UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Estudio comparativo de una instalación fotovoltaica de 50 kWp utilizando la tecnología de inversor central contra microinversores.

Documento:
Memoria

Autor/Autora:
Oriol Israel Fajardo

Director/Directora - Codirector/Codirectora:
Jaume Saura Perisé

Titulación:
Grado en ingeniería eléctrica

Convocatoria:
Primavera

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Resumen (ESP)

En el presente estudio, se compara el proceso de diseño de dos instalaciones fotovoltaicas industriales con diferentes tecnologías de conversión de energía. Debido a la evolución tecnológica y reducción de costes en sus materiales, cada vez es más frecuente encontrarse con este tipo de energía renovable en nuestro día a día con tal de promover e impulsar una transición energética necesaria.

Este proceso comienza en el estudio del dimensionamiento de la planta para ajustarse a las necesidades del cliente hasta el cálculo de la amortización de la instalación. Durante el proceso, se explican los componentes de ambas tecnologías, cálculos a realizar, planos y los presupuestos de ambas instalaciones.

Finalmente, se hará la comparación entre la tecnología de inversor central y microinversor, para sacar conclusiones sobre cuál de las dos tecnologías es más viable técnica y económicamente según el tipo de proyecto que se ejecute.

Palabras clave: tecnología, inversor central, microinversor

Abstract (ENG)

This study compares the design process of two industrial photovoltaic installations with different energy conversion technologies. Thanks to the technological advances and the cost reduction in the materials, it is becoming more frequent to find this kind of renewable energy in our daily live in order to promote a necessary energy transition.

This process begins with the study of the dimensioning of the plant to meet the client is needs and ends with the amortization calculation of the installation. During the procedure, the components of both technologies are explained, as well as the calculations to be performed, the electrical schematics and the budget of both installations.

Finally a comparison between the central inverter and the microinverter technology will be made to reach a conclusion about the two technologies and which of them is more technically and economically viable depending on the type of the project that will be developed.

Keywords: technology, central inverter, microinverter

Índice

RESUMEN (ESP) **1**

ABSTRACT (ENG) **1**

ÍNDICE **2**

ÍNDICE DE TABLAS **4**

ÍNDICE DE FIGURAS **5**

LISTA DE ABREVIATURAS/GLOSARIO **6**

1 INTRODUCCIÓN **7**

1.1 OBJETO 7
1.2 ALCANCE 8
1.3 REQUISITOS 9
1.4 JUSTIFICACIÓN 10
1.5 CALENDARIO 11

2. REQUISITOS DE DISEÑO **12**

2.1. EMPLAZAMIENTO 12
2.2. CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 13

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO **13**

2.1 ZONAS OBJETO DEL PROYECTO 13
2.2 INCIDENCIA PAISAJÍSTICA DE LA INSTALACIÓN 14
2.3 INCIDENCIA AMBIENTAL DE LA INSTALACIÓN 14
2.4 CUMPLIMIENTO Y NORMATIVA DE LAS ORDENANZAS MUNICIPALES 14
2.4.1 Normativa aplicable *15*

3 DIMENSIONAMIENTO INICIAL DE LA PLANTA **17**

4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIONES **18**

4.1 COMPONENTES Y ELEMENTOS COMUNES EN AMBAS TECNOLOGÍAS 18
4.1.1 Dimensionado del campo *19*
4.1.2 Sistemas de fijación de los módulos *19*
4.1.3 Módulo fotovoltaico *20*
4.1.4 Sistema de seguridad cubierta *21*
4.1.5 Distribución del cableado *22*
4.1.6 Sistema de puesta a tierra *22*
4.2 INSTALACIÓN CON INVERSOR CENTRAL 23

4.2.1 Sistema DC inversor central 23
4.2.2 Inversores de potencia 25
4.2.3 Sistema AC inversor central 26
4.2.4 Conexión a la red eléctrica 27
4.3 INSTALACIÓN CON MICROINVERSORES 27
4.3.1 Microinversores de potencia 28
4.3.2 Sistema AC microinversores 29
4.3.3 Conexión a la red eléctrica 30
5 CÁLCULOS 30
5.1 CÁLCULOS INSTALACIÓN CON INVERSOR CENTRAL 30
5.1.1 Cálculos DC inversor central 30
5.1.2 Cálculos AC inversor central 32
5.2 CÁLCULOS INSTALACIÓN CON MICROINVERSORES 38
5.2.1 Cálculos AC microinversores 38
6 PRESUPUESTO Y COSTES 40
6.1 PRESUPUESTO INVERSOR CENTRAL 41
6.2 PRESUPUESTO CON MICROINVERSORES 42
7 AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN 44
7.1 ESTUDIO AMORTIZACIÓN INSTALACIÓN INVERSOR CENTRAL 45
7.2 ESTUDIO AMORTIZACIÓN INSTALACIÓN CON MICROINVERSORES 48
8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE INVERSOR CENTRAL Y MICROINVERSORES 50
8.1 GRÁFICA RESUMEN VENTAJAS Y DESVENTAJAS 54
9 CONCLUSIONES 56
10 REFERENCIAS 58
ANEXOS 61
FICHAS TÉCNICAS 62
ESTUDIO SOLAREDGE 70
PRESUPUESTOS COMPLETOS 73
PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS 87

Índice de tablas

TABLA 1 TAREAS A REALIZAR 11
TABLA 2 DIAGRAMA DE GANTT 11
TABLA 3 CONSUMOS DE LA PLANTA 17
TABLA 4 RESUMEN DIMENSIONADO 19
TABLA 5 DATOS TÉCNICOS MÓDULO FOTOVOLTAICO 20
TABLA 6 DATOS TÉCNICOS OPTIMIZADOR P1100 24
TABLA 7 DATOS TÉCNICOS INVERSOR 25 KW 25
TABLA 8 DATOS TÉCNICOS MICROINVERSOR HOYMILES -HMT2250 28
TABLA 9 CÁLCULOS DC 32
TABLA 10 CÁLCULOS AC INVERSOR CENTRAL 36
TABLA 11 CÁLCULOS AC MICROINVERSORES 38
TABLA 12 PRESUPUESTO RESUMIDO INVERSOR CENTRAL 42
TABLA 13 PRESUPUESTO RESUMIDO MICROINVERSORES 43
TABLA 14 RESUMEN PRESUPUESTOS 44
TABLA 15 AMORTIZACIÓN POR AÑOS INVERSOR CENTRAL 46
TABLA 16 AMORTIZACIÓN POR AÑOS MICROINVERSORES 49
TABLA 17 VENTAJAS Y DESVENTAJAS INVERSOR CENTRAL CON OPTIMIZADORES 51
TABLA 18 VENTAJAS Y DESVENTAJAS INVERSOR CENTRAL SIN OPTIMIZADORES 52
TABLA 19 VENTAJAS Y DESVENTAJAS MICROINVERSORES 53
TABLA 20 COMPARATIVA GRÁFICA TECNOLOGÍAS 55

Índice de figuras

ILUSTRACIÓN 1 IMAGEN AÉREA DEL EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO 12
ILUSTRACIÓN 2 ZONA OBJETO DE ESTUDIO 13
ILUSTRACIÓN 3 FIJACIÓN CORTA ALUMINIO DE CUBIERTA 19
ILUSTRACIÓN 4 RED DE PROTECCIÓN PARA LUCERNARIOS 21
ILUSTRACIÓN 5 REJILLA TRAMEX 21
ILUSTRACIÓN 6 OPTIMIZADOR SOLAREDGE 24
ILUSTRACIÓN 7 INVERSORES Y CAJAS DE PROTECCIÓN 26
ILUSTRACIÓN 8 CUADRO GENERAL DEL CLIENTE DONDE SE HACE LA CONEXIÓN 27
ILUSTRACIÓN 9 MICROINVERSOR HOYMILES HMT-2250W 29
ILUSTRACIÓN 10 TABLA INTENSIDADES ADMISIBLES SEGÚN MÉTODOS DE INSTALACIÓN (1) 35
ILUSTRACIÓN 11 TABLA INTENSIDADES ADMISIBLES SEGÚN MÉTODOS DE INSTALACIÓN (2) 37
ILUSTRACIÓN 12 TABLA INTENSIDADES ADMISIBLES SEGÚN MÉTODOS DE INSTALACIÓN (3) 39
ILUSTRACIÓN 13 RESUMEN AMORTIZACIÓN INVERSOR CENTRAL 45
ILUSTRACIÓN 14 GRÁFICO LINEAL AMORTIZACIÓN INVERSOR CENTRAL 47
ILUSTRACIÓN 15 AHORRO ACUMULADO INVERSOR CENTRAL 47
ILUSTRACIÓN 16 RESUMEN AMORTIZACIÓN MICROINVERSORES 48
ILUSTRACIÓN 17 GRÁFICO LINEAL AMORTIZACIÓN MICROINVERSORES 49
ILUSTRACIÓN 18 AHORRO ACUMULADO MICROINVERSORES 50

Lista de abreviaturas/Glosario

AC	Corriente alterna
BT	Baja tensión
CA	Corriente alterna
CC	Corriente continua
CGP	Caja general de Protección
CPM	Caja de Protecciones y Medida
DC	Corriente continua
FV	Fotovoltaica
HMT	Hoymiles - Trifásico
MPPT	Punto de máxima potencia
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio hora
kWp	Kilovatio pico
kWn	Kilovatio nominal
MC4	Multi-contact

1 Introducción

1.1 Objeto

Debido a la escalada de precios de la electricidad en los últimos años y la necesidad de una transición energética hacia las energías verdes y renovables a consecuencia del cambio climático, se crea la necesidad de buscar opciones alternativas para autoabastecerse sin tener que depender en tiempo completo de la red eléctrica convencional.

Es por eso, que en el presente proyecto pretende conocer una forma de autoconsumo y así ver las diferentes tecnologías del sector fotovoltaico, las ventajas e inconvenientes de un sector que está en pleno crecimiento y que cada vez más nos encontramos cerca de nuestras casas.

Así pues, con las necesidades globales que se han comentado anteriormente, se desarrollará la comparación de dos proyectos fotovoltaicos con dos tecnologías de inversores diferentes, en los cuales entraremos en su dimensionamiento y selección de todos los componentes que lo forman para finalmente sacar conclusiones en el ámbito funcional, temporal y económico.

1.2 Alcance

El presente proyecto abastecerá los siguientes puntos:

En primer lugar, se desarrollará el diseño de la instalación fotovoltaica. Este apartado contemplará la selección de la ubicación, selección de los componentes eléctricos y selección de equipos necesarios para la ejecución de la obra. En este punto diferenciaremos los dos tipos de tecnología ya que tienen cosas en común, pero hay otras que son totalmente diferentes. Por lo tanto, habrá una primera parte que compartirán entre ellos, pero en el momento de la selección de equipos, cableados y protecciones, los proyectos se bifurcan y cada uno tendrá su camino hasta llegar a la finalización del proyecto.

En segundo lugar, se finalizará con un estudio de ambos proyectos para comparar punto a punto la viabilidad económica, amortizaciones y futuro rendimiento de la planta. Con esto se podrá justificar con argumentos sólidos y demostrables, cual es la mejor opción para afrontar una inversión al autoconsumo renovable, en este caso, la energía que proviene del sol.

1.3 Requisitos

Las especificaciones y restricciones que se consideraran el presente proyecto se dividirán en diferentes apartados.

En el diseño de la planta se considerará:

- Únicamente haremos el dimensionamiento eléctrico de la parte fotovoltaica. Daremos por realizado el dimensionado de la instalación eléctrica de la nave en la cual nos conectaremos para hacer la inyección.
- Como la inyección la haremos en el cuadro general del cliente, damos por válido que tanto el general de la instalación cumpla como la acometida y TMF del cliente está dimensionada correctamente para que la distribuidora nos den los permisos necesarios para llevar el proyecto a cabo.
- La nave tiene un estudio de cargas vigente específico para la instalación fotovoltaica en el cual no hay ningún problema para dicha instalación de 50kWp.
- La planta será una instalación de autoconsumo industrial con excedentes, ya que no supera los 100kWp, y en este segundo caso su legalización es mucho más compleja y estricta por el dimensionamiento de verter tanta cantidad de excedente a la red.

En la realización del estudio económico se utilizarán valores reales del año 2023 para los costes de generación, transporte, equipos con tal de extrapolar este proyecto como modelo en un caso real si fuera necesario.

En la legalidad, se seguirá la normativa vigente en todos los ámbitos para que cumpla con la legislación actual.

1.4 Justificación

Tal y como se ha explicado a lo largo de esta breve introducción, el interés para sacar adelante este proyecto nace por el auge de las energías renovables como productoras de la energía.

Estas tienen la obligación de ir comiendo terreno a las energías no renovables como el carbón o el gas natural que hasta hace unos años junto a las nucleares, eran el motor de la energía en todos los países del mundo.

A pesar de que ahora el debate ya no solo está abierto en el ámbito científico, donde hace muchos años vienen avisando de un cambio climático prematuro, también ha llegado al ámbito político, con quimeras para intentar paliar esta escalada de emisiones de dióxido de carbono.

Esto hace que la tecnología tenga que evolucionar y busque soluciones a los problemas que se avecinan en un futuro más que cercano.

En el campo solar, se han probado diferentes tipos de formas de aprovecharse del sol; desde las plantas térmicas de gran escala, instalaciones térmicas de autoconsumo y ahora lo que está más de moda y mejor resultado está dando por rendimiento y por inversión, los paneles fotovoltaicos para el autoconsumo individual.

Todo esto necesita de unos equipos, que cada vez de una forma más eficiente y económica transforme la energía que produce la reacción química de las placas en forma de corriente continua a corriente alterna que es la que disponemos cada uno de nosotros en nuestras casas.

Para eso, en nuestro proyecto trabajaremos con dos conceptos diferentes pero con una misma finalidad, llevar el autoconsumo del sol en nuestras casas.

1.5 Calendario

Tareas	Descripción
Project charter	Pequeña introducción resumida poniendo las bases de lo que será el proyecto.
Introducción	Explicación de la energía fotovoltaica actual y cómo ha evolucionado a lo largo de los años.
Selección ubicación	Se escoge la dirección de la nave en la cual se hará la instalación y estudiar sus consumos para su dimensionamiento.
Planos I	Una vez elegida la ubicación, hacemos unos primeros planos para tener la idea de la forma que tendrá la planta.
Cálculos	Cálculos para el dimensionamiento de todos los elementos constructivos del proyecto.
Planos II	Planos definitivos de la planta, junto al esquema unifilar de la instalación.
Presupuesto	Presentación de ambos presupuestos de cada una de las tecnologías utilizadas.
Resultados	Comparación de los dos proyectos para sacar conclusiones objetivas.

Tabla 1 Tareas a realizar

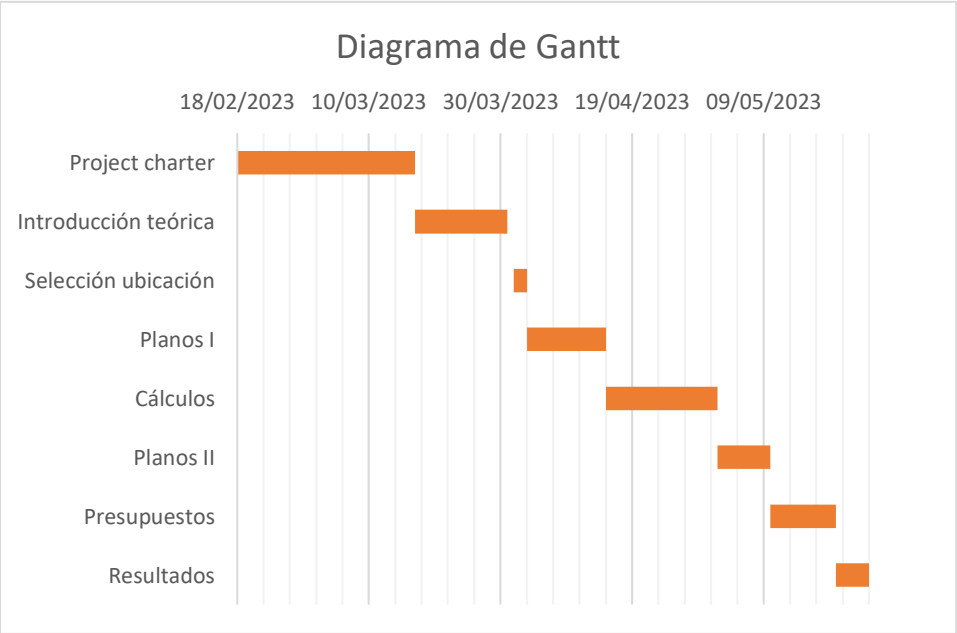


Tabla 2 Diagrama de Gantt

2. Requisitos de diseño

2.1. Emplazamiento

La instalación objeto de este proyecto está ubicada en El Pla, 106, en la población de Sant Feliu de Llobregat (08980), sobre la cubierta titularidad del cliente.

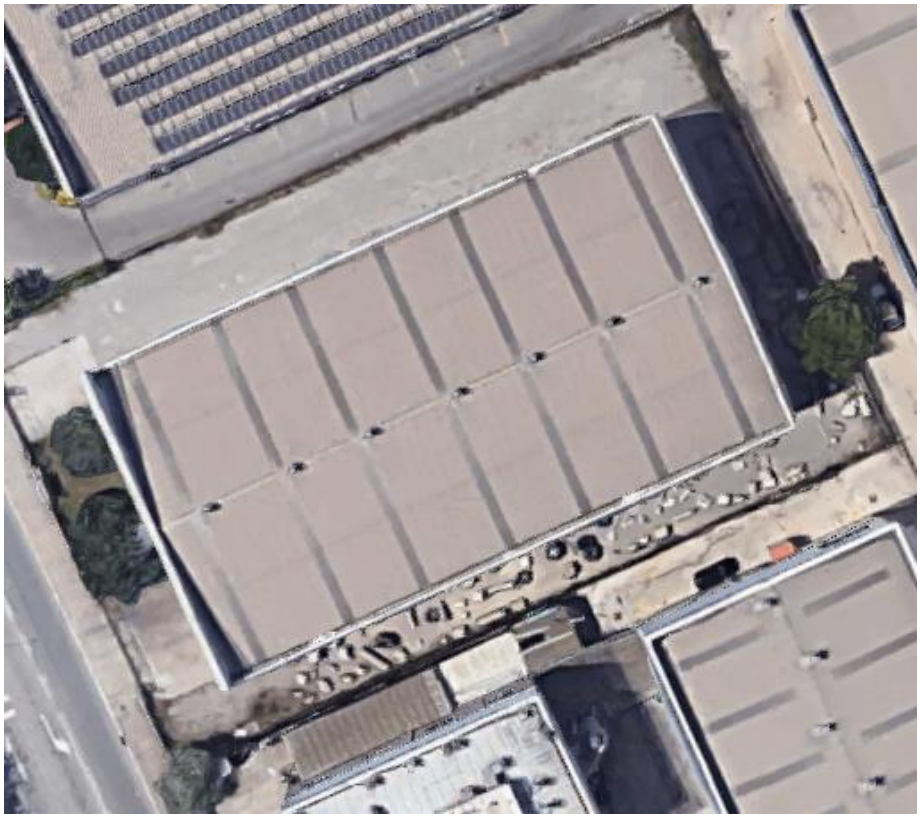


Ilustración 1 Imagen aérea del emplazamiento del proyecto

Las coordenadas UTM de la instalación son las siguientes:

UTMx : 419450,30

UTMy: 4581951,90

Zona horaria: 31

La referencia catastral del emplazamiento es 9522808DF1892B0001OU.

2.2. Clasificación de la instalación fotovoltaica

La instalación objeto de este proyecto se clasifica, según el Real Decreto 244/2019, como una instalación de autoconsumo con excedentes acogida a compensación simplificada.

En el artículo 4 del Real Decreto 244/2019, se define como modalidad de autoconsumo con excedentes aquellas definidas en el artículo 9.1.b de la ley del sector eléctrico 24/2013, indicando que se considerará de este tipo cuando la instalación pueda, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. En este caso, se cumplirá todo lo dispuesto en la reglamentación estatal aplicable y en la normativa particular de las compañías distribuidoras y/o de transporte.

2 Descripción del proyecto

2.1 Zonas objeto del proyecto

En la imagen que se muestra a continuación, se identificarán y definirán la cubierta objeto de estudio.

Ilustración 2 Zona objeto de estudio

La cubierta dispone de panel sándwich con una inclinación de 6º presentando lucernarios repartidos en tejado y sin sombras aparentes que no afectan en la distribución de paneles solares.

2.2 Incidencia paisajística de la instalación

Tal y como se puede apreciar en las fichas y certificados en los anexos, las células de los paneles fotovoltaicos que se van a instalar son oscuras de color negro y los vidrios de ellas son anti-reflectantes, por lo tanto se garantiza que no habrá ningún tipo de deslumbramiento durante las horas de sol que incidan con más fuerza los rayos del Sol.

La cubierta presenta muros en todo su rectángulo útil de instalación, por eso no se podrá verse desde un lugar poco elevado, donde también es importante que la dirección de las placas no da a ningún punto de interés que pueda llegar a ocasionar problemas.

2.3 Incidencia ambiental de la instalación

El mayor impacto ambiental en la generación de energía en España se debe a fuentes no renovables, ya sea a corto alcance o largo alcance (nuclear).

Por lo contrario, la energía solar fotovoltaica en instalaciones urbanas existentes, no afectan al medio biótico o físico, por lo tanto es una de las generadoras de energía que menor impacto ambiental presenta.

También tienen la gran ventaja que no ofrece impacto acústico, de vibraciones y obviamente huella cero en emisión de C02 a la atmosfera.

Conociendo el consumo y la producción aproximada que tendrá la planta, podemos deducir con la siguiente fórmula las toneladas de C02 que nos ahorraremos anualmente:

$$42{,}85\ MWh\ x\ 0{,}308\ \frac{tCO2}{MWh} = 13{,}19\ tCO2$$

2.4 Cumplimiento y normativa de las ordenanzas municipales

La instalación se desarrolla en conformidad y cumplimiento de la Ordenanza sobre la incorporación de sistemas de captación y generación de energía solar fotovoltaica y las Normas Urbanísticas Municipales dispuestas en el Plan General de Ordenación Urbana del municipio en el cual se ejecuta la obra.

2.4.1 Normativa aplicable

• Ordenanza sobre la incorporación de sistemas de captación de energía solar fotovoltaica del Excelentísimo Ayuntamiento de Sant Feliu de Llobregat.

• Normas Urbanísticas Municipales del Plan General de Ordenación Urbana de Sant Feliu de Llobregat.

• Código Técnico de la Edificación (CTE).

• Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

• Decreto 842/2002 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e aprobadas por el y por la orden del 2 de agosto de 2002 sobre Instrucciones Técnicas complementarias correlativamente.

• Real Decreto-Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

• Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, 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 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

• Exigencias de seguridad del material eléctrico aprobadas por el Real Decreto 7/1988 del ministerio de Industria y energía, y las modificaciones posteriores según Real Decreto 154/1995.

• Decreto Ley 16/2019, de 26 de noviembre, de medidas urgentes para la emergencia climática y el impuso a las energías renovables en Cataluña.

• Decreto Ley 24/2021, de 26 de octubre, de aceleración del despliegue de las energías renovables distribuidas y participadas.

• Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.

• Real Decreto 1164/2001, del 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

• Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

• Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, según el cual se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones 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 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos

• Pliegue de condiciones técnicas para Instalaciones Solar Fotovoltaicas conectadas en la red, del instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE).

• Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. • Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los puestos de trabajo.

• Guía técnica por la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de puestos de trabajo.

• Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

• Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas por la protección de la salud y seguridad de los trabajadores ante el riesgo eléctrico.

• Decreto legislativo 1/2005, de 26 de julio, por el cual se aprueba el texto refundido de la Ley de urbanismo.

• Ley 8/2005, de 8 de junio, de protección, gestión y ordenación del paisaje.

• Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

• Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

• Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

• Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

• Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, sobre liberalización industrial

• Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

• Condiciones impuestas por los organismos públicos afectados

• Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
• Reglamento Delegado (UE) 2016/364, 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.

3 Dimensionamiento inicial de la planta

Se procederá a hacer el dimensionamiento de la instalación una vez elegido el emplazamiento para luego hacer el diseño de la instalación.

Se calculará mediante el consumo anual de la instalación y las horas de sol anuales en la provincia de Barcelona, la potencia estimada que necesitaremos para nuestra instalación.

Este es el resumen del consumo mes por mes en kWh de la nave a estudiar.

Los datos son los siguientes:

Consumo: 80.000 kW/h anual

Horas sol en Barcelona: 2453 HSP/año

MES	CONSUMO (kWh)
ENERO	8530
FEBRERO	7680
MARZO	5120
ABRIL	5120
MAYO	4270
JUNIO	5970
JULIO	7680
AGOSTO	7890
SEPTIEMBRE	7250
OCTUBRE	5970
NOVIEMBRE	6830
DICIEMBRE	7680
TOTAL	***80000***

Tabla 3 Consumos de la planta

$$Potencia\ a\ instalar = \frac{Consumo}{HSP} = \frac{80.000\ kWh}{2453\ h} = 32{,}61\ kW$$

Ecuación 1 Dimensionamiento instalación

Según la ecuación, se necesitaría una potencia de unos 32 kW para cubrir las necesidades de consumo, aunque hay que tener en cuenta que este valor no entiende que el consumo es diferente cada mes y las horas de sol mensuales también son diferentes.

Otro cálculo aproximado sería dividir el consumo entre 1,5. Este cálculo aproximado nos daría un resultado de 53 kW.

Una vez hechos los cálculos, en un punto más adelante del proyecto, haremos un estudio con los programas necesarios de los equipos a utilizar para poder ser más concretos en el dimensionamiento de la planta.

4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIONES

Se desarrollarán dos proyectos industriales fotovoltaicos con dos tecnologías de conversión diferentes.

4.1 COMPONENTES Y ELEMENTOS COMUNES EN AMBAS TECNOLOGÍAS

Esta diferencia implica que gran parte de la instalación eléctrica que se diseñará a continuación se tenga que afrontar de forma distinta, por lo tanto se harán dos estudios independientes aunque compartirán seis puntos en común:

- **Dimensionado del campo**
- **Módulos fotovoltaicos**
- **Sistema de fijación**
- **Sistemas de seguridad cubierta**
- **Distribución del cableado**
- **Sistema de puesta a tierra**

4.1.1 Dimensionado del campo

El campo solar se ubicará sobra la mitad de la cubierta sin sombras ocupando la mayor parte de superficie posible para no sobrecargarla y a la vez con pasillos de seguridad entre bloques de placas.

También se dejará margen para el tránsito de instaladores certificados para hacer tareas de mantenimiento preventivo o correctivo.

Nº zona	Superficie útil (m2)	Orientación de paneles* (º)	Inclinación de paneles (º)	Nº de paneles instalados	Potencia pico (kWp)
Cubierta	810	24º	6º	92	49,22

Tabla 4 Resumen dimensionado

*La orientación se expresa en formato de acimut, es decir, la desviación de los paneles respecto del sur.

La distribución de los paneles se muestra en los planos adjuntos en el anexo.

4.1.2 Sistemas de fijación de los módulos

Para la solución técnica estructural se utilizará un perfil corto de aluminio con tornillería de acero inoxidable. De esta manera ahorraremos metros de raíl de aluminio y aseguraremos un sistema robusto, seguro y con una mayor longevidad.

Ilustración 3 Fijación corta aluminio de cubierta

Se dispone de una estructura coplanar a 6º de inclinación compuesta de perfiles cortos descritos anteriormente fijados con tornillos autorroscantes a la chapa de las grecas de la cubierta. Estos tendrán una protección de EPDM para proporcionar una mejor fijación y sellar el punto de anclaje, asegurando la estanqueidad frente a las lluvias.

Los perfiles estarán colocados paralelamente a la pendiente de la cubierta justo encima de las grecas. Sobre estos perfiles, se colocan los paneles fotovoltaicos que, mediante clamps o pinzas metálicas, quedan sujetos a la estructura, coplanares a la pendiente de la cubierta.

4.1.3 Módulo fotovoltaico

Se optará por una placa fotovoltaica de grandes dimensiones a consecuencia del gran espacio y las pocas sombras que presenta la cubierta.

El módulo utilizado es del fabricante JA SOLAR, más concretamente el modelo JA SOLAR JAM 72 D30 535/MB, con una potencia pico en condiciones STC de 535Wp, de tecnología monocristalino.

FABRICANTE	MODELO
Modelo	JA SOLAR JAM 72D30 535/MB
Potencia pico	535 Wp
Vmppt	41,47 V
Imppt	12,90 A
Voc	49,45 V
Isc	13,79 A
Dimensiones	2278 × 1134 × 35 mm
Peso	31,8 kg
Rendimiento	20,7%

Tabla 5 Datos técnicos módulo fotovoltaico

4.1.4 Sistema de seguridad cubierta

Se instalará varias líneas de vida en la cumbrera de la cubierta para trabajar siguiendo el estudio básico de seguridad y salud. Con esto los operarios trabajarán siempre con una alta seguridad a pesar de la existencia de muros en algunas zonas de la cubierta.

Junto a las líneas de vida también se instalará unas redes de protección para los lucernarios que están dentro de la superficie de trabajo para garantizar una señalización extra y así prevenir posibles accidentes durante la instalación de la planta fotovoltaica.

Ilustración 4 Red de protección para lucernarios

Por último, también se instalará unas pasarelas de rejilla tramex que unirán ambos lados del lucernario para hacer un paso más sencillo y así mantener mejor el estado de la cubierta.

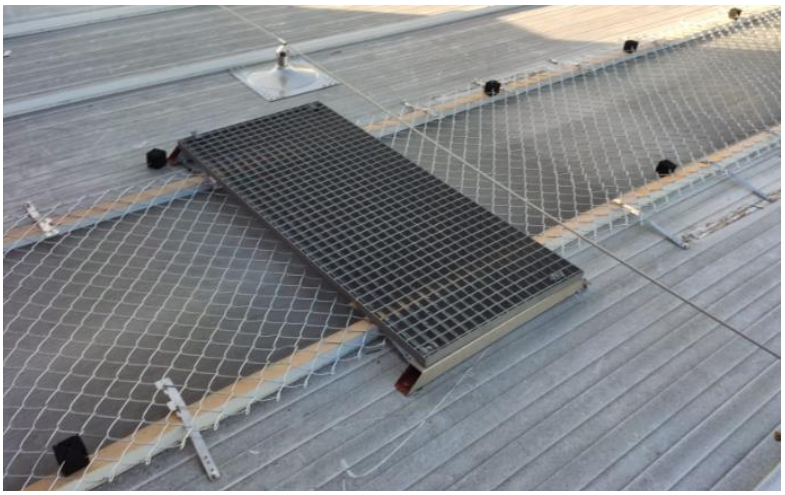


Ilustración 5 Rejilla TRAMEX

4.1.5 Distribución del cableado

Las canalizaciones se realizarán de acuerdo la ITC BT-06, mediante canales metálicas de perforadas o ciegas.

Las conexiones de los conductores se harán utilizando empalmes adecuados MC4, especiales para conexiones fotovoltaicas resistentes a la corrosión o entradas de aguas y que mantengan un contacto eléctrico eficaz.

Todas las canalizaciones estarán protegidas contra contactos indirectos, que estarán conectadas al circuito de protección correspondiente.

4.1.6 Sistema de puesta a tierra

La puesta a tierra de la instalación se rige por la siguiente normativa:

De acuerdo con el artículo 12 del RD 1699/2011, la puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan interferencias en la red.

La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico.

En dichas instalaciones, existe un circuito electrónico equivalente a la separación galvánica entre la CC y CA a través de los inversores de potencia.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Se protegerá contra contactos directos e indirectos mediante aislamiento de clase II o doble aislamiento en los equipos.

La parte de corriente alterna, separada galvánicamente de la parte de continua, se conectará a la red de tierras de la instalación de consumo para posibilitar el funcionamiento del interruptor diferencial. Se conectarán las partes metálicas de la instalación tales como la propia estructura, soporte de los paneles, los marcos de los paneles o la carcasa del inversor. Esta tierra nunca coincidirá con la tierra de la instalación de suministro eléctrico de la compañía distribuidora.

4.2 INSTALACIÓN CON INVERSOR CENTRAL

Una vez mostrados los puntos en común que tendrán ambas instalaciones, el primer estudio que se llevará a cabo será una instalación con inversor central.

Como característica diferencial con la instalación de estudio que se hará en los siguientes puntos del proyecto, en este caso tendremos que diferenciar la parte del cableado en DC que sale de los paneles fotovoltaicos hacia el inversor, y que después se convierte en AC hasta donde haremos la inyección de la fotovoltaica en el cuadro del cliente.

4.2.1 Sistema DC inversor central

La salida de los paneles fotovoltaicos se conectará de forma directa a unos equipos electrónicos denominados optimizadores de potencia. Estos dispositivos son convertidores DC/DC que permiten conectarse dentro de una red propia inteligente con la ventaja a posteriori para monitorizar placa a placa su producción.

Otra de las grandes ventajas de este dispositivo es que puede gestionar de forma individual el punto de máxima potencia (MPPT) de cada panel y a consecuencia de esto, aumentar la producción de energía del sistema.

Todo esto permite supervisar fácilmente el rendimiento, localizar y resolver problemas en cualquier string con una mayor precisión y fiabilidad.

Además, este mecanismo nos proporcionará una mayor seguridad a la hora de no tener grandes voltajes en DC, sino que por cada optimizador tendrá una salida de 1V y no la tensión de continua de las placas instaladas en ese string. Esto dará un extra de seguridad a las personas y a los inversores en el momento de desconexión de la red eléctrica o en su defecto en caso de alguna falla en la cadena de paneles.

En nuestro caso, cada optimizador albergará dos placas. Eso supone un recorte en el gasto del proyecto y cumplirá la misma función que sería al hacerlo panel a panel.

Estos son los parámetros del optimizador de potencia que se utilizará:

FABRICANTE	MODELO
Modelo	SOLAR EDGE P1100
Máxima tensión de entrada	1225 V
Máxima corriente de entrada	14,1 A
Tensión máxima de salida	80 V
Intensidad máxima de salida	18 A
Dimensiones	129 x 162 x 59 mm
Peso	1064 g

Tabla 6 Datos técnicos optimizador P1100

Ilustración 6 Optimizador SolarEdge

Los optimizadores de potencia se conectaran mediante cable solar DC con otros optimizadores de su cadena, formando strings de un número entre 14 y 16 optimizadores que resultarían entre 28 y 32 placas. Este trazado discurrirá por la cubierta entre las fijaciones de los paneles cogidos con bridas para que no tengan contacto con la cubierta para posibles problemas de aislamiento de la cubierta.

El final de cada string (positivo y negativo) transcurrirá por canal ciega hasta el punto del cuadro de protecciones DC.

En el plano C9,"

PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS" se muestran los dispositivos y las conexiones del circuito.

4.2.2 Inversores de potencia

El cableado de los strings de DC que provienen de los paneles fotovoltaicos con su respectivo optimizador, se conectaran a los inversores de potencia que serán los encargados de realizar la conversión de energía a corriente alterna, para que esta se pueda inyectar posteriormente al cuadro del cliente.

El inversor que se utilizará será del fabricante SolarEdge, el modelo de SE25K. Contaremos con un total de 2 inversores del modelo de 25 kW.

FABRICANTE	SolarEdge
Modelo	SE25K
Máxima tensión de entrada	1000V
Máxima corriente de entrada	36,25 A
Potencia de salida máxima	25 kVA
Frecuencia de salida	50 Hz
Tensión de salida	400 V
Intensidad de salida	3 x 36,25 A
Dimensiones unidad primaria	550 x 317 x 273 mm
Peso unidad primaria	32 kg
Rendimiento	98%

Tabla 7 Datos técnicos Inversor 25 kW

Los inversores se colocarán sobre la pared con estructuras de sujeción en los lugares indicados en los planos adjuntos, dentro de la nave de estudio, aunque dispone de la protección IP 65 para exteriores.

Los inversores incorporan protección contra polarizaciones inversas, sobretensiones, cortocircuitos, fallo de aislamiento y vigilancia anti-isla, con desconexión automática y con la posibilidad de desconexión automática de la red. Así mismo los inversores, tal como especifica la normativa, incluyen un sistema de vigilancia de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia.

Ilustración 7 Inversores y cajas de protección

Los equipos cumplen con las normativas de seguridad y de conexión a red siguientes:

IEC-62109, VDE-AR-N-4105, AS-4777, EN50438, CEI-021, VDE 0126-1-1, CEI-016, EN50549-1, EN50549-2, VDE-AR-N-4110, TOR Erzeuger Typ A, G99, G99 (NI), VFR 2019

4.2.3 Sistema AC inversor central

Las salidas en AC de los inversores se dirigen hacia un cuadro de protección, donde se protegen las líneas existentes mediante interruptores magnetotérmicos y diferencial

superinmunizados, donde finalmente se agrupa a un interruptor seccionador general para interrumpir la actividad fotovoltaica en cualquier momento.

Este seccionador general, será la última protección que se dirige al cuadro del cliente en baja tensión, donde se conecta la instalación solar mediante un interruptor magnetotérmico general del usuario, para alimentar las cargas de la nave.

Además incorporaremos una protección contra sobretensiones permanentes y transitorias, a pesar de que el inversor dispone de protector de sobretensiones permanentes, detector de sincronía con la frecuencia de la red y diferentes protecciones para cortar en fallos de aislamiento entre el circuito DC y AC.

En el esquema unifilar C13 "

PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS", se muestran los dispositivos y las conexiones del sistema.

4.2.4 Conexión a la red eléctrica

La conexión de la instalación fotovoltaica se realizará en el cuadro de baja tensión del titular, en el interruptor magnetotérmico general, para alimentar la red interior de consumo existente en la nave industrial.

Ilustración 8 Cuadro general del cliente donde se hace la conexión

4.3 INSTALACIÓN CON MICROINVERSORES

A diferencia de la instalación anterior a comparar, los microinversores transformarán la energía DC en AC en la misma cubierta, donde cada placa tendrá su propio equipo conversor que hará desde un principio una forma más seguro a la hora de hacer la bajante y la futura inyección al cuadro del cliente.

4.3.1 Microinversores de potencia

Los módulos se conectan a los microinversores de potencia, responsables de realizar la conversión de energía a corriente alterna (AC) para que esta opere en sincronía con la red eléctrica.

Los microinversores utilizados serán del fabricante HOYMILLES, modelo HMT-2250. En concreto, la instalación contará con un total de 23 microinversores

El modelo HMT-2250 tiene 6 entradas para 6 módulos fotovoltaicos con un máximo de potencia a producir de 2250W.

FABRICANTE	Hoymilles – 2250W
Modelo	HMT-2250
Máxima tensión de entrada	60 V
Máxima corriente de entrada	6*11.5 A
Potencia de salida máxima	2.25 kVA
Frecuencia de salida	50 Hz
Tensión de salida	400 V
Intensidad de salida	3.26*3 A
Dimensiones unidad primaria	330 x 250 x 37 mm
Peso unidad primaria	6 kg
Rendimiento	96,5%

Tabla 8 Datos técnicos microinversor Hoymiles -HMT2250

Estos microinversores se dispondrán bajo la agrupación de paneles en los lugares indicados en los planos adjuntos, protegidos cuando corresponda de la lluvia y del resto de adversidades del tiempo, aunque igualmente disponen de una protección IP 67.

Los inversores incorporan protección contra polarizaciones inversas, sobretensiones, cortocircuitos, fallo de aislamiento y vigilancia anti-isla, con desconexión automática y con la posibilidad de desconexión automática de la red. Así mismo los inversores, tal como especifica la normativa, incluyen un sistema de vigilancia de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia.

Ilustración 9 Microinversor Hoymiles HMT-2250W

Los equipos cumplen las siguientes normativas de seguridad y de conexión a red:

IEC-62109, VDE-AR-N-4105, AS-4777, EN50438, CEI-021, VDE 0126-1-1, CEI-016, EN50549-1, EN50549-2, VDE-AR-N-4110, TOR Erzeuger Typ A, G99, G99 (NI), VFR 2019.

4.3.2 Sistema AC microinversores

A diferencia del otro sistema de estudio, las salidas en AC de los microinversores desde la cubierta, se dirigirán a nuestro cuadro de agrupación y protección, donde se protegerán las líneas con interruptores magnetotérmicos y diferenciales superinmunizados.

A la salida de nuestras protecciones, se dirige hacia el cuadro general de baja tensión del cliente, donde se conectará mediante su interruptor magnetotérmico general.

Además, a pesar de que los microinversores presenten protecciones contra sobretensiones permanentes y control de la frecuencia de red, se pondrá una protección extra contra sobretensiones transitorias y permanentes para la instalación fotovoltaica.

4.3.3 Conexión a la red eléctrica

La conexión de la instalación fotovoltaica se realizará en el cuadro general de baja tensión del titular, en la red interior de consumo existente.

5 CÁLCULOS

En este apartado se harán los cálculos necesarios para dimensionar las protecciones y secciones a utilizar de ambos proyectos fotovoltaicos. En el caso de la instalación con inversor central calcularemos tanto el apartado de CC y AC, y en el caso de los microinversores, tal y como es sabido, únicamente el apartado de AC.

Tener en cuenta en los cálculos, que para nuestro proyecto, es interesante ver que calibre y sección utilizaremos para la posteriori comparación de ambas instalaciones, ya que unos cálculos muy técnicos no cambiarán a la hora de elegir cuál de las opciones es más viable.

5.1 CÁLCULOS INSTALACIÓN CON INVERSOR CENTRAL

En este apartado, será realizará el cálculo de las protecciones, secciones y caídas de tensión, teniendo en cuenta que en el proyecto vigente sabemos que el inversor está a una distancia de cinco metros del cuadro de la FV y cinco metros del punto de conexión. Esto hace que las caídas de tensión sean muy pequeñas y podamos utilizar una sección de cable más pequeña.

5.1.1 Cálculos DC inversor central

Se calcularán las caídas de tensión de cada string. En este caso tenemos tres strings, dos de ellos formados por 32 paneles y otro de 28 paneles.

- Cálculo de resistividad del cobre a 40ºC:

$$\rho_{40} = \rho_{20} * \left(1 + \alpha * (40 - 20)\right) = 0.01855$$

Donde:

ρ40 = Resistividad del cobre a 40ºC

ρ10 = Resistividad del cobre a 20ºC

α = Coeficiente de tempatura = 0,00393

- Cálculo de caída de tensión:

$$\Delta V\ calculada = \frac{(Lpositivo + Lnegativo) * Imp * \rho 40}{S}$$

Donde:

ΔV calculada = Caída de tensión calculada (V)

Lpositivo = Longitud del cable que va de inicio de string a inversor (m)

Lnegativo = Longitud del cable que va de final de string a inversor (m)

Imp = Intensidad nominal que circula por el string (A)

ρ40 = Resistividad del cobre a 40ºC

S = Sección del cable (mm2)

- Cálculo de caída de tensión (%)

$$\Delta V\ calculada\ (\%) = \frac{\Delta V\ calculada}{Vmp\ string}$$

Donde:

ΔV calculada (%) = Caída de tensión calculada (%)

ΔV calculada = Caída de tensión calculada (V)

Vmp string = Tensión nominal total del string (V)

En la siguiente tabla se mostrará el resumen de los cálculos para el dimensionamiento de la parte de corriente continua que irá hasta el inversor.

String	M.serie	Longitud cable positivo	Longitud cable negativo	Imp (A)	Vmp string (V)	Pmax string (W)
1.2.1	32	116	97	12,9	1327	17120
1.1.1	28	116	100	12,9	1161	14980
2.1.1	32	104	98	12,9	1327	17120

ΔV Objetivo (%)	Sección propuesta	ΔV Calculada (V)	ΔV Calculada (%)
3	4	12,74	1,69
3	4	12,92	1,50
3	4	12,09	1,60

Tabla 9 Cálculos DC

La longitud del cableado dependerá de la distancia que haya hasta el inversor, ya que el cableado de cada string pasará por su cuadro de protecciones y finalmente conectado al inversor. Esta distancia será de 25 metros.

El reglamento no nos indica claramente el porcentaje de caída de tensión máximo permitido. Tomaremos una caída de tensión del 3% para poder utilizar cableado de 4 mm2 para ahorrar en costes.

5.1.2 Cálculos AC inversor central

Una vez tenemos dimensionado la parte de corriente continua, seguidamente calcularemos el calibre de las protecciones desde el **inversor hasta el cuadro fotovoltaico**.

Cada inversor tiene una potencia máxima de 25 kW.

Para calcular la intensidad que circulará como máximo por cada inversor será:

$$I(A) = \frac{P}{\sqrt{3} * U * COS\varphi} = \frac{25.000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 36{,}08\ A$$

Ecuación 2 $Cálculo\ intensidad\ INVERSOR\ 25\ kW$

Donde:

I(A): Intensidad en amperios que circulará por el cable

P(W): Potencia en vatios

U: Tensión de servicio del inversor

cosφ : Factor de potencia

El criterio de dimensionamiento del cableado depende de la situación física de los diferentes elementos eléctricos a ser interconectados.

La separación entre elementos define la longitud del cableado elegido y la caída de tensión. En función de esta última se determina una sección u otra para alcanzar la caída de tensión deseada respecto de la tensión de generación de las placas.

Para el lado de alterna se sigue el mismo criterio cumpliendo con la normativa del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en que se postula que la caída de tensión entre generador y punto conexión no debe sobrepasar el **1,5%** de la tensión de generación.

Para determinar la sección de los cables, se utilizan tres métodos de cálculo diferentes:

• Por calentamiento.

• Limitación de la caída de tensión en la instalación.

• Limitación de la caída de tensión en cada tramo.

Se escoge la sección nominal más desfavorable de los tres resultantes.

Se calculará la sección mínima necesaria para una caída de tensión del 1,5% equivalente a 6V teniendo en cuenta la longitud de la línea.

$$S = \frac{P * L}{Y * U^2 * e} = \frac{25000 * 5}{56 * U^2 * \frac{1.5}{100}} = \frac{125.000}{134.400} = 0{,}93\ mm2$$

Ecuación 3 Cálculo caída de sección inversor a cuadro FV

Siendo:

S= sección del conductor

P= potencia en vatios

L= longitud del cable en metros

γ= conductividad del conductor (cobre 56)

U= tensión (trifásico 400 V)

e= caída de tensión permitida por REBT (expresada en voltios)

La sección por caída de tensión que nos da el cálculo es de 0,93 milímetros cuadrados. Esta sección no cumplirá con la tabla de intensidades admisibles según método de instalación ni el de la intensidad que aguantará el cable ya que nuestra intensidad máxima es de 36,08 A.

Nuestra intensidad que tendremos en cuenta aplicando el coeficiente de seguridad será de:

$$Intensidad\ = Intesidad\ nominal * 1{,}25 = 36{,}08 * 1{,}25 = 45{,}10\ A$$

Ecuación 4 Intesidad con factor de seguridad

Nuestro método de instalación será sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical, para fijarse en la tabla será el método E.

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40 ºC. N.º de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos[3] en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos[2] en montaje superficial o emprotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared[1]					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre[2] Distancia a la pared no inferior a 0.3D[5]						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo[4] Distancia a la pared no inferior a D[5]							3x PVC			3x XLPE o EPR[11]	
G		Cables unipolares separados mínimo D[5]									3x PVC[11]		3x XLPE o EPR
Cobre		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

Ilustración 10 Tabla intensidades admisibles según métodos de instalación (1)

Para seleccionar nuestro interruptor magnetotérmico, su intensidad de corte deberá ser menor que la intensidad máxima admisible del cable por tabla dependiendo del método de instalación pero mayor que la intensidad que pueda circular por ese cable para que la protección no actúe cuando el sistema está produciendo en régimen normal.

Intensidad máxima admisible del cable por tabla: 68 A

Calibre Interruptor magnetotérmico seleccionado: 50A

$$e = \frac{\sqrt{3} * L * I * cos\varphi}{Y * S} = \frac{\sqrt{3} * 5 * 45{,}10 * 1}{56 * 10} = \frac{390{,}11}{560} = 0{,}69V$$

CIRUITO	INVERSOR MAESTRO	INVERSOR ESCLAVO
Potencia	25.000 W	25.000 W
Intensidad	45,10 A	45,10 A
Sección	10 mm2	10 mm2
Caída de tensión	0,69 V	0,69 V

Tabla 10 Cálculos AC inversor central

Una vez seleccionado la protección para cada inversor, se calculará el calibre y la sección del interruptor magnetotérmico general para la fotovoltaica correspondiente al tramo del cuadro de FV hasta el punto de conexión.

En este caso, hay que tener en cuenta que la potencia será de 50.000 W, que es la potencia nominal de los inversores.

$$I(A) = \frac{P}{\sqrt{3} * U * COS\varphi} = \frac{50.000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 72{,}17\ A$$

Ecuación 5 Intensidad general fotovoltaica

Donde:

I(A): Intensidad en amperios que circulará por el cable

P(W): Potencia en vatios

U: Tensión de servicio del inversor

cosφ : Factor de potencia

Una vez tenemos la intensidad que pasará por el inversor, buscaremos en las tablas de intensidades máximas una sección que cumpla con la intensidad que pasará por el cable y posteriormente haremos el cálculo de caída de tensión en ese tramo.

La intensidad calculada con el coeficiente de seguridad del 10% será:

$$Intensidad = Intensidad\ nominal * 1{,}10 = 79{,}38\ A$$

Ecuación 6 Intensidad aplicando factor de seguridad

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40 ºC. N.º de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos[3] en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos[2] en montaje superficial o emprotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared[1]					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre[4] Distancia a la pared no inferior a 0.3D[5]						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo[6] Distancia a la pared no inferior a D[5]							3x PVC			3x XLPE o EPR[11]	
G		Cables unipolares separados mínimo D[5]									3x PVC[11]		3x XLPE o EPR
		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

Ilustración 11 Tabla intensidades admisibles según métodos de instalación (2)

Escogemos una sección de 25 milímetros cuadrados con el método de instalación E.

$$e = \frac{\sqrt{3} * L * I * cos\varphi}{Y * S} = \frac{\sqrt{3} * 5 * 72{,}17 * 1}{56 * 25} = \frac{624.27}{1400} = 0{,}45V = 0{,}11\%$$

Ecuación 7 Caída de tensión inversores hasta punto de conexión

Con esto, el más cercano a esa intensidad será el interruptor magnetotérmico de 80 A.

Cumpliremos el criterio de intensidad y de caída de tensión.

5.2 CÁLCULOS INSTALACIÓN CON MICROINVERSORES

En este segundo apartado, se calculará de nuevo el calibre de las protecciones para corriente alterna y la sección de los conductores según intensidad admisible y caída de tensión.

En este caso únicamente se calculará la parte de AC ya que los microinversores directamente transforman la corriente continua en corriente alterna en el mismo equipo conversor.

En este caso, se montaran una cadena de microinversores y se juntarán en una caja estanca con barras donde se juntarán los dos strings de microinversores y se bajará con bandeja perforada hacía el cuadro de FV.

5.2.1 Cálculos AC microinversores

Tendremos en cuenta antes de empezar el dimensionamiento del apartado de AC de los microinversores, que el máximo de microinversores en una rama sería de 9 con sección de 6 milímetros cuadrados en el caso de los microinversores trifásicos HMT2250.

Por lo tanto se dimensionará como tres circuitos independientes que juntaremos en una caja estanca con barras para juntarlos.

Por lo tanto, únicamente tendremos un solo interruptor magnetotérmico general, con su protección diferencial y sobretensiones correspondientes.

CIRUITO	CIRCUITO 1	CIRCUITO 2	CIRCUITO 3
Potencia rama	18.000 W	18.000 W	15.750 W
Intensidad rama	26 A	26 A	22,82 A
Sección	6	6	6
Caída de tensión	2,67 V	2,67 V	2,34 V
Longitud	20	20	20

Tabla 11 Cálculos AC microinversores

$$I(A) = \frac{P}{\sqrt{3} * U * COS\varphi} = \frac{18.000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 26\ A$$

Ecuación 8 Intensidad circuito 1 y 2

$$I(A) = \frac{P}{\sqrt{3} * U * COS\varphi} = \frac{15.750}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 22{,}82\ A$$

Ecuación 9 Intensidad circuito 3

Usaremos bandeja perforada hasta la caja estanca donde juntaremos los circuitos.

Esta será la intensidad máxima por la potencia de cada circuito de los microinversores.

Se conectarán 4 paneles por cada microinversor, para un mejor aprovechamiento de los paneles y así tener una mayor producción final.

Ilustración 12 Tabla intensidades admisibles según métodos de instalación (3)

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos[2]en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos[2]en montaje superficial o emprotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared[2]					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre[3] Distancia a la pared no inferior a 0.3D[5]						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo[4] Distancia a la pared no inferior a D[5]							3x PVC			3x XLPE o EPR[11]	
G		Cables unipolares separados mínimo D[5]									3x PVC[11]		3x XLPE o EPR
Cobre		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

Se usará la sección de 6 mm2 para cada circuito con el método B2 dentro de tubo en superficie.

La caída de tensión en cada circuito calculada es:

$$e = \frac{\sqrt{3} * L * I * cos\varphi}{Y * S} = \frac{\sqrt{3} * 20 * 26 * 1}{56 * 6} = \frac{899{,}6}{336} = 2{,}67V$$

Ecuación 10 Caída de tensión circuito 1 y 2

$$e = \frac{\sqrt{3} * L * I * cos\varphi}{Y * S} = \frac{\sqrt{3} * 20 * 22{,}82 * 1}{56 * 6} = \frac{789{,}57}{336} = 2{,}34V$$

Ecuación 11 *Caída de tensión circuito 3*

Por lo tanto, hay que tener en cuenta que la potencia total de los tres circuitos una vez fuera de la caja de cambio de sección, teniendo en cuenta que conectamos 4 paneles por microinversor da un total de 49.220 W

$$I(A) = \frac{P}{\sqrt{3} * U * COS\varphi} = \frac{49220}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 71{,}12\ A$$

Ecuación 12 Cálculo intensidad general

Con esto seleccionamos una sección de 25 mm2 con un magneto general de 80 A para que proteja el cable que irá de la caja estanca hacía el cuadro de protecciones de alterna.

6 PRESUPUESTO Y COSTES

Para la elaboración del presupuesto, se incluyen los gastos referidos a los componentes de las instalaciones.

No se mostrará en el presupuesto, el apartado que desglosa los trabajos humanos (operarios e ingeniería), ni tampoco los costes sobre la gestión de maquinaria de descarga y sobre seguridad y residuos. Esto se debe que se compararán los subtotales únicamente de los materiales a utilizar (PEM) y se dará por hecho que los otros gastos sean los mismos para ambas instalaciones.

Las siguientes tablas reflejarán el resumen del presupuesto sin desglosarlo con todos los componentes enteros. En el anexo se podrá visualizar ambos presupuestos completos con

todos los gastos humanos (operarios e ingeniería), complementado con el gasto en seguridad, residuos, maquinaria de descarga y posibles tasas a pagar.

6.1 PRESUPUESTO INVERSOR CENTRAL

MATERIAL	TIPO DE MATERIAL	UNIDADES NECESARIAS	SUBTOTAL
JA SOLAR 535W BIFACIAL	MÓDULOS	92	**14.260,00 €**
SOLAREDGE SE25K	INVERSORES	2	**3.001,08 €**
SOLAREDGE P1100	OPTIMIZADORES	46	**2.357,00 €**
ESTRUCTURA NOVOTEGRA + CARRIL PARA OPTIMIZADORES	ESTRUCTURA FV	/	**913,29 €**
TORNILLERIA NECESARIA	TORNILLERIA	/	**215,60 €**
CABLE SOLAR + MC4	CABLEADO DC	/	**352,80 €**
CABLE ALTERNA + COMPLEMENTOS	CABLEADO AC	/	**245,15 €**
CANALES + TUBOS	CANALIZACIONES	/	**1.196,17 €**
CUADROS + PROTECCIONES	CUADROS	/	**2.960,87 €**

CABLES DE TIERRA	TIERRAS	/	**221,18 €**
ELEMENTOS MONITORIZACIÓN	MONITORIZACIÓN	/	**452,61 €**
		PEM	**26.149,87 €**
PRESUPUESTO CONTANDO PARTE HUMANA Y MAQUINARIA			**30.949,87 €**
PRESUPUESTO CON MARGEN + IVA			**46.734,30 €**

Tabla 12 Presupuesto resumido inversor central

El presupuesto final de la instalación con inversor central final tiene un ratio de 0,93 €/Wp. Es un ratio aceptable gracias a que las distancias entre la cubierta y el cuadro es muy pequeña y por lo tanto reducimos mucho gasto en canalizaciones y cableado tanto de continua como de alterna.

El PEM, referido al coste del material puramente, representa un 0,52 €/Wp que representa un 56 % del coste del proyecto.

6.2 PRESUPUESTO CON MICROINVERSORES

MATERIAL	TIPO DE MATERIAL	UNIDADES NECESARIAS	SUBTOTAL
JA SOLAR 535W BIFACIAL	MÓDULOS	92	**14.260,00 €**
MICROINVERSOR HMT-2250	INVERSORES	23	**5.750,00 €**

ESTRUCTURA NOVOTEGRA + CARRIL PARA OPTIMIZADORES	ESTRUCTURA FV	/	**913,29 €**
TORNILLERIA NECESARIA	TORNILLERIA	**/**	**122,70 €**
CABLE ALTERNA + COMPLEMENTOS	CABLEADO AC	**/**	**1.942,46 €**
CANALES + TUBOS	CANALIZACIONES	/	**1.358,71 €**
CUADROS + PROTECCIONES	CUADROS	/	**554,63 €**
CABLES DE TIERRA	TIERRAS	/	**63,10 €**
ELEMENTOS MONITORIZACIÓN	MONITORIZACIÓN	/	**321,50 €**
		PEM	**25.090,82 €**
PRESUPUESTO CONTANDO PARTE HUMANA Y MAQUINARIA			**30.231,32 €**
PRESUPUESTO CON MARGEN + IVA			**45.649,29 €**

Tabla 13 Presupuesto resumido microinversores

El presupuesto final de la instalación con inversor central final tiene un ratio de 0,91 €/Wp. Es un ratio aceptable gracias a que las distancias entre la cubierta y el cuadro es muy pequeña y en este caso, este hecho hubiera aumentado significativamente el coste del proyecto.

El PEM, referido al coste del material puramente, representa un 0,5 €/Wp que representa un 55 % del coste del proyecto.

A continuación se exponen las tablas resumen de los presupuestos según la tecnología utilizada.

TECNOLOGÍA DE INSTALACIÓN	PEM	MANO DE OBRA + SEGURIDAD	SUBTOTAL
INVERSOR CENTRAL	**26.149,87 €**	**4.800 €**	**30.949,87 €**
MICROINVERSORES	**25.090,82**	**5140 €**	**30.230,82 €**

Tabla 14 Resumen presupuestos

Como conclusión después de realizar ambos presupuestos, vemos que los importes finales son muy parecidos y que apenas podemos encontrar diferencias. Esto se debe que para una instalación como la de nuestro estudio, estaría en la frontera entre el uso de un tipo de tecnología o otra. En el caso que fuera creciendo la envergadura del proyecto, la instalación con microinversores se volvería más cara, desmarcándose la instalación de inversor central como la tecnología prioritaria número uno.

7 AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Se mostrarán las tablas y gráficos para poder visualizar el tiempo de amortización de cada instalación.

Para hacer estos cálculos se tendrán en cuenta el precio final del proyecto teniendo en cuenta un margen del 30% más el 21% de IVA.

Sin este margen, los tiempos de amortización serían inferiores al año y en ningún caso representaría un caso real.

El resumen de la amortización se representará en 4 tablas y gráficos representativos. El primero de ellos será la tabla resumen en la cual se exponen los datos que se utilizarán

para hacer los cálculos pertinentes. En segundo lugar una tabla resumen donde se calcula el coste de la energía anualmente, y que se verá exactamente cuánto dinero se recupera en cada ciclo de un año, y finalmente dos gráficas: una del ahorro acumulado y otra muy visual donde se visualiza en que año se amortizará la instalación.

En ambas instalaciones supondremos como nula la subvención para la bonificación del IBI. Por esta razón, se marcarán en rojo, con un valor de 0, para no intervenir en el cálculo de la amortización y que sea puramente del presupuesto del proyecto que debería pagar el cliente.

También, se fijará un precio medio de la energía de 0,15 €/kWh. Este precio podría variar dependiendo como se encuentre el mercado pero puede representar una media más que probable en años anteriores y posteriores a la gran subida del precio de la luz del año 2023.

7.1 ESTUDIO AMORTIZACIÓN INSTALACIÓN INVERSOR CENTRAL

Estos son los valores que se toman para el cálculo de la amortización en el caso del inversor central. Todos los valores han sido calculados anteriormente en los diferentes apartados del proyecto.

Precio instalación [€]	46734,3
Potencia [Wp]	50000
Consumo [kWh]	80000
Precio Energía [€/kWh]	0,15
Incremento € de la electricidad	0,02
Pago de excedentes [€/kWh]	0,05
Producción estimada [kWh]	72116
Importe IBI [€]	0
Subvención IBI [€]	0
Años de subvención	0

Ilustración 13 Resumen amortización inversor central

Una vez se tienen fijados los valores, se calcula el coste de la energía anualmente, y con eso sacamos el punto exacto donde el proyecto esté dando beneficio al cliente.

Año	Coste Energía	Amortización	Descuento IBI	Excedentes
1	12.000,00 €	-38.088,50 €	0,00 €	1.085,80 €
2	12.240,00 €	-29.291,50 €	0,00 €	1.085,80 €
3	12.484,80 €	-20.340,28 €	0,00 €	1.085,80 €
4	12.734,50 €	-11.231,74 €	0,00 €	1.085,80 €
5	12.989,19 €	-1.962,76 €	0,00 €	1.085,80 €
6	13.248,97 €	7.469,89 €	0,00 €	1.085,80 €
7	13.513,95 €	17.069,48 €	0,00 €	1.085,80 €
8	13.784,23 €	26.839,35 €	0,00 €	1.085,80 €
9	14.059,91 €	36.782,89 €	0,00 €	1.085,80 €
10	14.341,11 €	46.903,59 €	0,00 €	1.085,80 €
11	14.627,93 €	57.204,99 €	0,00 €	1.085,80 €
12	14.920,49 €	67.690,70 €	0,00 €	1.085,80 €
13	15.218,90 €	78.364,41 €	0,00 €	1.085,80 €
14	15.523,28 €	89.229,87 €	0,00 €	1.085,80 €
15	15.833,75 €	100.290,93 €	0,00 €	1.085,80 €
16	16.150,42 €	111.551,50 €	0,00 €	1.085,80 €
17	16.473,43 €	123.015,56 €	0,00 €	1.085,80 €
18	16.802,90 €	134.687,18 €	0,00 €	1.085,80 €
19	17.138,95 €	146.570,52 €	0,00 €	1.085,80 €
20	17.481,73 €	158.669,82 €	0,00 €	1.085,80 €
21	17.831,37 €	170.989,38 €	0,00 €	1.085,80 €
22	18.188,00 €	183.533,62 €	0,00 €	1.085,80 €
23	18.551,76 €	196.307,02 €	0,00 €	1.085,80 €
24	18.922,79 €	209.314,18 €	0,00 €	1.085,80 €
25	19.301,25 €	222.559,77 €	0,00 €	1.085,80 €

Tabla 15 Amortización por años inversor central

La representación gráfica lineal de lo calculado en "*Ilustración 14 Gráfico lineal amortización inversor central*" más la "*Ilustración 15 Ahorro acumulado inversor central*" anual nos dará una idea de cuando nos ahorraremos año a año y el beneficio final que podemos llegar a tener con la instalación de autoconsumo.

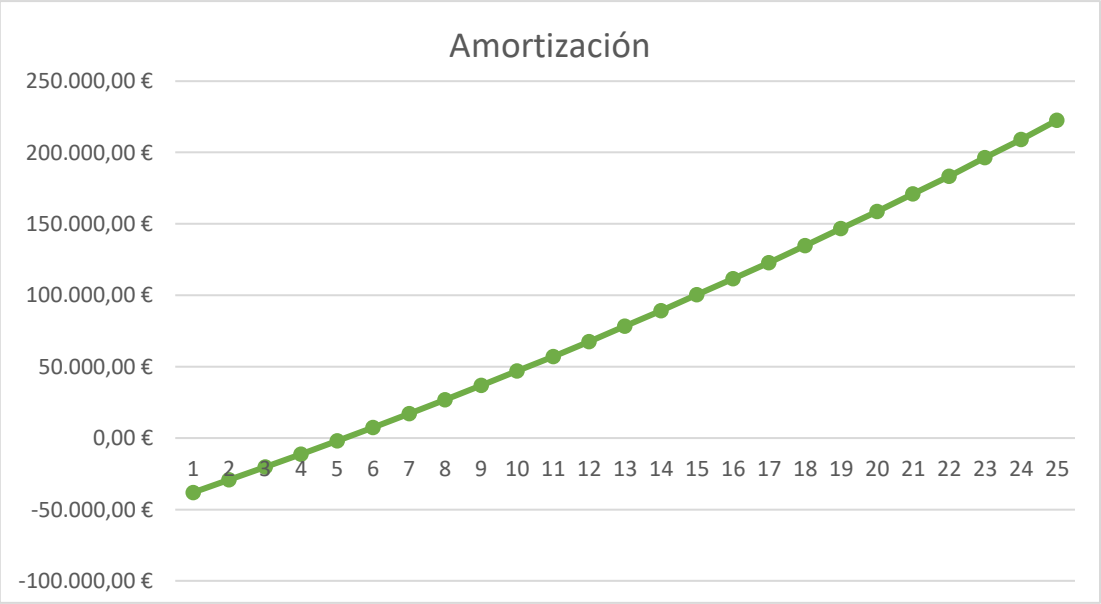


Ilustración 14 Gráfico lineal amortización inversor central

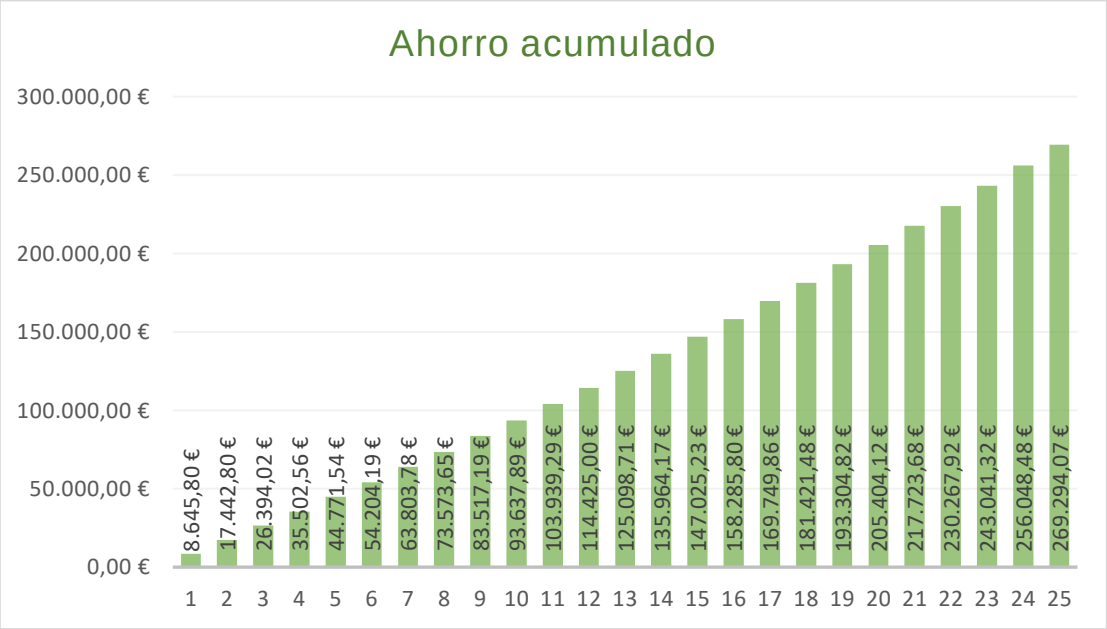


Ilustración 15 Ahorro acumulado inversor central

Como conclusión en el área de amortización, se observa que la instalación se amortizará a partir del primer trimestre del año 5.

Como consecuencia, es un periodo de retorno muy apetecible para hacer la inversión.

7.2 ESTUDIO AMORTIZACIÓN INSTALACIÓN CON MICROINVERSORES

Se repetirá el proceso de la misma forma que en el caso de la instalación con inversor central.

Con esto se podrá hacer la comparación en este apartado que es uno de los más primordiales e importantes a la hora de escoger un tipo de instalación.

Precio instalación [€]	45649,29
Potencia [Wp]	50000
Consumo [kWh]	80000
Precio Energía [€/kWh]	0,15
Incremento € de la electricidad	0,02
Pago de excedentes [€/kWh]	0,05
Producción estimada [kWh]	75812
Importe IBI [€]	0
Subvención IBI [€]	0
Años de subvención	0

Ilustración 16 Resumen amortización microinversores

Año	Coste Energía	Amortización	Descuento IBI	Excedentes
1	12.000,00 €	-36.551,49 €	0,00 €	1.137,00 €
2	12.240,00 €	-27.294,47 €	0,00 €	1.137,00 €
3	12.484,80 €	-17.875,06 €	0,00 €	1.137,00 €
4	12.734,50 €	-8.289,99 €	0,00 €	1.137,00 €
5	12.989,19 €	1.464,03 €	0,00 €	1.137,00 €
6	13.248,97 €	11.390,40 €	0,00 €	1.137,00 €
7	13.513,95 €	21.492,55 €	0,00 €	1.137,00 €
8	13.784,23 €	31.774,01 €	0,00 €	1.137,00 €
9	14.059,91 €	42.238,36 €	0,00 €	1.137,00 €
10	14.341,11 €	52.889,25 €	0,00 €	1.137,00 €
11	14.627,93 €	63.730,42 €	0,00 €	1.137,00 €
12	14.920,49 €	74.765,67 €	0,00 €	1.137,00 €
13	15.218,90 €	85.998,89 €	0,00 €	1.137,00 €
14	15.523,28 €	97.434,04 €	0,00 €	1.137,00 €
15	15.833,75 €	109.075,14 €	0,00 €	1.137,00 €
16	16.150,42 €	120.926,33 €	0,00 €	1.137,00 €
17	16.473,43 €	132.991,80 €	0,00 €	1.137,00 €

18	16.802,90 €	145.275,85 €	0,00 €	1.137,00 €
19	17.138,95 €	157.782,83 €	0,00 €	1.137,00 €
20	17.481,73 €	170.517,21 €	0,00 €	1.137,00 €
21	17.831,37 €	183.483,54 €	0,00 €	1.137,00 €
22	18.188,00 €	196.686,46 €	0,00 €	1.137,00 €
23	18.551,76 €	210.130,69 €	0,00 €	1.137,00 €
24	18.922,79 €	223.821,07 €	0,00 €	1.137,00 €
25	19.301,25 €	237.762,52 €	0,00 €	1.137,00 €

Tabla 16 Amortización por años microinversores

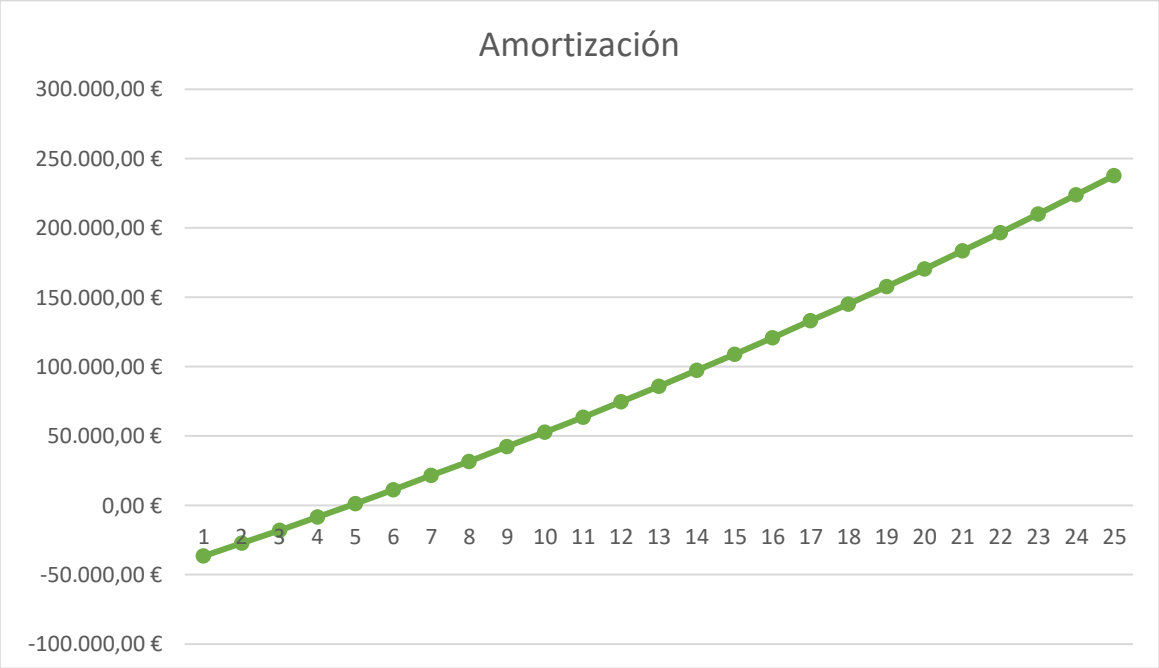


Ilustración 17 Gráfico lineal amortización microinversores

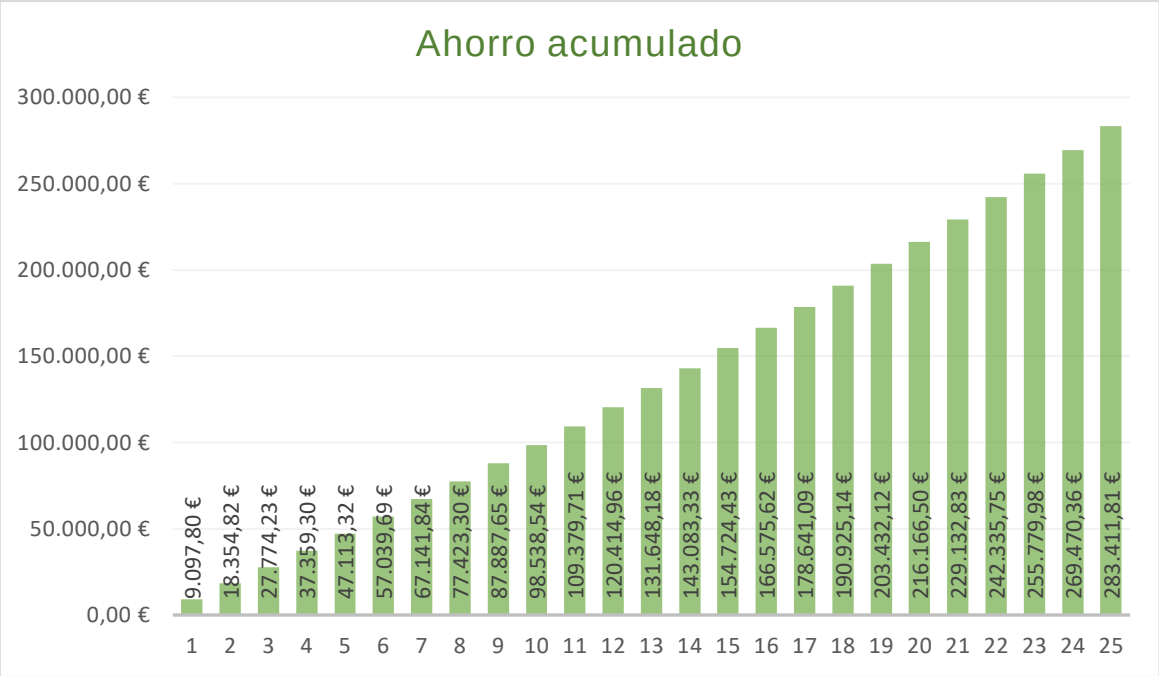


Ilustración 18 Ahorro acumulado microinversores

En nuestro caso de estudio, se observa que en el caso de los microinversores la inversión se recupera antes de que empiece el quinto año en funcionamiento. Esto se debe a que en nuestro caso, al no ser una instalación de gran tamaño, y la utilización de microinversores trifásicos, ahorramos gran cantidad de cableado AC que nos haría aumentar el precio de la instalación.

8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE INVERSOR CENTRAL Y MICROINVERSORES

El uso de microinversores u optimizadores de potencia en el caso del inversor central, parecería ser realmente competitivo a la hora de escoger un sistema para la instalación de un sistema solar fotovoltaico. Ambos sistemas tienen las mismas ventajas en cuanto a maximizar la energía producida a nivel de módulo, hacer más segura la instalación disminuyendo el riesgo de incendio, permitiendo la monitorización individual de módulos, y reduciendo por lo tanto las pérdidas por mismatch del sistema.

La diferencia crucial entre ambos sistemas es que con optimizadores, el inversor central o de cadena no puede sustituirse, mientras que con microinversores, la conversión DC/AC se realiza en el mismo módulo.

La cuestión a solucionar es cuál de las dos tecnologías de estudio, microinversores u otro sistema convencional de conversión de energía en una instalación fotovoltaica, es la más viable para la instalación que quiera realizar el cliente.

Por lo tanto, el tipo de inversor solar a escoger depende del tipo de montaje seleccionado y el tamaño de la instalación donde se dispondrán los paneles, además de los objetos de sombreado que estarán presentes (y la frecuencia con la que esta sombra afectará a los paneles), la cantidad de energía necesaria para cubrir el consumo del cliente, y no menos importante, el presupuesto disponible.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
INVERSOR CENTRAL CON OPTIMIZADORES	• Sombreado no afecta el rendimiento de su string y del sistema en global • Disminución de pérdidas por mismatch • Posibilidad de monitorización individual de los paneles • Menos costosos que los microinversores • Garantías más duraderas • Alargo vida útil de la instalación • En caso de falla, reducción de la tensión de salida a valores de 1V. • Facilidad al encontrar errores	• No convierten energía, únicamente mejoran la producción • Aumenta el coste inicial • No es necesario si todos los paneles están orientados en la misma dirección o no hay existencia de sombras • Necesidad de mayor cableado • Mantenimiento más largo al requerir revisión de los optimizadores que se encuentran bajo los paneles.

Tabla 17 Ventajas y desventajas inversor central con optimizadores

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
INVERSOR CENTRAL SIN OPTIMIZADORES	• Menor coste de inversión inicial • Buen funcionamiento sin sombras • Preferible en instalaciones fotovoltaicas de gran escala	• La producción total de la instalación disminuye si un panel es dañado o sombreado • No es óptimo si los paneles están orientados en direcciones diferentes • Para mejorar la producción puede requerir una ampliación de un segundo inversor central • Nos es viable en instalaciones muy pequeñas • Más inseguros en caso de incendia o posibles fallas • Gran dificultad en encontrar problemas de producción al no tener monitorización por panel.

Tabla 18 Ventajas y desventajas inversor central sin optimizadores

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MICROINVERSORES	• El rendimiento global del sistema no es afectado por sombras o por distintas orientaciones • Disminución de pérdidas por mismatch • Posibilidad de monitorización individual de los paneles • Fácilmente en el caso de ampliación de la instalación • Posible en plantas de cualquier tamaño • Pueden trabajar con potencias picos muy bajas • Garantías y vida útil grandes • Mantenimiento más sencillos al localizar fácilmente las fallas • Más seguro en caso de incendio: la intensidad recibida es la corriente nominal del panel	• Alto coste inicial comparado con cualquier otra tecnología • No es necesario en el caso de misma orientación o sombras • En instalaciones grandes, no es competitivo por la cantidad de cable AC necesario hasta la inyección en el cuadro del cliente • Se encuentran expuestos a temperaturas más extremas a consecuencia de estar ubicados en el tejado bajo el mismo panel

Tabla 19 Ventajas y desventajas microinversores

8.1 GRÁFICA RESUMEN VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Se hará la comparativa con microinversores y se unirá la idea de con o sin optimizadores en el caso del inversor central.

La " Tabla 20 *Comparativa gráfica tecnologías*" reflejará los datos según el estudio realizado en nuestro proyecto. Hay que tener en cuenta que depende el fabricante algunos valores como las garantías pueden cambiar pero el valor que salga es una buena referencia a tener en cuenta.

Se usará una leyenda de colores de más a menos; verde mejor opción, naranja equilibrado, rojo el peor de los casos.

TECNOLOGÍA DE INSTALACIÓN	INVERSOR CENTRAL CON OPTIMIZADORES	INVERSOR CENTRAL SIN OPTIMIZADORES	MICROINVERSORES
Garantías			
Vida útil			
Precio			
Mantenimiento			
Seguridad			
Variedad de paneles			
Ampliación de la instalación			

Sombras			
Eficiencia			
Amortización			

Tabla 20 Comparativa gráfica tecnologías

9 CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo consistió en estudiar el modo de funcionamiento de dos tecnologías de conversión de energía, para saber hoy en día, cuál de ellas puede ser la mejor alternativa frente a otras tecnologías en un sistema fotovoltaico. La hipótesis planteada, es si los microinversores son la opción más segura, rentable y eficiente en comparación con los inversores centrales que se empezaron a usar desde el inicio del desarrollo de esta tecnología. A partir de esta investigación, se concluye que la decisión de utilizar microinversores o inversor central sigue siendo ambigua, y depende de muchos factores.

- El uso de microinversores hoy en día parece ser factible para instalaciones fotovoltaicas de escala reducida, es decir, aquellas destinadas a residencial en las que la potencia es más bien baja, ya que el coste de los microinversores supera el coste total de una instalación con inversor solar común cuando la instalación es de mayor envergadura. En nuestro estudio, podemos hacer competitivo el precio de los microinversores al ser un tipo de microinversor que tiene 6 entradas. Eso hace bajar el coste total a diferencia de la tecnología de microinversor por panel.

- En instalaciones donde existan sombras, desniveles e inclinaciones diferentes y sean de una envergadura media/baja, se recomienda el uso de microinversores por su alta eficiencia en términos de producción debido a su porcentaje de casi el cien por cien en eficiencia por MPPT. También habría que tener en cuenta, que en el caso del inversor central, un mismo string es recomendable que tenga la misma orientación en toda su cadena para que la producción no disminuya, mientras que en el caso de los microinversores podemos mezclar orientaciones e inclinaciones y cada uno de ellos se centrará en conseguir su punto de máxima potencia sin importar el microinversor que tiene conectado en serie junto a él en su circuito.

- En instalaciones de gran escala, donde se puedan usar varias cubiertas colindantes y cuyas distancias entre los microinversores y el cuadro o punto de conexión son grandes, no se recomienda el uso de microinversores ya que necesitaríamos una gran cantidad de cable de alterna y esto significaría una caída de tensión elevada y por ende, implicaría tener que aumentar la sección del cable subiendo el precio final de la instalación.

- En caso de ampliar el sistema para cubrir las necesidades futuras de la instalación, es más barato y sencillo el uso de microinversores. Se pueden agregar fácilmente al sistema sin la necesidad de instalar inversores centrales adicionales. Únicamente sería necesario acoplarlos a los circuitos ya existentes o en su defecto crear un circuito nuevo y llevarlo hasta la caja estanca de cambio de sección. Si no existiera esto último, bajaríamos por la bajante ya existente hasta el magnetotérmico que tenga que proteger el circuito.

- En términos de seguridad, usando los optimizadores SolarEdge como en nuestro caso de estudio, la tensión de salida CC se reduce automáticamente a 1V por optimizador cuando el inversor está apagado o el optimizador de potencia está desconectado del inversor. Esto hace poder trabajar con tensiones muy bajas y por lo tanto seguras en momentos donde se tenga que hacer alguna actuación de manipulación en alguno de los strings.

- Por lo que hace el mantenimiento de las instalaciones, es esencial tener elementos que ayuden a detectar errores en los paneles o en otros elementos de la planta. Para ello, la tecnología con microinversores y optimizadores nos muestran los datos en las aplicaciones de monitorización, donde obtenemos los datos esenciales de los paneles que están instalado. Eso hace detectar rápidamente el problema y no gastar tiempo de más haciendo pruebas en cada cadena de placas para finalmente conocer cuál de ellas no se está comportando como indica su especificación en la ficha técnica.

Como conclusión final después de analizar todos los matices, pros y contras, y tomando como ejemplo las dos instalaciones que se han diseñado y estudiado, podemos decir que una potencia de 50 kW se encuentra en el punto frontera entre la viabilidad económica y técnica, donde cualquiera de las dos tecnologías son válidas y tienen unas prestaciones muy parecidas. En caso de aumentar la potencia, la opción más viable seria utilizando inversores convencionales con optimizadores y bajando de esta potencia de aproximadamente 50 kW, el cliente tendrá que comparar que tecnología se adapta mejor a las necesidades de su cubierta.

10 REFERENCIAS

Anónimo. (2023). *EFC SOLAR*. Obtenido de https://www.efcsolar.com/blog/cuantos-dias-de-sol-al-ano-hay-en-cataluna/#:~:text=Barcelona%3A%20presenta%20una%20irradiaci%C3%B3n%20solar,horas%20de%20sol%20al%20a%C3%B1o.

Descuento Solar. (5 de Abril de 2023). Obtenido de https://descuentosolar.com/panel-solar-ja-solar-535-w-bifacial-double-glass-deep-blue-3-0-silver-frame-jam72d30-535-mb/

Electric, S. (18 de Mayo de 2023). *Schneider Electric.* Obtenido de https://www.se.com/es/es/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=schneider_sem_brand-&utm_id=7018V0000013oGXQAY&gclid=Cj0KCQjwnMWkBhDLARIsAHBOftrprN2SewnHetxCtsGp1CwlIAUrEQrQEmdv_PMRFbxrH8CgUFLID1YaArBYEALw_wcB

electrical-engineering-portal.com. (23 de Abril de 2023). *Sector Electricidad.* Obtenido de https://www.sectorelectricidad.com/13240/ventajas-de-la-transmision-en-alta-tension-dc-sobre-ac/

ENDESA. (2014). *GUÍA VADEMECUM PARA INSTALACIONES DE ENLACE DE BAJA TENSIÓN*. Obtenido de https://www.edistribucion.com/content/dam/edistribucion/conoce_ede/Gu%C3%ADa_Vadem%C3%A9cum-castellano_V16.pdf

ENF. (5 de Mayo de 2023). Obtenido de https://www.enfsolar.com/pv/inverter-datasheet/13490

Mateo, J. (s.f.). *Powen.* Obtenido de https://powen.es/dimensionar-instalacion-fotovoltaica/

MiKitSolar. (10 de junio de 2023). *miKitsolar*. Obtenido de https://www.mikitsolar.es/blog/inversor-central-o-microinversor-cual-elegir-n265

Reglamento electrotécnico para baja tensión 7ª edición. (2021). Marcombo.

SOLARAMA. (10 de Junio de 2023). *SOLARAMA*. Obtenido de https://solarama.mx/blog/diferencia-entre-inversor-y-microinversor/

SolarEdge. (2023). *SolarEdge Technolgies*. Obtenido de https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-three-phase-inverter-extended-power-datasheet-sp-row.pdf

SolarEdge. (2023). *SolarEdge Technologies*. Obtenido de https://knowledge-center.solaredge.com/sites/kc/files/se-p-series-commercial-add-on-power-optimizer-datasheet-sp-row.pdf

SotySolar. (2 de Junio de 2023). Obtenido de https://sotysolar.es/blog/microinversores-vs-inversores#:~:text=La%20principal%20diferencia%20entre%20un,por%20cada%20panel%20solar%20individualmente.

Vasco, U. d. (21 de Junio de 2023). *SINC.* Obtenido de https://www.agenciasinc.es/Noticias/La-corriente-continua-otra-opcion-para-mejorar-el-transporte-de-la-electricidad

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Estudio comparativo de una instalación fotovoltaica de 50 kWp utilizando la tecnología de inversor central contra microinversores.

Documento:

Anexos

Autor/Autora:

Oriol Israel Fajardo

Director/Directora - Codirector/Codirectora:

Jaume Saura Perisé

Titulación:

Grado en ingeniería eléctrica

Convocatoria:

Primavera

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

ANEXOS

PRESUPUESTOS COMPLETOS

MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	PARTIDA	LONGITUD/UNIDADES	UNIDADES MEDIDAS	UNIDADES NECESARIAS	COSTE UNITARIO	SUBTOTAL
MODULOS							
JA SOLAR 535W BIFACIAL DOUBLE GLASS DEEP BLUE 3.0	JA SOLAR 535W	MÓDULOS		92	92	155	14.260,00 €
INVERSORES							
SOLAREDGE SE25K/ MC4 DC SAFETY SWITCH AC&DC SCHEIDING	INVERSOR SOLAREDGE 25kW	INVERSORES		2	2	1500,54	3.001,08 €
Solar Edge P1100-4RM4MBT	Optimizador P1100 SOLAREDGE PARA DOS MÓDULOS FV	INVERSORES		46	46	51,25	2.357,50 €
ESTRUCTURA							
ESTRUCTURA NOVOTEGRA SEGÚN PRESUPUESTO	ESTRUCTURA NOVOTEGRA SEGÚN PRESUPUESTO	ESTRUCTURA FV		1	1	840,93	840,93 €
Carril C perforado 2m 21x11x10	ESTRUCTURA PARA FIJACIÓN DE OPTIMIZADORES	ESTRUCTURA FV		8	8	9,045	72,36 €
TORNILLERIA							
Tornillo allen DIN 912 M8x20 INOX	Tornillo para los otpimizadores	TORNILLERÍA		46	70	0,2148	15,04 €
Tuercas Biselada DIN 6923 M8 INOX	Tuercas para los optimizadores	TORNILLERÍA		70	120	0,0315	3,78 €
Arandela DIN9021 INOX M8 (Ala ancha)	Arandelas para los optimizadores	TORNILLERÍA		140	240	0,0167	4,01 €

Tornillos CABEZA MARTILLO M8	Tornillos para los optimizadores	TORNILLERÍA		46	70	0,255	17,85 €
Tacos FX de M10x50mm	Tacos de hormigón para inversores	TORNILLERÍA		8	20	0,1707	3,41 €
TORNILLO BARRAQUERO 8x50 DIN571 R/LIMA C/EXA INOX	Tornillos para los inversores	TORNILLERÍA		8	20	0,4151	8,30 €
Tornillo hexagonal M10 25mm INOX	Tornillos para terminal redondo	TORNILLERÍA		34	54	0,179	9,67 €
Tuerca Biselada DIN 6923 M10	Tuerca para Terminal redondo	TORNILLERÍA		34	54	0,137	7,40 €
Arandela grower M10 INOX	Arandela grower para Terminal redondo	TORNILLERÍA		34	54	0,066	3,56 €
Arandela M10 INOX	Arandela para Terminal redondo	TORNILLERÍA		68	108	0,107	11,56 €
Tornillo hexagonal M6 20mm INOX	Tornillos para terminal redondo	TORNILLERÍA		120	140	0,067	9,38 €
Tuerca M6 hexagonal INOX	Tuerca para Terminal redondo	TORNILLERÍA		120	140	0,036	5,04 €
Arandela M6 INOX ALA ANCHA	Arandela para Terminal redondo	TORNILLERÍA		240	280	0,027	7,56 €
Roscachapa EJOT JF3-2-5,5x0,25E16	Roscachapa para fijación canales y varios	TORNILLERÍA		90	150	0,227	34,05 €
TACO FX 6	Tacos para fijación canales y varios	TORNILLERÍA		100	150	0,021	3,15 €
TORNIGRAP Nº37 DE 4,8X32 CABEZA ALOMADA INOX	Tornillo para fijación canales y varios	TORNILLERÍA		100	150	0,056	8,40 €
TACO-BRIDA 8mmx100pcs	Tornillo para fijación canales y varios	TORNILLERÍA		15	30	2,115	63,45 €
CABLEADO DC							
Cable solar PV1-F color NEGRO Sección 4mm2		CABLEADO DC	295	295	295	0,343	101,19 €

Cable solar PV1-F color ROJO Sección 4mm2		CABLEADO DC	336	336	336	0,431	144,82 €
CONECTOR MULTICONTACT PV-KBT4/6II UR (hembra)		CABLEADO DC		48	48	0,952	45,70 €
CONECTOR MULTICONTACT PV-KST4/6II UR (macho)		CABLEADO DC		64	64	0,661	42,30 €
BRIDA NYLON 4,8X300		CABLEADO DC		400	400	0,047	18,80 €
CABLEADO AC							
Cable Cu RZ1-K 0,6/1KV CPR 5G10	Cable multipolar de cobre de 10mm2 (INVERSORES A SUBCUADRO FV)	CABLEADO AC	10	10	10	9,583	95,83 €
Cable Cu RZ1-K 5G25 0,6/1kV	Cable multipolar de cobre de 25mm2 (SUBCUADRO FV A CGBT)	CABLEADO AC	10	10	10	9,583	95,83 €
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM AZUL	Cablecillo de 2,5 para interconectar monitorización, sobretensiones…	CABLEADO AC	5	5	5	0,277	1,39 €
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM NEGRO	Cablecillo de 2,5 para interconectar monitorización, sobretensiones…	CABLEADO AC	5	5	5	0,295	1,48 €
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM GRIS	Cablecillo de 2,5 para interconectar monitorización, sobretensiones…	CABLEADO AC	5	5	5	0,295	1,48 €
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM MARRÓN	Cablecillo de 2,5 para interconectar monitorización, sobretensiones…	CABLEADO AC	5	5	5	0,277	1,39 €
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM AV	Cablecillo de 2,5 para interconectar monitorización, sobretensiones…	CABLEADO AC	5	5	5	0,295	1,48 €

PUNTERA HUECA ASILADA 10MM	Punteras para cable de 10	CABLEADO AC		30	30	0,223	6,69 €
TERMINAL COBRE T10/10	Terminal de cobre para cable de 10, M10	CABLEADO AC		20	20	0,223	4,46 €
PUNTERA HUECA ASILADA 25MM	Punteras para cable de 25	CABLEADO AC		30	40	0,223	8,92 €
TERMINAL COBRE T-25/10	Terminal de cobre para cable de 25, M10	CABLEADO AC		10	14	0,223	3,12 €
Terminal Cu T-6 Redondo/Anilla 6mm Preaislado	Terminal de anilla para tierras	CABLEADO AC		30	30	0,147486	4,42 €
Terminal Cu T-2,5 Puntera hueca aislada	Punteras para cablecillos de 2,5	CABLEADO AC		70	70	0,019	1,33 €
Terminal Cu T-2,5 de anilla/redondo aislado M6	Punteras para cablecillos de 2,5	CABLEADO AC		70	90	0,047	4,23 €
Termoretráctil 19/6mm NEGRO	Termoretráctil para terminal anilla	CABLEADO AC	1	1	1	1,938	1,94 €
TERMORRECTRACTIL 4/1 30/8 1M	Termoretráctil para terminal anilla	CABLEADO AC	1	1	1	6,8125	6,81 €
CINTA AISLANTE 20M X 19MM NEGRA	Señalizadores	CABLEADO AC	1	1	1	0,825	0,83 €
CINTA AISLANTE 20M X 19MM AZUL	Señalizadores	CABLEADO AC	1	1	1	0,831	0,83 €
CINTA AISLANTE 20M X 19MM AMARILLA	Señalizadores	CABLEADO AC	1	1	1	1,059	1,06 €
CINTA AISLANTE 20M X 19MM GRIS	Señalizadores	CABLEADO AC	1	1	1	0,825	0,83 €
CINTA AISLANTE 20M X 19MM MARRON	Señalizadores	CABLEADO AC	1	1	1	0,823	0,82 €
CANALIZACIONES							
REJIBAND 100X35 C8	Canalización cableado exterior	CANALIZACIONES	86	86	90	2,743	246,87 €

INDUCANAL 35x100 GC BANDEJA CIEGA	Canalización cableado bajantes BANDEJA CIEGA	CANALIZACIONES	20	20	24	7,12	170,88 €
TAPA TERE RECTA GC 100	Tapa para canalización exterior	CANALIZACIONES	86	86	90	4,731	425,79 €
Unión Reforzada C8, referencia 64080061	Unión tramos rejibands	CANALIZACIONES		60	60	0,69	41,40 €
SUSPENSION CENTRAL C8 M8/M10	Fijación rejiband a cubierta	CANALIZACIONES		90	90	0,672	60,48 €
Tubo LG-PA de PEMSA DN23 NEGRO	TUBO PARA CABLE CC INTERIOR Y TIERRAS	CANALIZACIONES	60	60	80	1,94	155,20 €
Tubo corrugado gris libre-halógenos CHF NOM.32	TUBO PARA CABLE DC INTERIOR	CANALIZACIONES	25	25	25	1,07	26,75 €
Tubo ultra tp-iii ignifugo 50mm	TUBO PARA CABLE AC INTERIOR (manguera 5G25)	CANALIZACIONES	20	20	20	1,5	30,00 €
ABRAZADERAS PVC GRIS 26-32G	fijación de tubo corrugado a pared	CANALIZACIONES	20	20	20	1,94	38,80 €
CUADROS							
CUADRO DC 25A 5E/S	CUADRO DC	CUADROS		1	1	650	650,00 €
MAGNETOTÉRMICO 4P 80A TIPO C	MAGNETOTÉRMICO PARA CGBT	CUADROS		1	1	750	750,00 €
DIFERENCIAL 100A 4P TIPO A SI	DIFERENCIAL PARA CGBT	CUADROS		1	1	290	290,00 €
MAGNETOTÉRMICO 4P 10A		CUADROS		1	1	35,1	35,10 €
CUADRO AC	CUADRO AC completo	CUADROS		1	1	1200	1.200,00 €
Prensaestopa M16	Prensa para canal	CUADROS		34	52	0,423	22,00 €
Contratuerca M16	Prensa para canal	CUADROS		34	52	0,064	3,33 €
Prensaestopa M40 CAP TOP 2000 PA	Prensa para canal	CUADROS		1	4	0,5	2,00 €

GRIS OSCURO							
Contratuerca PA M40	Prensa para canal	CUADROS		1	4	0,415	1,66 €
PRENSAESTOPAS M32 GRIS	Prensa para cable 95mm2 en canal	CUADROS		4	8	0,622	4,98 €
CONTRATUERCA GRIS OSCURO PA M32	Contratuerca para cable 95mm2 en canal	CUADROS		4	8	0,2264	1,81 €
TIERRAS							
Cable CU Desnudo 16mm	Cable CU Desnudo 16mm	TIERRAS	134	120	136	1,081	147,02 €
Borne sigma 35	Borne sigma para derivación tierra	TIERRAS		15	15	3,019	45,29 €
Cable VERDE/AMARILLO 6mm	Cable para tierra y derivaciones	TIERRAS	40	40	50	0,59	29,50 €
MONITORIZACION							
CONECTOR MACHO RJ45 STP CAT6		MONITORIZACIÓN		4	8	0,892	7,14 €
ML CABLE DATOS UTP 4P CAT-6 PVC		MONITORIZACIÓN	30	30	30	0,551	16,53 €
KOMMDATA LATIGUILLO LSHZ RJ45 2M 6UTP	Latiguillo cable de datos	MONITORIZACIÓN	1	1	1	6,64	6,64 €
SOLAREDGE Transformador de corriente 100A	Transformador para medición	MONITORIZACIÓN			3	35	105,00 €
Solaredge Energy Modbus Meter (SE-WND-3Y400-MB-K2)	Analizador de red para lectura de consumos	MONITORIZACIÓN			1	275	275,00 €
Tubo corrugado 25mm	Tubo para cable UTP	MONITORIZACIÓN	100	10	10	1,53	15,30 €
SEGURIDAD Y RESIDUOS							

Seguridad y Salud - Coordinación		SEGURIDAD Y RESIDUOS		1	1	0	0,00 €
Línea de vida PREVILINE		SEGURIDAD Y RESIDUOS		0	0	0	0,00 €
Gestión de Residuos		SEGURIDAD Y RESIDUOS			1	0	0,00 €
Sistemas de seguridad - TRAMEX		SEGURIDAD Y RESIDUOS			1	1500	1.500,00 €
DESCARGA							
Transporte material a obra y retorno		DESCARGA		1	1	200	200,00 €
Plataforma elevadora		DESCARGA		0	0	0	0,00 €
Extras y varios: extra grúa		DESCARGA		1	1	600	600,00 €
MONTAJE							0,00 €
Coste horas		MONTAJE					1.500,00 €
Coste dietas		MONTAJE					0,00 €
Coste pernoctas		MONTAJE					0,00 €
DESPLAZAMIENTO Y ESTANCIA							
Desplazamientos diarios Operarios a obra		DESPLAZAMIENTOS Y ESTANCIA	0	0	0	0,3	500,00 €
INGENIERIA							
Diseño y documentación en oficina		INGENIERÍA					500,00 €
Gastos gasolina		INGENIERÍA		1	50	1	0,00 €
TASAS							
Tramitación Licencia de Obra		TASAS		No implica	0	0	0,00 €
ICIO del Ayuntamiento Obra		TASAS		No implica	0	0	0,00 €
						PEM	26.149,87 €
						TOTAL	30.949,87 €

MATERIAL	DES-CRIP-CIÓN MA-TERIAL	PARTIDA	LONGI-TUD	UNIDA-DES MEDI-DAS	UNIDA-DES NECE-SA-RIAS	COSTE UNITA-RIO	SUBTO-TAL
JA SOLAR 535W BIFA-CIAL DOU-BLE GLASS DEEP BLUE 3.0	Paneles instala-ción	MÓDU-LOS		92	92	155	14260
Microinverso-res HMS-900	Inversor instala-ción	INVER-SORES			0	170	0
Microinverso-res HMT-2250	Inversor instala-ción	INVER-SORES			23	250	5750
Estructura co-planar con mini railes (set completo NOVOTE-GRA)	Pack NO-VOTE-GRA	ESTRUC-TURA FV		1	1	840,93	840,93
Carril C per-forado 2m 21x11x10	Estructura para fija-ción de microin-versores	ESTRUC-TURA FV			5	9,05	45,25
Tuercas Bise-lada DIN 6923 M8 INOX	Tuercas para los microin-versores	TORNI-LLERÍA		80	100	0,09	9
Arandela DIN9021 INOX M8 (Ala ancha)	Arandelas para los microin-versores	TORNI-LLERÍA		80	100	0,06	6
Tuerca hexa-gonal M6		TORNI-LLERÍA			280	0,14	39,2
Taco FX6	Taco para tornigrap	TORNI-LLERÍA			250	0,02	5

Tornigrap Nº 37	Tornillo para las grapas	TORNI-LLERÍA			250	0,1	25
Tornillo hexa-gonal M6 20mm INOX	Tornillos para ter-minal re-dondo	TORNI-LLERÍA		250	250	0,07	17,5
Arandela plana DIN125 M6 INOX	Arandela para Ter-minal re-dondo	TORNI-LLERÍA		250	250	0,03	7,5
Roscachapa EJOT JF3-2-5,5x0,25E16	Rosca-chapa para fija-ción de tierra nos puede servir	TORNI-LLERÍA		90	90	0,15	13,5
CABLE RZ1-K 1kV CPR 5G10 VD	Cable multipolar de cobre de 10mm2 salida caja es-tanca	CA-BLEADO AC		50	50	6,6	330
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM AZUL	Cablecillo de 2,5 para inter-conectar monitori-zación, sobreten-siones…	CA-BLEADO AC	20	20	20	0,29	5,8
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM NEGRO	Cablecillo de 2,5 para inter-conectar monitori-zación, sobreten-siones…	CA-BLEADO AC	20	20	20	0,26	5,2
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM GRIS	Cablecillo de 2,5 para inter-conectar monitori-zación, sobreten-siones…	CA-BLEADO AC	20	20	20	0,29	5,8

CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM MARRÓN	Cablecillo de 2,5 para interconectar monitorización, sobretensiones…	CABLEADO AC	20	20	20	0,28	5,6
CABLE H07Z1-K AS 1 X 2,5MM AV	Cablecillo de 2,5 para interconectar monitorización, sobretensiones…	CABLEADO AC	10	10	10	0,29	2,9
CABLE H07Z1-K AS 1 X 6MM MARRÓN (manguera 3g6)	Cable para cada fase 1	CABLEADO AC	150	150	150	2,51	376,5
CABLE H07Z1-K AS 1 X 6MM NEGRO (manguera 3g6)	Cable para cada fase 2	CABLEADO AC	150	150	150	2,51	376,5
CABLE H07Z1-K AS 1 X6MM GRIS (manguera 3g6)	Cable para cada fase 3	CABLEADO AC	150	150	150	2,51	376,5
PUNTERA HUECA AISLADA 10MM, MARRÓN	Puntera hueca aislada para cable de 10	CABLEADO AC	30	30	40	0,03	1,2

PUNTERA HUECA AISLADA 6MM, VERDE	Puntera hueca aislada para cable de 6	CABLEADO AC		20	20	0,03	0,6
CINTA AISLANTE 20M X 19MM NEGRA	Señalizadores	CABLEADO AC	1	1	1	0,89	0,89
CINTA AISLANTE 20M X 19MM AZUL		CABLEADO AC	1	1	1	0,83	0,83
CINTA AISLANTE 20M X 19MM AMARILLA		CABLEADO AC	1	1	1	0,9	0,9
CINTA AISLANTE 20M X 19MM GRIS		CABLEADO AC	1	1	1	0,82	0,82
CINTA AISLANTE 20M X 19MM MARRON		CABLEADO AC	1	1	1	0,82	0,82
K-NOT + CABLE	Conexión entre micros y salida de fase	CABLEADO AC	16	16	16	27,1	433,6
3P-AC Trunk End Cap	tapon final tomas no utilizadas	CABLEADO AC		9	9	2	18

Cartucho de poliureta ms 300 ml gris	Sika	OBRA CIVIL			4	4,69	18,76
Espuma expansiva poliuretano	Espuma para pasamuros	OBRA CIVIL	1	1	1	3,28	3,28
Tubo Rígido gris enchufable 32mm libre de halógenos	Tubo fergon 32 para exterior	CANALIZACIONES		150	150	3,45	517,5
MANGUITO GRIS ENCHUFABLE LIBRE DE HALOGENOS 32MM	Pieza de union de los tubos	CANALIZACIONES		10	10	0,21	2,1
Tubo Rígido gris enchufable 40mm libre de halógenos	Tubo fergon 40 para exterior	CANALIZACIONES			60	4,79	287,4
MANGUITO GRIS ENCHUFABLE LIBRE DE HALOGENOS 40MM	Pieza de union de los tubos	CANALIZACIONES			5	0,9	4,5
Corrugado gris 32 resistente al sol (PEMSA)		CANALIZACIONES			250	1,652	413
Curva flexible M-32	Curva felixble	CANALIZACIONES		5	15	4,99	74,85
Curva flexible M-40		CANALIZACIONES			2	7,48	14,96
Abrazaderas PVC gris 26-32 mm	Abrazaderas para tubo de 32G	CANALIZACIONES			20	0,87	17,4

ABRAZA-DERA PVC GRIS 35-40MM	Abrazade-ras para tubo de 40G	CANALI-ZACIO-NES			20	1,35	27
INTER MAG-NETOTER-MICO iK60N 4P 80A C	Magneto-térmico	CUA-DROS		1	1	80	80
INTERRUP-TOR DIFE-RENCIAL, 300MA, 3P+N X 100A, CLASE A	Diferen-cial	CUA-DROS		1	1	130	130
SOBRETEN-SIONES TRANSITO-RIAS TIPO1+2	Sobreten-siones	CUA-DROS		1	1	136,38	136,38
La caja es-tanca IP65 con barras de conexión	Caja de empalmes	CUA-DROS		1	1	150	150
CAJA DIST. SUPERFICIE 12 MÓDU-LOS	Cuadro	CUA-DROS		1	1	8,25	8,25
Bornera para cambio de seccion		CUA-DROS			1	50	50
Borne sigma 35	Borne sigma para deri-vación tie-rra	TIERRAS		10	10	3,02	30,2
Cable VERDE/AMA-RILLO 6mm	Cable para deri-vaciones	TIERRAS		50	50	0,59	29,5

Terminal de cobre T10/6		TIERRAS			10	0,19	1,9
Terminal Cu T-6 Redondo/Anilla 6mm Preaislado	Terminal de anilla para tierras	TIERRAS		30	15	0,1	1,5
DTU		MONITORIZACIÓN		1	1	131	131
ML CABLE DATOS UTP 4P CAT-6 PVC		MONITORIZACIÓN			10	0,55	5,5
METER CHINT TRIFÁSICO PROGRAMADO PARA HOYMILES		MONITORIZACIÓN			1	185	185
Seguridad y Salud - Coordinación		SEGURIDAD Y RESIDUOS		1	1	0	0
Gestión de Residuos		SEGURIDAD Y RESIDUOS			1	150	150
Sistemas de seguridad		SEGURIDAD Y RESIDUOS			1	1500	1500
Plataforma elevadora		DESCARGA		1	1	200	200
Extras y varios: extra grúa		DESCARGA		1	1	600	600

Coste horas		MON-TAJE					1500
Coste dietas		MON-TAJE					0
Desplaza-mientos dia-rios Opera-rios a obra		DESPLA-ZAMIEN-TOS Y ESTAN-CIA	0	0	0	0,2	500
Diseño y do-cumentación en oficina		INGENIE-RÍA	0				500
Gastos gaso-lina		INGENIE-RÍA	0	2	0	0,2	0
Tramitación Licencia de Obra		TASAS		No im-plica	0	1	0
ICIO del Ayuntamiento Obra		TASAS		No im-plica	0	1	0
Otras (sin es-pecificar)		TASAS			0	40	0
						PEM	25.090,82 €
						TOTAL	30.231,32 €

PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS

LEYENDA
CAMIÓN DE TRANSPORTE
CAMIÓN GRÚA
ZONAS PREVISTAS ACOPIO DE MATERIAL
NOTAS
El acceso de trabajadores a cubierta se realizará desde la terraza.
El material llegará a obra y se descargará en cubierta con grúa, en las zonas marcadas.
El cliente dispone de camión grúa, podemos hacer uso de ella tras notificar previamente.
INGENIERO
Oriol Israel Fajardo
DNI 49531889D
PROYECTO
PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp
PETICIONARIO: UPC
SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona
REFERENCIA
/
PLANO
DESCARGAS, RESIDUOS ACOPIO
ESCALA
S/E
FECHA
15/4/2023
Nº DE PLANO
C1

DATOS BÁSICOS

COORDENADAS UTM

- ZONA: 31
- HEMISFERIO: NORTE
- COORD. X: 419450.30
- COORD. Y: 4581951.90

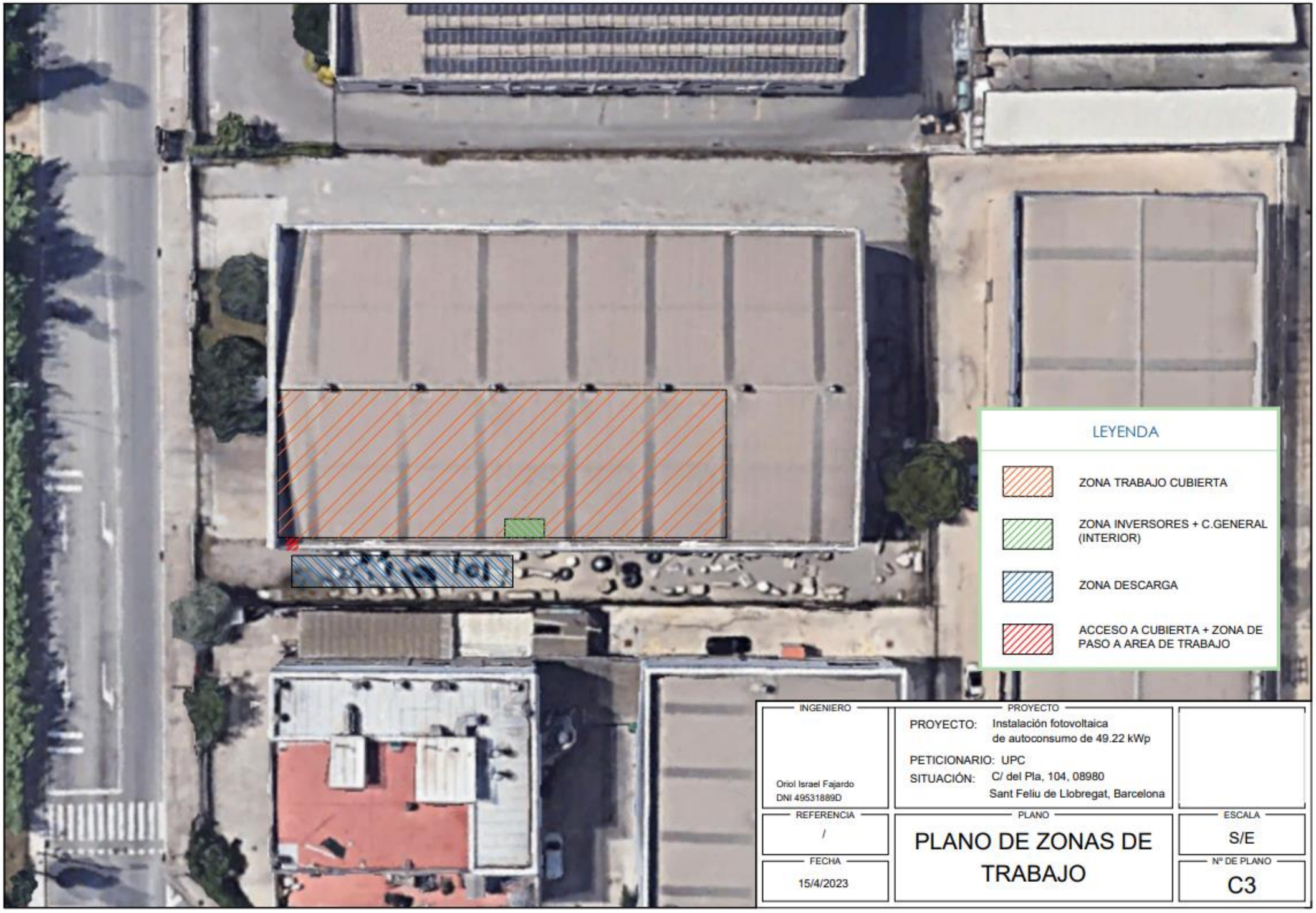
REFERENCIA CATASTRAL

9522808DF1892B0001OU

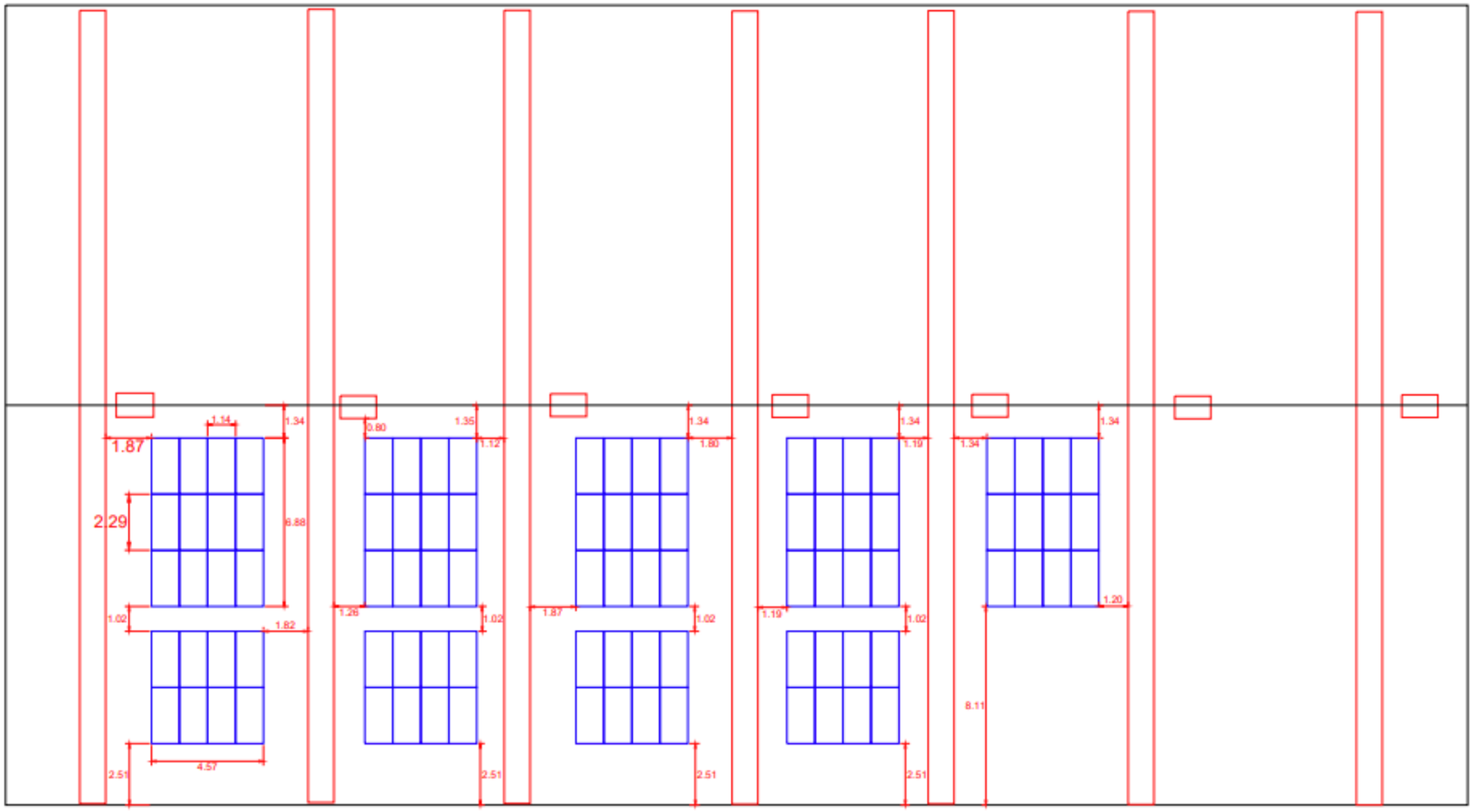
EMPLAZAMIENTO

SITUACIÓN

INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C2


LEYENDA
ZONA TRABAJO CUBIERTA
ZONA INVERSORES + C.GENERAL (INTERIOR)
ZONA DESCARGA
ACCESO A CUBIERTA + ZONA DE PASO A AREA DE TRABAJO
INGENIERO
Oriol Israel Fajardo
DNI 49531889D
PROYECTO
PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp
PETICIONARIO: UPC
SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona
REFERENCIA
/
PLANO
PLANO DE ZONAS DE TRABAJO
ESCALA
S/E
FECHA
15/4/2023
Nº DE PLANO
C3

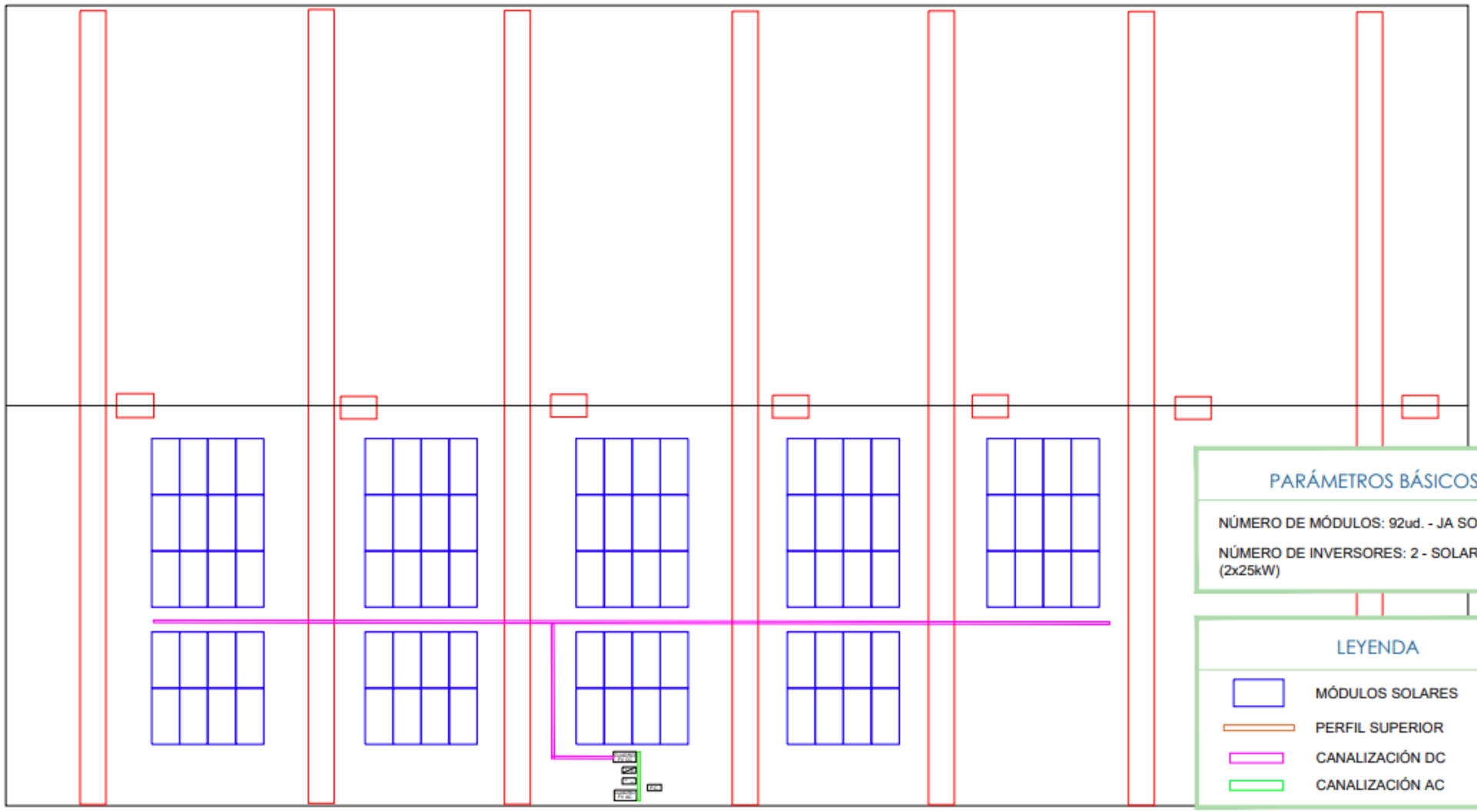
LEYENDA
LÍNEA DE VIDA
PASARELA TRAMEX PARA CRUZAR LUCERNARIO
OBSTÁCULOS (EXUTORIOS)
INGENIERO
Oriol Israel Fajardo
DNI 49531889D
PROYECTO
PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp
PETICIONARIO: UPC
SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona
REFERENCIA
/
PLANO
PLANO DE SEGURIDAD
ESCALA
S/E
FECHA
15/4/2023
Nº DE PLANO
C4



LEYENDA

MÓDULOS JA SOLAR 535W

INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DISTRIBUCIÓN DE MÓDULOS FV	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C5



PARÁMETROS BÁSICOS

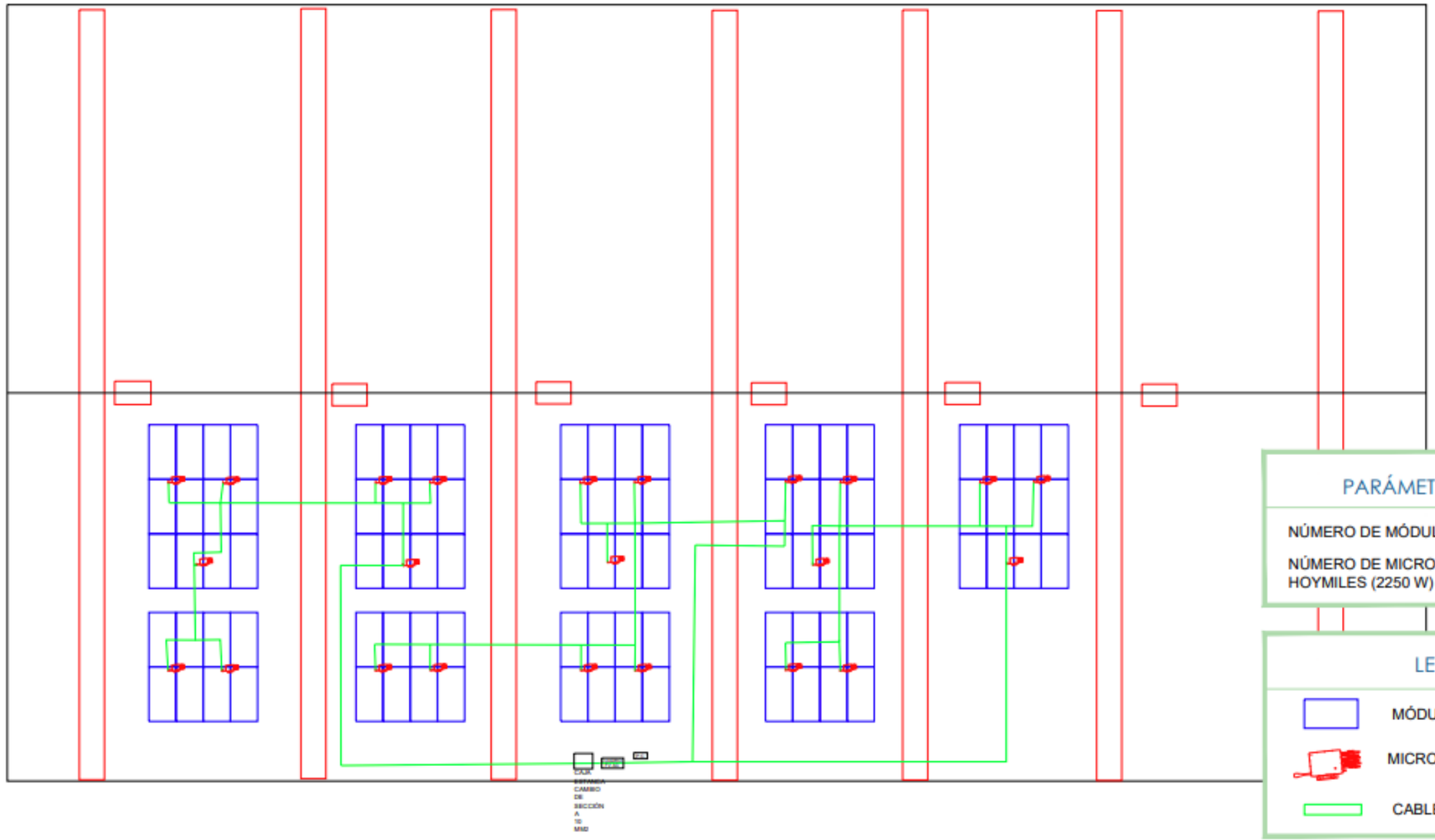
NÚMERO DE MÓDULOS: 92ud. - JA SOLAR 535W

NÚMERO DE INVERSORES: 2 - SOLAREDGE (2x25kW)

LEYENDA

- MÓDULOS SOLARES
- PERFIL SUPERIOR
- CANALIZACIÓN DC
- CANALIZACIÓN AC

INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DE VISTA GENERAL	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C6



PARÁMETROS BÁSICOS

NÚMERO DE MÓDULOS: 92ud. - JA SOLAR 535W

NÚMERO DE MICROINVERSORES: 23 - HOYMILES (2250 W)

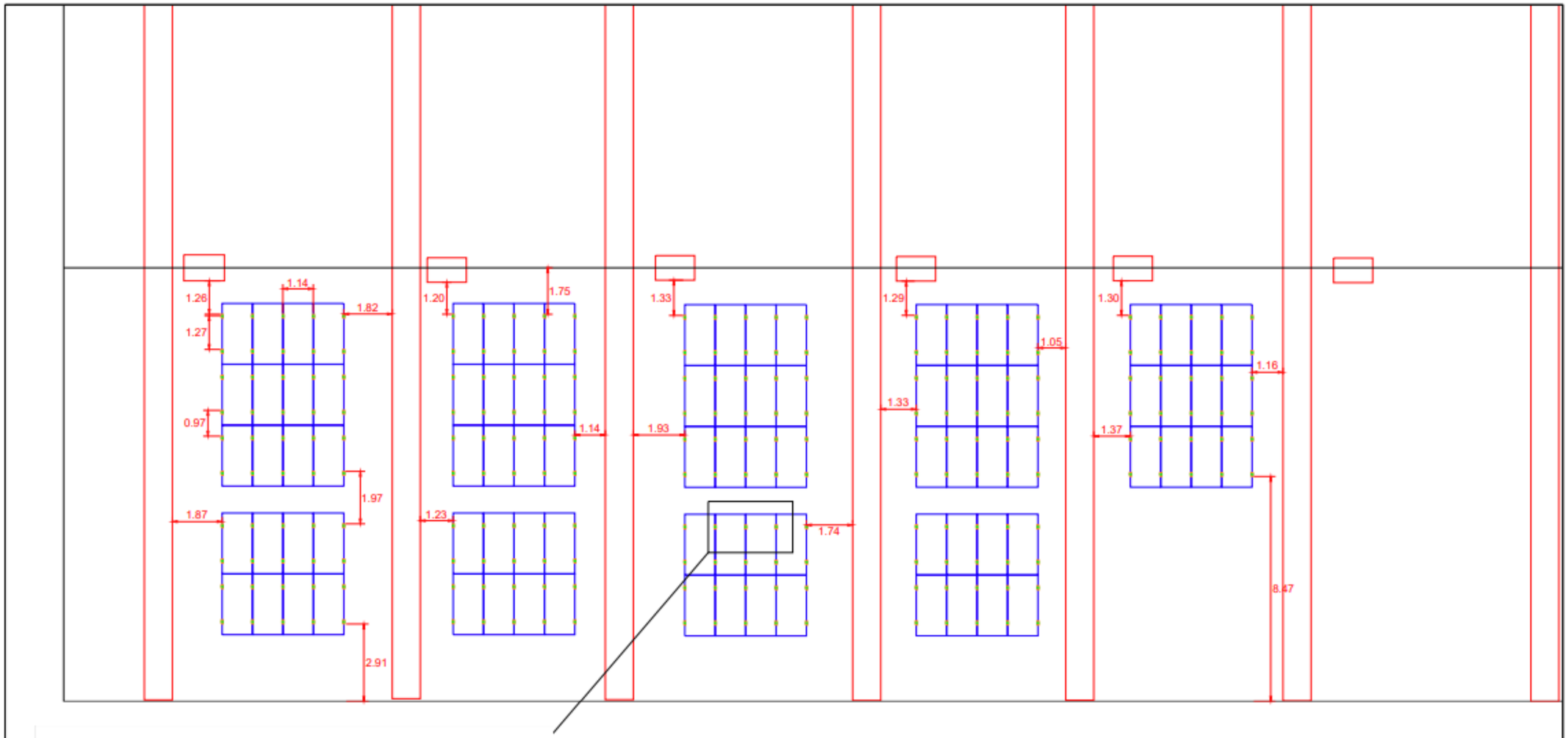
LEYENDA

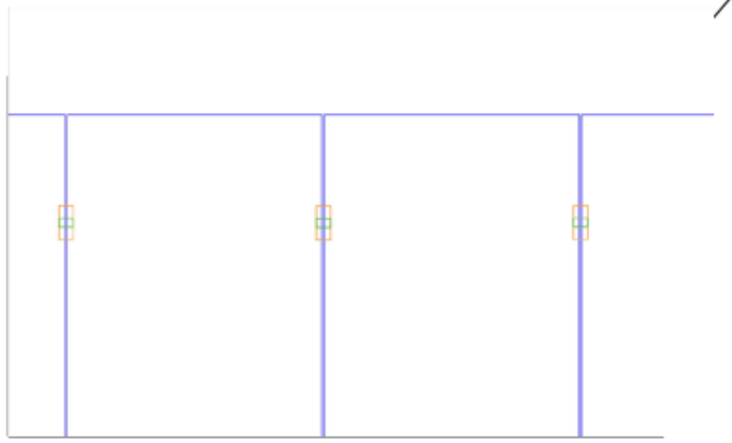
MÓDULOS SOLARES

MICROINVERSOR HMT-2250

CABLE 6 mm2

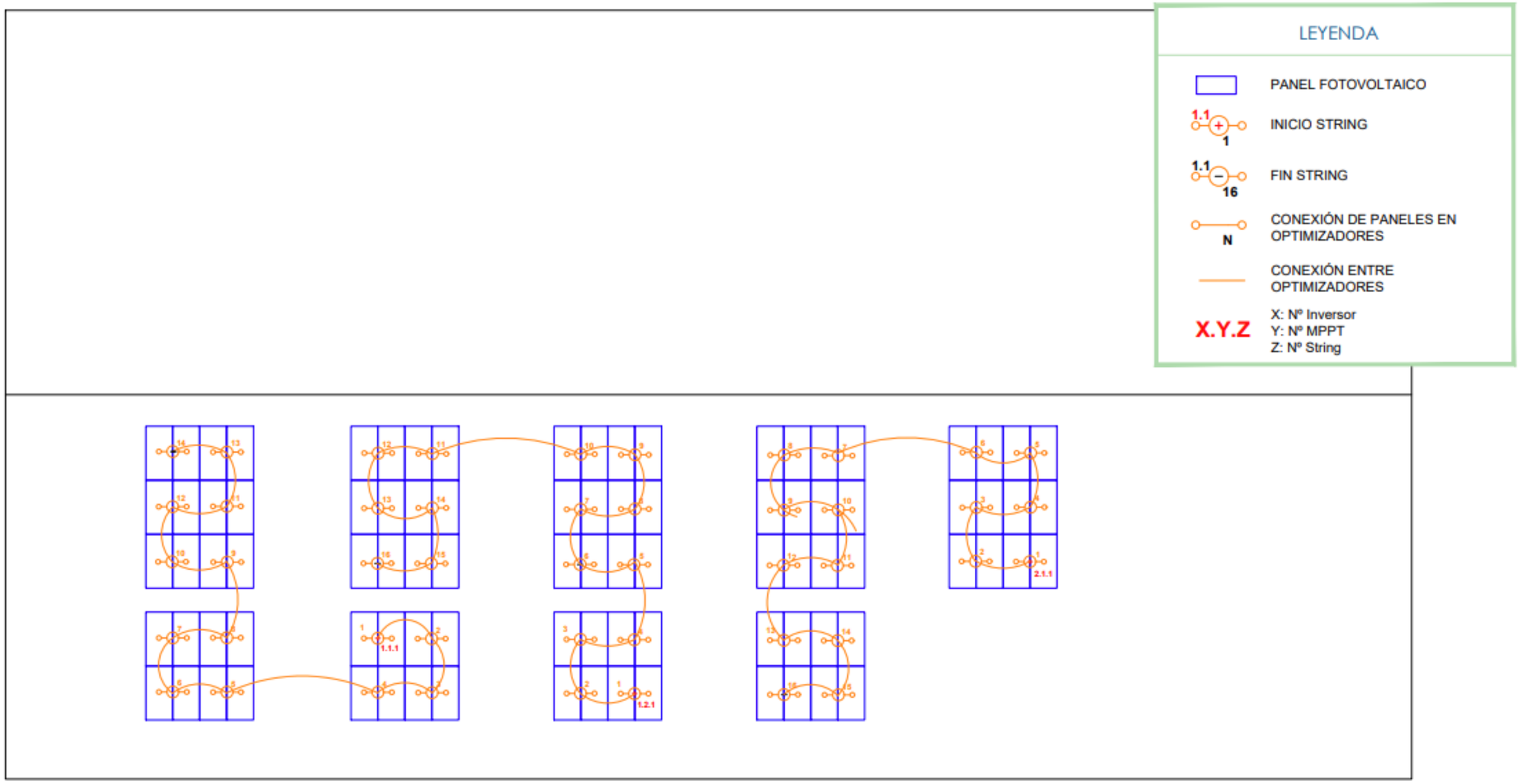
INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DE VISTA GENERAL MICROS	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C6.2





INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DE ESTRUCTURA ACOTADA	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C7

INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DE SECCIÓN DE ESTRUCTURAS	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C8



INVERSOR 1	
1.1	14XP1200 (28 paneles)
1.2	16XP1200 (32 paneles)

INVERSOR 2	
2.1.1	16xP1200 (32 paneles)

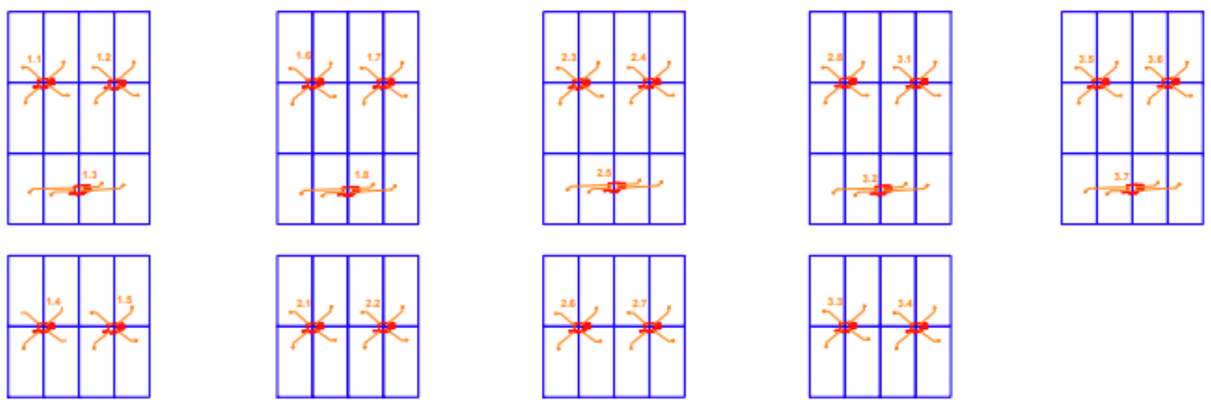
INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA: /	PLANO: PLANO DE STRINGS	ESCALA: S/E
FECHA: 15/4/2023		Nº DE PLANO: C9

LEYENDA

PANEL FOTOVOLTAICO

X.Y X: Nº CircuitY: Nº Micro

N CONEXIÓN DE PANELES EN MICROINVERSORES



CIRCUITO 1

1.X 8 X HMT2250 (32 paneles)

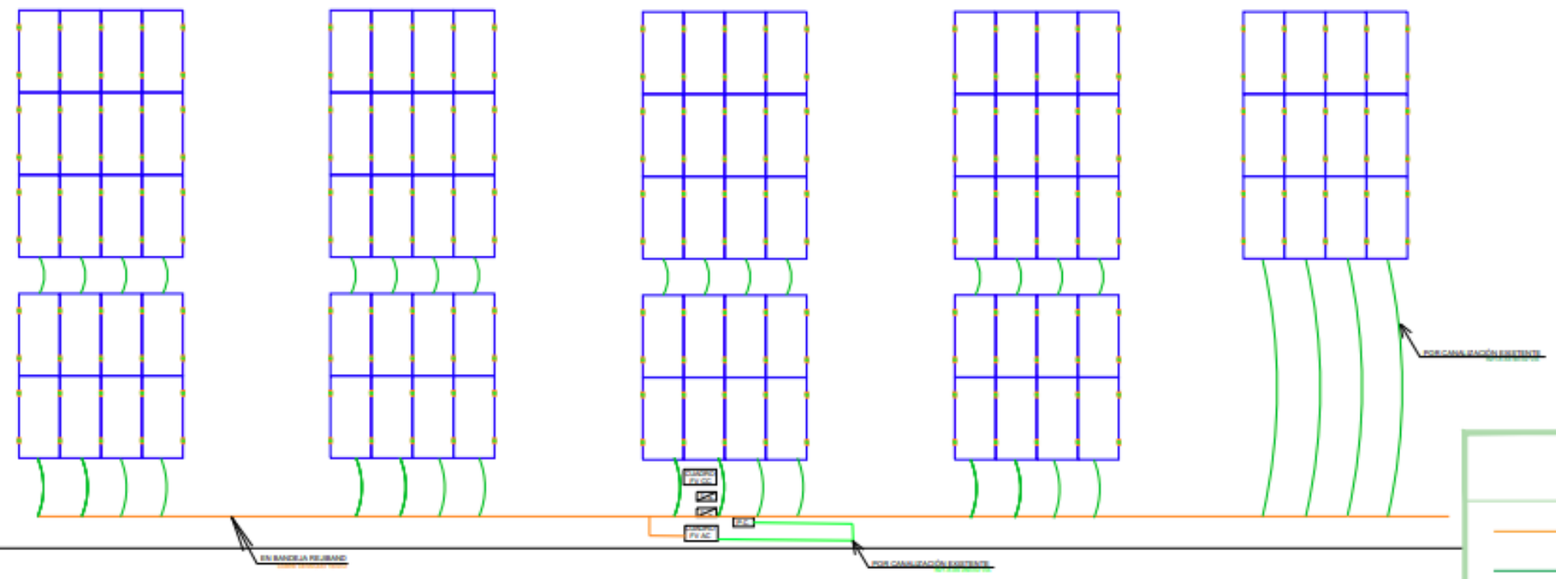
CIRCUITO 2

2.X 8 X HMT2250 (32 paneles)

CIRCUITO 3

3.X 7 X HMT2250 (28 paneles)

INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DE STRINGS MICROINVERSORES	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C9.2



LEYENDA

- CABLE COBRE DESNUDO 16mm2
- CABLE RZ1-K (AS) V/A 6mm2
- CABLE RZ1-K (AS) V/A 25mm2

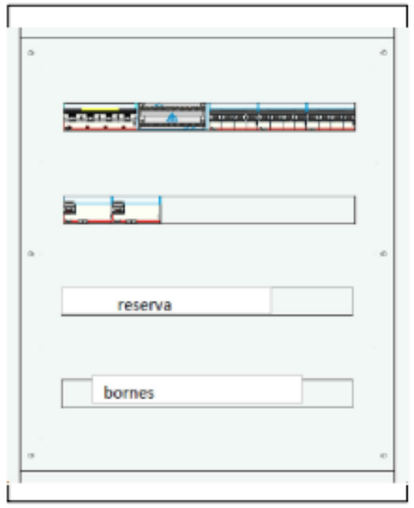
INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DE TIERRAS	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C10

CUADRO CC

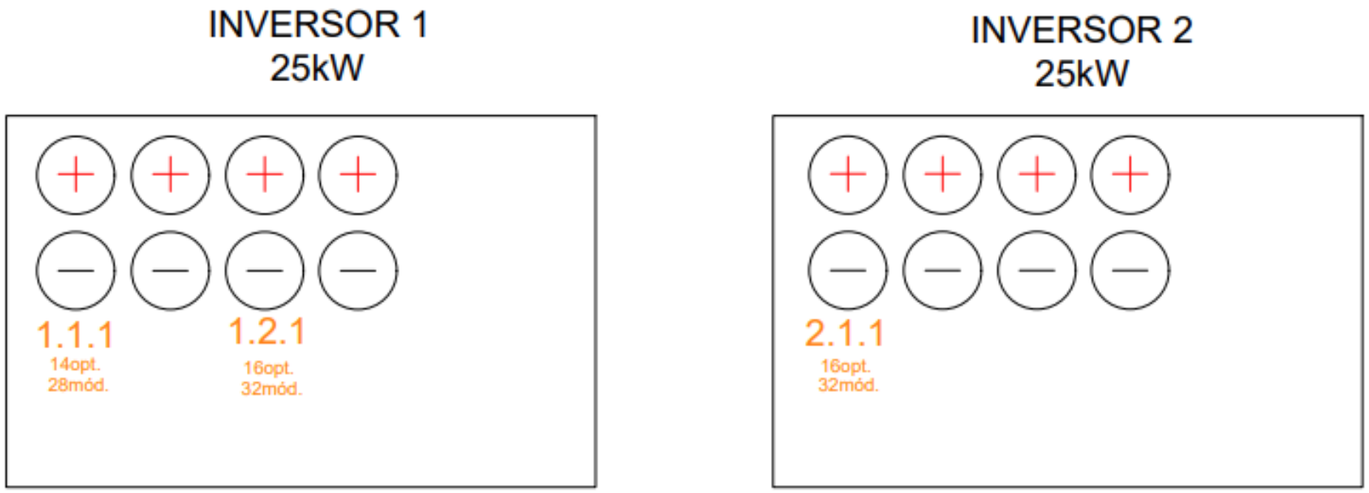
INVERSOR SE25K

INVERSOR SE25K

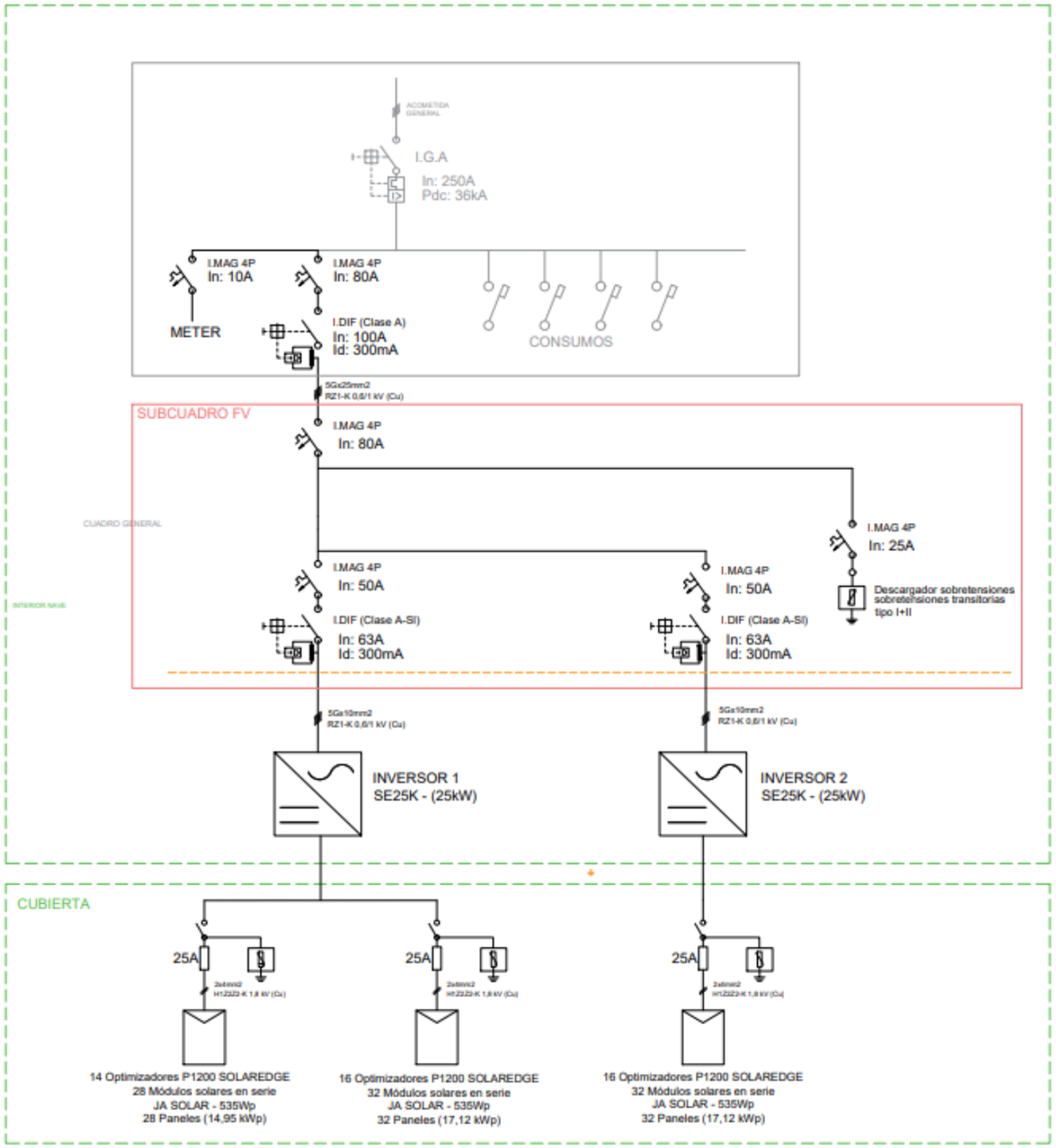
CUADRO AC



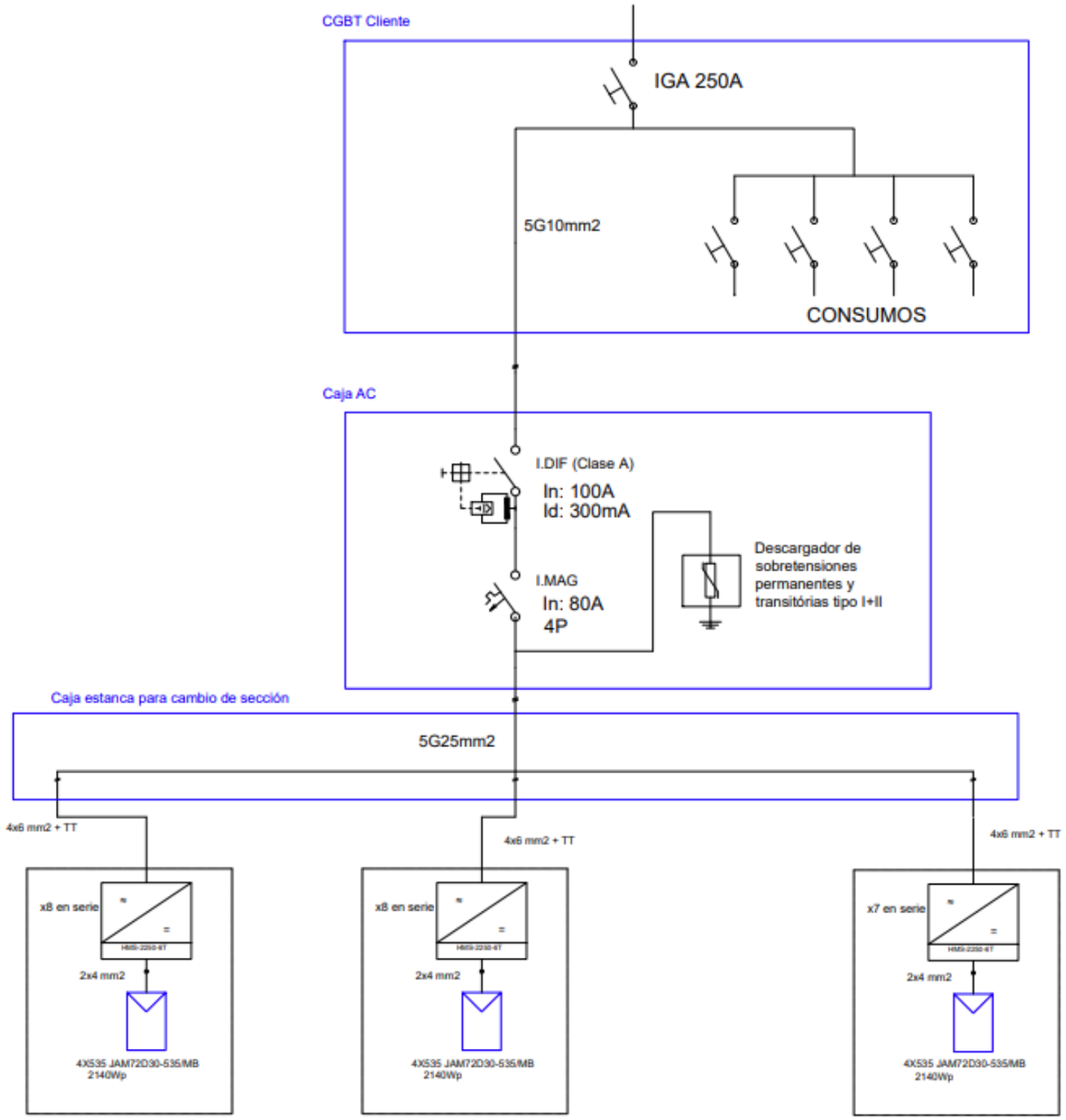
INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA /	PLANO PLANO DE INVERSORES	ESCALA S/E
FECHA 15/4/2023		Nº DE PLANO C11



INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA	PLANO	ESCALA
/	PLANO DE CONEXIÓN INVERSOR 1 Y 2	S/E
FECHA		Nº DE PLANO
15/4/2023		C12



INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA	PLANO	ESCALA
	ESQUEMA UNIFILAR	S/E
FECHA		Nº DE PLANO
15/4/2023		C13



INGENIERO	PROYECTO	
Oriol Israel Fajardo DNI 49531889D	PROYECTO: Instalación fotovoltaica de autoconsumo de 49.22 kWp PETICIONARIO: UPC SITUACIÓN: C/ del Pla, 104, 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona	
REFERENCIA	PLANO	ESCALA
	ESQUEMA UNIFILAR MICROINVERSORES	S/E
FECHA		Nº DE PLANO
15/4/2023		C13.2