61]	50
Taula 4.6. Llistat dels paràmetres pel disseny de la marquesina solar.....	51
Taula 4.7. Característiques de l'interruptor magnetotèrmic del tram de corrent altern	57
Taula 4.8. Característiques de l'interruptor automàtic diferencial del tram de corrent altern .	58
Taula 4.9. Característiques de l'interruptor magnetotèrmic del carregador VE	58
Taula 4.10. Característiques de l'interruptor automàtic diferencial del carregador VE	58
Taula 5.1 Producció estimada el primer any segons PVGIS.....	63
Taula 8.1. Duració tasques individuals de la planificació inicial realitzada	72
Taula 8.2. Duració tasques individuals de la planificació final del projecte.....	75

Glossari de termes

AEMET	<i>Agencia Estatal de Meteorología</i>
ANFAC	<i>Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones</i>
CA	Corrent Altern
CC	Corrent Continu
CC.AA	Comunitats Autònomes
CO ₂	Diòxid de Carboni
CTE	<i>Código Técnico de la Edificación</i>
DGT	<i>Dirección General de Tráfico</i>
EN	Norma Europea
FV	<i>Fotovoltaicos</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracker</i>
PV	<i>Photovoltaic</i>
REBT	<i>Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión</i>
SI	Sistema Internacional
UE	Unió Europea
UNE	<i>Una Norma Española</i>
UNE-EN	Norma Europea en castellà
VCA	Volts de Corrent Altern
VE	Vehicles Elèctrics

1. Objectius

1.1. Propòsit

Dissenyar un pàrquing fotovoltaic que generi electricitat de forma sostenible.

1.2. Finalitat

Carregar diàriament un vehicle endollable a través de l'energia generada per la instal·lació.

1.3. Objecte

Memòria tècnica del disseny d'una marquesina solar que permeti la càrrega diària d'un vehicle endollable.

1.4. Abast

Aquest projecte conclourà amb el disseny d'una marquesina equipada amb les plaques solars necessàries per a la instal·lació d'un carregador elèctric que utilitzi la màxima quantitat d'energia 100% renovable. Per assolir aquest objectiu, dins d'aquest projecte es duran a terme les següents tasques:

En primer lloc, es realitzarà un profund estudi sobretot el que s'ha de tenir en compte per al disseny i posada en marxa de la instal·lació solar objecte d'estudi. En aquest apartat es tractaran les energies renovables, la seva importància per a la contribució de la sostenibilitat del planeta i com aquestes redueixen les emissions de CO₂ a l'atmosfera. A continuació s'explicaran les instal·lacions solars fotovoltaiques, quins són els elements que les componen i les normatives que regeixen aquestes instal·lacions. Finalment, es farà un breu estudi de mercat de les característiques dels vehicles endollables i quins són els diferents carregadors d'aquests que hi ha al mercat europeu, especificant algunes de les característiques bàsiques que els defineixen.

En segon lloc, es definiran totes les condicions tècniques de la instal·lació. Primerament, s'escollirà la ubicació de la instal·lació de forma aleatòria. Posteriorment, al següent punt s'especificaran els materials i components que s'utilitzaran, entre ells la marquesina i el seu disseny. Aquesta elecció dels components es realitzarà segons els càlculs que es realitzin sobre la instal·lació solar fotovoltaica i el carregador elèctric que es desitja instal·lar. Algunes de les variables que definiran doncs la instal·lació seran la potència de generació necessària, la inclinació i orientació de les plaques, i l'eficiència dels components principals.

En tercer lloc, es presentarà el càlcul de l'energia generada per la instal·lació solar fotovoltaica per poder obtenir l'estalvi econòmic i energètic que generarà aquesta. Posteriorment, es realitzarà l'estudi de l'impacte mediambiental de la instal·lació i la perspectiva de gènere del present projecte. Finalment, es presentarà la planificació que s'ha seguit per a la realització del treball.

En aquest projecte no es realitzarà el muntatge real de la instal·lació, ja que es tracta d'un cas d'estudi acadèmic. Això implica que no es farà una implementació pràctica dels components ni la seva instal·lació física. A més, no es durà a terme un estudi detallat de les pèrdues energètiques ocasionades pel cablejat, ni tampoc una anàlisi del temps de càrrega real de les bateries dels vehicles endollables. Aquestes limitacions es deuen a la naturalesa teòrica del projecte, que se centra principalment en el disseny i la planificació conceptual de la instal·lació fotovoltaica.

1.5. Context i línies de recerca

Aquest projecte s'emmarca dins de les línies de recerca del grup "Indústria 4.0" del TecnoCampus, i integra els coneixements adquirits en diverses assignatures cursades durant el grau. En particular, es fa especial èmfasi en electrònica analògica, sostenibilitat, gestió de projectes i, sobretot, electrònica de potència. Aquesta última resulta especialment rellevant, ja que aborda els aspectes clau per al desenvolupament del projecte, com la connexió dels diferents components electrònics i l'anàlisi de les seves característiques.

2. Conceptes bàsics dels sistemes fotovoltaics i dels vehicles endollables actuals

El desenvolupament del present projecte requereix el coneixement en detall sobre el funcionament i disseny de les instal·lacions solars fotovoltaïques, i dels carregadors de vehicles elèctrics que existeixen, els quals seran els que utilitzaran l'energia provinent de la instal·lació solar. En aquest apartat, doncs, es fa un recull de tota aquesta informació que farà possible el correcte desenvolupament del present projecte.

En primer lloc, es fa una breu descripció de la importància que tenen, i la que s'espera que tinguin, les energies renovables per a la producció d'energia neta per a la futura sostenibilitat del planeta, posant especial èmfasi en l'energia solar i les instal·lacions solars fotovoltaïques. Una vegada s'hagi exposat el mecanisme d'aquestes instal·lacions, es presentaran de forma detallada quins són els elements principals que fan possible el seu correcte funcionament. Per acabar d'explicar l'energia solar fotovoltaïca, es presentaran les diferents modalitats d'autoconsum i les normatives que s'han de tenir en compte en l'estudi i disseny d'aquest tipus d'instal·lacions. A continuació, es presentaran dades sobre les necessitats de càrrega de diferents models actuals de cotxes endollables per poder escollir-ne una de forma objectiva, també es presentarà l'evolució de les vendes d'aquesta classe de vehicles i quins són els principals inconvenients que hi troba la gent a l'hora de poder comprar-los. Finalment, s'exposaran els diferents tipus de carregadors de vehicles que s'utilitzen principalment a Europa i quines són les característiques bàsiques de cadascun d'ells.

2.1. Antecedents

En la fase inicial del projecte, es procedeix a definir clarament el seu propòsit i objectius. Tot seguit, es realitza un exhaustiu estudi dels antecedents relacionats amb el mateix. Atès que aquest projecte s'inicia des de zero, no existeixen antecedents previs que puguin servir com a referència directa. El cas d'aquest projecte tracta d'una instal·lació solar fotovoltaïca a un pàrquing amb marquesines, l'energia produïda per la instal·lació es destinarà per a la càrrega de vehicles endollables.

2.2. Energies renovables

Les energies renovables són fonts d'energia que s'obtenen a partir d'aquells recursos naturals que es considera que són inesgotables, ja que es poden renovar de forma il·limitada, o aquells que es renoven més veloçment que els recursos naturals no renovables, com per exemple el petroli, el carbó o el gas natural. Com a exemples d'aquestes energies renovables, es troben la llum, el vent i la calor procedents del sol i de l'aigua, entre altres. [1], [2]

Aquest tipus d'energies es defineixen com a energies netes i sostenibles perquè la generació d'energia a partir d'aquestes fonts renovables no produeix emissions contaminants pel planeta. A través de l'ús d'aquesta classe d'energies s'ajuda a lluitar contra el canvi climàtic alhora que suposen un estalvi energètic i econòmic en la seva utilització.

Durant els últims anys, la generació d'energies renovables que s'han vist més incrementades han sigut l'energia eòlica i l'energia solar fotovoltaica. Això es deu a la instal·lació de noves plantes solars fotovoltaiques i eòliques, les quals són dissenyades amb l'objectiu de maximitzar l'eficiència d'aquestes. Durant l'any 2023, la generació d'energia de procedència de fonts renovables va suposar un 50,3%, en canvi, el 2022, va suposar un 42,2%. Aquest augment ha sigut gràcies a l'augment de l'eficiència de les noves plantes de producció d'energia renovable. Amb tot i això, aquests percentatges podrien ser majors si no fos per l'impacte de la sequera a la producció hidràulica. La sequera és un dels principals inconvenients que genera el canvi climàtic. [3], [4], [5]

A la Figura 2.1. es mostra una gràfica circular amb l'origen de l'energia utilitzada per donar cobertura a la demanda a Espanya durant l'any 2023. Aquest mateix any, la demanda a tot el territori espanyol va ser de 244.665 GWh, on 134.321 GWh d'aquesta energia va procedir de fonts renovables. L'eòlica va ser la font que més energia va aportar al sistema amb un 24,2% de la demanda, és a dir, es van generar 62.569 GWh. [4], [5]

Pel que fa a les comunitats autònomes (CC.AA.), Catalunya va ser la comunitat que més energia va requerir de totes les CC.AA. de l'estat, amb una demanda de 44.209 GWh, la segona va ser Andalusia, amb 38.099 GWh, i la tercera va ser Madrid amb 27.113 GWh. [4], [5]

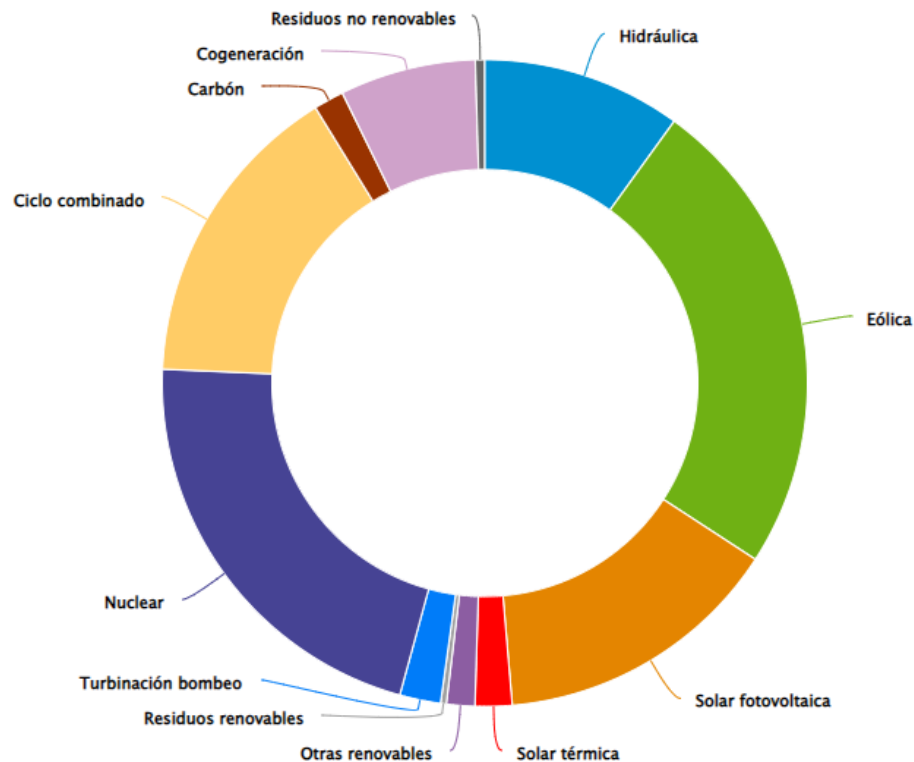


Figura 2.1. Gràfica circular origen energia per la demanda a l'estat [4]

2.2.1. Energia solar

L'energia solar és una energia renovable que s'obté a partir de l'energia radiant emesa pel Sol. Existeixen dos tipus de tecnologies que aprofiten l'energia solar; l'energia solar fotovoltaica i l'energia solar tèrmica.

L'energia solar fotovoltaica consisteix a convertir directament la llum solar en electricitat mitjançant l'ús de cèl·lules fotovoltaïques. Aquesta tecnologia normalment s'utilitza a gran escala, encara que gràcies a la seva versatilitat, també pot ser instal·lada a teulades o inclús a objectes que requereixin poca energia elèctrica pel seu funcionament, com per exemple els parquímetres o els fanals. Aquesta tecnologia, doncs, és una forma de generar electricitat de forma sostenible, sense emetre gasos d'efecte hivernacle i així poder reduir una de les principals causes del canvi climàtic, tal com estableix l'Objectiu de Desenvolupament Sostenible (ODS) número 13 de les Nacions Unides, el qual tracta d'adoptar mesures urgents per combatre el canvi climàtic i els seus efectes. L'any 2023, aquesta tecnologia va aportar 37.332 GWh d'energia elèctrica a Espanya, aquesta va ser la segona energia renovable més usada, la primera va ser l'eòlica amb 62.569 GWh. [6], [7], [8]

L'energia solar tèrmica aprofita la radiació del Sol per generar calor, la qual es pot utilitzar per generar electricitat o bé per proporcionar calefacció. En els sistemes de col·lectors solars tèrmics, els panells absorbeixen la calor i la transfereixen al fluid que hi circula pel sistema. Aquest fluid o bé es pot emmagatzemar per calefactar espais, tenir aigua calenta sense necessitat de calderes; o bé es pot emprar per generar electricitat fent ús d'aquesta calor per generar energia mecànica. Aquesta tecnologia també ajuda a reduir l'emissió de gasos de l'efecte hivernacle, ja que es redueix l'ús de combustibles fòssils perquè és una tecnologia que permet emmagatzemar aquesta calor en el mateix punt on serà usada, permetent estalviar en el transport de recursos. És una tecnologia molt beneficiosa tant per grans ciutats com per zones remotes, en el cas de les ciutats, permet reduir la contaminació de l'aire, i en el cas de les zones remotes redueix la dependència de generadors dièsel millorant l'estabilitat energètica. L'any 2023, aquesta tecnologia va aportar 4.694 GWh d'energia elèctrica a Espanya. [9], [10]

En el cas d'aquest projecte, la tecnologia objecte d'estudi és l'energia solar fotovoltaica, ja que el que es desitja és poder alimentar directament el carregador del vehicle elèctric amb energia solar fotovoltaica.

2.2.2. Energia solar fotovoltaica

Amb l'objectiu de desenvolupar adequadament el present projecte, primerament, s'explicarà què són les instal·lacions fotovoltaïques i com funcionen. També s'analitzaran els components principals que conforma una instal·lació fotovoltaica, com els panells solars i els sistemes de conversió. Aprofundint en els principis físics de conversió de la llum solar en electricitat mitjançant cel·les fotovoltaïques.

A continuació, es farà una breu distinció dels tipus d'instal·lacions solars fotovoltaïques, incloent-hi sistemes connectats a la xarxa i autònoms, i es destacaran les seves aplicacions i avantatges.

Finalment, es proporcionarà un resum de les normatives vigents que regulen el disseny, instal·lació i funcionament de les instal·lacions fotovoltaïques, garantint la conformitat amb els estàndards de seguretat i eficiència. Això assegurarà la viabilitat i compliment dels requisits establerts pel projecte.

2.2.3. Instal·lació solar fotovoltaica

Una instal·lació solar fotovoltaica és un sistema dissenyat per generar electricitat a partir de l'efecte fotoelèctric. Aquest efecte de forma resumida, consisteix en l'emissió d'electrons a través d'un material quan s'hi incideix radiació electromagnètica sobre la seva superfície, com en el cas d'aquest projecte, la radiació solar. [11]

Aquest tipus d'instal·lacions poden constar de diversos components, com per exemple, panells solars, l'estructura on reposen aquests, sistemes d'emmagatzematge, entre altres components. La finalitat d'aquests s'explica en el subapartat següent.

El funcionament d'una instal·lació solar fotovoltaica és senzill, i permet obtenir electricitat d'una forma eficient si es coneix i s'instal·len bé els diferents components de la instal·lació. Primer, els mòduls fotovoltaics absorbeixen la radiació solar i la converteixen en electricitat en forma de corrent continu (CC). Després, aquesta energia es transforma en corrent altern (CA) mitjançant un dispositiu anomenat inversor solar. Un cop convertida, aquesta electricitat té tres opcions d'ús: si hi ha un sistema de bateries per emmagatzemar l'energia, aquesta es guarda en corrent continu (CC) i no passa per l'inversor fins que s'utilitzi; si no es guarda, pot utilitzar-se immediatament o bé enviar-se directament a la xarxa elèctrica. [11], [12], [13]

A la Figura 2.2. es mostra una imatge on es pot observar quin és el funcionament descrit anteriorment de les instal·lacions fotovoltaïques, i els components que les poden compondre.

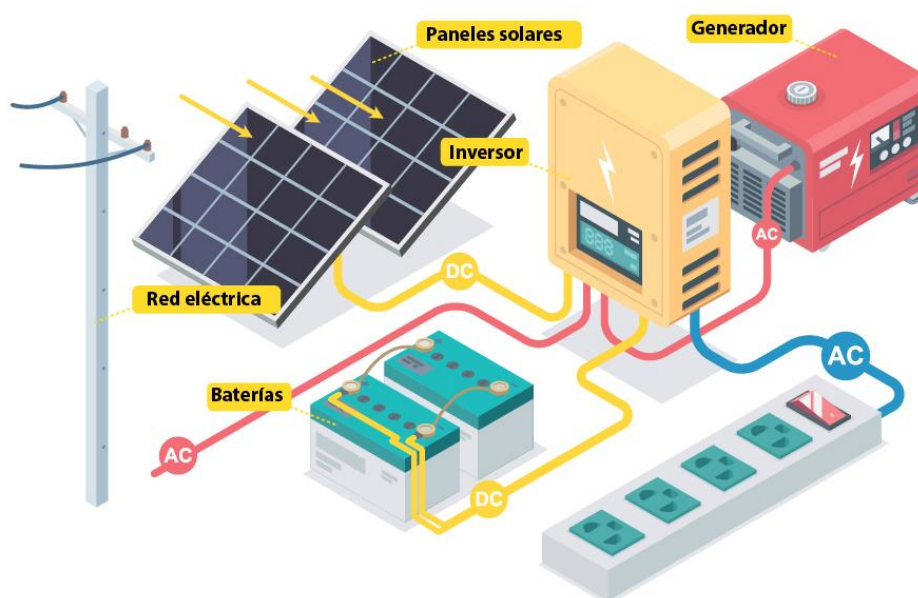


Figura 2.2. Esquema del funcionament d'una instal·lació solar fotovoltaica [11]

2.2.4. Radiació i irradiància solar

Entendre els conceptes de radiància i irradiància solar és crític en el context d'un projecte d'energia fotovoltaica, ja que aquests paràmetres proporcionen les bases necessàries per a una planificació precisa i una optimització eficient del sistema.

2.2.4.1. Radiació solar

La radiació solar és una forma d'energia electromagnètica emesa pel Sol, aquesta és produïda a causa de les reaccions de fusió nuclear que es produeixen en el seu interior. Aquesta energia viatja a través de l'espai i arriba a la Terra en diverses formes, que inclouen la llum visible, ultraviolada i infraroja. Aquesta font d'energia és abundant i inesgotable, i té un paper fonamental en diferents aspectes al planeta, des de la influència que té en el clima fins a la seva utilització com a font d'energia renovable, com en el cas del present projecte. [14], [15]

Aquesta radiació solar incideix a l'atmosfera terrestre i arriba fins a la superfície en forma de rajos solars. Aquesta radiació solar pot incidir sobre les plaques solars de tres formes diferents:

- Radiació directa. És aquella que no pateix cap desviació respecte de la direcció d'entrada a l'atmosfera fins a penetrar a les plaques solars.
- Radiació reflectida. És aquella que arriba a la placa solar un cop ha estat reflectida sobre un altra superfície propera, per tant, la direcció amb la qual arriba a la placa solar no és la mateixa que la seva direcció inicial.
- Radiació difusa. Aquesta radiació pateix una dispersió durant la seva trajectòria per culpa de, entre altres, les condicions meteorològiques, com per exemple el vent o els núvols.

La radiació global que impacta sobre superfícies inclinades és el resultat de la combinació de les tres components esmentades anteriorment: la radiació directa, la difusa i la reflectida. [14]

Encara que la superfície terrestre rebi principalment radiació solar directa o difusa, no tota l'energia incident és útil. Això, és a causa que la tecnologia fotovoltaica necessita aquesta energia radiant aconseguir un valor mínim, conegut com a valor llindar, per començar a funcionar amb eficàcia. Aquest valor llindar és crucial per al rendiment òptim dels dispositius fotovoltaics. En condicions meteorològiques desfavorables, com núvols densos o una cobertura

parcial del sol, aquest valor llindar pot no ser assolit, reduint la capacitat dels mòduls fotovoltaics per generar electricitat de manera eficient.

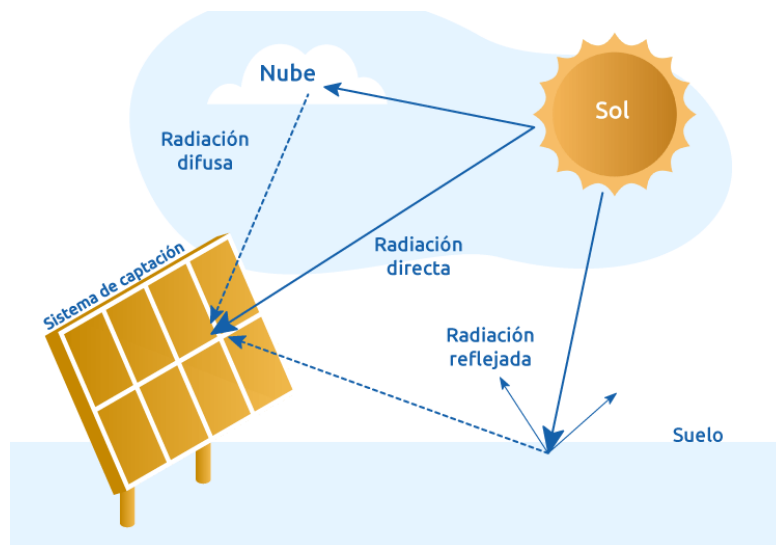


Figura 2.3. Tipus de irradiació solar als objectes [16]

2.2.4.2. Irradiància solar

La irradiància solar és la magnitud utilitzada per quantificar l'energia radiant que rep una superfície terrestre en un instant en específic. La irradiància solar inclou tots els components de la radiació solar que arriben a la superfície de la Terra, ja sigui radiació directa, radiació difusa i radiació reflectida. Les seves unitats en el SI són W/m^2 . [15], [17]

A la indústria de l'energia solar, es mesura l'energia total rebuda sobre una superfície durant un període de temps. Aquesta magnitud és coneguda com a irradiació solar i les seves unitats en el SI són $W \cdot h/m^2$. [17]

Conèixer aquestes dades són essencials per a la realització d'estudis energètics per instal·lacions solars fotovoltaïques, conjuntament amb l'estudi dels components emprats i la seva ubicació. A la Figura 2.4, es mostra un mapa de la irradiància global mitja a Espanya durant els anys compresos entre 1983 i 2005. Aquest mapa el proporciona AEMET, i les unitats en què mostra els valors són en $kW \cdot h/m^2$. AEMET també proporciona les dades mensuals de la irradiància solar a la península de forma mensual des de l'any 2011, encara que amb aquestes dades no es pot extreure una perspectiva global per entendre la irradiància mitjana a Espanya. A la Figura 2.5, es mostra la irradiació solar a Espanya durant l'any 2023. [15]

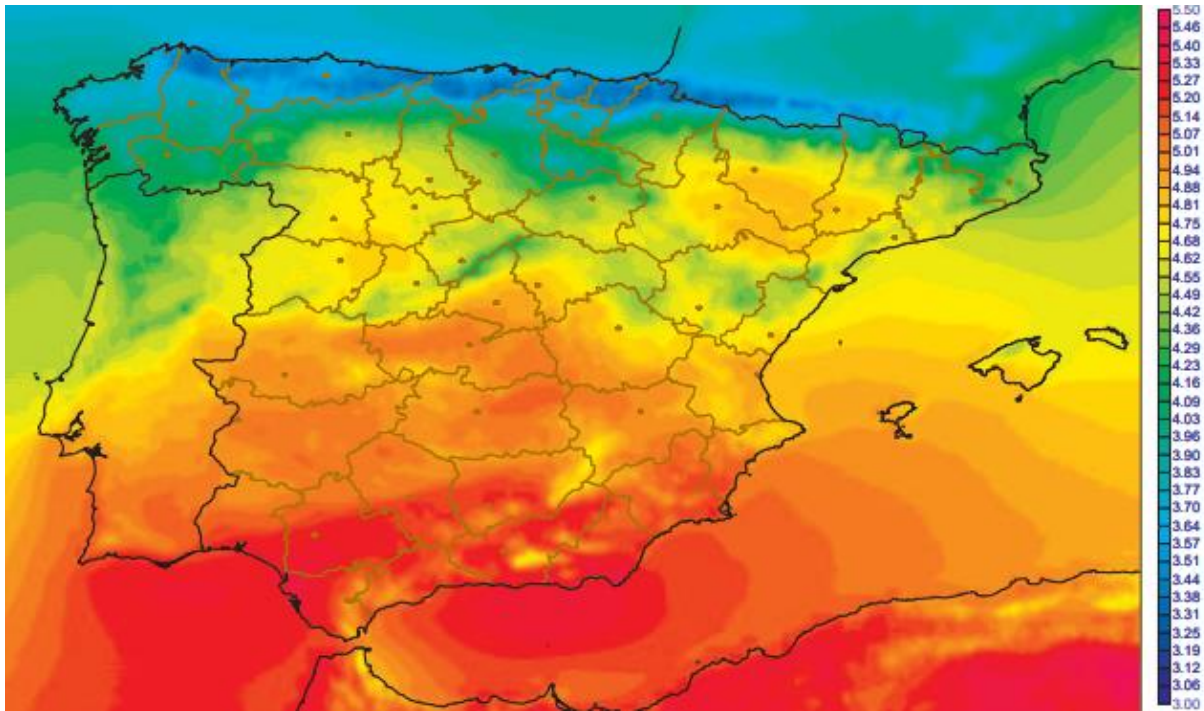


Figura 2.4. Irradiància global mitja entre els anys 1983 i 2005 [18]

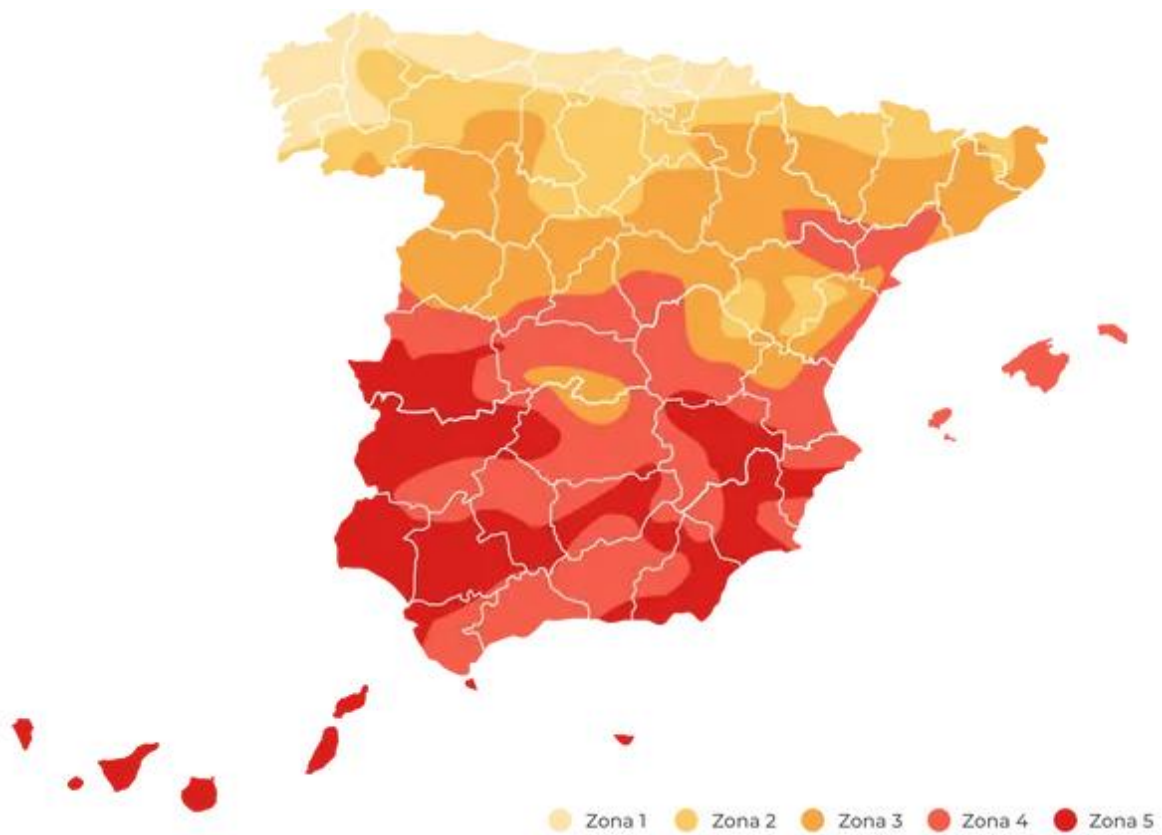


Figura 2.5. Irradiància global mitja durant l'any 2023 [19]

2.2.5. Components d'una instal·lació solar fotovoltaica

En aquest subapartat s'exposaran quins són els components de les instal·lacions solars fotovoltaïques, quin és el seu funcionament i quina funció realitza cadascun a les instal·lacions. S'han presentat els diferents components segons la seva importància.

2.2.5.1. Mòdul fotovoltaic

El mòdul fotovoltaic és sempre el primer element que es troba a les instal·lacions solars fotovoltaïques, ja que aquest és el que s'encarrega de captar i transformar la radiació solar en energia elèctrica en forma de corrent continu. Aquesta transformació d'energia, com s'ha comentat anteriorment, és gràcies a l'efecte fotoelèctric.

L'efecte fotoelèctric fou descobert l'any 1887 pel científic alemany Heinrich Hertz. Aquest efecte consisteix a posar en contacte un material metàl·lic a una radiació electromagnètica, aquesta farà que el material absorbeixi els fotons, els quals són partícules lumíniques, i com a resultat s'obté una reacció d'emissió d'electrons del material que fa que es produeixi un corrent elèctric, tal com es mostra a la Figura 2.6. L'efecte fotoelèctric va permetre el descobriment de l'efecte fotovoltaic, el qual és l'utilitzat a les cèl·lules fotovoltaïques. [20], [21]

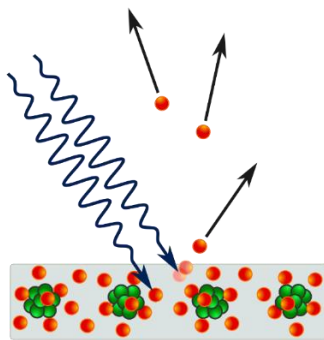


Figura 2.6. Efecte fotoelèctric [21]

Un mòdul fotovoltaic és un conjunt de cèl·lules fotovoltaïques interconnectades entre si. Aquestes cèl·lules estan fabricades principalment amb Silici cristal·lí, i per poder obtenir un material semiconductor, aquest és barrejat amb Fòsfor o Bor. Aquesta mescla dona com a resultat un material semiconductor que té electrons sobrants, tant amb càrrega negativa com amb càrrega positiva, d'aquesta forma es podrà generar l'electricitat. [22]

Les cèl·lules que estan fabricades amb Silici cristal·lí, poden ser de tres tipus diferents depenent de l'estructura atòmica del Silici:

- Silici monocristal·lí. Aquestes són les cèl·lules fotovoltaïques més eficients gràcies a l'alta puresa que té l'estructura, la qual fa que els electrons tinguin una millor mobilitat i, per tant, una millor eficiència en convertir la llum solar en electricitat. Encara que les cèl·lules fotovoltaïques fabricades amb aquest Silici és més car, té una vida útil major, la qual fa que la inversió inicial sigui més rendible al cap del temps.
- Silici policristal·lí. Aquestes tenen una eficiència menor que les anteriors, aquesta s'ha vist millorada al llarg del temps gràcies a millores tecnològiques. L'eficiència d'aquestes pot ser suficient per a molts projectes solars. En alguns casos, tenen una major eficiència respecte a les monocristal·lines, ja que en dies ennuvolats o amb una llum difusa aquestes funcionen millor. En últim lloc, també són cèl·lules més econòmiques, on la relació cost-rendiment és notable.
- Silici amorf. Aquest últim tipus de cèl·lules són les més econòmiques pel fet que el cost de fabricació d'aquestes és molt baix, també ofereixen una gran flexibilitat i un pes reduït. Per contra, el seu rendiment és molt reduït en comparació amb les altres i la seva vida útil també és més curta, perquè pateix una degradació molt més ràpida. Aquest últim motiu fa que es limiti el seu ús a instal·lacions solars de llarga duració.

En resum, es podria dir que els factors clau a l'hora d'escollir un mòdul fotovoltaic, són el preu, la potència elèctrica generada i el rendiment que té aquest. Aquest últim factor, no només depèn del material amb el qual s'ha fabricat el mòdul, sinó que també depèn d'altres. En concret de la incidència de la radiació solar en els mòduls i la temperatura a la qual treballen. [22], [23], [24]

La incidència de radiació solar depèn principalment de l'orientació amb la qual es col·loquen els mòduls, per això és necessari fer un estudi de l'orientació del Sol a cada zona i poder aprofitar aquest el màxim possible. Aquesta incidència també pot ser deguda a efectes estacionaris com per exemple unes condicions climàtiques no favorables, com la pluja o la humitat i per la brutícia dels mòduls.

La temperatura a la qual està treballant el mòdul fotovoltaic afecta directament a l'electricitat produïda, per aquesta raó els fabricants dels mòduls indiquen a les seves fulles de característiques a quin rang de temperatures funcionen adequadament. Així doncs, per poder

reduir aquesta és important orientar bé els mòduls i assegurar-se que disposin d'un bon sistema de ventilació per poder mantenir una temperatura baixa i millorar l'eficiència. [24], [25]

Pel que fa a la potència elèctrica del mòdul fotovoltaic, s'hi poden trobar de moltes classes diferents, depenent de la mida, classe, eficiència, vida útil i la seva degradació. Al mercat existeixen mòduls fotovoltaics capaços de generar fins a 400 W/m^2 de potència elèctrica en unes condicions ideals, és a dir, quan la incidència de la radiació solar és màxima i el cel està totalment descobert de nuvolositat i contaminació atmosfèrica. Fent un breu estudi de mercat, s'ha pogut observar que les plaques solars amb les tasses d'eficiència més altes són d'entre 480 W i 430 W , les quals tenen una eficiència màxima d'un 22,8%. [26]

Les plaques fotovoltaïques estan connectades directament a un inversor solar, el qual és l'encarregat de transformar l'electricitat en CC generat per la placa o el conjunt d'aquestes a CA. També pot ser l'intermediari entre les plaques i un sistema de bateries, encara que en aquest cas, no hauria de transformar l'electricitat CC en un primer instant.

2.2.5.2. Inversor solar

La funció principal de l'inversor solar és transformar el corrent continu que prové dels mòduls fotovoltaics en corrent altern. Aquest corrent altern és el que es fa servir per alimentar els electrodomèstics, com els que trobem a una llar. A més, aquest corrent altern generat pot tenir dos destins: pot ser utilitzat per a l'autoconsum o ser injectat a la xarxa elèctrica. És important destacar que la xarxa pot ser monofàsica (230 V) o trifàsica (400 V). Per tant, l'inversor solar, juntament amb els mòduls fotovoltaics, és un dels components clau en les instal·lacions solars fotovoltaïques. [27]



Figura 2.7. Diferents tipus d'inversors solars [28]

Un inversor solar ha de complir una sèrie de característiques principals per a poder funcionar correctament amb la instal·lació solar fotovoltaica que l'alimentarà, aquestes són les llistades a continuació i han de ser especificades pel fabricant del mòdul en el seu full tècnic. [27], [29]

- Potència màxima de transformació. És la quantitat màxima d'energia que és capaç de transformar l'inversor, aquesta ve expressada en W o en VA. A l'hora d'escollir l'inversor, és important saber quina serà la potència màxima que generaran els mòduls fotovoltaics, ja que en el cas d'escollir un més petit s'estaria perdent energia, i en cas contrari, augmentaria el cost de la instal·lació de forma innecessària i, per tant, el temps d'amortització de la inversió augmentaria.
- Eficiència. L'eficiència de l'inversor indicarà quin percentatge de l'energia solar capturada pels mòduls fotovoltaics es convertirà realment en electricitat aprofitable.
- Registre de dades. És necessari conèixer quina quantitat d'energia genera realment la instal·lació per poder detectar els problemes que hi puguin succeir i solucionar-los.
- Compatibilitat amb l'emmagatzematge d'energia. En el cas de tenir un sistema d'emmagatzematge d'energia, és a dir, un sistema de bateries, s'ha d'escollir un inversor que sigui compatible amb aquests sistemes.
- Augment de la instal·lació solar fotovoltaica. Moltes vegades es desitja iniciar una instal·lació solar fotovoltaica amb un nombre reduït de mòduls fotovoltaics per anar augmentant aquests a mesura que es va recuperant la inversió inicial. Per aquesta raó és important tenir clar quina és l'energia total que es vol arribar a tenir amb una instal·lació.
- Sistema de seguiment del punt de màxima potència (MPPT), *Maximum Power Point Tracker* en anglès. Aquest sistema és una forma de maximitzar l'eficiència a la conversió d'energia solar provinent dels mòduls fotovoltaics en electricitat aprofitable. El que fa és buscar el balanç entre el voltatge i el corrent que hi arriben a l'inversor, tal com s'exposa a la Figura 2.8. En aquesta també s'observa el punt de màxima potència que tindria aquest mòdul fotovoltaic. [30]

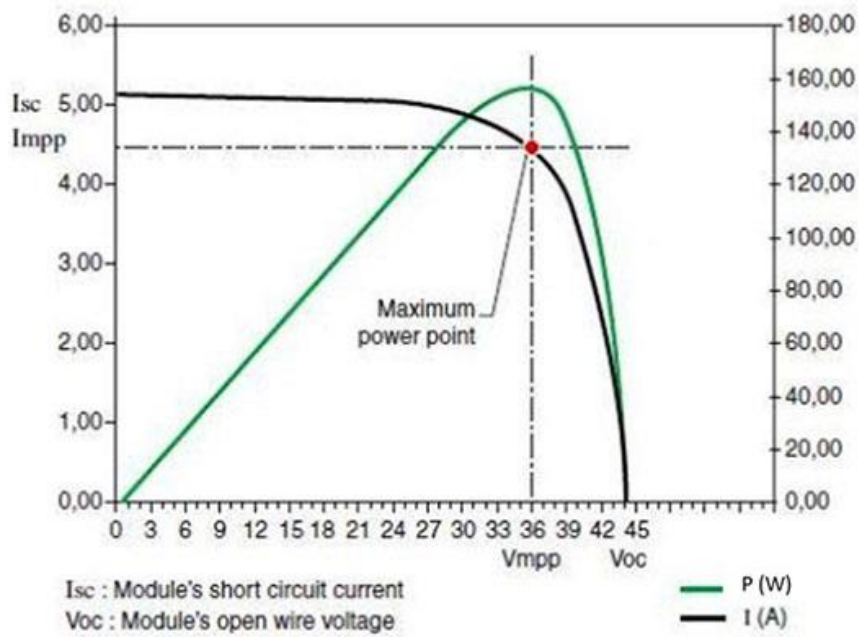


Figura 2.8. Gràfica del punt de màxima potència (MPPT) [31]

La primera classificació de les diferents classes d'inversors solars depèn de si aquests estan connectats a la xarxa o bé si estan connectats a instal·lacions amb un sistema de bateries i/o aïllades. A la Figura 2.9. es mostra els diferents tipus d'inversors segons aquesta classificació.

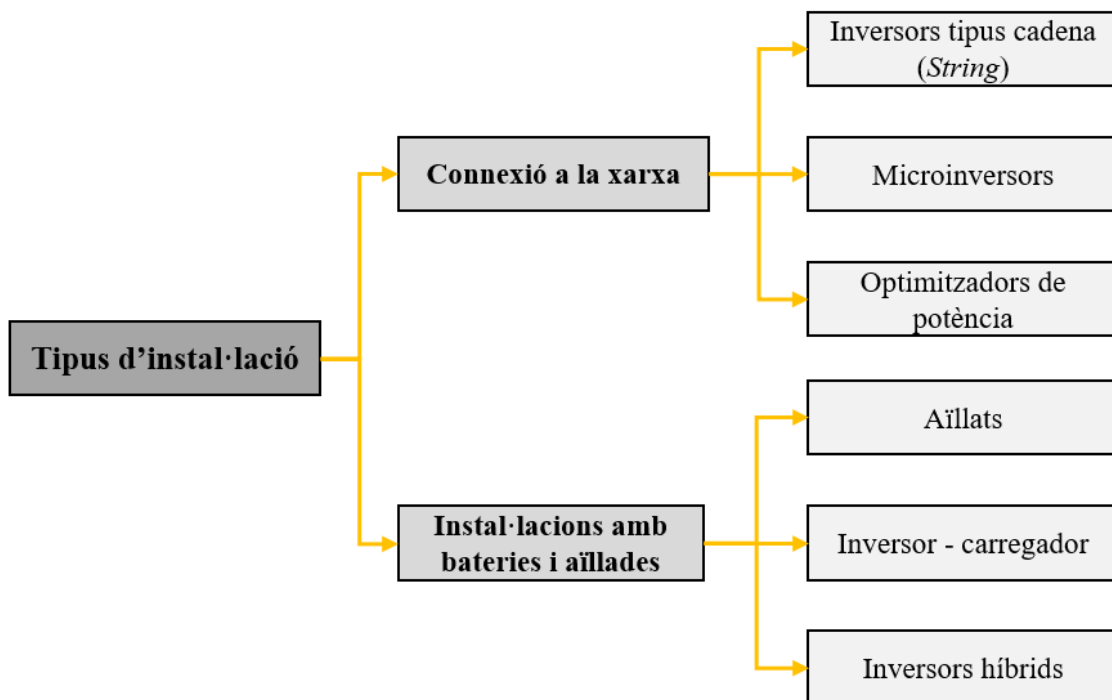


Figura 2.9. Tipus d'inversors solars

Per a instal·lacions solars fotovoltaiques, els inversors més comuns són els tipus cadena o *string*, els microinversors i els inversors híbrids [29]. A continuació es fa una breu explicació de cadascun d'aquests:

- Inversors tipus cadena o *string*. Els mòduls fotovoltaics que es connecten en aquest tipus d'inversors es connecten en sèrie, fent que en el cas que un dels mòduls generi menys energia que els altres, degut per exemple a un núvol, l'energia generada per tots queda restringida a la generada per aquest. Aquests són els inversors més utilitzats i econòmics.
- Microinversors. Cada mòdul fotovoltaic es connecta individualment a cada inversor, permetent un seguiment individual de la potència generada per cadascun. Aquest tipus d'inversors són ideals per aquelles aplicacions que tenen parts ombrejades.
- Inversors híbrids. Aquesta classe d'inversors permeten la connexió dels mòduls fotovoltaics amb un sistema de bateries, gestionant la càrrega o descàrrega d'aquestes.

2.2.5.3. Estructura

Les instal·lacions solars fotovoltaiques poden tenir diferents tipus d'estructures, depenent factors com la ubicació geogràfica, el tipus de terreny, o si es requereixen per alguna aplicació específica. Amb l'avenç de la tecnologia, s'hi poden trobar instal·lacions solars fotovoltaiques flotants, o inclús amb un sistema seguidor solar que permet optimitzar l'exposició solar del mòdul fotovoltaic.

Ja que l'objecte d'aquest projecte és la creació d'un pàrquing fotovoltaic, s'explicaran els diferents tipus d'estructures que es poden fer servir per a aquest cas. Aquestes es poden diferenciar en estructures inclinades i en estructures coplanars, a causa del fet que la coberta de la marquesina pot ser plana o inclinada.

Normalment, el material que es fa servir per a la fixació dels mòduls fotovoltaics a les cobertes és l'Alumini. En el cas de les marquesines que es dissenyen amb l'objectiu d'instal·lar-hi plaques solars, ja es fa un disseny en què s'integrin aquestes amb el sostre de l'estructura, sense necessitat de sistemes d'ancoratge especials. [32]

A les marquesines amb cobertes planes, el millor és fer una instal·lació inclinada, per a poder regular la inclinació dels mòduls fotovoltaics amb l'objectiu d'optimitzar al màxim les característiques de la zona geogràfica. Les instal·lacions amb estructura inclinades es fixen directament a la superfície de la coberta plana. A conseqüència de la seva forma, aquestes estructures han de tenir una resistència major que les estructures coplanars, pel fet que estaran sotmeses a accions permanents i variables més desfavorables. Això fa que aquesta classe d'instal·lacions siguin més cares.

En canvi, a les marquesines amb cobertes inclinades, el millor és optar per fer una instal·lació coplanar. Aquestes estructures permeten aprofitar el grau d'inclinació de la coberta existent. Dependent de la inclinació que tingui la coberta, també es pot optar per utilitzar una instal·lació inclinada, per poder maximitzar la incidència de radiació solar.

L'elecció del tipus d'estructura a instal·lar depèn de l'eficiència amb la radiació solar que es desitgi tenir, ja que com s'ha explicat anteriorment, depèn del grau d'inclinació que sigui òptim per cada cas, o si amb la inclinació existent de la teulada ja s'hi genera suficient energia.

El material que s'ha d'utilitzar en ambdós tipus d'instal·lacions solars fotovoltaïques és el mateix, l'única diferència que hi ha és la quantitat que es necessita per a cada cas. Aquest material es compon principalment per perfils carril, caragols, ancoratges, pressors intermedis i finals i unions de perfil per poder empalmar correctament.

Les marquesines són estructures que proporcionen protecció i ombra, normalment usades en aparcaments i entrades de naus i habitatges. Aquestes estan fabricades principalment amb perfils normalitzats d'acer o alumini, amb perfils normalitzats IPE, HEA, HEB i tubulars entre molts altres, l'elecció d'aquests depèn principalment de les dimensions de la marquesina.



Figura 2.10. Estructura inclinada [33]

2.2.6. Tipus d'instal·lacions solars fotovoltaiques

Principalment, hi existeixen tres tipus d'instal·lacions solars fotovoltaiques, les que estan connectades a la xarxa, les no tenen accés a la xarxa i les híbrides [34]. A continuació es fa una breu explicació de cadascuna d'aquestes:

- Les instal·lacions solars fotovoltaiques connectades a la xarxa poden utilitzar l'electricitat per l'autoconsum i enviar l'excedent que tingui a la xarxa elèctrica. Aquest excedent que ha entrat a la xarxa es pot acollir a la modalitat d'autoconsum amb excedents amb compensació econòmica. En aquest tipus d'instal·lacions l'usuari/ària pot alimentar-se de l'electricitat de la xarxa, fent que no depengui exclusivament de l'energia generada per les plaques.
- Les instal·lacions solars fotovoltaiques que no estan connectades a la xarxa emmagatzemen l'energia en un sistema de bateries pel seu posterior ús. Aquestes instal·lacions s'utilitzen sovint a zones remotes on no hi ha accés a la xarxa elèctrica, on l'usuari/ària depèn totalment de l'energia elèctrica generada pels mòduls fotovoltaics.
- Les instal·lacions solars fotovoltaiques híbrides, són aquelles que combinen diferents tecnologies per a la producció d'electricitat, com per exemple l'eòlica o la hidroelèctrica. Aquestes instal·lacions poder tenir o no un sistema d'emmagatzematge d'energia i poden garantir un subministrament continu d'energia.

2.2.7. Modalitats d'autoconsum

L'autoconsum d'energia elèctrica és la pràctica d'utilitzar l'energia produïda per una instal·lació solar fotovoltaica per al consum d'un o diversos usuaris/àries. En altres paraules, implica la generació d'energia elèctrica en un lloc proper respecte on es consumirà aquesta per possibilitar l'autoabastiment dels usuaris/àries.

L'autoconsum solar durant el darrer any 2023 va suposar un 3% de la demanda energètica total, i és una de les opcions d'autoconsum que més estan creixent en els últims mesos. Des del punt de vista mediambiental, aquesta generació d'energia neta i sense necessitat de transport va permetre que a Espanya no s'emetessin 44.430 tones de CO₂ a l'atmosfera. [35], [36], [37]

L'autoconsum elèctric aporta beneficis tant a l'usuari/ària com al medi ambient, a continuació es fa un breu llistat amb aquests:

- Sostenibilitat ambiental. Ja que l'energia elèctrica generada és d'origen renovable, es contribueix a la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, ajudant de forma indirecta a la qualitat de vida de les persones.
- Estalvi econòmic. L'autoconsum pot ajudar a estalviar costos derivats de la dependència energètica, ja que, amb aquest sistema es pot eliminar la necessitat de dependre d'empreses distribuïdores d'electricitat. L'usuari/ària també pot generar un estalvi acollint-se a una modalitat d'autoconsum amb compensació explicada en els següents punts.
- Valorització de la propietat. La integració d'aquestes instal·lacions als habitatges o fàbriques, entre altres, pot fer augmentar el valor de la propietat perquè els compradors ho perceben com una inversió rendible i sostenible.
- Augment de les bones pràctiques entorn de l'energia elèctrica. El fet de dependre d'un sistema d'autoconsum, fa que els usuaris/àries que utilitzen aquesta siguin més conscients de l'ús de l'energia elèctrica, derivant en pràctiques més eficients.

L'autoconsum a Espanya, està regulat pel *Real Decreto 244/2019* i *Real Decreto 15/2018*. Aquestes lleis estableixen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de cada modalitat d'autoconsum. Aquestes modalitats, definides a l'article 9 de la Llei 24/2013, són les mostrades a continuació [36], [38], [39], [40]:

- Modalitat de subministrament amb autoconsum sense excedents. Aquesta modalitat no permet la injecció de l'energia elèctrica sobrant generada per la instal·lació solar fotovoltaica a la xarxa elèctrica. Només permetent a l'usuari/ària o usuaris/àries el consum propi d'aquesta energia. Aquesta modalitat d'autoconsum es troba definida a l'article 9.1a) de la Llei 24/2013.
- Modalitat de subministrament amb autoconsum amb excedents. Aquesta modalitat permet la injecció de l'energia elèctrica sobrant generada per la instal·lació solar fotovoltaica a la xarxa elèctrica. Permetent a l'usuari/ària o usuaris/àries tant el consum propi com la injecció de l'energia elèctrica sobrant. Aquesta modalitat d'autoconsum es troba definida a l'article 9.1b) de la Llei 24/2013.

Aquesta última modalitat d'autoconsum, subministrament amb autoconsum amb excedents, es divideix en dues modalitats més dependent de si l'excedent d'energia elèctrica subministrada a la xarxa té o no compensació econòmica. Aquestes dues modalitats es presenten a continuació:

- Modalitat de subministrament amb autoconsum amb excedents acollida a compensació. El consumidor i la companyia de distribució de la xarxa elèctrica poden compensar econòmicament la venda de l'excedent d'energia elèctrica que ha estat produïda per la instal·lació solar fotovoltaica [38], [39], [40], [41]. Aquesta modalitat està regulada per les condicions especificades a continuació:
 - L'energia injectada a la xarxa ha de procedir d'una font renovable.
 - La potència total instal·lada de generació no ha de superar els 100 kW i la mateixa instal·lació generadora ha d'estar connectada a baixa tensió.
 - L'usuari/ària de la instal·lació solar fotovoltaica ha de signar un contracte de subministrament per serveis auxiliars de producció amb una empresa comercialitzadora de la xarxa elèctrica. Aquest contracte s'especifica a l'article 9.2 del Reial Decret anterior.
 - En el contracte entre usuari/ària i empresa comercialitzadora de la xarxa elèctrica s'ha d'especificar el preu de l'energia que el propietari/ària injecta a la xarxa i el cost de l'energia quan aquest/a hagi de fer ús de la xarxa elèctrica. Aquesta compensació s'especifica a l'article 14 del Reial Decret anterior.

- Modalitat amb excedents no acollida a compensació. La instal·lació solar fotovoltaica no s'acull a cap compensació quan no es compleix alguna de les condicions especificades al punt anterior, o bé, si alguna de les parts implicades al punt anterior no desitja acollir-se a aquesta compensació.

2.2.8. Normativa

Les instal·lacions solars fotovoltaiques es troben regularitzades per un conjunt de legislacions, normatives i regulacions que es tenen en compte per a l'elaboració del present projecte. En primer lloc, s'exposen les normatives més importants per al disseny, legalització i posada en marxa d'una instal·lació d'aquest tipus. Finalment, es presentaran les normatives més importants que defineixen el disseny, producció i instal·lació de l'estructura que es realitzarà per poder completar la instal·lació objecte d'estudi del projecte.

2.2.8.1. Regulacions i lleis de les instal·lacions solars fotovoltaiques

A continuació es presenten les normatives que s'han de tenir en compte en el disseny, legalització i posada en marxa de la instal·lació solar fotovoltaica objecte d'estudi.

En el següent llistat hi ha directives, lleis, reials decrets i normes UNE. Les quals es consideren que són les més característiques per a la realització del present projecte. En aquestes normes s'hi troben tant normes per disseny com normes de seguretat laboral, les quals s'haurien de tenir en compte en cas de portar el projecte a terme, encara que aquest no és el cas.

- “Directiva (UE) 2018/2001, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.”
- “Directivas (UE) de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CE y Directiva (UE) de Baja Tensión 2006/95/CE.”
- “Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. BOE núm. 310, de 27/12/2013.”
- “Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. BOE núm. 121, de 21/05/2021.”
- “Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. BOE núm. 296, de 11/12/2013.”
- “Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.”
- “Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. BOE núm. 266, de 06/11/1999.”
- “Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas. BOE núm. 236 de 02/10/2015.”

- “Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269, de 10/11/1995.”
- “Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. (REBT) BOE núm. 224, de 18/09/2002.”
- “Instrucciones Técnicas Complementarias ITC BT 02, 03, 04, 05, 08, 10, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30 y 40”
- “Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.”
- “Resolución de 25 de marzo de 2021, conjunta de la Dirección General de Política Energética y Minas y de la Oficina Española de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de marzo de 2021, por el que se adopta la versión final del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. BOE núm. 77 de 31/03/2021.”
- “Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía en régimen especial.”
- “Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos.”
- “Real Decreto-Ley 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la movilidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables (texto consolidado). BOE núm. 305 de 22/12/2021.”
- “Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.”
- “Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.”
- “Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.”
- “Real Decreto 244/2019 , de 5 de abril , por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.”
- “Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. BOE núm. 38, de 13/02/2008.”

- “Real Decreto 7/88 y 154/55 del MIE sobre exigencias de los materiales.”
- “Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código técnico de la Edificación. BOE núm. 74 de 28/03/2006.”
- “Reglamento Delegado (UE) 2016/364 de la Comisión, de 1 de julio de 2015, relativo a la clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los productos de construcción de conformidad con el Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo”
- “Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. (Texto consolidado). BOE núm. 27, de 31/01/2004.”
- “Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, por lo que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. (Texto consolidado) BOE núm. 256, de 25/10/1997.”
- “Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. (Texto consolidado) BOE núm. 97, de 23/04/1997.”
- “Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. (Texto consolidado) BOE núm. 27, de 31/01/1997.”
- “NRZ105 Especificaciones Particulares Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. Instalaciones de enlace conectadas a la red de distribución. Generadores en Baja Tensión.”
- “Norma UNE 72112 Tareas visuales. Clasificación.”
- “Norma UNE 72163 niveles de iluminación. Asignación de tareas.”
- “Norma UNE-EN 60617: símbolos gráficos para esquemas.”
- “Norma UNE-EN 60439-4/A1 Requisitos particulares para conjuntos para obras y símbolos gráficos para esquemas.”
- “Norma UNE 21144-3-2: cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible.”
- “UNE 20.324: grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP).”
- “UNE 20460-7-712 Instalaciones eléctricas en edificios. Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV).”

- “UNE 21.027: cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750 V.”
- “UNE 21.030: conductores aislados cableados en haz de tensión asignada 0,6/1 kv, para líneas de distribución y acometidas.”
- “UNE 21.123: cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kv.”
- “UNE 21.150: cables flexibles para servicios móviles, aislados con goma de etileno-propileno y cubierta reforzada de policloropreno o elastómero equivalente de tensión nominal 0,6/1 kV.”
- “UNE 21.1002: cables de tensión asignada hasta 450/750 V con aislamiento de compuesto termoplástico de baja emisión de humos y gases corrosivos. Cables unipolares sin cubierta para instalaciones fijas.”
- “UNE-EN 50.102: grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos (código ik).”
- “UNE-EN 50.380 Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.”
- “UNE-EN 50.521 Conectores para sistemas fotovoltaicos. Ensayos y requisitos de seguridad.”
- “UNE-EN 50.618 Cables para sistemas fotovoltaicos.”
- “UNE-HD 60364-7-712 Instalaciones eléctricas de baja tensión. Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (FV)”
- “UNE-EN 61215 Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.”
- “UNE-EN 61215-1 Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 1: Requisitos de ensayo.”
- “UNE-EN 61215-1-1 Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.”
- Ordenances municipals

2.2.8.2. Regulacions i lleis de les marquesines

A continuació es presenten les normatives que es tindran en compte en el disseny, producció i instal·lació de la marquesina.

Atès que la normativa respecte a la instal·lació de la marquesina és la mateixa que per la instal·lació fotovoltaica, aquest conjunt de normes no s'inclouen.

En el següent llistat hi ha normes europees i normes ISO. Les quals es consideren que són les més característiques per a la realització del present projecte. En aquest llistat no s'han inclòs aquelles normes que ja han estat especificades al llistat anterior, com per exemple aquelles normes relatives a la seguretat laboral o ordenances sobre edificació.

- “EN 1991-1-3: Eurocódigo 1 - Acciones en estructuras - Parte 1-3: Acciones generales - Cargas de nieve.”
- “EN 1991-1-4: Eurocódigo 1 - Acciones en estructuras - Parte 1-4: Acciones generales - Acciones del viento.”
- “EN 1993 - Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero.”
- “ISO 12944 - Protección de las estructuras de acero contra la corrosión mediante sistemas de pintura.”
- “ISO 1461 - Revestimientos de galvanización en caliente en productos de hierro y acero.”
- “ISO 3834 - Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos.”
- “ISO 9001 - Sistemas de gestión de la calidad.”
- “ISO 14001 - Sistemas de gestión ambiental.”
- “ISO 14040 - Evaluación del ciclo de vida.”
- “ISO 45001 - Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el Trabajo.”
- Ordenances municipals

2.3. Vehicles endollables

En la transició cap a una mobilitat més sostenible, els cotxes endollables han sorgit com una alternativa innovadora que pot combinar l'eficiència dels vehicles elèctrics amb la versatilitat dels motors de combustió interna [42]. D'aquesta classe de vehicles s'hi poden distingir principalment tres tipus segons les seves característiques i tecnologies específiques:

- Híbrids endollables (PHEV). Aquests vehicles tenen tant un motor de combustió interna, el qual pot funcionar tant amb gasolina com dièsel, com un o més motors elèctrics els quals funcionen a través d'unes bateries, les quals són recarregades a través de corrent extern.
- Elèctrics de bateria (BEV). Aquests funcionen exclusivament amb electricitat i no disposen de motor de combustió interna. Aquests es carreguen a través d'una presa de corrent extern, aquesta pot ser a través d'un endoll schuko o un carregador de vehicles elèctrics, el qual ofereix una càrrega més ràpida segons la potència del carregador. Les autonomies d'aquests vehicles és molt variable, ja que poden oferir des de 100 km fins a més de 500 km segons l'estat de la carretera i altres factors durant la conducció.
- Elèctrics d'autonomia estesa (E-REV). Són similars als vehicles híbrids endollables (PHEV), però tenen una bateria més gran i una autonomia en mode elèctric més llarga. El motor de combustió interna que incorpora el vehicle, s'utilitza com a generador per recarregar la bateria durant la marxa.

Els vehicles endollables, a més dels avantatges de la reducció d'emissions i un menor cost d'operació, ofereixen una experiència de conducció més suau i silenciosa. Permeten millorar la qualitat de vida a les zones urbanes, gràcies a la reducció de partícules contaminants i la contaminació acústica. També ofereixen un major rendiment i par màxim des de velocitats baixes, i proporciona una resposta instantània de l'accelerador fent que la sensació de conducció sigui més emocionant i dinàmica. En últim lloc, la disminució de la dependència dels combustibles fòssils implica una menor dependència energètica i una menor exposició a la volatilitat dels preus del petroli i els seus derivats. Tot i aquests avantatges, un aspecte crític que cal abordar durant els anys vinents per a la integració massiva d'aquesta classe de vehicles és la infraestructura de càrrega necessària que determina la viabilitat d'aquests i la comoditat que esperen tenir els usuaris/àries dels vehicles endollables.

2.3.1. Estudi de mercat dels vehicles endollables

En aquest apartat es realitzen dos breus estudis de mercat dels vehicles endollables. El primer, té l'objectiu de conèixer quins són els vehicles que més es venen a nivell nacional segons les característiques i la tecnologia que hi incorpora cada classe de vehicles, a més d'una recerca sobre quin és el percentatge actual dels vehicles elèctrics que hi circulen a Espanya. El segon estudi té l'objectiu de conèixer quina és la potència de càrrega dels vehicles endollables més demandada per poder escollir la potència de càrrega del carregador que s'instal·larà en aquest projecte. En aquest últim estudi s'han tingut en compte models de vehicles tan híbrids com elèctrics, els quals tenen diferents prestacions i temps de càrrega total.

2.3.1.1. Estudi de les vendes i circulació dels vehicles endollables a Espanya

En primer lloc, cal conèixer quin és el nombre de vehicles que es venen cada any i que hi requereixen un carregador VE per al seu funcionament total o parcial. Per poder estudiar-ne aquest, s'ha fet una distinció dels cotxes segons la seva font d'energia. A la Figura 2.11. es mostra una gràfica amb el nombre de vehicles de nova matriculació a Espanya durant el 2023.

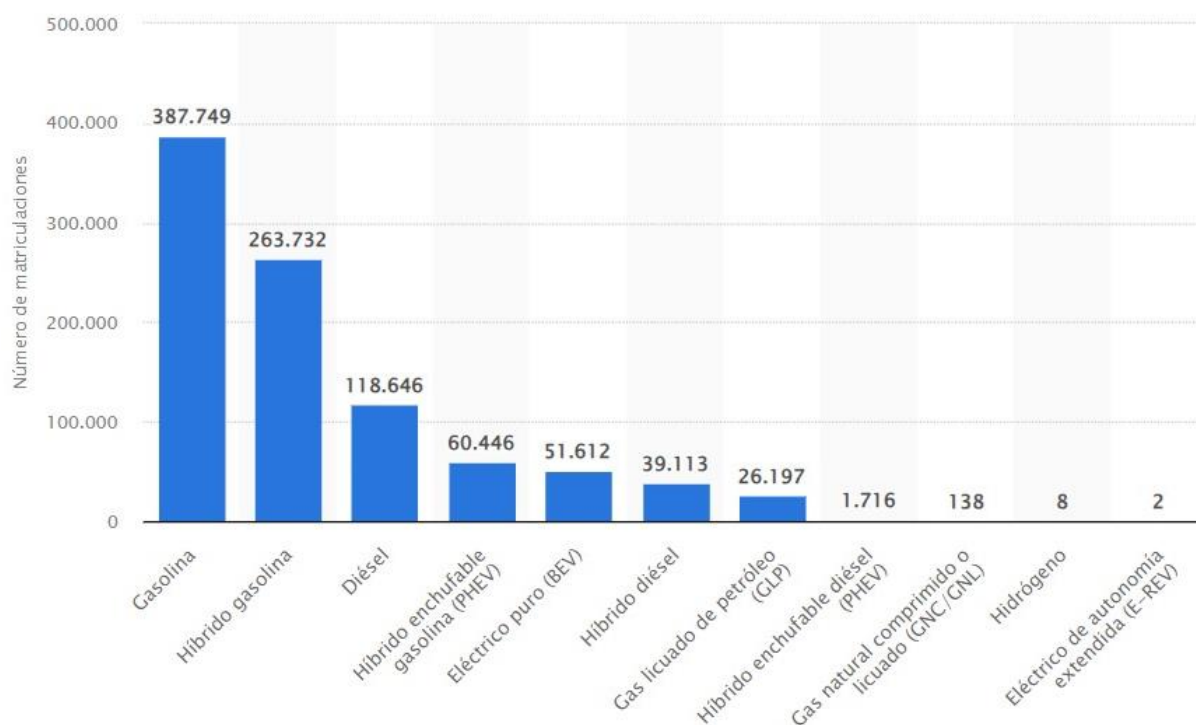


Figura 2.11. Noves matriculacions de cotxes segons la seva font d'energia [43]

En aquesta gràfica es pot observar que la major part de les noves matriculacions durant aquest últim any es concentren en tres grups, els cotxes de gasolina, els cotxes híbrids de gasolina i els dièsel. Les noves matriculacions d'aquests tres grups sumen un total de 770.127 cotxes, el qual suposa un 81,1% de les matriculacions del 2023. En canvi, d'aquells que requereixen carregadors elèctrics, els quals són els cotxes híbrids endollables i els cotxes elèctrics, s'han matriculat un total de 113.774, el qual suposa un 12% de les noves matriculacions.

Segons dades de l'ANFAC (*Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones*) aquest índex de vendes dels vehicles elèctrics serien majors si es milloressin una sèrie de punts:

- Augment de les ajudes econòmiques per a la compra de vehicles elèctrics, ja que el preu inicial d'aquests és elevat. Actualment, les ajudes que ofereix el govern espanyol a través del *Plan Moves III*, són menors a les d'altres països de la Unió Europea.
- Escassetat d'infraestructures de càrrega. Una de les principals preocupacions dels usuaris/àries i possibles compradors d'aquests vehicles és la falta de punts de càrrega al territori. A hores d'ara, a Catalunya, hi ha 1.400 carregadors que no funcionen, degut a la manca de permisos dels ajuntaments, falta de manteniment o bé perquè les instal·lacions no s'han posat mai en marxa. Per part de Repsol, a les seves gasolineres hi disposa de 1.700 carregadors que no estan en funcionament, també per la manca de permisos. El conjunt d'aquests carregadors de vehicles elèctrics que es troben inactius suposen el 30% de la infraestructura instal·lada a Catalunya.
- Temps de càrrega més llarg. Aquesta classe de vehicles triguen molt més temps a aconseguir tenir un 100% d'autonomia respecte als vehicles de combustió interna, fent que els viatges amb quilometratges llargs tinguin una duració més extensa a causa de la necessitat de carregar el vehicle durant un període de temps més llarg. També pot ser un inconvenient per aquelles persones amb un estil de vida ocupat.
- Autonomia insuficient respecte als de combustió interna. Aquesta classe de vehicles tenen una autonomia més limitada i això fa que, a més del temps de càrrega, es requereixi realitzar més parades en els viatges llargs.
- Resistència al canvi. Hi ha persones que el canvi al cotxe elèctric li sembla massa disruptiu i insegur, sobretot per la problemàtica entrada en vigor de les zones de baixes emissions i quins són els vehicles que hi poden circular sense restriccions per aquestes.

A conseqüència d'aquests inconvenients, la quota de mercat dels cotxes endollables i elèctrics a Espanya és només del 12%, mentre que a Europa, aquesta quota anual ja se situa per sobre del 20% de les vendes del mercat de cotxes. [43]

A més dels vehicles que s'han venut durant el darrer any, també és necessari conèixer quin és el nombre de vehicles que hi circulen actualment per les carreteres catalanes i que requereixin una estació de càrrega per al seu funcionament. Segons dades de la DGT (*Dirección General de Tráfico*), un 3,7% dels cotxes a Espanya, són híbrids o elèctrics, és a dir, 925.000 cotxes requereixen un carregador en l'actualitat.

2.3.1.2. Estudi de les necessitats de càrrega dels vehicles endollables

Per a poder estimar la potència de càrrega necessària per a aquestes classes de vehicles, es fa un breu estudi de la potència de càrrega requerida, tenint en compte una diversitat de factors, com ara el model de cotxe, les característiques tècniques, la marca i les prestacions específiques de cada vehicle. Aquesta anàlisi s'ha recollit de manera detallada a l'Annex-I, que es presenta com a part integrant del document d'Annexos. A l'Annex-I es troba una taula exhaustiva que detalla la potència de càrrega de més de cent models diferents, incloent-hi vehicles híbrids i elèctrics, proporcionant així una panoràmica completa de les necessitats de càrrega del mercat actual. [44], [45], [46]

En aquest estudi, s'ha tingut en compte una àmplia gamma de vehicles, totalitzant 125 models de cotxes, amb l'objectiu de captar la diversitat del mercat i proporcionar una estimació precisa de les necessitats de càrrega. A més, s'ha dut a terme una anàlisi específica per identificar quins són els models més venuts, ja que això proporciona una indicació clara de les tendències del mercat i de les preferències dels consumidors. [44], [45], [46]

Després d'analitzar les taules detallades, es constata que la majoria dels models de cotxes disponibles al mercat tenen una potència de càrrega que oscil·la entre 3,6 kW i 11 kW. No obstant això, en avaluar el nombre d'unitats venudes de cada model, es destaca que la potència de càrrega més sol·licitada actualment és de 7,4 kW. Aquesta informació és crucial per a la planificació i el desenvolupament de la infraestructura de càrrega, ja que revela les necessitats predominants dels consumidors i els fabricants de vehicles elèctrics i híbrids.

2.4. Carregadors per a vehicles elèctrics

En aquest apartat es fa una breu anàlisi dels diferents tipus de carregadors per a vehicles elèctrics (VE) que es poden trobar actualment al mercat, en aquest cas, centrant-se en els que són més utilitzats en l'àmbit europeu. Aquesta anàlisi té l'objectiu de poder escollir-ne un tipus de carregador per estimar la potència generada necessària per a la instal·lació solar fotovoltaica i fer que la càrrega del vehicle estacionat sigui fent ús del màxim d'energia sostenible possible.



Figura 2.12. Carregador per vehicles elèctrics [47]

Un carregador per a VE és un dispositiu primordial per a la infraestructura de recàrrega de vehicles elèctrics. Aquests carregadors poden ser instal·lats a domicilis, estacionaments públics o privats amb l'objectiu de poder facilitar l'accés als propietaris/àries d'aquesta classe de vehicles. Existeixen quatre tipus diferents de carregadors elèctrics segons la seva velocitat de càrrega, potència i compatibilitat. [48], [49], [50]

- Carregador de VE Tipus-1. Aquests carregadors funcionen a 120 VCA i subministren una potència màxima de 7,4 kW. El temps de càrrega amb aquests oscil·la entre 8 i 12 hores, el que el fa ideal per a instal·lar en una estació de càrrega i poder carregar el cotxe durant la nit, que és quan la tarifa de la llum és més econòmica. Aquest tipus de carregadors es poden endollar directament a qualsevol presa de corrent domèstic sense requerir la instal·lació d'un punt de càrrega especial.

- Carregador de VE Tipus-2. Aquests carregadors funcionen a 240 VCA i subministren una potència d'entre 3,7 i 44 kW. El temps de càrrega necessari per a aquest tipus de carregadors oscil·la entre 3 i 6 hores, depenent de la potència de sortida del carregador i de la capacitat de càrrega de la bateria del vehicle. Aquest tipus de carregador és ideal per estacionaments públics i empresarials, on els usuaris/àries vagin a passar un notable període de temps sense la necessitat d'utilitzar el seu vehicle.
- Carregador de VE Tipus-3. Aquest tipus de carregadors subministren l'energia en forma de corrent continu i són capaços de tenir una potència de sortida d'entre 50 i 350 kW. El temps de càrrega d'aquesta classe de carregadors VE és d'entre 20 a 30 minuts. Aquest tipus de carregadors són útils per ubicacions de pas, on es transita a causa que es realitzen grans trajectes i el temps per esperar-se que el vehicle es carregui és limitat, pel cansament que l'espera li provoca al conductor. Aquesta classe de carregadors, doncs, són instal·lats sovint a les estacions de servei. El gran inconvenient d'aquests tipus de carregadors són el seu gran cost i la seva complexitat, havent d'adequar les instal·lacions a una exigència de potència molt alta.
- Carregadors de VE CCS. Aquest tipus de carregador combina la càrrega en CA i CC, utilitzant fins a una intensitat de 32 A en CA i fins a 125 A en CC. La potència de sortida d'aquest oscil·la entre 43 i 50 kW.

L'elecció de la classe de carregador depèn del model del vehicle, del temps que es disposi per a la càrrega d'aquest i de la compatibilitat del vehicle amb el carregador. A la Figura 2.13. es mostra la forma del connector que tenen alguns d'aquests carregadors per a vehicles elèctrics.

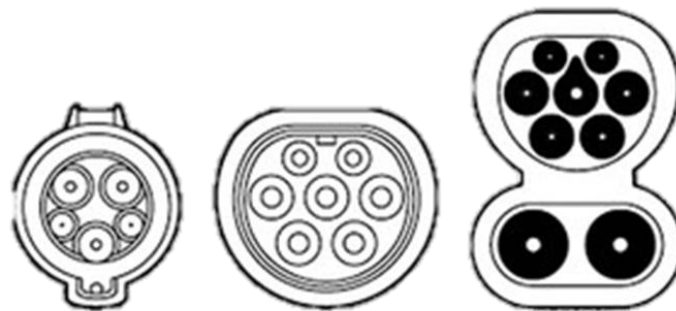


Figura 2.13. Connectors dels Tipus-1, Tipus-2 i CCS respectivament [48]

La potència amb la qual es desitja carregar el cotxe, en el cas que aquest ho permeti, es pot fer a través d'una estació de càrrega o directament a la xarxa domèstica. A la Taula 2.1 es mostra un breu resum de quin tipus d'estació de càrrega es requereix per algunes de les potències màximes possibles dels carregadors.

Potència màxima de càrrega	Connexió de l'estació de càrrega	Intensitat connexió
3,7 kW	Monofàsica	16 A Monofàsics
7,4 kW	Monofàsica	32 A Monofàsics
11 kW	Trifàsica	16 A Trifàsics
22 kW	Trifàsica	32 A Trifàsics

Taula 2.1. Tipus estació de càrrega segons la potència màxima

Una vegada presentats els diferents tipus de carregadors elèctrics que hi ha al mercat, s'ha fet un estudi de quin d'aquests és el més venut i quina és la potència que requereixen els usuaris/àries més sovint quan estacionen. El tipus de carregador més comú actualment és el Tipus-2, i la potència màxima de càrrega més comuna és d'entre 7,4 kW i 11 kW.

3. Ubicació de la instal·lació solar fotovoltaica

En aquest treball es planteja el disseny d'una instal·lació solar fotovoltaica a una marquesina d'un espai públic o privat amb l'objectiu de poder instal·lar un carregador de vehicles elèctrics el qual utilitzi el màxim d'aquesta energia produïda i poder estalviar tant econòmicament com mediambientalment. Com que aquest projecte no té una ubicació exacta, es faran els càlculs per una ciutat escollida aleatòriament, per exemple, Manresa. És a dir, aquest projecte, es dissenyarà seguint les característiques solars que hi ha a un aparcament d'aquesta ciutat. Cal remarcar, que el procés de disseny de la instal·lació solar fotovoltaica objecte del projecte seria el mateix independentment de la ubicació final escollida, només canviarien els aspectes tècnics de la instal·lació com per exemple, la potència a generar per les plaques o l'inversor solar.

La selecció de la ubicació definitiva per a la instal·lació solar fotovoltaica s'ha determinat en la ciutat de Manresa. Amb l'objectiu de precisar aquesta localització, s'ha optat pel pàrquing adjacent al pavelló oficial del BAXI Manresa, conegut com a Nou Congost. Aquesta àrea també alberga un parc de patinatge, un estadi d'atletisme, un pavelló multifuncional i un cementiri municipal. Aquesta és la zona esportiva de Manresa, a la qual es concentra molta activitat automobilística durant els caps de setmana, principalment degut al bàsquet, ja que, per exemple, només el pavelló ja té una capacitat de 5.000 persones, aquesta serveix de referència de la gent que s'hi pot acollir en aquest espai esportiu [51]. A la Taula 3.1. es presenta un resum de les dades generals de la ubicació escollida per a la instal·lació solar fotovoltaica objecte d'estudi.

Disposició generals de la ubicació de la instal·lació solar fotovoltaica cas d'estudi

Adreça	Ctra. de Sant Joan de Vilatorrada, S/N, 08241 Manresa, Barcelona
Referència cadastral	1102004DG0210A
Azimut places aparcament	- 45°
Tipus de coberta existent	No hi ha coberta, s'ha de dissenyar
Número de places disponibles	298 places
Estudi d'ombres	No hi ha ombres que afectin a la instal·lació

Taula 3.1. Dades generals de la ubicació

A les Figures 3.1. i 3.2., es pot observar l'aparcament on es realitza l'estudi per a la instal·lació d'una marquesina solar conjuntament amb un carregador de vehicles elèctrics.



Figura 3.1. Vista satèl·lit de l'aparcament objecte d'estudi [52]



Figura 3.2. Imatge de Google Earth de l'aparcament escollit [53]

La zona escollida per aquest projecte, tal com es pot veure en les Figures 3.1 i 3.2, és un espai ampli i on no hi ha problemes d'ombres per a la instal·lació solar fotovoltaica objecte d'estudi. Pel que fa a l'espai, té una superfície d'aproximadament 9.300 m², els quals hi poden albergar una capacitat total de 298 places d'aparcament. Cadascuna d'aquestes places d'aparcament, té una superfície d'aproximadament 14,62 m². Les mides d'aquestes places permetrien la correcta instal·lació dels mòduls fotovoltaics que es plantegen en el present treball. Per altra banda, pel que fa a les ombres, no es contempla que s'hi construeixin edificis més alts que els actuals a causa de la tipologia de la zona.

A Manresa, la temperatura mínima mitjana registrada el 2023 ha sigut de -1 °C, la qual es va registrar durant el mes de gener, i la màxima registrada ha sigut de 34 °C durant els mesos de juliol i agost. Una altra dada a tenir en compte de les dades analitzades del 2023 a Manresa, són les hores de sol registrades a cada època de l'any. El nombre d'hores de sol màximes a Manresa van ser 15 hores i 13 minuts, durant el 21 de juny. En canvi, el nombre d'hores mínimes van ser 9 hores i 9 minuts, durant el 22 de desembre. Aquestes dades es tindran en compte en l'anàlisi de l'energia generada per la instal·lació solar fotovoltaica i en el dimensionament d'alguns dels elements que componen aquesta. [51]

A la Figura 3.3. es pot observar un gràfic de les temperatures de cada dia durant l'any 2023 a Manresa, segons un informe de *Weather Spark*.

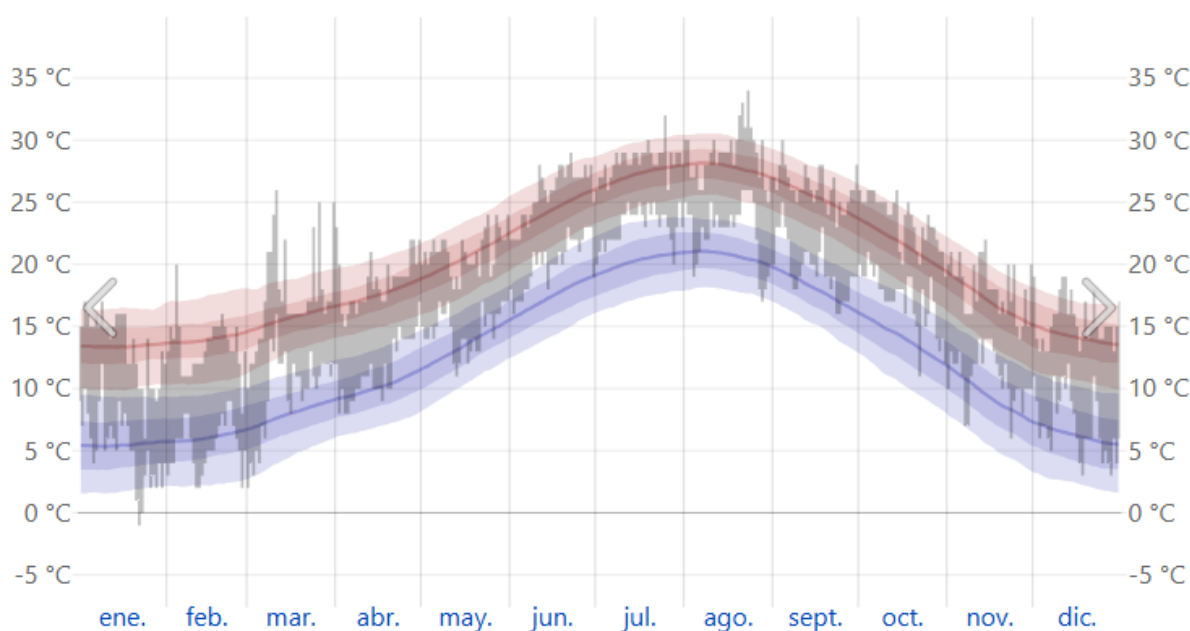


Figura 3.3. Gràfic de les temperatures de cada dia durant l'any 2023 a Manresa [51]

4. Disseny d'una instal·lació solar fotovoltaica per a la càrrega de vehicles endollables

En aquest capítol, s'aborda en profunditat la selecció de la tecnologia definitiva per a la instal·lació solar fotovoltaica objecte del projecte, prenent en consideració múltiples factors com l'eficiència energètica, la fiabilitat i l'impacte ambiental. Després d'una investigació exhaustiva i una anàlisi meticulosa, s'escull una tecnologia que s'ajusti òptimament als requisits i objectius específics del projecte, assegurant una integració harmoniosa i una operativitat eficient. El capítol detalla la configuració final de la instal·lació, incloent-hi especificacions tècniques detallades dels elements que la componen, per garantir un rendiment energètic fiable i eficient durant tota la vida útil del sistema.

En primer lloc, es presentarà un breu resum de com és la instal·lació solar fotovoltaica i quins són els components principals que la componen. Finalment, es presentaran les dades tècniques de cadascun dels components que componen la instal·lació solar fotovoltaica i s'explicarà quina és la funció de cadascun en aquesta.

4.1. Esquema instal·lació

La instal·lació solar fotovoltaica dissenyada en aquest projecte consta principalment d'una marquesina inclinada, que alberga un total de 24 plaques solars distribuïdes uniformement sobre la seva coberta. Aquesta estructura s'acompanya d'un inversor de corrent continu a corrent altern (CC/CA), essencial per convertir l'energia generada per les plaques en una forma utilitzable per a la xarxa elèctrica. A més, el sistema inclou un quadre general que conté totes les proteccions necessàries per assegurar el funcionament segur i eficient de la instal·lació.

Un altre component clau d'aquesta instal·lació és el carregador de vehicles elèctrics, amb una potència de càrrega d'11 kW en corrent altern (CA). Aquest carregador permet l'ús directe de l'energia generada per les plaques solars per alimentar vehicles endollables, oferint una solució pràctica i ecològica per a la mobilitat sostenible.

A la Figura 4.1 es mostra un esquema de la instal·lació, il·lustrant la marquesina solar amb les plaques, la connexió amb l'inversor CC/CA, el quadre general amb les seves proteccions i el

carregador de vehicles elèctrics. Aquesta figura serveix com a referència visual per comprendre millor la configuració i el funcionament de tot el sistema objecte del projecte.

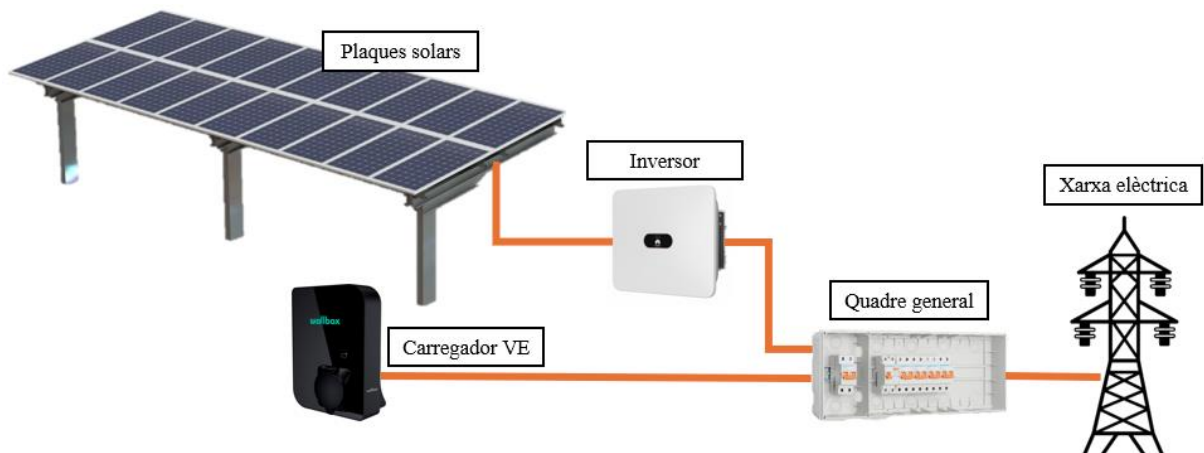


Figura 4.1. Esquema explicatiu de la instal·lació solar fotovoltaica objecte d'estudi

Les plaques solars fotovoltaïques escollides tenen una potència de 565 W cadascuna, aconseguint una potència de generació total de 13,56 kW en condicions òptimes. El carregador de vehicles elèctrics, com s'ha esmentat anteriorment, té una potència de càrrega d'11 kW. Això pot generar el dubte de per què la instal·lació solar fotovoltaica no es limita a generar 11 kW de potència. La raó és que les instal·lacions solars fotovoltaïques solen sobredimensionar-se aproximadament un 20% per compensar les pèrdues ocasionades en els components del sistema i les condicions climàtiques adverses en què operen. Aquest sobredimensionament assegura que, malgrat les pèrdues, la instal·lació pugui proporcionar la potència necessària per al carregador i altres usos energètics.

El sistema està dissenyat per a que un dels vehicles que estacionin a sota la marquesina pugui ser carregat a partir de l'energia solar fotovoltaica produïda per la instal·lació, o si és necessari, part de l'energia subministrada per la companyia elèctrica. S'ha dissenyat el sistema per a que el carregador sigui utilitzat mínim una vegada al dia.

La instal·lació solar fotovoltaica s'acollirà a la modalitat d'autoconsum amb excedents acollida a compensació econòmica, pel que quan no hi hagi cap vehicle utilitzant el punt de càrrega, tota l'energia que genera la instal·lació solar fotovoltaica serà abocada a la xarxa elèctrica. Aquesta instal·lació no incorpora un sistema d'emmagatzematge de bateries a causa de l'alt cost que aquestes tenen i els anys de vida que tenen. L'addició d'un sistema d'aquest tipus podria afectar el període d'amortització de la instal·lació.

4.2. Mòduls fotovoltaics

La instal·lació solar consta de 24 mòduls fotovoltaics amb una potència pic de 565 W cadascun per aconseguir una instal·lació amb un total de 13,56 kW de potència pic. Gràcies a les millores tecnològiques en el mercat de les plaques fotovoltaïques, aquesta gamma de potència es pot trobar de forma fàcil al mercat i a un preu bastant assequible. En el cas d'aquest projecte, els mòduls fotovoltaics que s'utilitzaran són el model Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M del fabricant i venedor LONGi.

S'escullen aquests mòduls perquè l'empresa LONGi es considera de NIVELL 1 o *TIER 1*. Aquesta classificació serveix per avaluar els fabricants de mòduls fotovoltaics segons la qualitat i la fiabilitat dels seus productes. Optar per un mòdul o panell de NIVELL 1 ofereix avantatges clau per als projectes fotovoltaics. Primerament, assegura la compra de productes de fabricants amb una solidesa financera i una reputació consolidada, minimitzant els riscos de fallades i problemes de garantia. A més, aquests fabricants solen tenir processos de producció verticalment integrats, garantint un control de qualitat rigorós en totes les fases de fabricació dels mòduls. Aquests mòduls també ofereixen un historial de rendiment fiable i consistent. Finalment, l'ús de mòduls de NIVELL 1 facilita l'accés a finançament, ja que els inversors confien més en productes d'aquests fabricants reconeguts. [54]

A la Taula 4.1. es presenten les característiques tècniques principals, tant elèctriques com mecàniques, proporcionades pel fabricant. [55]

LONGi Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M	
Potència pic (Pmax)	565 W
Tipus de cèl·lula	Silici Monocristal·lí HALF-CELL
Nombre de cèl·lules	144 (6 x 24)
Tensió curtcircuit obert (Voc)	50,30 V
Intensitat curtcircuit (Isc)	14,16 A
Tensió punt de màxima potència (Vmp)	42,42 V
Intensitat punt de màxima potència (Imp)	13,32 A

LONGi Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M	
Eficiència	21,9%
Rang temperatures de funcionament	-40 °C a +85 °C
Coeficient de temperatura de Isc	-0,050 %/°C
Coeficient de temperatura de Voc	-0,265 %/°C
Coeficient de temperatura de Pmax	0,340 %/°C
Tensió màxima del sistema	1500 V
Altura	2278 mm
Amplada	1134 mm
Espessor	35 mm
Pes	27,5 kg
Longitud dels connectors	400 mm (Customitzable)
Resistència càrregues de vent	Màx. 130 km/h
Resistència càrregues de neu	900 kg / mòdul
Resistència a l'amoníac	✓
Resistència a la boira salina	✓
Resistència a l'abració per sorra i pols	✓

Taula 4.1. Característiques tècniques mòdul Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M [55]

Aquest producte compleix les següents certificacions:

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61730
- ISO 9001:2015: Sistema de gestió de la qualitat ISO
- ISO 14001:2015: Sistema de gestió ambiental ISO
- ISO 45001:2018: Salut i seguretat ocupacional
- IEC 62941: Directrius per a la qualificació del disseny de mòduls i la seva homologació

A la Figura 4.2. s'observa l'aspecte que té el mòdul fotovoltaic escollit per al desenvolupament del projecte. A la Figura 4.3. es presenten les dimensions del mòdul, mostrant la ubicació i dimensions dels diferents possibles ancoratges d'aquest.

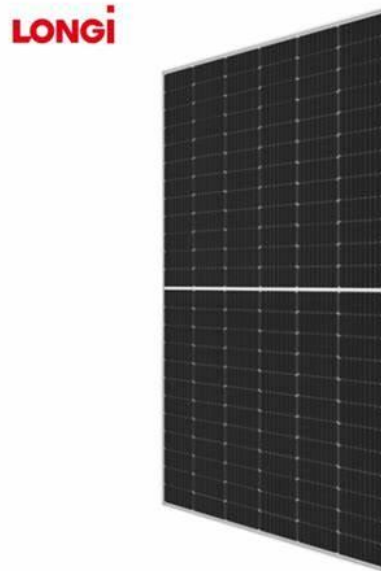


Figura 4.2. Mòdul LONGi Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M [56]

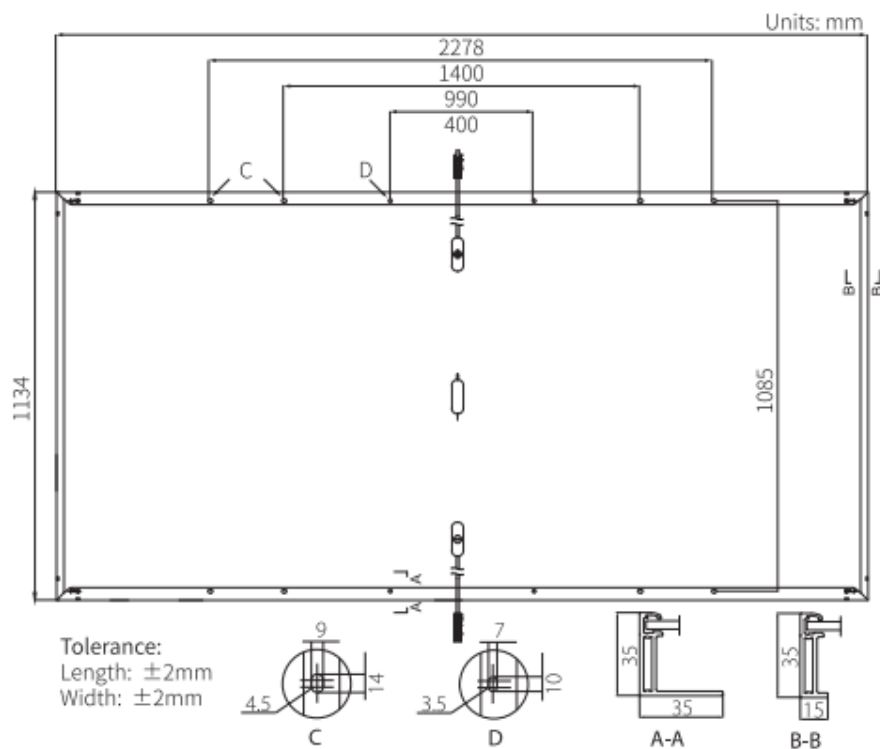


Figura 4.3. Dimensions mòdul LONGi Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M [55]

4.3. Inversor solar

Per dimensionar adequadament l'inversor d'una instal·lació, primer és necessari determinar la potència pic de la instal·lació. En el cas d'aquest projecte, la potència pic és de 13,56 kW. Un cop establerta aquesta dada, es procedeix a definir la potència nominal de l'inversor, que és la que especifica el fabricant, de manera similar a com es fa amb els mòduls fotovoltaics.

A més de la potència nominal, es considera també el factor de dimensionament de l'inversor. Aquest factor és crucial per garantir el bon funcionament del sistema i sol situar-se entre un 5 i un 10% per sota de la potència pic. Això es deu al fet que l'inversor pot operar per sobre de la seva potència nominal en determinats períodes de temps, tot i que aquests períodes normalment no són de llarga durada. Aquest marge addicional permet assegurar que l'inversor pugui arrencar i funcionar correctament, fins i tot en condicions on la demanda de potència sigui lleugerament superior a la prevista.

Tenint en compte aquests factors, s'escull un inversor CC/CA de potència nominal de 12 kW. L'inversor seleccionat és el model SUN2000-12KTL-M2 del fabricant i venedor HUAWEI. Aquest inversor ofereix totes les proteccions necessàries per a la part de corrent continu, seguint les normatives vigents, incloent-hi protecció contra polaritat inversa i sobretensió en corrent continu. Per a la part de corrent altern, compta amb proteccions contra sobretensions transitòries i permanents, així com protecció contra curtcircuits. A més, incorpora protecció contra sobrecorrent en corrent altern i monitoratge de corrent residual, assegurant un funcionament segur i fiable.



Figura 4.4. Inversor HUAWEI SUN2000 -12KTL-M2 [57]

A la Taula 4.2. es presenten les característiques d'entrada i sortida de l'inversor.

HUAWEI SUN2000 -12KTL-M2	
Valors d'entrada (CC)	
Potència entrada màx.	18 kW
Tensió MPPT màx.	1.080 V
Rang funcionament tensió MPPT	160 V ~ 950 V
Tensió d'arrancada	200 V
Tensió funcionament recomanada	600 V
Corrent màx. entrada	22 A
Corrent curtcircuit màx. entrada	30 A
Núm. entrades	4
Núm. strings per MPPT	2
Núm. MPPT	2
Valors de sortida (CA)	
Connexió a la xarxa	Trifàsica
Potència sortida nominal	12 kW
Potència aparent màx.	13,2 kVA
Corrent sortida màx.	20 A
Tensió sortida nominal	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W + N + PE
Freqüència nominal de la xarxa CA	50 Hz / 60 Hz
Cos Phi	0,8
Distorsió harmònica total màx. (THD)	≤ 3 %

HUAWEI SUN2000 -12KTL-M2	
Eficiència	
Eficiència màx.	98,50 %
Eficiència ponderada europea	98;00 %
Dades generals	
Rang temperatures de funcionament	-25 °C a + 60 °C
Refredament	Convecció natural
Dimensions	525 x 470 x 262 mm
Pes	25 kg
Grau de protecció	IP65

Taula 4.2. Característiques tècniques inversor HUAWEI SUN2000 -12KTL-M2 [57]

Considerant que aquest inversor està equipat amb quatre entrades, cada parell amb el seu propi seguidor MPPT, es proposa una configuració específica de mòduls per assegurar un rendiment òptim. Els seguidors MPPT maximitzen l'eficiència del sistema ajustant-se al punt de màxima potència de cada entrada. Per aprofitar al màxim aquesta tecnologia, es planteja la següent disposició de mòduls fotovoltaics:

Inversor	Entrada Inversor	MPPT	Núm. mòduls en sèrie
1	PV1	1	12
1	PV2	1	12
Nombre total de mòduls fotovoltaics			24

Taula 4.3. Configuració de la connexió dels mòduls a l'inversor solar

A continuació, es realitzaran els càlculs de comprovació de les caigudes de tensió i del corrent màxim admissible de la instal·lació segons la configuració dels mòduls mostrada a la Taula 4.3. D'aquesta manera es podran verificar les condicions de funcionament de l'inversor.

Els mòduls fotovoltaics Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M de LONGi tenen la capacitat de treballar en un rang de temperatures d'entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, a partir de la temperatura mínima i màxima que s'ha registrat a la zona objecte d'estudi durant els últims deu anys, es comprovarà que els mòduls no treballin fora del seu rang de temperatures. La temperatura mínima registrada a Manresa ha sigut de $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ i la temperatura màxima registrada ha sigut de $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ [58]. Amb aquestes dades i la Fórmula 4.1, es calcula la temperatura de funcionament dels mòduls pel dia més fred i el dia més càlid.

$$T_F = T_A + I \cdot \left(\frac{N_{OCT} - 20}{800} \right) \quad (4.1)$$

Les variables d'aquesta fórmula són les següents. La definició d'aquestes segueix l'ordre d'utilització a la fórmula :

T_F : Temperatura de funcionament [$^{\circ}\text{C}$]

T_A : Temperatura ambient [$^{\circ}\text{C}$]

I : Irradiància solar [W/m^2]

N_{OCT} : Nombre de cèl·lules fotovoltaïques

Una vegada s'ha realitzat el càlcul, s'obté que la temperatura de funcionament del mòdul el dia més fred és de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ i la del dia més càlid és de $73\text{ }^{\circ}\text{C}$. Per tant, el mòdul pot treballar correctament en aquesta zona.

Per verificar el correcte dimensionament del nombre de mòduls connectats en sèrie i paral·lel proposats a cada cadena o *string*, es determinen les tensions i corrents per a cada entrada utilitzada de l'inversor. A continuació, gràcies a les dades proporcionades a la Taula 4.1., s'obté la Taula 4.4. amb els valors corresponents.

MPPT	Sèrie	Paral·lel	V_{MPPT}	I_{MPPT}	V_{OC}	I_{SC}
1 (PV1)	12	1	509,04 V	13,32 A	603,60 V	14,16 A
1 (PV2)	12	1	509,04 V	13,32 A	603,60 V	14,16 A

Taula 4.4. Tensions i corrents de la instal·lació segons distribució proposada

Amb les dades sobre la instal·lació solar fotovoltaica, mostrades a la Taula 4.4., es demostra que l'inversor escollit ha sigut correctament dimensionat, ja que les tensions es troben dins del rang de treball òptim de l'inversor, i la intensitat de cada cadena de mòduls, també és inferior a la màxima permesa. Tenint aquestes dades i les corbes d'eficiència de l'inversor segons la tensió d'entrada, les quals es poden observar a la Figura 4.5., s'obté que l'eficiència real de l'inversor escollit és d'aproximadament el 97,5%.

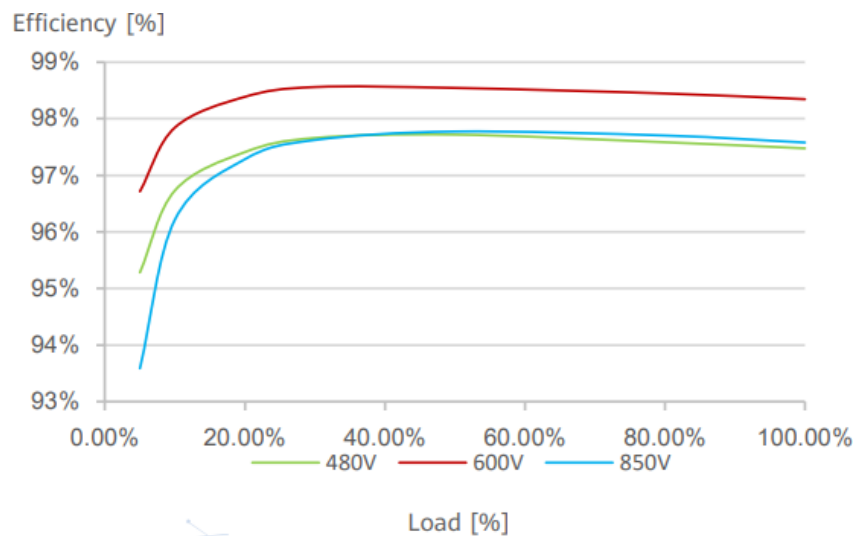


Figura 4.5. Corbes d'eficiència de l'inversor segons el voltatge d'entrada [57]

Per finalitzar l'explicació de l'inversor CC/CA escollit, es mostra l'arquitectura d'aquest a la Figura 4.6. i a continuació es fa una breu explicació de cada part de l'inversor i quina és la seva funcionalitat i importància.

Les connexions inicials del sistema inclouen diversos terminals, com PV1+, PV1-, PV2+, PV2-, etc., que corresponen als terminals positius i negatius dels mòduls fotovoltaics. Cada parell de terminals s'encarrega de rebre l'energia generada per cada cadena de mòduls en forma de corrent continu (CC).

L'interruptor de corrent continu (*DC Switch*) permet desconectar els panells solars del sistema, facilitant així les tasques de manteniment o la desconexió en casos d'emergència, assegurant la seguretat del sistema i dels tècnics que hi treballen.

Un element clau en aquest circuit és el Dispositiu de Protecció contra Sobretensions (SPD), aquest protegeix el sistema contra sobretensions transitòries que podrien danyar l'equipament. Aquest dispositiu actua desviant aquestes sobretensions cap a terra.

Els Filtres d'Interferència Electromagnètica (EMI) són essencials per reduir les interferències electromagnètiques que poden ser generades durant la conversió de DC a AC o que poden afectar el funcionament del sistema i altres dispositius electrònics propers. Hi ha filtres tant en l'entrada com en la sortida de l'inversor per minimitzar aquests efectes. Aquest filtre produeix un apreciable corrent diferencial, això fa que s'hagi de tenir en compte a l'hora d'escollir l'interruptor diferencial, per tal que no salti a causa del filtre, i així pugui protegir correctament la instal·lació. A la Figura 4.7. es mostra una taula amb els interruptors diferencials recomanats depenent de la potència de l'inversor, que serà proporcional al corrent de fuga del filtre EMI.

Els controladors de seguiment del punt de màxima potència (MPPT) són responsables d'optimitzar l'extracció d'energia dels panells solars mantenint-los en el punt de màxima potència. En aquest disseny, hi ha dos MPPT que permeten gestionar diferents cadenes de mòduls fotovoltaics de manera independent, millorant així l'eficiència global del sistema.

El convertidor DC/AC és el component central de l'inversor, on es realitza la conversió de corrent continu a corrent altern. Utilitza tecnologia d'electrònica de potència per generar una ona sinusoidal AC a partir del corrent continu.

El relé d'aïllament de sortida proporciona aïllament elèctric entre el convertidor DC/AC i la sortida AC, permetent desconnectar la sortida en cas de detecció de fallades o per a tasques de manteniment, incrementant així la seguretat del sistema.

Els filtres de sortida purifiquen el senyal de corrent altern resultant, eliminant qualsevol soroll o distorsió que hagi pogut ser introduït durant el procés de conversió, assegurant una qualitat òptima de l'energia subministrada.

Finalment, les connexions de sortida, L1, L2, L3, N, PE, proporcionen el corrent altern trifàsica necessària per a les aplicacions finals. Les tres fases (L1, L2, L3) i el neutre (N) constitueixen el sistema de distribució AC, mentre que PE (presa de terra) garanteix la seguretat elèctrica connectant el sistema a terra.

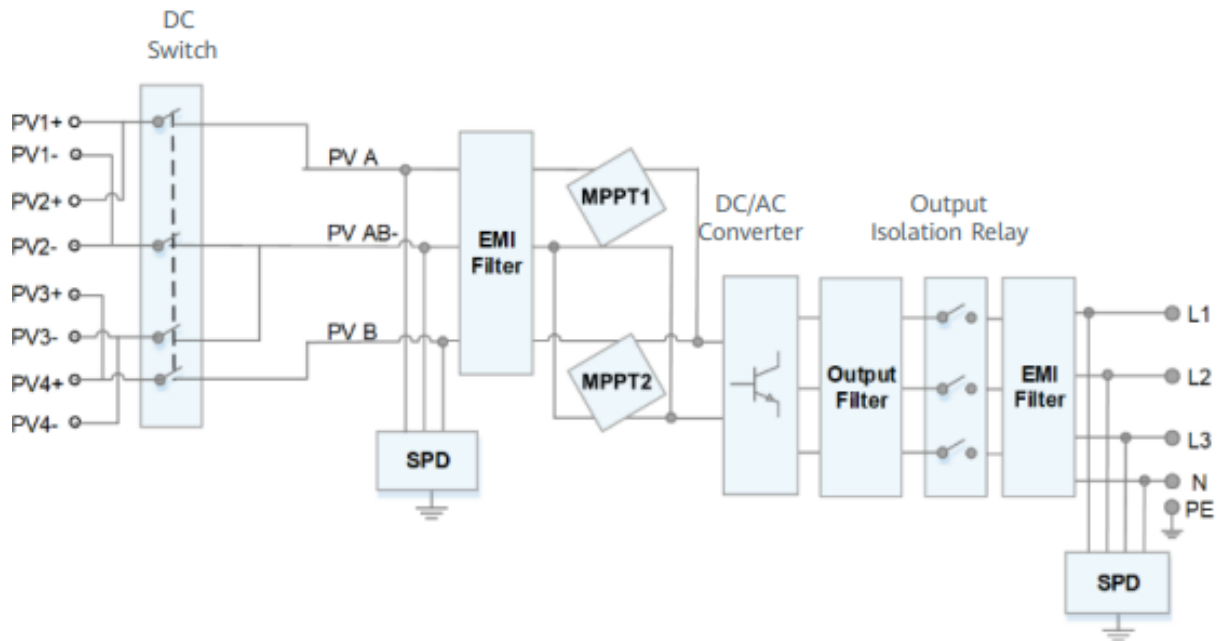


Figura 4.6. Arquitectura del circuit elèctric de l'inversor [57]

SUN2000 inverters with type A RCD limit:

Inverter Model	Type A RCD Limit
SUN2000L-2/3/4/4.6/5KTL	100 mA
SUN2000-2/3/4/4.6/5/6KTL-L1	100 mA
SUN2000-5/6KTL-M0	100 mA
SUN2000-5/6KTL-M1	100 mA
SUN2000-8/10/12/15/17/20KTL-M0	300 mA
SUN2000-8/10/12/15/17/20KTL-M2	300 mA
SUN2000-29.9/36KTL	300 mA
SUN2000-50KTL-M0	500 mA
SUN2000-100KTL-M1	900 mA

Figura 4.7. Taula elecció interruptor diferencial segons model d'inversor Huawei [59]

A la Figura 4.7., es mostra la taula que indica les proteccions diferencials necessàries segons l'estàndard IEC 62109-2:2011, la qual especifica els límits dels corrents diferencials. Aquesta ha estat proporcionada per Huawei. [59]

4.4. Carregador de vehicles elèctrics

A causa de les necessitats específiques de càrrega dels vehicles elèctrics (VE), s'ha optat per la instal·lació d'un carregador Wallbox Copper SB amb una potència d'11 kW. S'ha seleccionat aquest model perquè ofereix una càrrega ràpida i eficient, satisfent així les exigències diàries d'energia dels VE. A més, el Wallbox Copper SB és conegut per la seva fiabilitat i facilitat d'ús, així com per les seves funcionalitats avançades que permeten una gestió òptima de la càrrega. Aquesta elecció garanteix que els vehicles tinguin una autonomia suficient per a les seves necessitats de desplaçament, tot assegurant una integració adequada amb el sistema de subministrament elèctric existent.



Figura 4.8. Carregador VE Wallbox Copper SB [60]

S'ha escollit aquest carregador Wallbox Copper SB d'11kW pel fet que aquesta és la potència de càrrega més demandada actualment pels usuaris/àries dels vehicles endollables, tal i com mostra l'estudi realitzat a l'apartat 2.4. i 2.5. d'aquest mateix document.

Aquest carregador s'instal·larà a la xarxa elèctrica general, amb les corresponents proteccions elèctriques, per si en algun moment l'energia necessària per a la càrrega d'un vehicle elèctric no és suficient amb la de les plaques fotovoltaïques, poder carregar-lo sense inconvenients.

Per al disseny de la instal·lació solar fotovoltaica s'ha considerat que aquest carregador serà utilitzat una vegada cada dia durant un període aproximat d'entre 2 i 3 hores, ja que aquest és el temps que triga normalment un partit de bàsquet, contant la prèvia a la qual hi participen els aficionats.

A la Taula 4.5. es mostren les característiques tècniques del carregador VE Wallbox Copper SB. [61]

Wallbox Copper SB 11kW	
Potència de càrrega	11 kW
Tensió nominal AC $\pm 10\%$	400 V
Corrent nominal	16 A (3P)
Tipus de connector	Endoll Tipus-2
Secció cablejat	5 x 10 mm ²
Configuració corrent	6 A ~16 A
Freqüència nominal	50 Hz / 60 Hz
Rang temperatures de funcionament	-25 °C a 50 °C
Dimensions	260 x 192 x 113 mm
Pes	2 kg
Connectivitat	Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth
Identificació d'Usuari	RFID, Aplicació i Portal myWallbox
Interfície d'Usuari	Aplicació i Portal myWallbox
Informació d'Estat del Carregador	LED RGB, Aplicació i Portal myWallbox
Funcions Incloses	Distribució de Potència, Bloqueig del cable de càrrega
Funcions Optatives	Power Boost, Distribució Dinàmica de Potència

Taula 4.5. Característiques tècniques carregador VE Wallbox Copper SB [61]

4.5. Estructura

En aquest apartat, es presenta el procés de disseny i càlcul de la marquesina i el suport de les plaques solars. Aquesta tasca s'ha iniciat des de zero, ja que no existeix cap mena d'estructura prèvia en el lloc de la instal·lació. Per tant, ha estat necessari concebre i planificar completament la marquesina i els suports que sostindran les plaques solars, tenint en compte tots els requisits tècnics, estructurals i de seguretat.

El disseny inclou la selecció dels materials adequats, el càlcul de les càrregues estructurals, i la configuració òptima per maximitzar l'eficiència energètica. També es consideren aspectes com la resistència al vent i a altres condicions climàtiques adverses, així com la integració harmònica de la nova estructura amb l'entorn existent. Aquest procés de disseny s'ha realitzat seguint estrictament les normatives vigents per garantir la seguretat i la durabilitat de la instal·lació.

En primer lloc, es fa un llistat dels paràmetres que s'han de tenir en compte per a la realització dels càlculs i la implementació del disseny de la marquesina, aquest llistat és el mostrat a la Taula 4.6.. Els càlculs justificatius de la marquesina es troben a l'Annex III, encara que es presenta un petit resum de l'ordre que s'ha seguit per realitzar aquests. Finalment, es presenta un 3D de la marquesina dissenyada i les característiques més rellevants d'aquesta.

Llistat dels paràmetres pel disseny de la marquesina solar	
Tipus d'estructura	Marquesina inclinada amb dos punts de suport i una inclinació de 3;20°
Material	Alumini 6080 T6 amb caragols d'acer inoxidable qualitat 10.9
Pes d'un panell solar	27,5 kg
Sentit col·locació panells	Sentit transversal de la marquesina
Superfície ocupada per un panell	2,59 m ²
Superfície ocupada per el conjunt de panells	62,00 m ²
Superfície d'una plaça de pàrquing	14,62 m ²
Altura mínima de la marquesina	3.000 mm

Taula 4.6. Llistat dels paràmetres pel disseny de la marquesina solar

Una vegada s'han definit els principals paràmetres de disseny que es vol que acompleixi la marquesina, es procedeix a realitzar els càlculs estructurals d'aquesta. En primer lloc, coneixent el nombre de mòduls fotovoltaics a instal·lar, es fa un plantejament de la distribució d'aquests a la coberta de la marquesina, on s'arriba a la conclusió que es col·locaran 3 files de 8 mòduls fotovoltaics en el sentit transversal de la marquesina. A continuació, es fan els càlculs del pes que suposarà la coberta, per poder dimensionar les corretges i els dos perfils que suporten aquestes. Finalment, es procedeix a fer el dimensionament dels pilars i dels ancoratges que es faran servir per collar l'estructura al paviment. A la Figura 4.9. es mostra un render de la marquesina dissenyada.



Figura 4.9. Render 3D de la marquesina dissenyada

Per acabar, una vegada obtingut el disseny de la marquesina, es pot concloure que el disseny mecànic de la marquesina solar inclinada presenta unes dimensions de 3 metres d'altura mínima, 6,86 metres d'ample i 9,17 metres de llarg, utilitzant alumini per assegurar una estructura lleugera i duradora. L'estructura permet l'estacionament de quatre vehicles, on un d'ells podrà disposar d'un carregador de VE. La inclinació de la marquesina ha estat optimitzada per permetre la col·locació eficient dels panells fotovoltaics segons la zona d'instal·lació i maximitzar la captació de radiació solar. Aquest disseny proporciona una solució robusta i funcional, on la combinació de materials i proporcions garanteix una construcció eficient i pràctica per a l'ús de panells solars, a més d'una zona d'estacionament protegida pels vehicles.

4.6. Sistema de monitoratge

La gestió de l'energia produïda per la instal·lació solar fotovoltaica es realitza a través del sistema de monitoratge Smart Power Sensor de Huawei. Aquest sistema permet a l'usuari/ària conèixer en temps real i de forma precisa l'energia generada pels mòduls fotovoltaics de la instal·lació.

La mesura del voltatge i l'energia generada, entre altres, es proporciona mitjançant els analitzadors elèctrics que el sistema incorpora de sèrie. El sistema té una precisió certificada de classe 1, això vol dir que la mesura que aquest sistema dona és pràcticament perfecta. La connexió amb l'inversor HUAWEI SUN2000 - 12KTL- M2 permet mostrar l'energia generada pels mòduls com la demanda d'energia per part de la instal·lació a l'inversor. [62]

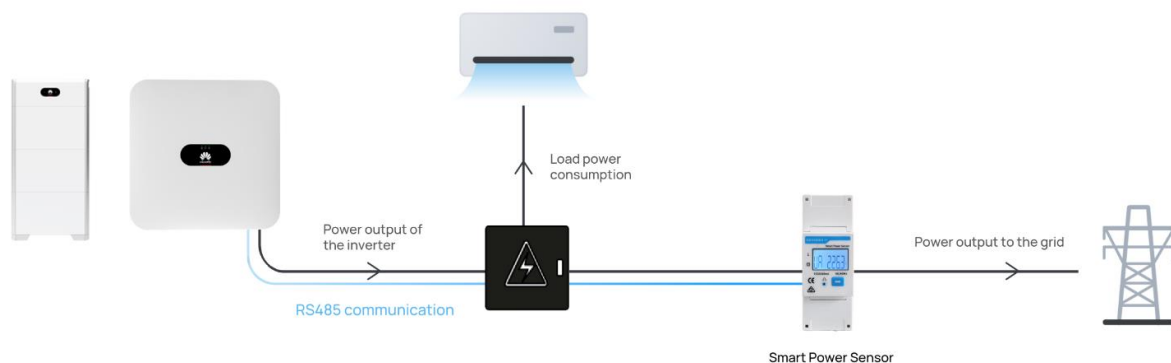


Figura 4.10. Esquema de connexió del Smart Power Sensor [62]

4.7. Cablejat

En aquest apartat, es distingirà entre dos tipus de cablejat de la instal·lació solar fotovoltaica. El cablejat corresponent al tram de corrent continu (CC) i el corresponent al corrent altern (CA). En ambdós casos, les seccions dels conductors han estat calculades d'acord amb el que estipula l'apartat 2.2.3 de la ITC-BT-19, en relació amb les intensitats màximes admissibles en els conductors, segons el seu aïllament i la seva col·locació, així com les caigudes de tensió màximes admissibles en aquests. D'acord amb la norma europea IEC 60364-7-712, el cable de cada cadena de mòduls ha de ser capaç de transportar el 125% del corrent de curtcircuit del generador. [63], [64]

Es produiran pèrdues de tensió en el cablejat que, segons el Plec de Condicions Tècniques de l'IDAE, no hauran de superar l'1,5% en la part de corrent continu i el 2% en la de corrent altern. Segons el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT) en la ITC BT 40, les pèrdues de tensió en el cablejat entre el generador i el punt de connexió a la xarxa no superaran l'1,5%. [63], [65]

4.7.1. Cablejat del tram de corrent continu (CC)

El cablejat del tram de corrent continu és el que connecta els mòduls fotovoltaics fins a l'entrada de l'inversor solar. Aquest cablejat es trobarà a la intempèrie i, per tant, haurà de ser capaç de suportar les condicions meteorològiques de la zona. Per poder funcionar correctament, doncs, el cablejat haurà de complir amb les següents característiques tècniques [66]:

- Material del conductor: Coure estanyat amb aïllament elastòmer lliure d'halògens
- Flexibilitat: Categoria 5
- Aïllament i cobertura: Resistència a l'aigua a la intempèrie
- Temperatura d'operació: Inferior a 60 °C
- Seguretat contra incendis i flama segons les normes UNE-EN 50266 i UNE-EN 60332
- Emissió de gasos i fums segons les normes UNE-EN 50267 i UNE-EN 61034
- Tensió nominal: 1,8 kV en CC
- Resistència mecànica: Capaç de suportar tensions mecàniques i doblaments
- Compatibilitat electromagnètica amb el corrent continu
- Certificacions i normes: Compliment amb normes i certificacions internacionals, com per exemple, IEC, UL, etc., per assegurar-ne la qualitat i la seguretat de la instal·lació

Per al càlcul de la secció del cable, s'ha tingut en compte dos factors. En primer lloc, s'ha fet servir la fórmula de la caiguda de tensió que estableix l'apartat 2.2.3 de la ITC-BT-19 [63]. En segon lloc, la intensitat de corrent màxim de servei del cablejat, la qual correspon al corrent de curtcircuit dels mòduls LONGi Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M.

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot s} \quad (4.2)$$

Les variables d'aquesta fórmula són les següents. La definició d'aquestes segueix l'ordre d'utilització a la fórmula :

ΔU : Caiguda de tensió [V]

I: Intensitat nominal de la càrrega [A]

L: Longitud del cable [m]

$\cos \varphi$: Factor de potència estimat de la càrrega

σ : Conductivitat del material del cable [$1/(\Omega \cdot m)$]

s: Secció del cable [mm^2]

Finalment, havent-hi realitzat els càlculs, es determina que el tipus de cable per al tram de corrent continu de la instal·lació és de tipus solar ZZ-F 0,6/1kVca-1,8kVcc amb una secció de 4 mm².

4.7.2. Cablejat del tram de corrent altern (CA)

El cablejat del tram de corrent altern és el que connecta la sortida de l'inversor solar amb el Quadre General de Proteccions, i aquest amb el Quadre General de la zona, el qual està connectat al punt d'escomesa elèctrica de la xarxa. Per poder funcionar correctament, el cablejat haurà de complir amb les següents característiques tècniques [66]:

- Material de l'aïllant: Polietilè reticulat, també conegut com a XLPE
- Temperatura d'operació: Inferior a 90 °C
- Compliment amb el Reglament de Productes de la Construcció
- Seguretat contra incendis i flama segons les normes UNE-EN 50266 i UNE-EN 60332
- Emissió de gasos i fums segons les normes UNE-EN 50267 i UNE-EN 61034
- Tensió nominal: 0,6/1 kV
- Resistència mecànica: Capaç de suportar tensions mecàniques i doblegaments
- Certificacions i normes: Compliment amb normes i certificacions internacionals, com per exemple, IEC, UL, etc., per assegurar-ne la qualitat i la seguretat de la instal·lació

Per al càlcul de la secció del cable, s'ha tingut en compte dos factors. En primer lloc, s'ha fet servir la fórmula de la caiguda de tensió que estableix l'apartat 2.2.3 de la ITC-BT-19. Aquesta varia lleugerament respecte de la mostrada a l'anterior apartat [63]. En segon lloc, la intensitat de corrent màxim de servei del cablejat, la qual correspon al corrent de sortida de l'inversor HUAWEI SUN2000 -12KTL-M2.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot s} \quad (4.3)$$

Finalment, havent-hi realitzat els càlculs, es determina que el tipus de cable per al tram de corrent altern de la instal·lació és de tipus RZ1-K(AS) amb una secció de 6 mm².

4.8. Proteccions

En aquest subapartat, es definiran les proteccions de la instal·lació solar fotovoltaica tant pel tram de corrent continu com pel tram de corrent altern. La definició dels elements de protecció seran seguint la normativa vigent del *Real Decreto* 1699/2011 i el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT).

4.8.1. Proteccions del tram de corrent continu

Les proteccions en CC estaran disposades en el tram que va dels mòduls fotovoltaics fins a l'inversor. Per aquest tram de la instal·lació és necessari tres tipus de proteccions diferents; una protecció contra la polaritat inversa per evitar curtcircuits i poder protegir els mòduls, un seccionador per poder dur a terme tasques de manteniment de forma segura, i un descarregador de sobretensions permanents i transitòries per protegir cada cadena de mòduls. Totes aquestes proteccions es troben integrades en l'inversor Huawei SUN2000L-12KTL-M2, per la qual cosa no es requereix la instal·lació addicional de cap element de protecció en aquest tram.

4.8.2. Proteccions del tram de corrent altern

Les proteccions en corrent altern (CA) es trobaran instal·lades dins d'una caixa específica de proteccions. Aquesta caixa estarà situada en el tram que va des de l'inversor fins al quadre general de baixa tensió (QGBT) del carregador de vehicles elèctrics. Per protegir aquest tram, és necessari la instal·lació de proteccions contra sobretensions, un interruptor magnetotèrmic i un interruptor automàtic diferencial.

Les proteccions contra sobretensions, tan permanents o transitòries, permet evitar situacions que puguin afectar la seguretat dels usuaris/àries i la integritat de la instal·lació fotovoltaica. Aquesta protecció ja es troba integrada en el mateix inversor Huawei SUN2000L-3,68KTL-L1.

A continuació es defineixen els dos elements que s'han d'instal·lar en el Quadre de Protecció de Generació. Aquests són un interruptor magnetotèrmic i un interruptor automàtic diferencial.

La funció de l'interruptor magnetotèrmic és protegir el circuit de sobrecàrregues i curtcircuits. És un dispositiu que combina dues proteccions diferents; una protecció magnètica, la qual actua quan es detecta un corrent molt elevat, típic d'un curtcircuit, i una protecció tèrmica, la qual actua quan hi circula un corrent superior al corrent nominal durant un període prolongat. Les característiques de l'interruptor magnetotèrmic d'aquesta instal·lació es troben a la Taula 4.7.

Interruptor magnetotèrmic	
Tensió nominal (U_N)	400 V (CA)
Intensitat nominal (I_n)	25 A
Poder de tall	6 kA

Taula 4.7. Característiques de l'interruptor magnetotèrmic del tram de corrent altern

L'interruptor automàtic diferencial té la funció de protegir les persones i els equips contra fuites de corrent a terra i possibles contactes indirectes, els quals podrien causar descàrregues elèctriques o incendis. L'inversor porta incorporat una protecció d'aquesta classe, però com que és una protecció clau en aquesta classe d'instal·lacions, s'hi acostuma a afegir-hi una per si la que incorpora l'inversor pateix una fallada. Les característiques de l'interruptor automàtic diferencial d'aquesta instal·lació es troben a la Taula 4.8.

Interruptor automàtic diferencial	
Intensitat nominal (I_n)	25 A
Classe de protecció	C
Poder de tall	6 kA
Sensibilitat	300 mA

Taula 4.8. Característiques de l'interruptor automàtic diferencial del tram de corrent altern

4.8.3. Proteccions del carregador vehicles elèctrics

Per a protegir el carregador VE, es col·locaran un interruptor magnetotèrmic i un interruptor diferencial. La funció d'aquests és protegir el carregador de les sobretensions que poden provenir de la xarxa i dels possibles contactes indirectes que es poden ocasionar. A la Taula 4.9 i la Taula 4.10, s'especifiquen les característiques d'aquests components.

Interruptor magnetotèrmic	
Tensió nominal (U_N)	400V (CA)
Intensitat nominal (I_n)	20 A
Poder de tall	6 kA

Taula 4.9. Característiques de l'interruptor magnetotèrmic del carregador VE

Interruptor automàtic diferencial	
Intensitat nominal (I_n)	20 A
Classe de protecció	C
Poder de tall	6 kA
Sensibilitat	300 mA

Taula 4.10. Característiques de l'interruptor automàtic diferencial del carregador VE

4.8.4. Proteccions generals de la xarxa

Finalment, s'especifiquen les proteccions a instal·lar per protegir tots els elements de la xarxa i les persones properes a aquesta, i a més a més poder regular l'entrada i sortida de potència de la instal·lació.

En aquest cas, és necessari la instal·lació de dues proteccions diferents. En primer lloc, cal la instal·lació d'un Interruptor de Control de Potència, el qual s'encarregarà de controlar la potència elèctrica contractada, i en el cas que aquesta sigui superior, s'activarà la protecció. L'altre dispositiu que s'haurà d'instal·lar és una protecció contra sobretensions transitòries i permanents. En aquest cas s'utilitzarà un protector contra sobretensions de tipus 1+2. Aquesta classe de proteccions, permeten protegir els elements connectats de les possibles sobretensions que ocorren a la xarxa i a també permet protegir els elements de les possibles sobretensions que es generen dins de la instal·lació elèctrica.

4.9. Presa de terra

La instal·lació haurà de disposar d'una presa de terra per limitar la tensió o les diferències de potencial que puguin aparèixer en qualsevol moment a les masses metàl·liques. En qualsevol cas, aquesta presa de terra es realitzarà de manera que no alteri les condicions de la presa de terra de la xarxa de l'empresa distribuïdora. Aquesta presa haurà de complir amb les especificacions del REBT ITC-BT-18, que estableixen que la resistència de la presa de terra ha de ser com a màxim de 10Ω per evitar tensions de contacte superiors a 50 V. [63], [66]

5. Càlcul energia generada per la instal·lació

Un cop s'ha dimensionat la instal·lació fotovoltaica, es pot calcular la quantitat d'energia elèctrica que produirà mitjançant un estudi energètic detallat. Aquest estudi es realitzarà a través de l'aplicació web gratuïta PVGIS, propietat de la Unió Europea [67]. Aquest sistema permet realitzar els càlculs bàsics sobre l'energia generada per la instal·lació solar fotovoltaica. A través d'aquesta aplicació, es determina la generació de la instal·lació considerant factors com la radiació solar, l'orientació dels panells solars i altres variables importants. El sistema és capaç de processar dades sobre la intensitat de la llum solar, la inclinació i l'orientació dels panells, així com la temperatura i altres condicions ambientals, per oferir una estimació precisa de l'energia produïda. Així, els usuaris poden optimitzar el rendiment de la seva instal·lació fotovoltaica i prendre decisions informades sobre el seu ús i manteniment.

5.1. Paràmetres necessaris per l'estudi energètic

PVGIS és una aplicació avançada que permet estimar la producció energètica mitjana mensual i anual d'un sistema fotovoltaic connectat a la xarxa elèctrica, sense necessitat d'emmagatzematge en bateries. Aquesta eina utilitza dades sobre la radiació solar, la temperatura, la velocitat del vent i el tipus de mòdul fotovoltaic per proporcionar càlculs precisos. A més, ofereix la flexibilitat de seleccionar com es munten els mòduls, sigui en un bastidor independent o integrats en la superfície d'un edifici. PVGIS també pot determinar el pendent i l'orientació òptimes per maximitzar la producció anual d'energia. L'última actualització de la base de dades d'aquest sistema va ser l'1 de març del 2023 [67]

En el cas d'aquest projecte, la ubicació geogràfica de la instal·lació solar fotovoltaica és l'aparcament del Pavelló Nou Congost a Manresa, com ja s'ha descrit al capítol 3 d'aquesta mateixa memòria. Cal destacar, que aquesta instal·lació solar fotovoltaica estarà connectada a la xarxa, i com s'ha comentat durant el projecte, s'acollirà a la modalitat d'autoconsum amb excedents acollida a compensació econòmica. Finalment, cal recordar que aquesta instal·lació solar fotovoltaica no inclou un sistema d'emmagatzematge amb bateries a causa del seu alt cost i limitació dels anys de vida de la mateixa instal·lació solar fotovoltaica.

A continuació es llisten els paràmetres sobre la instal·lació solar fotovoltaica que s'han d'introduir al PVGIS per poder obtenir l'energia generada per aquesta:

- Ubicació de la instal·lació: La instal·lació objecte del projecte s'ubica a la ciutat de Manresa, concretament al pàrquing de la zona esportiva de la ciutat, on s'ubica, entre altres estadis, el Pavelló Nou Congost. Les coordenades geogràfiques d'aquesta ubicació són: latitud $41,725^\circ$ i longitud $1,810^\circ$.
- Tipus de tecnologia fotovoltaica: La tecnologia que incorporen els mòduls fotovoltaics escollits és silici monocristal·lí, els quals són els que tenen una major eficiència.
- Potència de pic del conjunt de la instal·lació: La potència pic de la instal·lació és de 13,56 kW. Aquesta decisió es va prendre durant el disseny de la instal·lació solar fotovoltaica, ja que es va determinar que era necessari sobredimensionar-la un $\approx 20\%$ per compensar les pèrdues inherents al sistema i a la zona geogràfica.
- Pèrdues del sistema: Les pèrdues establertes en aquest punt han sigut les recomanades per la Unió Europea, fixades en un 14%. Aquest conjunt de pèrdues inclou les derivades dels mòduls, l'inversor, i altres elements del sistema. Com que no és una aplicació totalment especialitzada en el disseny de sistemes solars, no fa una identificació de les diferents pèrdues que hi poden existir per part de la instal·lació. Les pèrdues degudes a la meteorologia de la zona no les demana gràcies a la base de dades utilitzada.
- Tipus de suport de les plaques: L'estructura que suportarà les plaques serà la marquesina, la qual s'ha dissenyat per a tenir la inclinació més eficient possible tenint en consideració la ubicació i orientació de la instal·lació solar fotovoltaica.
- Angle d'inclinació de les plaques: L'angle escollit per a la inclinació de les plaques solars ha estat determinat com el més recomanable segons els càlculs proporcionats per aquesta aplicació especialitzada. Aquesta ha identificat que una inclinació de 20° és la més adequada per maximitzar la captació d'energia solar al llarg de l'any. Aquesta inclinació permet que les plaques solars rebin la quantitat màxima de llum solar durant les diferents estacions, optimitzant així la producció d'energia i millorant l'eficiència global de la instal·lació fotovoltaica.
- Orientació azimut del conjunt de les plaques: L'orientació del conjunt de les plaques no és l'òptim tenint en compte la ubicació, ja que un factor delimitant d'aquest és l'orientació de les mateixes places d'aparcament dels vehicles, els quals estan orientades a -45° azimut. En conclusió, l'orientació de totes les plaques és -45° azimut.

5.2. Resultats de la simulació amb PVGIS

Un cop definides totes les condicions i els paràmetres de l'estudi de la instal·lació solar fotovoltaica proposada, tal com s'han establert en l'apartat anterior, es procedeix a presentar els resultats obtinguts mitjançant l'aplicació PVGIS. A continuació, es mostra l'estimació detallada de la producció prevista per a la instal·lació solar fotovoltaica durant el primer any de funcionament, proporcionant una visió clara i precisa del rendiment esperat.

Mes	T. ambient (°C)	I. global (kWh/m ²)	I. mòduls fotovoltaics (kWh/m ²)	E generada (kWh)
Gener	5,6	121,99	122,7	1.392,3
Febrer	9,1	159,41	137,4	1.534,8
Març	9,3	152,90	174,1	1.910,0
Abril	12,5	171,78	175,4	1.881,3
Maig	17,3	204,54	193,1	2.033,2
Juny	18,7	191,23	196,9	2.029,1
Juliol	23,1	217,76	213,6	2.171,9
Agost	23,1	206,88	203,7	2.083,7
Setembre	18,4	173,88	175,0	1.820,2
Octubre	12,6	155,62	151,3	1.620,1
Novembre	10,1	116,71	121,6	1.346,6
Desembre	5,0	113,72	119,1	1.351,1
Total	13,8	1.986,42	1.983,9	21.174,30

Taula 5.1 Producció estimada el primer any segons PVGIS

A la Taula 5.1 es mostren els valors de la temperatura ambient estimada, la irradiació global, la irradiació efectiva sobre el mòdul considerant les pèrdues, i finalment, l'energia generada efectiva que s'injectarà a la xarxa durant el primer any d'ús d'aquesta instal·lació.

El valor de la temperatura estimada és resultat de la mitjana aritmètica de les diferents temperatures que van haver-hi durant l'any 2020 en aquesta zona esportiva de Manresa, segons les dades proporcionades per l'aplicació PVGIS.

A la Figura 5.1. es mostra la producció estimada d'energia generada per la instal·lació solar fotovoltaica durant els diferents mesos de l'any. Tal com s'ha vist a la Taula 5.1., l'energia total generada és d'aproximadament 21.174,30 kWh el primer any.

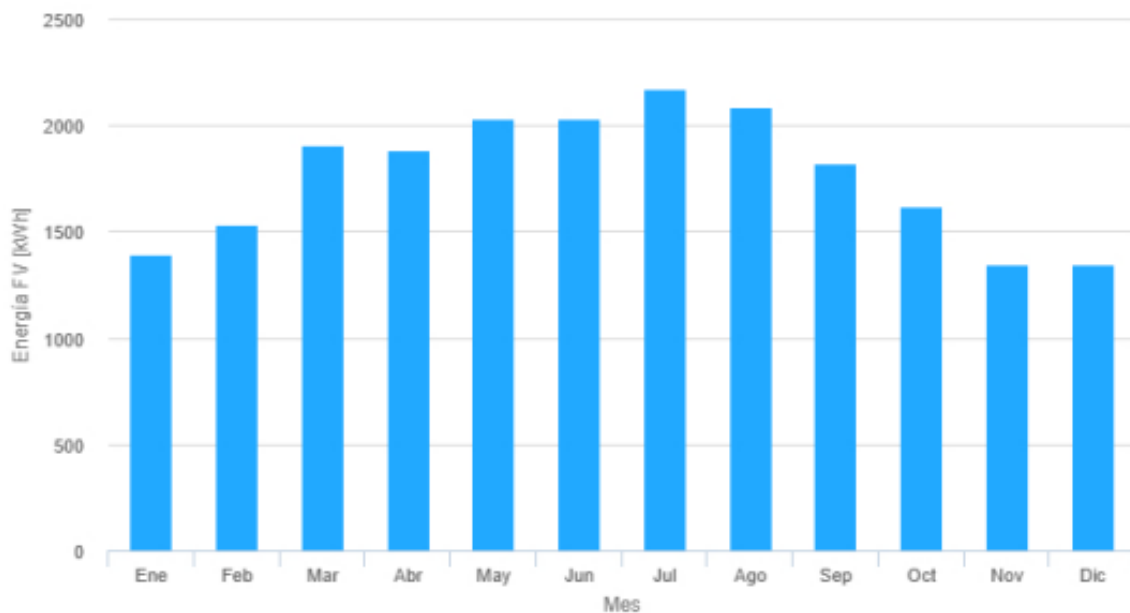


Figura 5.1. Producció estimada d'energia generada mensualment

A la Figura 5.2. es mostra la irradiància que reben els mòduls fotovoltaics durant els diferents mesos de l'any. Tal com s'ha vist a la Taula 5.1., la irradiància total que reben els mòduls fotovoltaics és de 1.983,9 kWh/m² cada any.

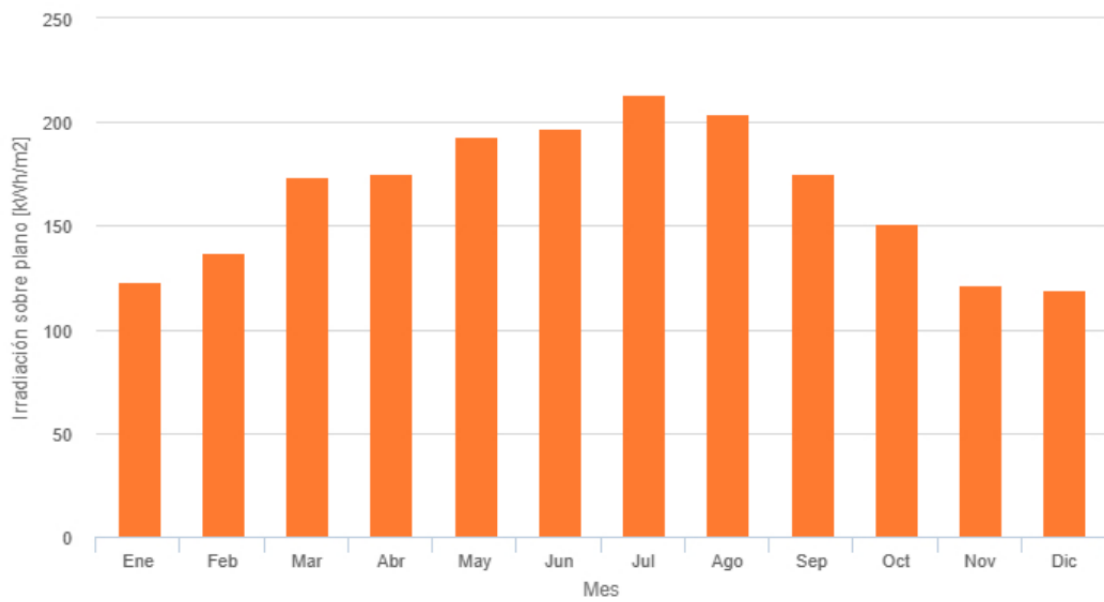


Figura 5.2. Irradiància rebuda pels mòduls fotovoltaics mensualment

A la Figura 5.3. es mostra la irradiància global durant els diferents mesos de l'any. Tal com s'ha vist a la Taula 5.1., la irradiància total que reben els mòduls fotovoltaics és de 1.983,9 kWh/m² cada any. Aquestes dades són de l'any 2020, l'últim any del qual l'aplicació disposa de dades actualitzades en aquesta zona.

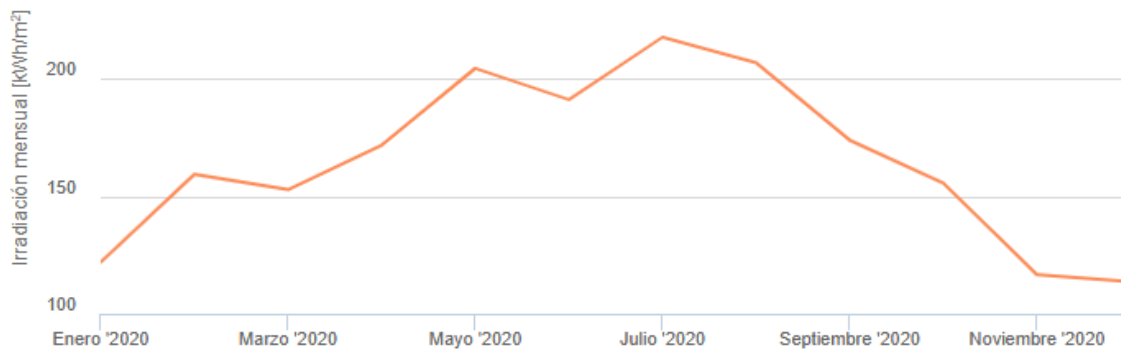


Figura 5.3. Irradiància global mensualment de l'any 2020

Es mostra la Figura 5.4. amb l'objectiu de poder observar quina és la irradiació global en un dia, per poder veure com és la irradiància durant les diferents hores, en el mateix gràfic s'observa la radiació directa i la radiació difusa. El cas d'exemple en concret és d'un dia del mes de juny. Tal com es pot observar, les hores en què es pot considerar que hi ha més radiació global són les compreses entre les 10:00 i les 15:00.

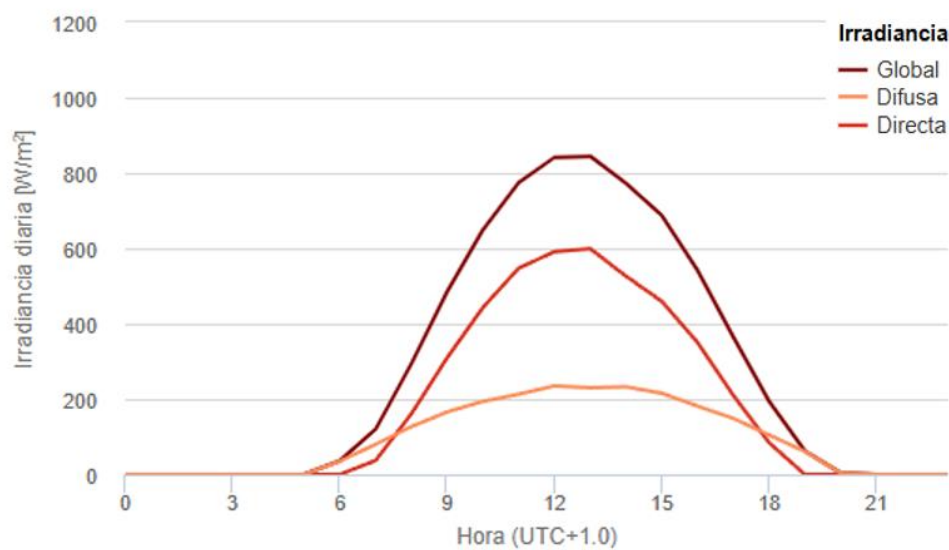


Figura 5.4. Irradiància global, difusa i directa diària el mes de juny

5.3. Conclusions de la simulació

Una vegada realitzat l'estudi del càlcul de l'energia que generarà la instal·lació, s'ha determinat que el primer any generaria 21.174,30 kWh, això fa que de mitjana, cada dia es generin 58 kWh d'energia elèctrica. Un dels paràmetres que més varia segons el mes de l'any és la potència generada, això és a causa que l'angle del sol en els mesos d'estiu aporta una irradiància directa major. Tal és aquesta diferència que en el mes de novembre, la instal·lació generarà un total de 1.346,6 kWh, mentre que durant el mes de juliol generarà 2.171,9 kWh d'energia elèctrica.

Segons l'aplicació PVGIS, el rendiment de la instal·lació seria del 78,71%, això es deu a les pèrdues degudes a la temperatura, les condicions meteorològiques i les pèrdues degudes als diferents elements del sistema, les quals es considera que són un 14%.

Tenint en compte l'energia necessària per a la càrrega d'un vehicle endollable, la qual és d'aproximadament 30 kWh segons l'estudi realitzat a l'apartat 2.4.1. d'aquest mateix document, seria possible carregar un vehicle diari gràcies a la instal·lació solar fotovoltaica objecte del projecte.

6. Impacte mediambiental

En aquest capítol s'analitza l'impacte que tindrà la realització del projecte i la instal·lació fotovoltaica en el medi ambient durant tota la seva vida útil. Com que es tracta del disseny i desenvolupament d'una instal·lació fotovoltaica, no inclou cap activitat d'execució. En conseqüència d'això, la realització del present projecte no tindrà cap impacte mediambiental negatiu. L'estudi de l'impacte mediambiental que es realitzarà doncs, serà sobre els beneficis que aportaria el sistema en termes d'energia i reducció d'emissions contaminants.

Un dels principals beneficis mediambientals de la instal·lació objecte del projecte, és l'ús d'energies renovables per a la producció d'energia neta, reduint la dependència dels combustibles fòssils. Això significa que es redueixen les emissions de CO₂, contribuint significativament a la reducció dels gasos d'efecte hivernacle, la contaminació tèrmica i altres efectes nocius que hi succeeixen degut a aquestes emissions. A més, l'estructura de la marquesina solar és d'alumini, un material totalment reciclable i que no perd la seva qualitat.

Després de calcular l'energia elèctrica que generarà la instal·lació fotovoltaica, la qual és de 21.174,30 kWh/any, es pot calcular quina és la reducció d'emissions de CO₂ que s'assoleix gràcies a aquesta instal·lació. Per fer el càlcul, s'utilitza el factor d'emissió de CO₂ per cada kWh que l'empresa elèctrica aprofita. Aquest factor és proporcionat pel Govern Espanyol en cooperació amb les diferents empreses distribuïdores d'energia elèctrica, el qual és de 250 gCO₂/kWh. Per tant, gràcies a l'energia generada i a aquest factor, es calcula que cada any es reduiran 5.293,58 kg de CO₂ cada any. [68]

Tenint en compte que la vida útil d'aquesta instal·lació solar fotovoltaica, la qual té una estimació d'aproximadament 25 anys de producció energètica segons el fabricant dels mòduls, es pot calcular també quina és la quantitat d'emissions de CO₂ que ajudarà a reduir la instal·lació solar fotovoltaica durant aquests 25 anys. Un factor que s'ha de tenir en compte en el càlcul d'aquesta reducció d'emissions total, és la degradació que patiran els mòduls, la qual s'aproxima que serà d'un 25%. Tenint en compte tots aquests factors, es calcula que la reducció d'emissions de CO₂ durant els 25 anys de vida útil que té aquesta instal·lació és de 99.254,63 kg.

$$\text{Reducció emissions de CO}_2 = 250 * 21.174,30 = 5.293,58 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{any}} \quad (6.1)$$

$$\text{Reducció emissions de CO}_2 \text{ en 25 anys} = 5.293,58 * 25 * 0,75 \quad (6.2)$$

$$\text{Reducció emissions de CO}_2 \text{ en 25 anys} = 99.254,63 \frac{\text{kg CO}_2}{25 \text{ anys}}$$

D'altra banda, hi ha dos impactes negatius, tots dos relacionats amb els elements que componen la pròpia instal·lació. El primer és sobre la fabricació d'aquests components, sent els mòduls fotovoltaics els més perjudicials, ja que per a la seva fabricació s'utilitzen materials que poden ser contaminants. El segon impacte mediambiental negatiu és la generació de residus electrònics al final de la vida útil dels components. Aquest problema és especialment rellevant per als mòduls fotovoltaics, que tenen una vida útil limitada d'uns 25-30 anys. Quan aquests mòduls deixen de ser operatius, esdevenen residus electrònics que han de ser gestionats de manera apropiada per evitar la contaminació del medi ambient. No obstant això, durant els últims anys, algunes empreses han fet progressos significatius en el reciclatge eficient dels mòduls fotovoltaics que ja no poden generar energia. Aquestes iniciatives de reciclatge han permès recuperar i reutilitzar materials valuosos, com el silici, l'alumini i el vidre, reduint així la necessitat d'extracció de nous recursos i disminuint l'impacte ambiental global dels panells solars.

En resum, malgrat els impactes negatius detectats, la instal·lació fotovoltaica demostra ser una opció mediambientalment viable. Els beneficis en la reducció d'emissions de CO₂ i en la promoció de fonts d'energia renovable són notables. Les iniciatives de reciclatge i gestió de residus ajuden a mitigar aquests efectes adversos, reforçant així la seva contribució positiva al medi ambient.

7. **Perspectiva de gènere**

Aquest projecte proposa el disseny i implementació d'una instal·lació fotovoltaica destinada a la càrrega de vehicles elèctrics, amb l'objectiu de fomentar l'ús de fonts d'energia renovable i sostenible. Aquesta instal·lació té com a finalitat principal reduir la dependència de fonts d'energia no renovables i, al mateix temps, contribuir a la mitigació dels efectes del canvi climàtic.

És important destacar que el disseny i la implementació d'aquesta instal·lació fotovoltaica no es limita a un únic gènere, sinó que està destinat a ser utilitzat per totes les persones independentment del seu gènere. En aquest sentit, no es contempla la fabricació de cap producte o servei específicament orientat a un gènere en particular.

Malgrat això, és crucial reconèixer que la perspectiva de gènere pot jugar un paper significatiu en diverses etapes del projecte, encara que aparentment no estigui directament relacionada amb la seva finalitat principal. Per exemple, l'accés i la participació en els programes de subvencions o incentius per a l'energia solar poden estar influïts per factors de gènere, com ara les diferències en els ingressos o en l'accés a la informació.

Per tant, encara que la instal·lació fotovoltaica en si mateixa no tingui una orientació de gènere específica, és essencial tenir en compte les perspectives de gènere per assegurar que el projecte tingui un impacte positiu i equitatiu en tots els sectors de la societat. Això pot incloure la consideració de qüestions com la seguretat i la accessibilitat per a tothom, així com la promoció de la participació igualitària en iniciatives relacionades amb l'energia renovable i la sostenibilitat.

8. Planificació

En aquest apartat es presenta la planificació que es va plantejar inicialment per dur a terme durant el projecte i posteriorment quina ha sigut la duració i tasques reals d'aquest. La planificació general del projecte es divideix en tres grans grups, les quals són les entregues a fer. En primer lloc, es detallen les tasques inicialment planificades per completar el projecte, juntament amb el temps estimat per a cadascuna. Posteriorment, es presenta la duració que ha tingut finalment el projecte i s'elaborarà una anàlisi d'aquelles tasques que han patit més modificacions, ja sigui en la seva duració durant la realització del projecte o inclús la incorporació de noves tasques.

8.1. Planificació inicial

Segons la planificació inicial, la durada total del projecte és de 372 hores. Aquestes hores es distribueixen de manera que es treballi dues hores diàries de dilluns a dissabte. El projecte va començar el 4 d'octubre de 2023, i la seva finalització estava prevista per al 8 de maig de 2024. Aquesta data de finalització s'ha establert abans de la data d'entrega oficial per garantir un marge de seguretat que permeti afrontar possibles imprevistos o retards, aquests es considera que seran de 40 hores aproximadament. En aquesta planificació inicial, s'han desglossat les tasques a realitzar segons la seva tipologia per assegurar una organització eficient i una execució òptima del projecte. Així, es pot garantir que cada tasca es desenvolupi en el seu moment adequat i amb els recursos necessaris, contribuint al compliment dels objectius establerts en el termini previst.

A la Taula 8.1. es mostra la duració de cada tasca i quan s'inicia i finalitza cadascuna d'aquestes en el cas de no haver-hi cap mena d'endarreriment en la realització del projecte.

1. Planificació del Projecte	372 hores	dimarts 04/10/23	dijous 07/05/24
1.1. Avantprojecte	172 hores	dm 04/10/23	dj 11/01/24
1.1.1. Preparar documentació segons rúbrica	4 hores	dm 04/10/23	dj 05/10/23
1.1.2. Definir objectius i abast del projecte	6 hores	dv 06/10/23	dil 09/10/23
1.1.3. Realitzar planificació del projecte	8 hores	dx 10/10/23	dv 13/10/23

1.1.4. Crear l'índex de la memòria del projecte	10 hores	ds 14/10/23	dj 19/10/23
1.1.5. Recerca d'informació	80 hores	dv 20/10/23	dx 05/12/23
1.1.6. Elecció i redacció de la informació	40 hores	dm 06/12/23	dj 28/12/23
1.1.7. Anàlisi de dades recopilades i tenir presents quins elements hi manquen	20 hores	dv 29/12/23	dx 09/01/24
1.1.8. Comprovar document entrega Avantprojecte	4 hores	dm 10/01/24	dj 11/01/24
1.2. Memòria intermèdia	110 hores	dv 12/01/24	dv 15/03/24
1.2.1. Corregir errors de l'Avantprojecte	24 hores	dv 12/01/24	dj 25/01/24
1.2.2. Definir paràmetres per al disseny de la instal·lació solar fotovoltaica	24 hores	dv 26/01/24	dj 08/02/24
1.2.3. Disseny de la marquesina on s'ubicaran els mòduls fotovoltaics	20 hores	dv 09/02/24	dx 20/02/24
1.2.4. Elecció dels components de la instal·lació	36 hores	dm 21/02/24	dx 12/03/24
1.2.5. Resultats de la potència generada per la instal·lació	6 hores	dm 13/03/24	dv 15/03/24
1.3. Memòria final	44 hores	ds 16/03/24	dm 10/04/24
1.3.2. Estudi econòmic	20 hores	ds 16/03/24	dm 27/03/24
1.3.3. Perspectiva de gènere	6 hores	dj 28/03/24	ds 30/03/24
1.3.4. Conclusions del projecte	12 hores	dil 01/04/24	ds 06/04/24
1.3.5. Maquetació entrega	6 hores	dil 08/04/24	dm 10/04/24
1.4. Presentació	46 hores	dj 11/04/24	dx 07/05/24
1.4.1. Escollir informació clau a presentar	6 hores	dj 11/04/24	ds 13/04/24
1.4.2. Preparar Power Point	10 hores	dil 15/04/24	dv 19/04/24
1.4.3. Assajar presentació	30 hores	ds 20/04/24	dx 07/05/24

Taula 8.1. Duració tasques individuals de la planificació inicial realitzada

8.2. Diagrama de Gantt de la planificació inicial del projecte

Mitjançant el programari Microsoft Project, s'ha obtingut el diagrama de Gantt de la planificació del present projecte, en aquest es mostren les durades de cada etapa seguint la Taula 8.1. Com ja s'ha especificat anteriorment el projecte s'inicia el 4 d'octubre de 2023 i finalitza el 8 de maig de 2024, contant que es dediquen 2 hores diàries al projecte sense incloure-hi diumenges, el qual es considera festiu tot l'any.

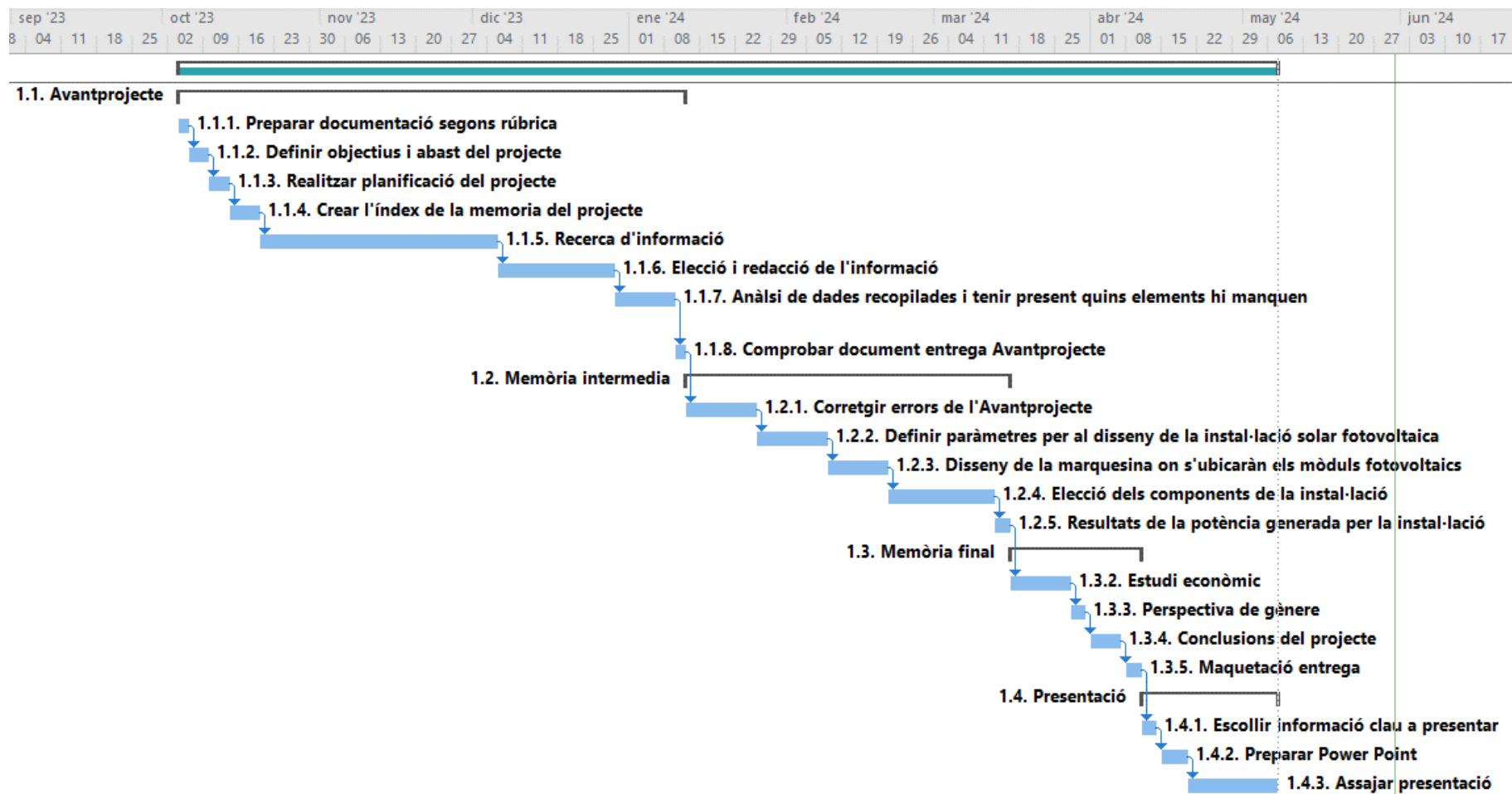


Figura 8.1. Diagrama de Gantt de la planificació inicial del projecte

8.3. Planificació final

En aquest apartat es detalla la durada final del projecte i de cada una de les seves tasques. El projecte ha tingut una durada total de 452 hores, finalitzant el 13/06/2023. Tot i l'augment d'hores, no s'ha modificat la dedicació diària prevista inicialment, ja que es va incloure un marge de temps suficient per assegurar que el treball es completés abans de la data límit.

A la Taula 8.2. es mostra la duració de cada tasca i quan s'ha iniciat i finalitzat cadascuna d'aquestes, posteriorment es durà a terme una anàlisi d'aquelles tasques que han patit més variacions.

1. Planificació del Projecte	414 hores	dx 04/10/23	ds 22/06/24
1.1. Avantprojecte	168 hores	dx 04/10/23	dm 09/01/24
1.1.1. Preparar documentació segons rúbrica	2 hores	dx 04/10/23	dx 04/10/23
1.1.2. Definir objectius i abast del projecte	6 hores	dj 05/10/23	ds 07/10/23
1.1.3. Realitzar planificació del projecte	8 hores	dil 09/10/23	dj 12/10/23
1.1.4. Crear l'índex de la memòria del projecte	4 hores	dv 13/10/23	ds 14/10/23
1.1.5. Recerca d'informació	90 hores	dil 16/10/23	dx 06/12/23
1.1.6. Elecció i redacció de la informació	44 hores	dj 07/12/23	dil 01/01/24
1.1.7. Anàlisi de dades recopilades i tenir present quins elements hi manquen	12 hores	dm 02/01/24	dil 08/01/24
1.1.8. Comprovar document entrega Avantprojecte	2 hores	dm 09/01/24	dm 09/01/24
1.2. Memòria intermèdia	180 hores	dil 15/01/24	dv 03/05/24
1.2.1. Corregir errors de l'Avantprojecte	30 hores	dil 15/01/24	dx 31/01/24
1.2.2. Definir paràmetres per al disseny de la instal·lació solar fotovoltaica	36 hores	dil 12/02/24	ds 02/03/24
1.2.3. Elecció dels components de la instal·lació	80 hores	dil 04/03/24	dj 18/04/24
1.2.4. Disseny de la marquesina on s'ubicaran els mòduls fotovoltaics	20 hores	dv 19/04/24	dm 30/04/24
1.2.5. Càlcul de la potència generada per la instal·lació	14 hores	dx 01/05/24	dx 08/05/24
1.3. Memòria final	36 hores	dj 09/05/24	dx 29/05/24
1.3.2. Estudi econòmic	16 hores	dj 09/05/24	dv 17/05/24
1.3.3. Perspectiva de gènere	6 hores	ds 18/05/24	dm 21/05/24

1.3.4. Conclusions del projecte	8 hores	dx 22/05/24	ds 25/05/24
1.3.5. Maquetació entrega	6 hores	dil 27/05/24	dx 29/05/24
1.4. Presentació	30 hores	dil 10/06/24	ds 22/06/24
1.4.1. Escollir informació clau a presentar	4 hores	dil 10/06/24	dm 11/06/24
1.4.2. Preparar Power Point	6 hores	dx 12/06/24	dv 14/06/24
1.4.3. Assajar presentació	20 hores	dx 12/06/24	ds 22/06/24

Taula 8.2. Duració tasques individuals de la planificació final del projecte

8.4. Diagrama de Gantt de la planificació final del projecte

A la Fig. 8.2. es mostra el diagrama de Gantt respecte a la duració final del projecte, on es poden observar les precedències de cada apartat del projecte i les duracions de cada tasca.

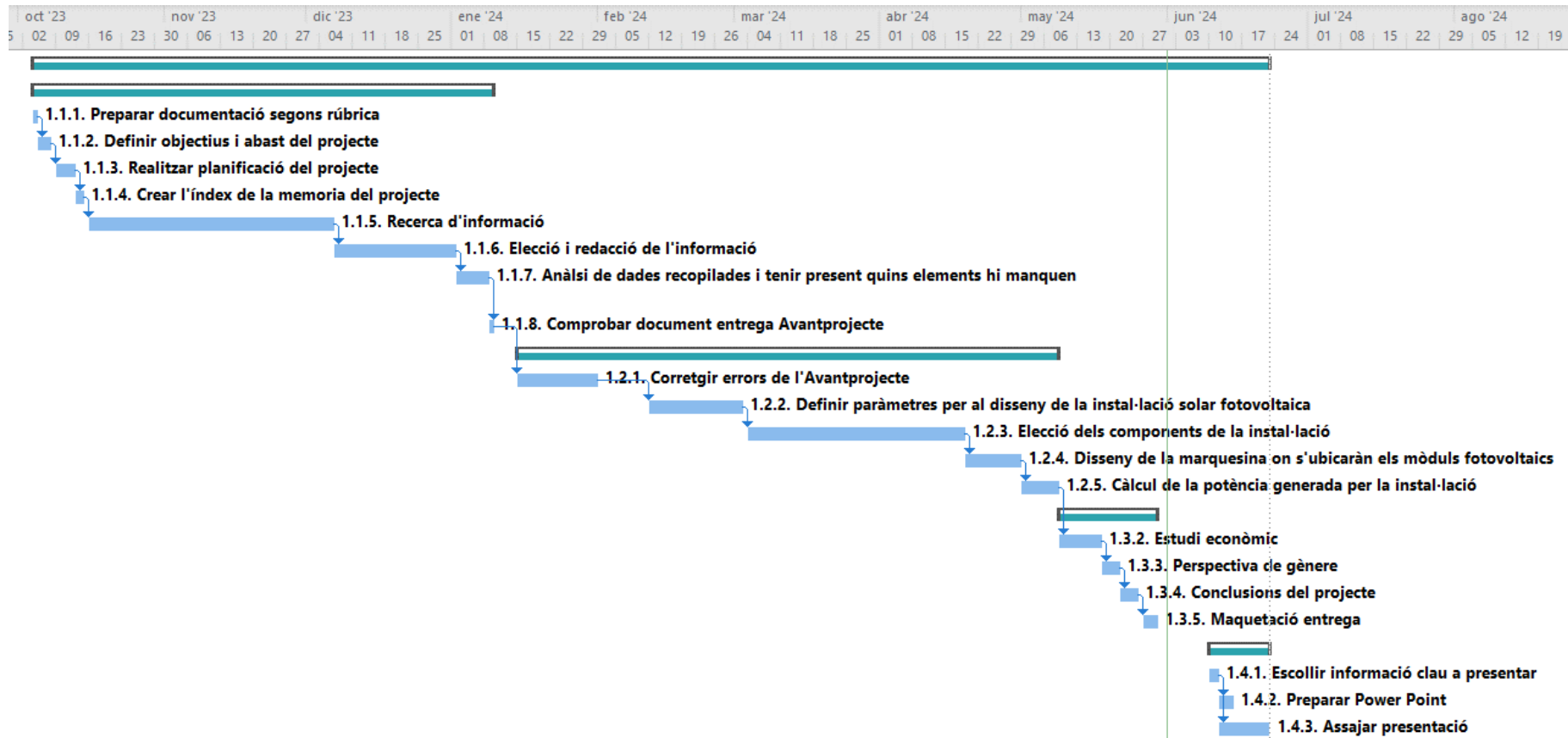


Figura 8.2. Diagrama de Gantt de la planificació final del projecte

8.5. Anàlisi de la planificació

En aquest últim apartat, es durà a terme una anàlisi d'aquelles tasques que han patit una major variació en el temps destinat a la seva finalització i es farà una breu explicació justificativa.

En primer lloc, és important destacar que la planificació inicial del projecte preveia una durada de 372 hores, a les quals es van afegir 40 hores addicionals per a possibles imprevistos i retards en la finalització d'algunes tasques. Això fa que es considerés que el projecte tindria una durada aproximada de 412 hores. Finalment, un cop conclòs el projecte, s'ha determinat que la durada total d'aquest ha estat de 414 hores.

Les tasques del projecte que han patit una major modificació són les corresponents a la definició dels paràmetres necessaris per al disseny de la instal·lació solar fotovoltaica, l'elecció dels elements que compondran aquesta i la realització dels càlculs de l'energia generada per la instal·lació solar fotovoltaica.

Primerament, la definició dels paràmetres necessaris per al disseny de la instal·lació tenia una durada estimada de 24 hores, i finalment, aquesta ha sigut de 36 hores. Aquest increment es deu al fet que es van realitzar dos estudis per estimar la potència de càrrega necessària per als vehicles endollables. Seguidament, l'elecció dels elements que componen la instal·lació solar fotovoltaica tenia una durada estimada de 36 hores, i finalment, aquesta ha sigut de 80 hores, sent la tasca que més variació ha patit durant el desenvolupament del projecte. Aquest increment és degut al fet que es va dedicar més temps del previst a la recerca de components amb unes característiques que assegurassin la millor qualitat i un preu assequible, amb l'objectiu de poder rendibilitzar la instal·lació en el menor període de temps possible i minimitzar el nombre de places d'aparcament necessàries. Finalment, l'anàlisi de l'energia generada per la instal·lació solar fotovoltaica, estava prevista finalitzar-la en 6 hores, en canvi, aquesta ha durat 14 hores. Aquest endarreriment ha sigut causat degut a la inexperiència d'ús de l'aplicació emprada.

Gràcies a la reducció dels temps emprats a les tasques corresponents a maquetació, definició d'objectius, i correccions del contingut de la memòria present, entre altres, s'ha aconseguit que la duració final del projecte, fos semblant a la durada estimada inicialment.

9. Conclusions

Al llarg d'aquest projecte, s'ha pogut observar i detallar el procés de disseny d'un pàrquing fotovoltaic per a la càrrega de vehicles elèctrics. Aquesta instal·lació solar fotovoltaica ha sigut dissenyada sobre una marquesina amb una ocupació per quatre vehicles, la qual s'ha calculat específicament per aquesta aplicació, i el carregador per als vehicles endollables es troba a una de les places coberta per aquesta. El conjunt d'aquesta instal·lació, tant mecànicament com elèctricament, s'ha dissenyat d'acord amb els marcs normatius i legals vigents.

La instal·lació solar fotovoltaica, objecte d'aquest projecte, té una potència pic de 13,56 kW. Aquesta potència permetrà alimentar un carregador de VE d'11 kW, que realitzarà una càrrega diària a vehicles amb una bateria amb 30 kWh d'energia aproximadament. Els components seleccionats s'han triat considerant les seves característiques i el seu import, amb l'objectiu d'optimitzar la instal·lació tant tècnicament com econòmicament. Això implica que els materials utilitzats ofereixen una bona relació qualitat-preu i garanteixen un rendiment eficient a llarg termini. A més, s'ha dissenyat l'estructura de suport des de zero, ja que el pàrquing escollit no disposava de marquesines per col·locar-hi els mòduls fotovoltaics. Aquesta nova estructura no només proporciona el suport necessari per als mòduls, sinó que també permet als usuaris resguardar el seu vehicle de les inclemències del temps i reduir l'escalfament d'aquest.

Quant a l'estudi econòmic, es presenten els beneficis que s'aconseguirien amb l'aplicació pràctica d'aquest projecte al llarg de la vida útil de la instal·lació. En el mateix estudi, s'han plantejat dues opcions, la primera és que els usuaris puguin utilitzar el carregador VE de franc, i la segona és que se'ls fes pagar la càrrega al preu de mercat actual. L'opció que presenta un temps d'amortització menor és la segona, sent aquest de 6,6 anys i un benefici econòmic total de 89.063,73 €. Aquests beneficis són segons la instal·lació d'una sola marquesina, tenint en consideració que aquesta es pot implementar diverses vegades, els beneficis podrien augmentar significativament. En conclusió, seria una inversió molt rendible per a l'Ajuntament.

En darrer lloc, pel que fa a l'impacte mediambiental, es pot observar els beneficis que la instal·lació aporta al medi ambient. Segons l'estudi de l'energia generada per la instal·lació realitzat, que determina aquesta en 21.174,30 kWh/any, es calcula que la reducció d'emissions de CO₂ cada any és de 5.293,58 kg.

Es considera que aquest projecte ha estat realitzat amb èxit, ja que s'ha aconseguit dissenyar un pàrquing fotovoltaic compost per una marquesina solar i un carregador de vehicles elèctrics d'11 kW, que permet la càrrega diària d'un vehicle endollable. Cal destacar que, a partir de l'espai de quatre vehicles, s'aconsegueix la càrrega diària d'un. Aquest sistema contribuirà a la reducció de les emissions de gasos nocius a l'atmosfera, derivades de la crema de combustibles fòssils. Per tant, es pot concloure que s'han complert tots els objectius inicialment plantejats.

Respecte a les perspectives futures del projecte, només cal dur a terme la instal·lació real del sistema solar fotovoltaic dissenyat per al pàrquing del pavelló Nou Congost de Manresa. Això implica muntar els components segons les especificacions, assegurar-se que tot compleixi les normatives de seguretat i fer les proves necessàries per garantir el funcionament òptim del sistema. Aquesta fase final permetrà que la instal·lació comenci a produir energia sostenible, contribuint a la reducció de l'impacte ambiental a Manresa.

10. Bibliografia

- [1] National Geographic and Christina Nunez, “Explicación de qué es la energía renovable.” [Online]. Available: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-de-que-es-la-energia-renovable>
- [2] BBVA, “¿Qué son las energías renovables y por qué son importantes?” [Online]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-las-energias-renovables-y-por-que-son-importantes/>
- [3] Red eléctrica - REE, “Informe de energías renovables.” [Online]. Available: <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables>
- [4] Red Eléctrica - REE, “Informe del sistema eléctrico - Evolución de la demanda 2022.” [Online]. Available: <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/demanda/evolucion-demanda>
- [5] Red Eléctrica - REE, “La energía renovable producida en 2023 ya supera a la de todo el año pasado.” [Online]. Available: <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2023/11/la-energia-renovable-espana-producida-en-2023-ya-supera-todo-2022>
- [6] DESQBRE FUNDACIÓN, “¿Qué es la energía solar fotovoltaica?” [Online]. Available: <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/sobre-la-energia/preguntas-y-respuestas/energias-renovables/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- [7] Naciones Unidas, “ODS-13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.” [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- [8] Red Eléctrica - REE, “Generación renovable.” [Online]. Available: <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/generacion/generacion-de-energia-electrica/generacion-renovable-de-energia-electrica>

- [9] DESQBRE FUNDACIÓ, “¿Qué es la energía solar térmica?” [Online]. Available: <https://descubreenergia.fundaciondescubre.es/sobre-la-energia/preguntas-y-respuestas/energias-renovables/que-es-la-energia-solar-termica/>
- [10] Energiotech, “Energía solar térmica: Qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas.” [Online]. Available: <https://energiotech.com/energia-solar-termica-funciona-ventajas-desventajas/>
- [11] SMART SPAIN, “Cómo funcionan las placas solares.” [Online]. Available: <https://smartspain.es/como-funcionan-placas-solares/>
- [12] inarquia, “Cómo funciona una Instalación Solar Fotovoltaica.” [Online]. Available: <https://inarquia.es/como-funciona-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-una-vivienda/>
- [13] SOLFY, “Todo sobre la instalación fotovoltaica conectada a la red.” [Online]. Available: <https://solfy.net/placas-solares/todo-sobre-la-instalacion-fotovoltaica-conectada-a-la-red/>
- [14] Wikipedia, “Radiación solar.” [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_solar
- [15] Albert Jiménez Batlle, “DISSENY I PLANTEJAMENT D’UNA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA EN ÀMBIT DOMÈSTIC .”
- [16] TARIFASDELUZ by Selectra, “¿Qué es la energía solar? Ventajas y usos en México.” [Online]. Available: <https://tarifasdeluz.mx/autoconsumo/energia-solar>
- [17] Wikipedia, “Irradiación solar.” [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Irradiaci%C3%B3n_solar
- [18] AEMET, “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT.” [Online]. Available: https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf

- [19] ROAMS Energía, “¿En qué zona del mapa de radiación de España está mi provincia?” [Online]. Available: <https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-solar/radiacion-solar-espana/>
- [20] Khan Academy, “Efecto fotoeléctrico.” [Online]. Available: <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/electronic-structure-of-atoms-ap/bohr-model-hydrogen-ap/a/photoelectric-effect>
- [21] Wikipedia, “Efecto fotoeléctrico.” [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_fotoel%C3%A9ctrico
- [22] EDP Energía, “¿De qué material se componen las placas solares?” [Online]. Available: <https://www.edpenergia.es/es/blog/energia-fotovoltaica/material-placas-solares/#:~:text=Ya%20hemos%20visto%20que%20los%20paneles%20solares%20est%C3%A1n,ellas%29%20o%20arseniuro%20de%20galio%2C%20ambos%20materiales%20conductores.>
- [23] ENEL X, “¿Qué es la eficiencia de los paneles solares?” [Online]. Available: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/are-solar-panels-energy-efficient>
- [24] SolarPlak, “¿Afecta la temperatura a los paneles solares fotovoltaicos?” [Online]. Available: <https://solarplak.es/energia/afecta-la-temperatura-a-los-paneles-solares-fotovoltaicos/>
- [25] CAMBIO ENERGÉTICO - Especialistas en ahorro energético y renovables, “¿Cómo afecta la temperatura en el rendimiento de una placa solar?” [Online]. Available: <https://www.cambioenergetico.com/blog/influye-la-temperatura-rendimiento-placa-solar/>
- [26] SUNFIELDS EUROPE, “Las placas solares de mayor eficiencia (2024).” [Online]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/los-10-paneles-solares-mas-eficientes-del-mercado/>

- [27] SOTYSOLAR, “Inversores solares.” [Online]. Available: <https://sotysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos>
- [28] PortalEnergia, “Como escolher o melhor inversor para o Sistema Solar da minha casa?” [Online]. Available: <https://www.portal-energia.com/como-escolher-o-melhor-inversor-para-o-sistema-solar-da-minha-casa/>
- [29] Selectra, “¿Qué inversor solar elegir para tu instalación de placas solares?” [Online]. Available: <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/inversor-solar>
- [30] alromar - Energías del futuro, “¿Qué son los MPPT del Inversor de autoconsumo?” [Online]. Available: <https://alromar-energia.es/blog/que-es-mppt/>
- [31] EADIC, “Seguidor del punto de máxima potencia MPPT ¿Qué es el MPPT?” [Online]. Available: <https://eadic.com/blog/entrada/seguidor-del-punto-de-maxima-potencia-mppt-que-es-el-mppt/>
- [32] SOLASOL - ESTRUCTURAS FOTOVOLTAICAS, “¿Estructura coplanar o inclinada? Cómo elegir la estructura correcta.” [Online]. Available: <https://solasolenergy.com/estructura-coplanar-o-inclinada-como-elegir-la-estructura-correcta/>
- [33] ALUMIL SOLAR, “HELIOS 2100 - AS119 - Marquesina solar.” [Online]. Available: <https://www.alumilsolar.com/solar-mounting-systems/fixed-free-field-mounting-structures/stable-mounts/helios-2100-as119-4landscape/>
- [34] SUNFIELDS EUROPE, “Tipos de Instalaciones solares fotovoltaicas.” [Online]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-nstalaciones-fotovoltaicas/>
- [35] Grupo IBERDROLA, “Modalidades de autoconsumo.” [Online]. Available: <https://www.i-de.es/conexion-red-electrica/autoconsumo-electrico/modalidades-con-y-sin-excedentes>
- [36] ATRENTI SOLAR, “Modalidades de autoconsumo Tipo 1 y Tipo 2.” [Online]. Available: <https://atrenti.com/autoconsumo/tipo-1-y-tipo-2>

- [37] Energía Solar EDP, “El autoconsumo solar bate su récord de producción en España: un 59% más en 2023.” [Online]. Available: <https://www.edpenergia.es/es/blog/energia-fotovoltaica/autoconsumo-solar-record-produccion-espana-2023/>
- [38] Ministro de Asuntos Económicos y Transformación Digital, “Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.” [Online]. Available: <https://www.hacienda.gob.es/boletineshacienda/Boletines/2022/MDP7748038032.pdf>
- [39] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Preguntas frecuentes sobre autoconsumo.” [Online]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/energia/energia-electrica/electricidad/autoconsumo-electrico/preguntas-frecuentes-autoconsumo.html>
- [40] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Autoconsumo de energía eléctrica.” [Online]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/energia/energia-electrica/electricidad/autoconsumo-electrico.html>
- [41] Roams energía, “¿Qué tipos de autoconsumo existen?” [Online]. Available: <https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-solar/autoconsumo-tipos/>
- [42] MOTORPASIÓN, “Estos son los seis tipos de coches eléctricos y electrificados.” [Online]. Available: <https://www.motorpasion.com/compra-coches/conoce-que-tipos-coches-electricos-hay-sus-caracteristicas-estas-buscando-uno-segunda-mano>
- [43] ANFAC, “Datos clave del sector de la automoción.” [Online]. Available: <https://anfac.com/datos-clave-del-sector-automocion-2021/>
- [44] MOTOR.ES, “Ranking de ventas de coches eléctricos 2023.” [Online]. Available: <https://www.motor.es/noticias/ranking-ventas-coches-electricos-2023-202392804.html>

- [45] ENCHUFE SOLAR, “Tiempo de carga de los vehículos eléctricos.” [Online]. Available: <https://enchufesolar.com/blog/coches-electricos/tiempo-de-carga/#:~:text=Cargador%20a%20bordo,-La%20potencia%20m%C3%A1xima&text=Los%20puntos%20de%20recarga%20m%C3%A1s,puede%20cargar%20hasta%20350%20kW>
- [46] MOTOR16, “Los 10 coches híbridos más vendidos del año 2023.” [Online]. Available: <https://www.motor16.com/noticias/10-coches-hibridos-mas-vendidos-2023/>
- [47] OBI MAIN MARKT, “Zwischenstecker C2688.” [Online]. Available: <https://www.obi.at/stecker-kupplungen/zwischenstecker/c/2688>
- [48] MOTOR PASIÓN, “Todo lo que hay que saber antes de comprar un cargador para coche eléctrico: tipos de enchufes, potencias, protección IP/IK...” [Online]. Available: <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/todo-que-hay-que-saber-antes-comprar-cargador-para-coche-electrico-tipos-enchufes-potencias-proteccion-ip-ik>
- [49] COCHEALIA, “Tipos de Cargadores para Coches Eléctricos: Una guía completa.” Accessed: Jan. 12, 2024. [Online]. Available: <https://cochealia.com/coches-y-vehiculos/tipos-de-cargadores-para-coches-electricos-una-guia-completa/>
- [50] ElectriAplicada, “Guía básica para carga de vehículos eléctricos - Tipo 1, 2 y 3.” [Online]. Available: <https://www.electricaplicada.com/guia-basica-carga-vehiculos-electricos/>
- [51] Weather Spark, “Datos históricos de temperatura en el Manresa en 2023.” [Online]. Available: <https://es.weatherspark.com/h/y/45864/2023/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-2023-en-Manresa-Espa%C3%B1a#Figures-Summary>
- [52] Google Maps, “Vista satèl·lit aparcament objecte d’estudi.” [Online]. Available: <https://www.google.es/maps/@41.7251395,1.8102534,489m/data=!3m1!1e3?entry=tту>

- [53] Google Earth, “Imatge Google Earth.” [Online]. Available: <https://earth.google.com/web/@41.72551162,1.81053806,215.1832993a,409.0904231d,35y,25.88689146h,61.10516308t,360r>
- [54] SELECTRA, “Tier 1 de fotovoltaica: Test para los fabricantes de placas.” [Online]. Available: <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/placas-solares/tier1>
- [55] LONGi, “Datasheet LONGi Hi-MO X6 Scientist LR5-72HPH 565M.” [Online]. Available: https://static.longi.com/Hi_MO_5m_L_Gi_LE_PM_T_PMD_059_F119_LR_5_72_HPH_545_565_M_G2_and_G3_35_35_and_15_Frame_V19_0_EN_dea15fe05b.pdf
- [56] KSENG Energy, “Photovoltaic module LONGi Hi-MO 5m LR5-72HPH 565M.” [Online]. Available: https://cn.ksengenergy.com/%E9%9A%86%E5%9F%BA%20longi%20hi-mo%205m%20lr5-72hph%20540-560m_p12.html
- [57] HUAWEI, “Smart PV Controller SUN2000-12/15/17/20KTL-M2 .” [Online]. Available: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=389db9ed2ce5a3e2JmltdHM9MTcxNjA3NjgwMjZpZ3VpZD0zZjNiODZlMS0xYjUwLTY1N2MtMDZlYS05MjkyMWE3YjY0OTcmaW5zaWQ9NTlONQ&pptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=3f3b86e1-1b50-657c-06ea-92921a7b6497&psq=SUN2000-12%2f15%2f17%2f20KTL-M2&u=a1aHR0cHM6Ly9zb2xhci5odWF3ZWkuY29tLy0vbWVkaWEvU29sYXlYXR0YWNobWVudC9wZGYvYXBhYy9kYXRhc2hlZXQvU1VOMjAwMjZpZ3VpZD0zZjNiODZlMS0xYjUwLTY1N2MtMDZlYS05MjkyMWE3YjY0OTcmaW5zaWQ9NTlONQ&ntb=1>
- [58] AJUNTAMENT DE MANRESA, “Clima a Manresa.” [Online]. Available: <https://www.manresa.cat/web/menu/4212-clima>
- [59] HUAWEI, “IEC 62109-2: 2011 – Sobre límites de corrientes diferenciales.” [Online]. Available: <https://ematchile.com/wp-content/uploads/2022/01/Presentacion-Huawei-Solar-Brunch.pdf>

- [60] Wallbox, “EV Charging Solutions.” [Online]. Available: https://wallbox.com/en_uk/ev-charging-solutions
- [61] Wallbox, “Wallbox Copper SB.” [Online]. Available: https://wallbox.com/es_es/wallbox-copper
- [62] HUAWEI, “Smart Power Sensor DDSU666-H.” [Online]. Available: <https://solar.huawei.com/en/professionals/all-products/DDSU666-H/specs>
- [63] Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 2002, “ITC-BT.” [Online]. Available: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Paginas/reglamento-2002.aspx>
- [64] Lighting and Surge Protection, “IEC 60364-7-712: 2017 Requisitos para instalaciones o ubicaciones especiales - Sistemas de suministro de energía solar fotovoltaica (PV).” [Online]. Available: <https://www.lsp-international.com/es/iec-60364-7-712-2017-requirements-for-special-installations-or-locations-solar-photovoltaic-pv-power-supply-systems/>
- [65] IDAE, “Instalaciones de energía solar fotovoltaica. Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red.” [Online]. Available: <https://www.idae.es/publicaciones/instalaciones-de-energia-solar-fotovoltaica-pliego-de-condiciones-tecnicas-de>
- [66] Oriol Vidal Claramunt, “Disseny d’una instal·lació fotovoltaica per autoconsum a l’Institut de Mataró,” 2019. [Online]. Available: <https://repositori.tecnocampus.cat/handle/20.500.12367/142>
- [67] European Commission, “PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM.” [Online]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#api_5.2
- [68] EL INGENIO, “¿Cuál es la huella de carbono por kWh?” [Online]. Available: <https://eligenio.com/es/blog/huella-carbono-kwh/>