

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA



Biblioteca

"INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 492 KWP  
PARA AUTOCONSUMO INDUSTRIAL EN ELCHE"

TRABAJO FIN DE GRADO

Junio – 2025

AUTOR: Luis Ros Agulló

DIRECTOR/ES: Don Juan Carlos Brotons Sánchez

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	3
MEMORIA.....	5
PLANOS.....	129
PLIEGO DE CONDICIONES.....	136
PRESUPUESTO .....	167



# INTRODUCCIÓN

## Objetivo del TFG

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se centra en la evaluación de la viabilidad técnico-económica de una instalación fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes de 492 kWp con acumulación de 400 kWh, diseñada específicamente para una industria.

La creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles han impulsado la transición hacia un modelo energético más sostenible y eficiente. En este contexto de transición energética, las energías renovables son cruciales, siendo la energía solar fotovoltaica una alternativa clave, especialmente en el sector industrial, donde el consumo energético es elevado y constante.

A nivel mundial, se están implementando políticas y estrategias para fomentar el desarrollo sostenible. Una de las más relevantes es La Agenda 2030 adoptada por las Naciones Unidas en 2015.

La Unión Europea (UE) se ha posicionado como un líder global en la lucha contra el cambio climático y la aceleración de la transición energética. Una de sus iniciativas más ambiciosas es el Pacto Verde Europeo. Que tiene como objetivo ser el primer continente climáticamente neutro para 2050.

En España, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima establece metas claras para la expansión de las energías renovables, reconociendo su papel fundamental en la consecución de los objetivos climáticos y energéticos (PNIEC, 2021-2030). Este plan ha sido actualizado en 2023 fijando unos objetivos más exigentes que los iniciales.

- **Reducción de emisiones de GEI:**
  - Reducir un 32% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990.
- **Energías renovables:**
  - Se busca alcanzar un 48% de renovables sobre el uso final de la energía.
  - Un 81% de energía renovable en la generación eléctrica.
- **Eficiencia energética:**
  - Mejorar la eficiencia energética en un 43%.
- **Dependencia energética:**
  - Reducir la dependencia energética hasta un 50%.

### **Ventajas de la instalación para el sector industrial:**

- **Reducción de costes energéticos:** El autoconsumo fotovoltaico permite a las industrias reducir significativamente su factura eléctrica, un factor crucial para su competitividad.
- **Sostenibilidad y responsabilidad ambiental:** La generación de energía limpia reduce las emisiones de CO2 y mejora la imagen corporativa de la empresa, alineándola con los principios de sostenibilidad.
- **Impulso a la generación distribuida:** La instalación contribuye a la descentralización del sistema eléctrico, reduciendo las pérdidas de transporte y distribución, y mejorando la eficiencia global.
- **Optimización económica en el mercado eléctrico:** La incorporación de baterías permite gestionar los excedentes de energía fotovoltaica, evitando su vertido a la red a precios bajos o negativos, a su vez también permite importar energía cuando se dan estas situaciones y utilizarla en momentos más óptimos.
- **Agilización del proceso de instalación:** El diseño de la instalación sin excedentes, gracias en parte al almacenamiento con baterías, simplifica la conexión a la red y acelera la puesta en marcha del proyecto.



# MEMORIA

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1 MEMORIA DESCRIPTIVA .....	9
1.1 ANTECEDENTES Y OBJETO .....	9
1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO .....	11
1.3 ESTADO ACTUAL .....	12
1.4 INSTALACIÓN PROYECTADA.....	13
1.5 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS Y JUSTIFICACIÓN DE LAS ELEGIDAS .....	14
¿Por qué una instalación fotovoltaica? .....	14
¿Por qué autoconsumo sin excedentes?.....	17
¿Instalación sobre techo o suelo?.....	24
¿Por qué módulos fotovoltaicos bifaciales?.....	25
¿Por qué estructura fija hincada? .....	29
¿Inversores centrales o de string?.....	31
¿Es viable un sistema de acumulación para instalaciones industriales?.....	33
Monitorización y comunicación de los equipos .....	35
2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	38
2.1 SUPERFICIE DISPONIBLE .....	38
2.2 INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN ÓPTIMAS.....	39
2.3 CONFIGURACIÓN DE STRINGS.....	41
2.4 POTENCIA GENERADOR.....	43
2.5 CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	44
2.6 CÁLCULOS ESTRUCTURALES .....	45
2.7 CANALIZACIONES .....	45
3 PLANIFICACIÓN .....	49
4 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD .....	50
4.1 Objeto.....	50
4.2 Características de la obra .....	50
4.3 Memoria.....	51
4.4 Aspectos generales.....	55
4.5 Normativa aplicable .....	56
Anexo 1. Cableado y protecciones .....	58
Anexo 2. Demanda energética .....	81
Anexo 3. Simulación software PVsyst.....	95

Anexo 4. Plan de mantenimiento .....	110
Anexo 5. Fichas técnicas.....	112
Anexo 6. Bibliografía consultada .....	127

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Demanda energética anual.....	10
Ilustración 2 Situación instalación.....	11
Ilustración 3 Emplazamiento parcela catastral.....	12
Ilustración 4 Generación/consumo FV .....	13
Ilustración 5 Demanda energética total .....	13
Ilustración 6 Irradiancia global horizontal .....	15
Ilustración 7 Mapa de radiación solar nacional.....	15
Ilustración 8 Costes globales de instalaciones FV .....	17
Ilustración 9 Resumen de las modalidades de autoconsumo .....	20
Ilustración 10 Resumen de los trámites sin excedentes.....	21
Ilustración 11 Resumen de los trámites con excedentes .....	22
Ilustración 12 Célula monofacial vs bifacial.....	26
Ilustración 13 Radiación incidente bifacial.....	27
Ilustración 14 Distribución de la irradiancia en la parte trasera del módulo .....	28
Ilustración 15 Esquema conexión en red .....	36
Ilustración 16 Esquema con equipo de medida de intercambio de energía con la red en instalaciones conectadas a redes de alta tensión. Ubicaciones posibles del punto de medida de energía.....	36
Ilustración 17 Protecciones incorporadas en el inversor fotovoltaico .....	37
Ilustración 18 Superficie útil.....	38
Ilustración 19 Inclinación y orientación del módulo .....	39
Ilustración 20 Distancia mínima entre filas de módulos .....	40
Ilustración 21 Dimensiones de perfil estructura con módulos .....	40
Ilustración 22 Reparto de strings entre inversores.....	43
Ilustración 23 Condiciones de dimensionamiento de Conjunto FV / Inversor .....	44
Ilustración 24 Canalización de bandejas bajo estructura hincada .....	46
Ilustración 25 Trayecto al hospital más cercano.....	50
Ilustración 26 Instalación correcta para canalizaciones de CC.....	59
Ilustración 27 Curva horaria semanal enero .....	81
Ilustración 28 Demanda media semanal enero.....	81
Ilustración 29 Curva horaria semanal febrero.....	82
Ilustración 30 Demanda media semanal febrero .....	82
Ilustración 31 Curva horaria semanal marzo.....	83
Ilustración 32 Demanda media semanal marzo .....	83
Ilustración 33 Curva horaria semanal abril.....	84
Ilustración 34 Demanda media semanal abril.....	84
Ilustración 35 Curva horaria semanal mayo .....	85
Ilustración 36 Demanda media semanal mayo .....	85
Ilustración 37 Curva horaria semanal junio.....	86
Ilustración 38 Demanda media semanal junio.....	86
Ilustración 39 Curva horaria semanal julio.....	87
Ilustración 40 Demanda media semanal julio .....	87

Ilustración 41 Curva horaria semanal agosto .....	88
Ilustración 42 Demanda media semanal agosto .....	88
Ilustración 43 Curva horaria semanal septiembre .....	89
Ilustración 44 Demanda media semanal septiembre.....	89
Ilustración 45 Curva horaria semanal octubre .....	90
Ilustración 46 Demanda media semanal octubre .....	90
Ilustración 47 Curva horaria semanal noviembre .....	91
Ilustración 48 Demanda media semanal noviembre.....	91
Ilustración 49 Curva horaria semanal diciembre.....	92
Ilustración 50 Demanda media semanal diciembre .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Calendario 6 periodos península .....	10
Tabla 2 Precios tarifa 6.1 TD .....	10
Tabla 3 Coordenadas geográficas y UTM .....	11
Tabla 4 Comparativa de módulos fotovoltaicos .....	26
Tabla 5 Albedo superficies.....	28
Tabla 6 Comparativa generación estructuras .....	30
Tabla 7 Comparativa inversores fotovoltaicos.....	32
Tabla 8 Parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico para diversas condiciones.....	42
Tabla 9 Resumen cableado y protecciones .....	45
Tabla 10 Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir .....	47
Tabla 11 Diagrama de Gantt .....	49
Tabla 12 Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno .....	60
Tabla 13 Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el aire.....	61
Tabla 14 Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito.....	62
Tabla 15 Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno .....	63
Tabla 16 Factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en conductos en el suelo.....	64
Tabla 17 Resistividad térmica del terreno .....	64
Tabla 18 Factores de corrección para cables enterrados directamente en el suelo o en conductos enterrados para terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para el método de referencia D.....	65
Tabla 19 Factores de reducción para más de un circuito, cables en conductos enterrados en el suelo .....	65
Tabla 20 Conductividades para cobre y aluminio a distintas temperaturas.....	67
Tabla 21 Caída de tensión CC .....	68
Tabla 22 Cables aislados con XLPE/EPR, tres conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno. .....	72

Tabla 23 Factores de reducción para más de un circuito, cables en conductos enterrados en el suelo .....	73
Tabla 24 Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada.....	74
Tabla 25 Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25 °C .....	75
Tabla 26 Caídas de tensión CA.....	76
Tabla 27 Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno .....	80
Tabla 28 Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo .....	80
Tabla 29 Plan de mantenimiento.....	111



# 1 MEMORIA DESCRIPTIVA

## 1.1 ANTECEDENTES Y OBJETO

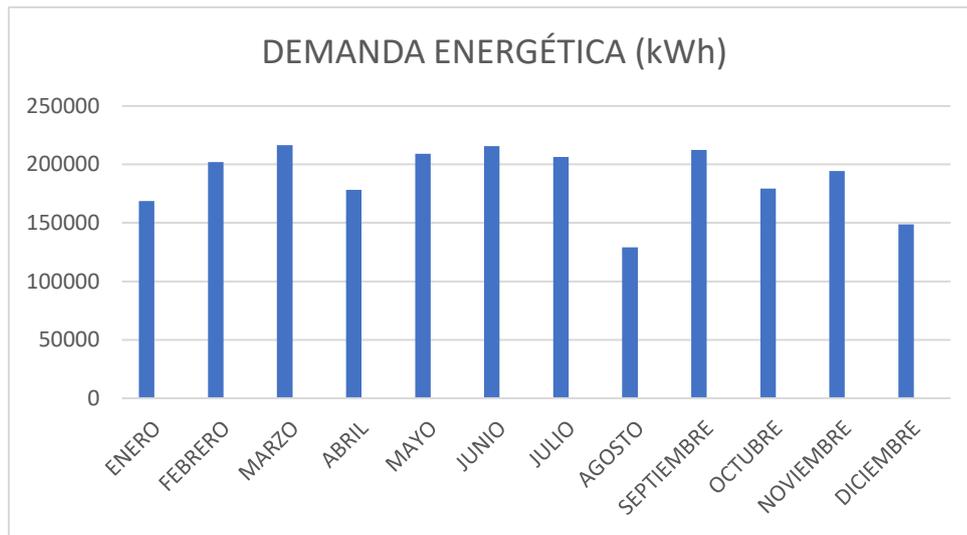
El presente proyecto se plantea con el objetivo principal de optimizar los costes de producción en una industria inyectora de plásticos mediante la reducción del consumo energético procedente de la red de suministro. Para lograrlo, se propone el aprovechamiento de una parcela adyacente actualmente en desuso para la instalación de un sistema de generación fotovoltaica. La energía solar fotovoltaica se ha identificado como la alternativa óptima para esta aplicación, considerando la significativa disminución de los costes asociados a esta tecnología en los últimos años y el elevado recurso solar disponible en la localidad, lo que garantiza la viabilidad y rentabilidad de la inversión.

El cliente tiene una tarifa 6.1TD que consiste en 6 periodos horarios de los cuales 3 van variando en función de 4 temporalidades anuales (Alta, Media-Alta, Media y Baja). Más adelante se muestra tanto el funcionamiento de la tarifa como los precios actuales del cliente. En la situación actual del mercado eléctrico es difícil predecir los precios a futuro, guiándonos por el incremento del IPC anual (2,2%), consideraremos que la tarifa subirá del orden de un 2%.

La demanda energética anual es de 2261 MWh, lo que supone un gasto en el término de energía dentro de la factura eléctrica de 216.000 € aproximadamente. El consumo de energía se mantiene relativamente constante mensualmente. Puesto que la industria trabaja a 3 turnos, la potencia demandada suele ser similar durante las 24 horas del día teniendo un ligero descenso durante las horas centrales del día. La fábrica cierra los fines de semana y festivos, esto supone que el porcentaje de días en los que no hay consumo es algo superior al 30%. Puesto que las instalaciones fotovoltaicas a priori generan siempre que haya disponible recurso solar, se busca optimizar el terreno disponible para maximizar la generación y cubrir la mayor demanda posible buscando la mejor relación coste-beneficio.

El perfil de consumo se analiza en detalle en el *Anejo 2. Demanda energética*, y la simulación completa de la instalación tanto técnica como económica se muestra en el *Anejo 3. Simulación software PVsyst*. A continuación, se muestran gráficos y tablas con los datos principales de partida.

Ilustración 1 Demanda energética anual



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1 Calendario 6 periodos península

	ALTA	ALTA	MEDIA-ALTA	BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MEDIA	MEDIA	BAJA	MEDIA-ALTA	ALTA	Sábados, domingos y festivos
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
0 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
1 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
2 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
3 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
4 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
5 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
6 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
7 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
8 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
9 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
10 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
11 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
12 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
13 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
14 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
15 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
16 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
17 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
18 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
19 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
20 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
21 h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
22 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
23 h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Precios tarifa 6.1 TD

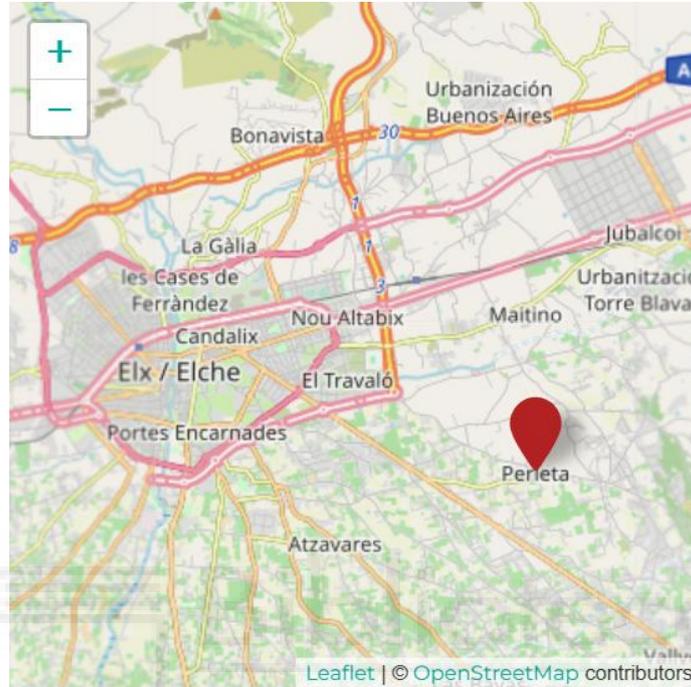
TARIFA 6.1 TD						
Periodo	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Precio (cent/kWh)	17,5402	14,7561	12,8812	11,1927	9,3594	7,2361

Fuente: Elaboración propia

## 1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La instalación está proyectada en la pedanía de Elche, Perleta, (Alicante). La parcela en cuestión se encuentra situada al este de Elche.

Ilustración 2 Situación instalación



Fuente: Google maps

La dirección completa es:

Polígono 109 Parcela 49 PERLETA. ELCHE/ELX [ALICANTE].

Referencia catastral: 03065A109000490000YI

Superficie gráfica: 10.735 m<sup>2</sup>

Tabla 3 Coordenadas geográficas y UTM

Coordenadas			
Geográficas		UTM Huso: 30 ETRS89	
<b>Latitud</b>	38,258397 °	<b>X</b>	706.825 m
<b>Longitud</b>	-0,636409 °	<b>Y</b>	4.237.200 m

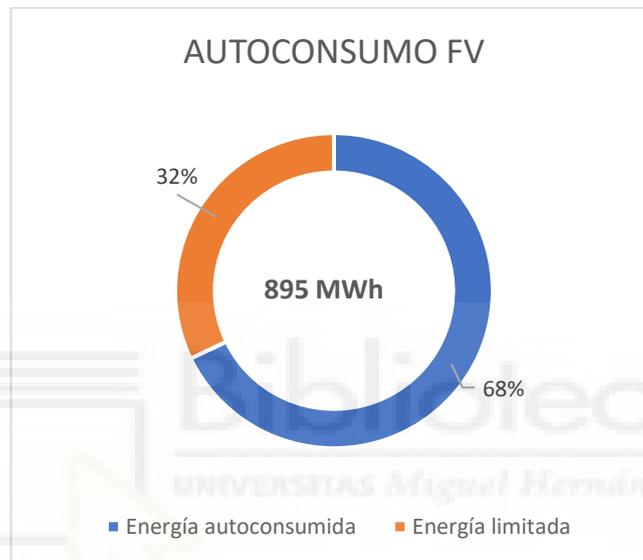
Fuente: Elaboración propia



## 1.4 INSTALACIÓN PROYECTADA

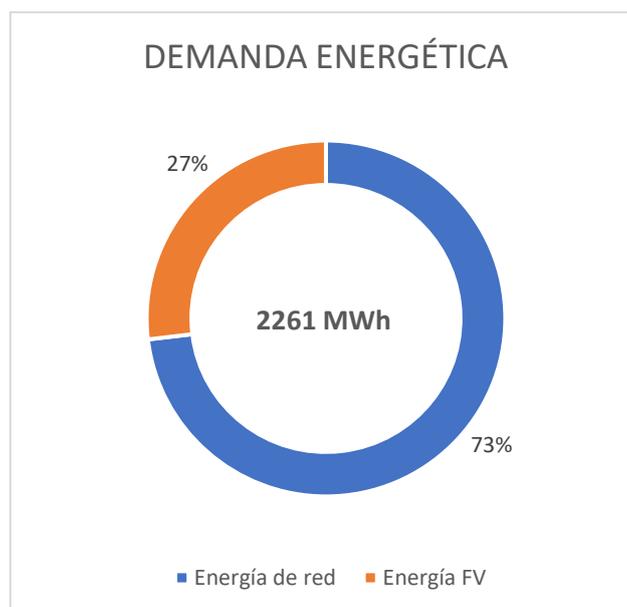
Se plantea una instalación de autoconsumo sin excedentes. Consta de un campo fotovoltaico de 492 kWp y 400 kWn, fijada sobre suelo mediante estructura hincada y con una acumulación de 400 kWh con una potencia adicional de 200 kWn en módulos escalables tipo container preparados para su uso en exterior. Este diseño nos permite cubrir cerca del 30% de la demanda del cliente y conseguir un aprovechamiento de la instalación cercano al 70% como se muestra en los gráficos siguientes:

Ilustración 4 Generación/consumo FV



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5 Demanda energética total



Fuente: Elaboración propia

A modo resumen, la instalación proyectada supone una inversión inicial de 452.947 €, a cambio obtenemos:

- Período de recuperación: 6 años.
- Coste energético (LCOE): 0,04 €/kwh
- Valor presente neto (VPN): 1.963.110 €
- Retorno de la inversión (ROI): 433,4%
- Emisiones reemplazadas: 6.322 tCO<sub>2</sub>

Para más detalle de los datos mostrados ver *Anexo 3. Simulación software PVsyst.*

## 1.5 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS Y JUSTIFICACIÓN DE LAS ELEGIDAS

¿Por qué una instalación fotovoltaica?

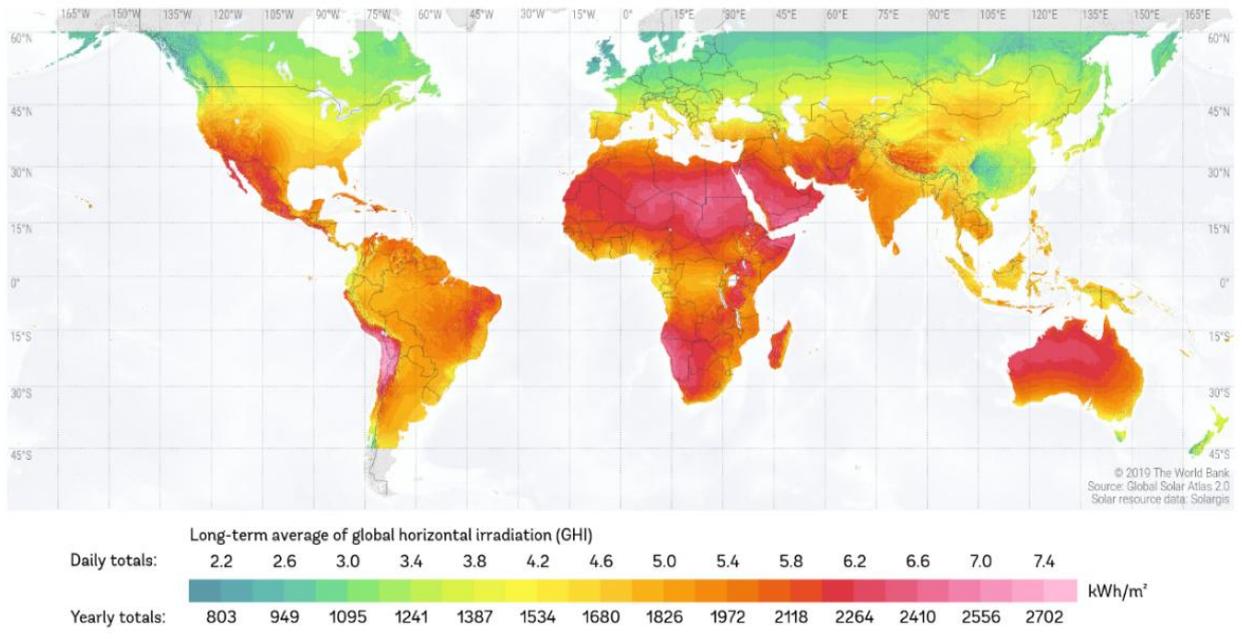
Las instalaciones fotovoltaicas en España se han convertido en una de las mejores opciones para reducir el consumo energético tanto a nivel doméstico como industrial. Existen una confluencia de factores favorables que van desde las condiciones naturales hasta el marco regulatorio y los beneficios económicos a largo plazo.

### 1. Abundante Recurso Solar:

- **Elevada irradiación solar:** España goza de una de las mayores tasas de irradiación solar de Europa, especialmente en la Comunidad Valenciana (Alicante incluida). Esto significa que las placas fotovoltaicas pueden generar una cantidad significativa de energía durante muchas horas al día y a lo largo de todo el año, maximizando la producción energética de la instalación.
- **Días soleados:** El alto número de días soleados garantiza una producción constante y predecible de energía solar, lo que permite a las industrias planificar su consumo y reducir su dependencia de la red eléctrica convencional.

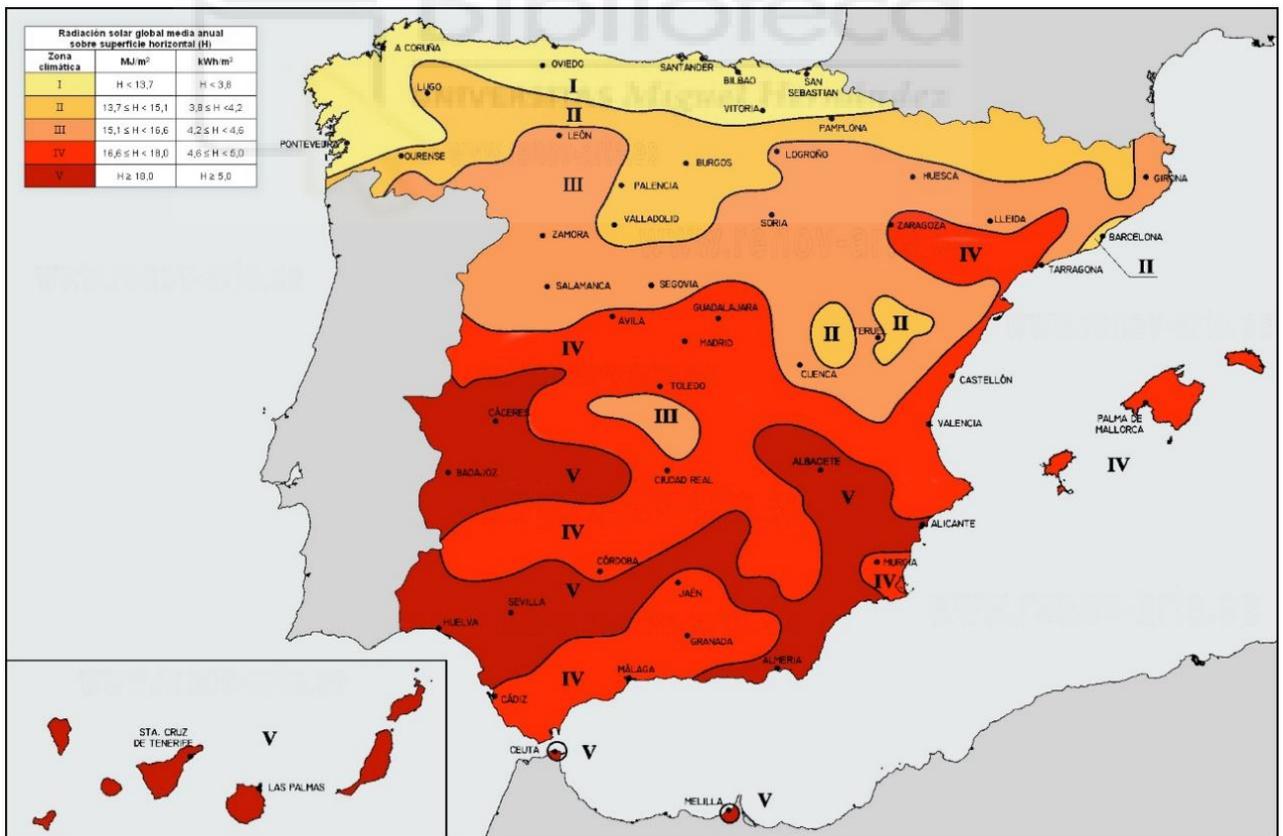
A continuación, se muestran dos mapas de radiación que corroboran lo dicho anteriormente. Tanto a nivel mundial como nacional la ubicación geográfica es idónea para el aprovechamiento del recurso solar.

Ilustración 6 Irradiancia global horizontal



Fuente: Global solar atlas

Ilustración 7 Mapa de radiación solar nacional



Fuente: Código técnico de la edificación

## 2. Reducción Significativa de Costes Energéticos:

- **Autoconsumo:** La energía generada por la instalación fotovoltaica puede ser consumida directamente, reduciendo drásticamente o incluso eliminando por completo la necesidad de comprar electricidad de la red durante las horas de sol. Esto se traduce en ahorros sustanciales en la factura eléctrica, que son especialmente significativos para industrias con un alto consumo energético.
- **Previsibilidad de costes:** Una vez realizada la inversión inicial, el coste de la energía solar generada es bajo y estable a lo largo de la vida útil de la instalación (25-30 años). Esto proporciona a las industrias una mayor previsibilidad en sus costes operativos, protegiéndolas de las fluctuaciones del precio de la electricidad en el mercado.

## 3. Marco Regulatorio e Incentivos:

- **Simplificación de trámites:** En los últimos años, se han realizado esfuerzos para simplificar los trámites administrativos para la instalación de autoconsumo, lo que facilita y agiliza la puesta en marcha de los proyectos.
- **Compensación por excedentes:** Aunque en este caso específico no se planea verter excedentes, el marco regulatorio español permite la compensación económica por la energía solar generada y no consumida que se inyecta a la red. Esto puede ser un beneficio adicional en ciertas configuraciones o en el futuro.
- **Subvenciones y ayudas:** Existen diversas líneas de subvenciones, ayudas y beneficios fiscales para la instalación de sistemas de autoconsumo fotovoltaico. Pueden ir desde importes por kW instalado, hasta bonificaciones y beneficios fiscales (IBI, ICIO, IRPF). En caso de percibirlos estos incentivos reducen el coste inicial de la inversión y aceleran el retorno.

## 4. Beneficios Ambientales y de Sostenibilidad:

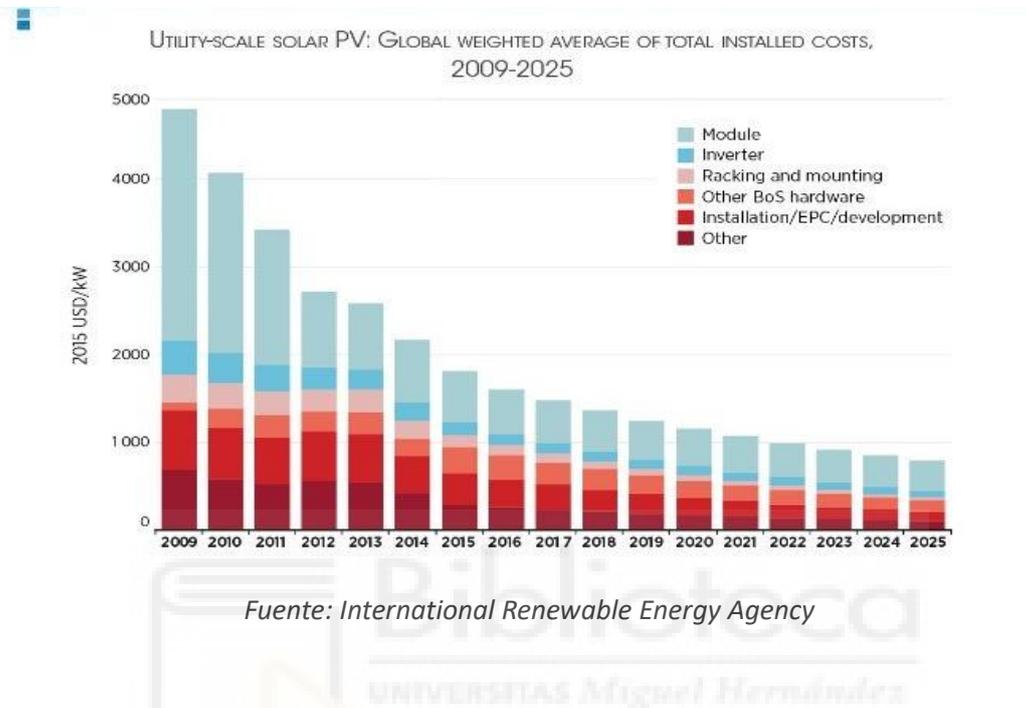
- **Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>:** La energía solar es una fuente de energía limpia y renovable que no produce emisiones de gases de efecto invernadero durante su funcionamiento. Al instalar una planta fotovoltaica, la industria reduce su huella de carbono y contribuye a la lucha contra el cambio climático.
- **Mejora de la imagen corporativa:** La adopción de energías renovables mejora la imagen de la empresa ante clientes, inversores y la sociedad en general, demostrando un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Esto puede ser un factor diferenciador importante en un mercado cada vez más consciente del impacto ambiental.

## 5. Avances Tecnológicos y Reducción de Costes de Equipos:

- **Mayor eficiencia de los paneles:** La eficiencia de los paneles solares ha aumentado significativamente en los últimos años, lo que permite generar más energía en menos espacio.

- **Reducción de costes de los componentes:** El coste de los paneles solares, inversores y otros componentes de las instalaciones fotovoltaicas ha disminuido considerablemente, haciendo que la inversión sea más accesible y rentable. En la gráfica que se presenta a continuación se puede apreciar como en los últimos años se consiguen instalaciones con costes alrededor de 800.000 € por MW.

Ilustración 8 Costes globales de instalaciones FV



¿Por qué autoconsumo sin excedentes?

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden clasificar principalmente en dos grandes categorías: **conectadas a red** y **aisladas de la red**.

### 1. Instalaciones aisladas de la red (Off-Grid)

Se encargan de suministrar electricidad en lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional o donde la conexión es muy costosa o inviable.

Principalmente se definen por los siguientes puntos:

- No están conectadas a la red eléctrica.
- La mayoría presentan sistemas de almacenamiento (baterías) para garantizar el suministro eléctrico durante los periodos sin producción solar.
- Suelen dimensionarse cuidadosamente para cubrir las necesidades energéticas del consumidor, teniendo en cuenta los periodos de menor radiación solar.
- Pueden incluir otros sistemas de generación de energía complementarios (grupos electrógenos, aerogeneradores) para asegurar el suministro en situaciones prolongadas de baja producción solar.

- Son comunes en viviendas rurales aisladas, refugios de montaña, sistemas de bombeo de agua en zonas remotas, o aplicaciones específicas como señalización o telecomunicaciones en lugares aislados.

## **2. Instalaciones conectadas a red (On-Grid)**

Estas instalaciones están vinculadas a la red eléctrica convencional, lo que les permite tanto inyectar a la red la energía generada que no se consume, como tomar energía de la red cuando la producción solar es insuficiente. Dentro de esta categoría, distinguimos principalmente dos tipos:

### **Instalaciones de venta de energía**

Su objetivo es generar electricidad para su venta a la red eléctrica.

Algunas de sus características principales son:

- Comúnmente son de gran tamaño, ocupando amplias superficies.
- La energía generada se inyecta directamente a la red a través de un punto de conexión.
- La rentabilidad se basa en las tarifas de venta de energía establecidas por el mercado o mediante contratos a largo plazo (PPA - Power Purchase Agreements).
- No suelen tener sistemas de almacenamiento (baterías), ya que su objetivo es la producción y venta inmediata.

### **Instalaciones de autoconsumo**

Tienen como función la generación de electricidad para el consumo propio, reduciendo la dependencia de la red eléctrica y disminuyendo la factura energética.

Los puntos característicos más relevantes son:

- La energía generada generalmente se consume directamente en el punto de generación.
- Pueden o no tener sistemas de almacenamiento para optimizar el uso de la energía generada, almacenando los excedentes para su uso en momentos más convenientes.
- Presentan diversos tamaños, desde pequeñas instalaciones residenciales hasta grandes plantas industriales.

Dentro de las instalaciones de autoconsumo existen varias modalidades, según la *Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo* del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), las instalaciones de autoconsumo se pueden clasificar en las siguientes:

- **Autoconsumo Individual:** Un único consumidor (persona física o jurídica) asociado a una única instalación de generación. La energía generada se destina al consumo de ese único punto de suministro.
- **Autoconsumo Colectivo:** Varios consumidores se asocian a una o varias instalaciones de generación cercanas. La energía generada se reparte entre los diferentes consumidores según unos criterios de reparto previamente acordados. Esta modalidad es común en comunidades de vecinos, polígonos industriales o agrupaciones de viviendas.
  - **Autoconsumo con excedentes:** La instalación está conectada a la red y, además de consumir la energía generada, puede inyectar a la red la energía sobrante.
  - **Autoconsumo sin excedentes:** La instalación no vierte excedente a la red. En este tipo de instalaciones la generación se ve limitada por el propio consumo, para evitar la inyección se emplean mecanismos anti-vertido.
  - **Con compensación:** El consumidor recibe una compensación económica por la energía excedentaria inyectada a la red, descontándose de su factura eléctrica mensual hasta un límite establecido.
  - **Sin compensación:** Los excedentes de energía se vierten a la red sin recibir una compensación económica directa. Esta opción puede ser interesante si la gestión de los excedentes se realiza de otra manera como puede ser venta en el mercado eléctrico o reparto en autoconsumos colectivos.

A continuación, se muestra una tabla en la que se aprecian las distintas combinaciones posibles para instalaciones de autoconsumo.

Ilustración 9 Resumen de las modalidades de autoconsumo

<b>Autoconsumo INDIVIDUAL</b>  Un consumidor asociado  O  <b>Autoconsumo COLECTIVO</b>  Varios consumidores asociados	<b>Instalación PRÓXIMA en RED INTERIOR</b>  Conexión Red interior.	<b>SIN excedentes (individual)</b> Mecanismo anti-vertido.	<b>CONSUMIDOR</b> Titular del suministro  <b>PRODUCTOR</b> No existe  <b>TITULAR INSTALACIÓN</b> Consumidor  <b>PROPIETARIO</b> Puede ser diferente
		<b>CON excedentes ACOGIDA a compensación</b>  Fuente renovable. Potencia de producción $\leq 100\text{kW}$ . Si aplica, contrato único consumo-auxiliares. Contrato de compensación No hay otro régimen retributivo.	<b>CONSUMIDOR</b> Titular del suministro  <b>PRODUCTOR</b> Titular de la instalación  <b>TITULAR INSTALACIÓN</b> El inscrito en RADNE  <b>PROPIETARIO</b> Puede ser diferente
		<b>CON excedentes NO ACOGIDA a compensación</b>  Resto de instalaciones con excedentes.	<b>CONSUMIDOR</b> Titular del suministro  <b>PRODUCTOR</b> Titular de la instalación  <b>TITULAR INSTALACIÓN</b> El inscrito en RADNE y RAIPEE  <b>PROPIETARIO</b> Puede ser diferente
	<b>Instalación PRÓXIMA a TRAVÉS DE RED</b>  Conexión a red BT del mismo CT  Distancia < 500 m o 2.000m FV en cubierta, suelo industrial y/o estructuras con otro uso  Misma referencia catastral (14dígitos).	<b>CON excedentes ACOGIDA a compensación</b>  Cuando exista al menos un consumidor conectado en red interior.	<b>CONSUMIDOR</b> Titular del suministro  <b>PRODUCTOR</b> Titular de la instalación  <b>TITULAR INSTALACIÓN</b> El inscrito en RADNE y RAIPEE  <b>PROPIETARIO</b> Puede ser diferente
		<b>CON excedentes NO ACOGIDA a compensación</b>	

Fuente: Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo (IDAE)

En el caso que nos concierne obviamente la instalación está conectada a red. Dicho esto, debemos decidirnos entre una instalación enfocada a la venta de energía o al autoconsumo. Para ello vamos a observar los trámites que conlleva cada una.

Instalaciones en autoconsumo SIN EXCEDENTES		
<b>1. Diseño de la instalación</b>		
BT – P≤10 kW Memoria técnica	BT – P>10 kW Proyecto técnico	AT Proyecto técnico
		Distribuidora
Exentas del permiso. Necesario solicitar CAU		
<b>3. Autorizaciones ambientales y de utilidad pública</b>		
BT – P≤100 kW Consultar CC.AA	BT – P>100 kW Consultar CC.AA	AT Consultar CC.AA
		Admón. autonómica
<b>4. Autorización administrativa previa y de construcción</b>		
BT – P≤100 kW Exentas	BT – P>100 kW Consultar CC.AA. Posible exención hasta 500 kW	AT Consultar CC.AA.
		Admón. autonómica
<b>5. Licencia de obras</b>		
Consultar la normativa particular del Ayuntamiento del emplazamiento elegido		
<b>6. Ejecución de la instalación</b>		
<b>7. Inspección inicial e inspecciones periódicas</b>		
BT – P≤100 kW Consultar CC.AA	BT – P>100 kW Consultar CC.AA	AT Consultar CC.AA
		Admón. autonómica
<b>8. Certificados de instalación y/o certificados fin de obra</b>		
BT – P≤10 kW Certificado instalación	BT – P>10 kW Certificado instalación Certificado fin de obra	AT Documentación puesta en servicio AT según el Reglamento AT
		Admón. autonómica
<b>9. Autorización explotación</b>		
BT – P≤100 kW No necesita trámite Certificado instalación	BT – P>100 kW Consultar CC.AA	AT Consultar CC.AA
		Admón. autonómica
<b>10. Contrato de acceso y contrato de suministro del consumidor</b>		
BT – P<100 kW Distribuidora modifica contrato de acceso con información de las CC.AA	BT – P≥100 kW Consumidor solicita cambio del contrato de acceso	AT Consumidor solicita cambio del contrato de acceso
En todos los casos, debe modificarse el contrato de suministro del consumidor con su comercializadora para reflejar la modalidad de autoconsumo elegida		
		Distribuidora o Comercializadora
<b>11. Contrato de suministro de energía servicios auxiliares</b>		
Exentas		
		Distribuidora o Comercializadora
<b>12. Licencia de actividad</b>		
Exentas. Consultar normativa particular del Ayuntamiento del emplazamiento elegido		
<b>13. Acuerdo de reparto y Contrato compensación excedentes</b>		
Individual	No aplica	
Colectiva	No existe contrato. Notificación a la ED a través de la comercializadora del acuerdo de reparto y compensación	
		Distribuidora o Comercializadora
<b>14. Inscripción en el Registro Autonómico de Autoconsumo</b>		
BT – P<100 kW Trámite de oficio en las CC.AA. donde exista	BT – P≥100 kW Sí, si existe	AT Sí, si existe
		Admón. autonómica
<b>15. Inscripción en el Registro Administrativo de Autoconsumo de energía eléctrica</b>		
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT
Trámite de oficio realizado a través de las CC.AA., que enviarán la información al Ministerio por vía telemática		
		Admón. autonómica
<b>16. Inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones Productoras de Energía Eléctrica (RAIPEE)</b>		
No aplica		
		Admón. autonómica
<b>17. Contrato de representación en mercado</b>		
No aplica		
		Comercializadora

<b>Instalaciones en autoconsumo CON EXCEDENTES</b>				
<b>1. Diseño de la instalación</b>				
BT – P≤10 kW	BT – P>10 kW	AT		
Memoria técnica	Proyecto técnico	Proyecto técnico		
				<b>Distribuidora</b>
<b>2. Permisos de acceso y conexión / Avaless o garantías</b>				
Siempre debe solicitarse el CAU				
Suelo urbano con dotaciones y servicios requeridos por la legislación		Otra tipología de suelo		
Permiso de acceso y conexión				
BT – P≤15 kW	BT – P>15 kW	AT	BT	AT
Exentas	Sí	Sí	Sí	Sí
Avaless o garantías – 40 €/kW				
P ≤ 100 kW		P > 100 kW		
Exentas		Sí		
Tramitación de acceso y conexión para aquellas instalaciones que lo precisen				
BT – P≤15 kW	BT – 15 kW<P<100kW	AT		
RD 1183/2020 - RD 1699/2011		RD 1183/2020 - RD 1955/2000 - RD 1699/2011		
				<b>Admón. autonómica</b>
<b>3. Autorizaciones ambientales y de utilidad pública</b>				
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT		
Consultar CC.AA	Consultar CC.AA	Consultar CC.AA		
				<b>Admón. autonómica</b>
<b>4. Autorización administrativa previa y de construcción</b>				
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT		
Exentas	Consultar CC.AA. Posible exención hasta 500 kW	Sí		
				<b>Admón. local</b>
<b>5. Licencia de obras</b>				
Consultar la normativa particular del Ayuntamiento del emplazamiento elegido				
<b>6. Ejecución de la instalación</b>				
				<b>Admón. autonómica</b>
<b>7. Inspección inicial e inspecciones periódicas</b>				
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT		
Consultar CC.AA	Consultar CC.AA	Consultar CC.AA		
				<b>Admón. autonómica</b>
<b>8. Certificados de instalación y/o certificados fin de obra</b>				
BT – P≤10 kW	BT – P>10 kW	AT		
Certificado instalación	Certificado instalación Certificado fin de obra	Documentación puesta en servicio AT según el Reglamento AT		
				<b>Admón. autonómica</b>
<b>9. Autorización explotación</b>				
BT – P≤10 kW	BT – P>10 kW	AT		
No necesita trámite Certificado instalación	Sí - Consultar CC.AA	Sí - Consultar CC.AA		
				<b>Distribuidora o Comercializadora</b>
<b>10. Contrato de acceso y contrato de suministro del consumidor -</b>				
BT – P<100 kW	BT – P≥100 kW	AT		
Distribuidora modifica contrato de acceso con información de las CC.AA	Consumidor solicita cambio del contrato de acceso	Consumidor solicita cambio del contrato de acceso		
En todos los casos, debe modificarse el contrato de suministro del consumidor con su comercializadora para reflejar la modalidad de autoconsumo elegida				

<b>11. Contrato de suministro de energía servicios auxiliares</b>		Distribuidora o Comercializadora
Obligatorio salvo los casos donde los servicios auxiliares se consideren despreciables, Se pueden unificar con el contrato de consumo en ciertos casos		
<b>12. Licencia de actividad</b>		Admón. local
Acogidas a COMPENSACIÓN	Exentas. Consultar normativa Ayuntamiento	
No acogidas a COMPENSACIÓN	Sí. Consultar normativa Ayuntamiento	
<b>13. Acuerdo de reparto y Contrato compensación excedentes</b>		Distribuidora o Comercializadora
Individuales	Acogidas a COMPENSACIÓN	Contrato de compensación de excedentes
	No acogidas a COMPENSACIÓN	No aplica
Colectivas	Acogidas a COMPENSACIÓN	Acuerdo de reparto + Contrato compensación
	No acogidas a COMPENSACIÓN	Acuerdo de reparto
<b>14. Inscripción en el Registro Autonómico de Autoconsumo</b>		Admón. autonómica
BT – P<100 kW	BT – P≥100 kW	AT
Trámite de oficio en las CC.AA. donde exista	Sí, si existe	Sí, si existe
<b>15. Inscripción en el Registro Administrativo de Autoconsumo de energía eléctrica</b>		Admón. autonómica
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT
Trámite de oficio realizado a través de las CC.AA., que enviarán la información al Ministerio por vía telemática		
<b>16. Inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones Productoras de Energía Eléctrica (RAIPRE)</b>		Admón. autonómica
Acogidas a COMPENSACIÓN	No aplica	
No acogidas a COMPENSACIÓN	Sí. Para P≤100 kW no es obligatorio.	
<b>17. Contrato de representación en mercado</b>		Comercializadora
Acogidas a COMPENSACIÓN	No aplica	
No acogidas a COMPENSACIÓN	Sí.	
<b>18. Notificaciones Operacionales</b>		Gestor de red
SIN excedentes	Exentas	
CON excedentes < 15kW	Exentas	
CON excedentes (resto)	Sí.	

Fuente: Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo (IDAE)

Las instalaciones de venta de energía se conciben como centrales de producción y están reguladas por una normativa más compleja, los trámites son más extensos y costosos.

Las instalaciones de autoconsumo al no estar enfocadas a la venta de energía en ciertos casos se evitan la mayoría de estos trámites. Pero al ser la potencia de la instalación planteada superior a 100 kW si se optara por la opción de verter excedentes no cabe la posibilidad de acogerse al mecanismo de compensación simplificada, implicando esto que para obtener una compensación económica por la energía vertida a red los trámites se asemejarían más a los de una instalación de venta de energía. Otro punto crucial es que para potencias elevadas puede darse que el punto de conexión a la red no sea viable técnicamente y si requieren el desdoblamiento de alguna red para conectarse a otro punto o precisan de un transformador de más capacidad la complejidad y costes del proyecto aumentan notablemente.

Los trámites más relevantes que se evitan escogiendo una instalación de autoconsumo sin excedentes frente a una con excedentes son:

- Permisos de acceso y conexión a la red de distribución con sus correspondientes avales de 40 €/kW para potencias superiores a 100 kW
- Para instalaciones de alta tensión el cumplimiento de la normativa de los reales decretos RD 1183/2020, RD 1955/2000 y RD 1699/2011
- Licencia de actividad
- Inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica (RAIPEE)
- Contrato de representación en el mercado para comercializadora
- Notificaciones operacionales al gestor de red

En pos de agilizar la instalación y puesta en marcha de la planta de generación se opta por la modalidad de autoconsumo (individual) sin excedentes.

Dado que para legalizar una instalación sin excedentes se precisa de un mecanismo anti-vertido que module la producción de la instalación para que en ningún momento se inyecte energía a la red, se opta por la instalación de baterías con el fin de dar un mayor aprovechamiento a la energía generada por el campo fotovoltaico.

¿Instalación sobre techo o suelo?

Al disponer de una nave industrial con tejado disponible lo más lógico sería utilizar esa superficie para la instalación de los módulos fotovoltaicos. En este caso concreto el techo de la nave es de fibrocemento lo que presenta una serie de inconvenientes y complejidades.

El fibrocemento es un material que era comúnmente utilizado en construcción y contiene fibras de amianto. Siendo el amianto una sustancia cancerígena que provoca graves enfermedades respiratorias.

Debido a estos riesgos se prohibió su uso en España, esto no quita que siga presente en numerosos edificios antiguos. La legislación sobre el amianto es bastante estricta ya que para su manipulación se requiere de la intervención de empresas especializadas.

El aprovechamiento del tejado de la nave conllevaría la retirada del fibrocemento y su sustitución para lo que habría obtener los permisos y licencias correspondientes. Esto encarecería enormemente el proyecto y provocaría un paro en la fabricación de la industria durante el proceso de retirada y sustitución a lo que se añade la dilatación en el tiempo de instalación.

Puesto que el propietario posee la parcela adyacente a la industria que se encuentra en estado de desuso y presenta unas características apropiadas, se opta por una instalación sobre suelo con estructura hincada.

¿Por qué módulos fotovoltaicos bifaciales?

Los módulos fotovoltaicos son el primer elemento del sistema fotovoltaico, es el dispositivo que capta la radiación solar para convertirla en energía eléctrica en forma de corriente continua.

Los módulos están compuestos por agrupaciones de células fotovoltaicas conectadas en serie y paralelo. Las células consisten en la unión de un semiconductor tipo P y otro tipo N dicha unión genera una diferencia de potencial que al recibir la energía de los fotones genera corriente eléctrica.

El material más habitual para la construcción de células es el silicio, aunque existen otros como Teluro de Cadmio (CdTe), Selenuro de Cobre, Indio y Galio (CIGS), Arseniuro de Galio (GaAs) y Perovskitas.

El silicio es el segundo material más abundante del planeta lo que se traduce en una materia prima fácilmente disponible y relativamente económica. Es un material estable y duradero lo que le confiere una larga vida útil con degradaciones mínimas en rendimiento. No es tóxico, lo que lo hace ambientalmente benigno en comparación con otros semiconductores. Presenta una alta eficiencia de conversión de energía, actualmente algunos fabricantes han alcanzado eficiencias superiores al 27% en las células.

Según la técnica de fabricación empleada tendremos distintos tipos, las células más comunes son de silicio amorfo, silicio policristalino y silicio monocristalino.

En la actualidad el mercado lo acaparan los módulos monocristalinos ya que ofrecen un mayor rendimiento y los costes de fabricación se han equiparado respecto a los policristalinos.

Dentro de las células de silicio monocristalino existen varias tecnologías. En los modelos que se comparan para este proyecto hay dos tecnologías, PERC y TOPCon. La tecnología PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) consiste en una lámina en la cara posterior de la célula que refleja la luz no absorbida normalmente y la redirige hacia la parte activa de la célula. Si a esto le sumamos una capa de óxido obtenemos una célula TOPCon (Tunnel oxide passivated contact). Las células TOPCon están ganando cuota de mercado y cada vez más fabricantes las utilizan, presentan una mayor eficiencia, mejoran el coeficiente de temperatura y el rendimiento bifacial.

Se comparan varios modelos de los principales fabricantes del mercado estudiando la posibilidad de instalar módulos bifaciales o monofaciales. Mientras que en los paneles monofaciales una única cara capta energía en los bifaciales ambas caras pueden absorber energía.

Ilustración 12 Célula monofacial vs bifacial



Fuente: LG Bifacial design guide

El criterio económico será un factor importante a tener en cuenta ya que hay algunos modelos más eficientes pero el coste se dispara y por consecuencia la rentabilidad del proyecto sería menor. Se han buscado los modelos que mejor relación calidad precio ofrecen y presentan disponibilidad.

Tabla 4 Comparativa de módulos fotovoltaicos

Fabricante	Longi Solar	Longi Solar	Ja Solar	Ja Solar
Modelo	Hi-MO5 72C HBD	Hi-MO5 72C HPH	JAM 66D42 MB	JAM72S30-570/LR
Tipo	Bifacial	Monofacial	Bifacial	Monofacial
Tecnología	PERC p-type	PERC p-type	TOPCon N-type	PERC p-type
Potencia (W)	550	555	580	570
Precio (€)	75,39	78,50	78,87	75,3
Vmp (V)	41,95	42,1	40,42	41,87
Imp (A)	13,12	13,19	14,35	13,62
Voc (V)	49,8	49,95	48,18	49,95
Isc (A)	13,99	14,04	15,21	14,37
Eficiencia (%)	21,3	21,5	22,5	21,5
Dimensiones (mm) Largo x Ancho x Alto	2278x1134x35	2278x1134x35	2278x1134x30	2333x1134x30
Superficie (m2)	2,58	2,58	2,58	2,64
W/m2	213	215	225	216
€/W	0,091	0,094	0,091	0,088

Fuente: Elaboración propia

Se opta por el modelo JAM 66D42 MB ya que presenta una mayor eficiencia y aprovechamiento de la superficie, debido a que emplea la tecnología más innovadora de los cuatro estudiados. En cuanto a precio no hay grandes diferencias respecto al resto por lo que resulta más competitivo.

Los módulos se han comparado en condiciones estándar de medida, no obstante, estas condiciones al ser tomadas según regulaciones internacionales no reflejan la ganancia

bifacial ya que el método que se emplea es un flash test en laboratorio que solo incide en la parte delantera del módulo.

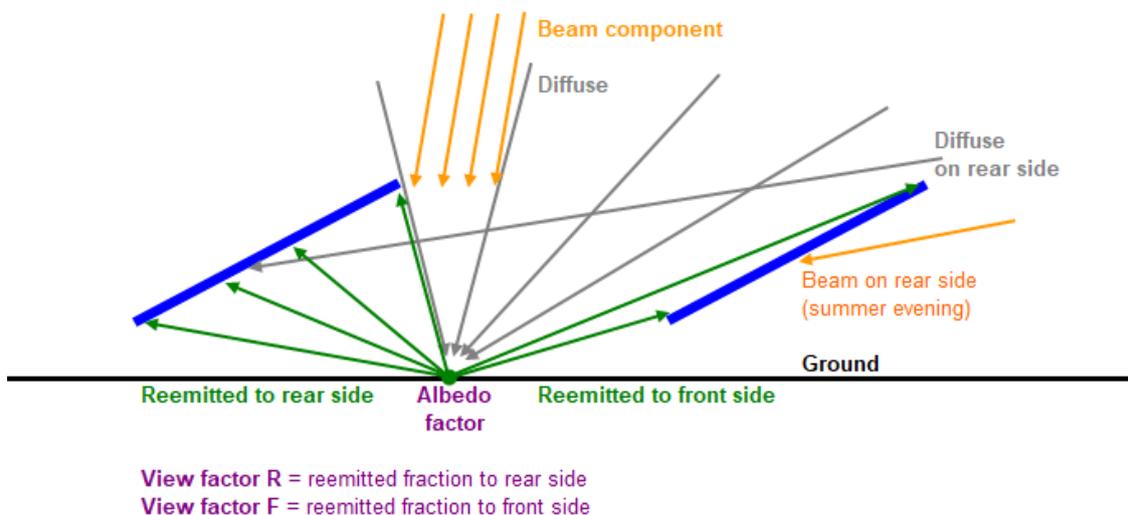
Algunas de las ventajas que presentan los módulos bifaciales son:

- **Mayor producción de energía.** Debido a la captación por ambas caras se produce un aumento del rendimiento lo que se traduce en una mayor generación de energía que puede oscilar entre un 5% y un 30% respecto a módulos monofaciales de la misma potencia nominal.
- **Mejor aprovechamiento del espacio.** Al generar más energía por panel se obtiene una mayor densidad de potencia.
- **Mejor comportamiento a altas temperaturas.** Al captar luz por ambas caras el calor se distribuye de manera más eficiente, lo que puede ayudar a reducir la temperatura operativa del panel y mejorar su eficiencia en climas cálidos.
- **Mayor durabilidad.** La mayoría de módulos bifaciales utilizan diseños de doble vidrio en lugar de una lámina trasera polimérica. El vidrio ofrece una mayor resistencia a la humedad, corrosión, radiación UV y estrés mecánico, lo que puede traducirse en una mayor vida útil.

A la hora de diseñar una instalación, el empleo de módulos bifaciales supone mayor complejidad puesto que entran en consideración factores adicionales como:

**El efecto albedo.** Es una medida de la reflectividad de la superficie. Se define como la fracción de radiación solar que es reflejada comparada con la radiación total incidente en una superficie. El albedo tiene un rango de valores variado porque depende de las condiciones ambientales (condiciones climáticas, cambios de hora, condiciones de la superficie). Es el factor más crítico en la ganancia bifacial.

Ilustración 13 Radiación incidente bifacial



Fuente: PVsyst

No es fácil predecir el valor exacto del albedo de un área específica. Para cuantificarlo recurriremos a unos valores obtenidos en *Wikipedia*, a continuación, se muestran algunos de interés.

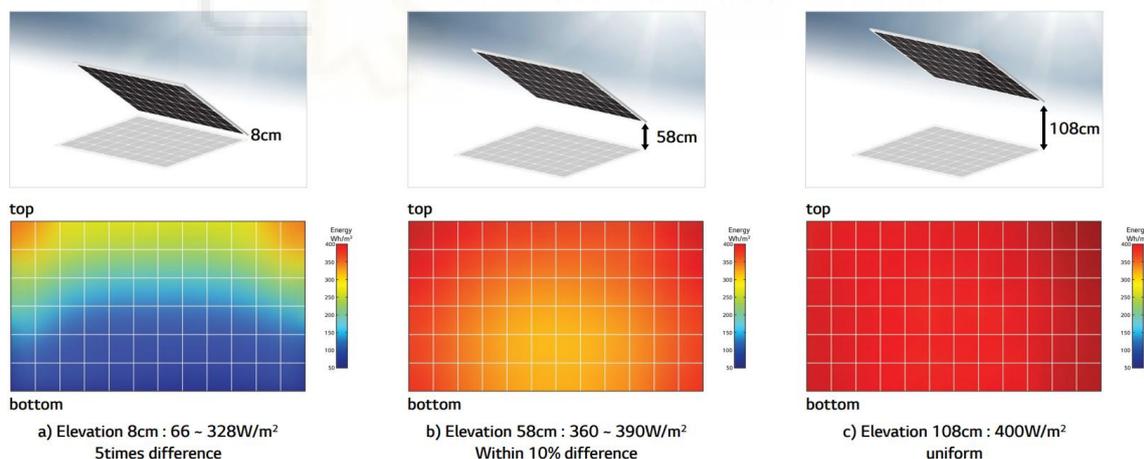
Tabla 5 Albedo superficies

Superficie	Albedo típico
Asfalto fresco	0.04
Asfalto gastado	0.12
Océano abierto	0.06 (0.05-0.10)
Suelo desnudo	0.17
Hierba verde	0.25
Hormigón nuevo	0.55

Fuente: Elaboración propia

**Elevación del módulo.** La altura del módulo tiene un impacto significativo en la ganancia bifacial puesto que al asegurar un buen espacio entre el módulo y el suelo garantizaremos una mayor reflectancia de la luz solar. Pero no solo afecta a la irradiancia, sino que también influye en la uniformidad de la luz reflejada en la parte trasera. A continuación, se muestra un ejemplo con módulos a distintas elevaciones.

Ilustración 14 Distribución de la irradiancia en la parte trasera del módulo



Fuente: LG Bifacial design guide

**Pitch (GCR).** El pitch es la distancia desde la fila frontal hasta la fila posterior. Este valor está directamente correlacionado con el índice de cobertura del suelo (GCR), que es la relación entre el área de los módulos fotovoltaicos y el área total del terreno. El tener un pitch elevado y un GCR bajo ofrecen una mayor posibilidad de producción de energía en la parte posterior de los módulos.

Aunque el diseño es más complejo, en comparación con módulos monofaciales la irradiación total absorbida es superior ya que es la suma de la incidente tanto en la parte

delantera como trasera. En cuanto a la capacidad de generación de la parte trasera los fabricantes la definen con el factor de bifacialidad que representa la capacidad de generación de la parte trasera respecto de la delantera. En nuestro caso tenemos un valor del 80% valor obtenido de la ficha técnica.

Considerando un incremento de irradiación de un 10%, los módulos bifaciales pasan a tener una mayor producción. Según la ficha técnica del fabricante para el modelo escogido la potencia de salida se incrementaría hasta 626 vatios lo que supone un 8%. En cuanto a parámetros eléctricos se mantienen las tensiones y se incrementan las corrientes  $I_{mp}$  y  $I_{sc}$  a 15,5 y 16,43 amperios respectivamente.

Cabría la posibilidad de aumentar el efecto albedo del terreno utilizando un tipo de recubrimiento que provocara una mayor reflexión de la luz por ejemplo grava blanca u hormigón. Dichas alternativas no se contemplan ya que el impacto ambiental sería mucho mayor y que visualmente se produciría una mayor alteración del terreno a parte de disparar los costes del proyecto.

En nuestro caso vamos a cuantificar el albedo con un coeficiente de 0,17 obtenido de *Wikipedia* para un tipo de superficie clasificada como suelo desnudo.

### ¿Por qué estructura fija hincada?

Las principales estructuras fotovoltaicas las podríamos definir en tres categorías:

- 1. Sistemas de inclinación fija.** Son las más comunes y sencillos. Los módulos fotovoltaicos se instalan con un ángulo de inclinación fijo respecto del suelo. En ocasiones estas estructuras son regulables manualmente pudiendo cambiar la inclinación según la estación para maximizar la captación de luz solar.
- 2. Seguidores solares de un solo eje.** Estas estructuras están diseñadas para seguir el movimiento del sol a lo largo de un eje, generalmente de este a oeste durante el día. Esto permite que los módulos mantengan un ángulo más perpendicular a la radiación solar durante más tiempo, aumentando la producción de energía en comparación con los sistemas de inclinación fija.
- 3. Seguidores solares de doble eje.** Estas estructuras son las más sofisticadas y siguen el movimiento del sol en dos ejes: de este a oeste y de norte a sur. Esto permite que los módulos se orienten de forma casi perfecta perpendicular a la radiación solar en todo momento del día y durante todas las estaciones del año.

Se analiza el rendimiento de una instalación estándar en los distintos casos con una simulación en PVGIS.

Tabla 6 Comparativa generación estructuras

Tipo Estructura	Fija 30°	Seguidor 1 eje	Seguidor 2 ejes
Generación anual (kWh/kWp)	1696	2250	2324
Incremento rendimiento %	-	32	37

Fuente: Elaboración propia

Pese a tener un incremento de rendimiento significativo, actualmente se prefiere utilizar sistemas de inclinación fija debido a los siguientes motivos:

**Costo inicial significativamente menor.** La inversión inicial para sistemas de inclinación fija es considerablemente menor que para los seguidores solares. Los seguidores requieren motores, sensores, sistemas de control y estructuras mecánicas más complejas, lo que eleva los costos de adquisición e instalación. En proyectos de gran escala, esta diferencia de costo inicial puede ser sustancial y afectar la viabilidad financiera del proyecto.

**Menores costos de mantenimiento.** Los sistemas de inclinación fija tienen menos o ninguna pieza móvil. Esto se traduce en requerimientos de mantenimiento mucho menores y, por lo tanto, en menores costos operativos a lo largo de la vida útil de la planta. Los seguidores solares, con sus componentes mecánicos y electrónicos, necesitan inspecciones, lubricación, ajustes y posibles reemplazos, lo que incrementa los gastos operativos.

**Mayor fiabilidad y durabilidad.** La simplicidad del diseño de los sistemas de inclinación fija los hace inherentemente más fiables y duraderos. Al tener menos componentes susceptibles a fallas mecánicas o eléctricas, resisten mejor las condiciones climáticas adversas como vientos fuertes, nieve o granizo, reduciendo el riesgo de tiempo de inactividad y costos de reparación.

**Instalación más sencilla y rápida.** La instalación de estructuras de inclinación fija es más sencilla y rápida en comparación con los complejos sistemas de seguimiento. Esto puede reducir los costos laborales y acelerar la puesta en marcha de la planta de gran potencia, permitiendo una generación de ingresos más temprana.

**Aprovechamiento del terreno.** La estructura fija a 30° permite instalar mayor potencia ya que en las estructuras con seguidores la proyección de las sombras es mayor puesto que se regulan en inclinación y varían su altura. En algunos casos, los sistemas de inclinación fija pueden adaptarse mejor a terrenos irregulares en comparación con los seguidores, que a menudo necesitan terrenos más llanos para su funcionamiento óptimo.

**Avances en la eficiencia de los módulos y reducción de costos.** La eficiencia de los módulos fotovoltaicos ha aumentado significativamente en los últimos años. Esto significa que se puede generar una cantidad considerable de energía incluso con sistemas de inclinación fija, lo que puede reducir la necesidad de la ganancia adicional que ofrecen los seguidores en algunos casos. Con el precio actual de los módulos en la mayoría de los casos es más rentable sobredimensionar el campo fotovoltaico con estructura fija para compensar esa pérdida de rendimiento respecto a los seguidores.

**Menor complejidad del sistema.** Un sistema de inclinación fija es intrínsecamente menos complejo en su diseño y operación. Esto simplifica la gestión del proyecto, el monitoreo del rendimiento y la resolución de problemas. En este caso optaremos por una estructura hincada fija a 30°. El utilizar una estructura hincada respecto a otras que precisan bases de hormigón reduce costes, agiliza la instalación, minimiza el impacto ambiental y facilita el desmantelamiento de la instalación una vez finalice su vida útil.

¿Inversores centrales o de string?

Un inversor es un dispositivo electrónico que tiene la función principal de transformar la corriente continua (CC), como la que proviene de los módulos fotovoltaicos o baterías, en corriente alterna (CA), que es el tipo de electricidad que se utiliza en la red eléctrica convencional.

En el ámbito fotovoltaico la inmensa mayoría de inversores en la actualidad son de onda sinusoidal pura, aunque existen otros tipos. Para la elección del tipo de inversor hay que tener en cuenta su conexión al sistema eléctrico. Existen inversores que funcionan conectados a la red (on-grid), inversores aislados de la red (off-grid) y otros que pueden conmutar entre estos dos modos de funcionamiento.

Dentro de los inversores on-grid principalmente se dividen en dos tipos:

- **Inversores centrales:** Son inversores de muy alta potencia, típicamente desde 100 kW hasta varios megavatios. Se utilizan en grandes plantas solares donde se conectan múltiples cadenas de paneles solares a un único inversor de gran capacidad.
- **Inversores de string:** Aunque tradicionalmente se usan en instalaciones residenciales y comerciales de menor tamaño, los inversores de string también se utilizan en grandes plantas, especialmente con arquitecturas distribuidas. En este caso, varios inversores de string de potencia media se distribuyen a lo largo del campo fotovoltaico, conectándose cada uno a un grupo de cadenas de paneles.

Ambos tienen sus ventajas e inconvenientes. Pero para potencias inferiores a 1 MW los inversores centrales económicamente no son tan competitivos.

Los inversores centrales tienen un menor costo a gran escala y proporcionan una instalación y mantenimiento centralizados. En modelos de gran potencia se suministran tipo container, aptos para soportar condiciones climáticas extremas, incorporan sistemas con control de temperatura por ventilación, aire acondicionado y detección de incendios. Pero aportan una menor flexibilidad ya que si una parte del campo fotovoltaico tienen un rendimiento inferior puede impactar en toda la producción. La configuración de los módulos se vuelve compleja ya que disponen de pocas entradas por lo que hay que combinar series de strings en paralelo trabajando con corrientes elevadas. Como principal inconveniente si el inversor falla se detiene toda la producción de la planta.

Los inversores de string dotan el sistema de una mayor flexibilidad y modularidad. Suelen disponer de numerosos puntos de seguimiento de máxima potencia (MPPT) permitiendo configurar series de módulos con distintas orientaciones y tamaños sin afectar al rendimiento del conjunto. El poseer diversas entradas facilita la configuración de los módulos que se suele realizar en serie llevando cada serie de módulos al inversor. Las secciones de cableado son menores. Este sistema nos garantiza mejor rendimiento en caso de fallas puesto que si un string tiene una avería no afectará al resto de series conectadas al inversor. De igual manera si un inversor falla no afecta al resto de inversores de la instalación.

Tabla 7 Comparativa inversores fotovoltaicos

<b>Modelo</b>	<b>Fronius Tauro ECO 100-3-D</b>	<b>Fronius Tauro ECO 100-3-P</b>	<b>Huawei 100-KTL-M2</b>	<b>SMA Sunny Tripower CORE 2</b>
<b>Potencia nom. salida (kW)</b>	100	100	100	110
<b>Precio (€)</b>	5347	4847	3525	5115
<b>Nº seguidores MPPT</b>	1	1	10	12
<b>Nº entradas CC</b>	22	2	20	24
<b>Máx. corriente de entrada I<sub>dc</sub> (A)</b>	175	175	300	312
<b>Máxima corriente de cortocircuito I<sub>sc</sub> (A)</b>	355	250	400	480
<b>Tensión de Arranque (V)</b>	650	650	200*MPPT	250*MPPT
<b>Rango de tensión de entrada CC (V)</b>	580-1000	580-1000	200-1000	200-1000
<b>Rendimiento europeo (%)</b>	98,5	98,5	98,6	98,6
<b>Dimensiones (mm) AlturaxAnchurax Profundidad</b>	755x1109x346	755x1109x346	700x1035x365	682x1170x363
<b>Peso (kg)</b>	103	103	93	93,5
<b>Tipo de protección</b>	IP65	IP65	IP66	IP66

Fuente: Elaboración propia

Para el rango de potencia deseado no hay inversores centrales competitivos. El instalar un inversor central supondría más elementos en la instalación como la combinación de strings en cajas de CC.

Las ventajas que presentan los inversores Fronius es un rango de trabajo 5°C mayor ya que los modelos Huawei y SMA llegan hasta 60°C de temperatura ambiente. Pero el poseer un único MPPT es un inconveniente aun teniendo una única orientación e

inclinación para toda la planta. Se pueden dar sombreados puntuales como los provocados por aves, o ligeras diferencias de fabricación entre los módulos que provoquen el efecto conocido como mismatching. Este efecto será aminorado si tenemos más sectorizada la planta. Por ello el que un inversor presente mayor número de MPPT beneficiará la generación en estos casos. También poseen una menor protección para colocación en exterior y puesto que en la planta proyectada los inversores estarán en intemperie son más interesantes las otras opciones.

Los inversores Huawei y SMA tienen características similares, pero atendiendo al criterio económico se selecciona Huawei.

Actualmente la marca seleccionada posee la mayor cuota de inversores fotovoltaicos del mercado, la relación calidad precio que ofrecen es muy competitiva. Adicionalmente poseen modelos de batería para instalaciones a gran escala que estudiaremos para el proyecto. El utilizar equipos de la misma marca facilitará tanto la configuración como la comunicación de todo el conjunto evitando así posibles problemas de compatibilidad.

¿Es viable un sistema de acumulación para instalaciones industriales?

Los sistemas de acumulación son sistemas que nos permiten almacenar energía eléctrica y gestionar su uso. En el ámbito fotovoltaico tradicionalmente se han empleado para instalaciones aisladas de red. Cada vez los objetivos de integración de renovables son más exigentes pero dado que el perfil de consumo no casa con la curva de generación solar para lograr una mayor integración de esta tecnología es necesario tener sistemas de acumulación acordes a la potencia instalada. A gran escala existen diversos métodos de almacenamiento. El mecánico en centrales hidroeléctricas, que acumulan la energía en forma de potencial gravitatorio almacenando grandes cantidades de agua o el térmico que se emplea en centrales termosolares donde se acumula la energía en depósitos de sales fundidas. A menores escalas se utilizan principalmente baterías electroquímicas, formadas por asociaciones de celdas. Las celdas se componen generalmente de dos electrodos, uno positivo y otro negativo, ambos conectados a través de un electrolito que hace la función de conductor eléctrico. En estos elementos tiene lugar una reacción química reversible en la que se transforma la energía eléctrica en química y viceversa. Las tecnologías más comunes son:

- Ion de Litio (Li-ion): Actualmente son las más empleadas en la industria debido a su alta densidad energética, larga vida útil, descargas elevadas y alta eficiencia.
- Plomo ácido: Suelen caracterizarse por un coste reducido. Si realizan descargas profundas la vida útil se reduce enormemente no es habitual superar el 50%. Presentan una densidad energética baja, para almacenar una cantidad de energía considerable se requiere mucho espacio.
- Níquel cadmio: Presentan robustez y larga vida útil, especialmente en condiciones de temperatura extremas, actualmente están en desuso ya que el cadmio es un metal pesado tóxico lo que presenta inconvenientes medioambientales.

Pese a no ser muy común el uso de sistemas de acumulación en instalaciones industriales debido a su elevado coste, en la actual situación del mercado eléctrico se presentan como una alternativa a tener en cuenta ya que en las horas de producción solar se está dando una disminución significativa de los precios llegando a caer a valores cercanos a cero o incluso negativos. Esta tendencia perjudica a las instalaciones con vertido a red que ven disminuida su rentabilidad. Técnicamente los sistemas de acumulación ofrecen numerosas ventajas, las principales son:

- **Maximización del autoconsumo.** Dado que gran parte del consumo se da en horas en las que no hay generación solar, las baterías ofrecen la posibilidad de cubrir una mayor demanda.
- **Flexibilidad en la gestión energética.** Nos ofrecen capacidades avanzadas a la hora de gestionar la energía, como la reducción de picos de demanda en los que la batería nos permita reducir la potencia demandada a la red (peak shaving), o gestión inteligente de la energía en horas en las que se den precios muy bajos en el mercado se podría programar la carga de las baterías y descarga en las horas que tengan el precio más alto.
- **Seguridad de suministro.** Son capaces de proporcionar energía de respaldo en el caso de cortes de red (backup).

Siendo el autoconsumo sin excedentes la modalidad escogida para este proyecto la idea principal es utilizar el excedente solar que en otro caso se perdería debido al sistema anti-vertido, para la carga de baterías y posteriormente controlar la descarga de estas en las horas más convenientes. Con ello logramos un ahorro económico y mejor aprovechamiento de la instalación.

Puesto que los inversores seleccionados son de la marca Huawei se opta por utilizar el modelo de batería HUAWEI ESS LUNA2000-200-2H1, con ello garantizamos la perfecta comunicación y compatibilidad de todos los dispositivos optimizando el rendimiento y facilitando cualquier inconveniente que se pueda presentar y para el que haya que contar con el servicio técnico de la marca.

Dicho producto es una batería modular que nos permite escalar hasta 20 unidades en paralelo. La entrega se realiza en módulos prefabricados preparados para instalación en exterior. Cada módulo contiene 12 baterías que presentan una capacidad total de almacenamiento de 200 kWh y una potencia de 100 kVA. El hecho de que incluya su propio inversor-cargador es una ventaja ya que no precisa de una instalación fotovoltaica para funcionar y nos brinda mayor flexibilidad. Con posibilidad de cubrir picos de demanda, lo que se conoce como peak shaving o garantizar una continuidad de suministro ya que tienen función de backup, con la que podríamos cubrir la demanda en caso de interrupciones en el suministro de la red por un tiempo limitado.

Cada módulo incluye protecciones eléctricas tanto de continua como alterna. Integra su propio sistema de gestión de baterías (BMS) distribuida con unidades de gestión a nivel batería y una unidad central a nivel módulo. Incorpora dos aires acondicionados que controlan la temperatura, un sistema de seguridad para la extinción de incendios y accesorios para instalación y comunicación.

La monitorización y comunicación son una parte esencial en cualquier instalación fotovoltaica. Son fundamentales para asegurar su rendimiento y fiabilidad ya que nos ofrecen:

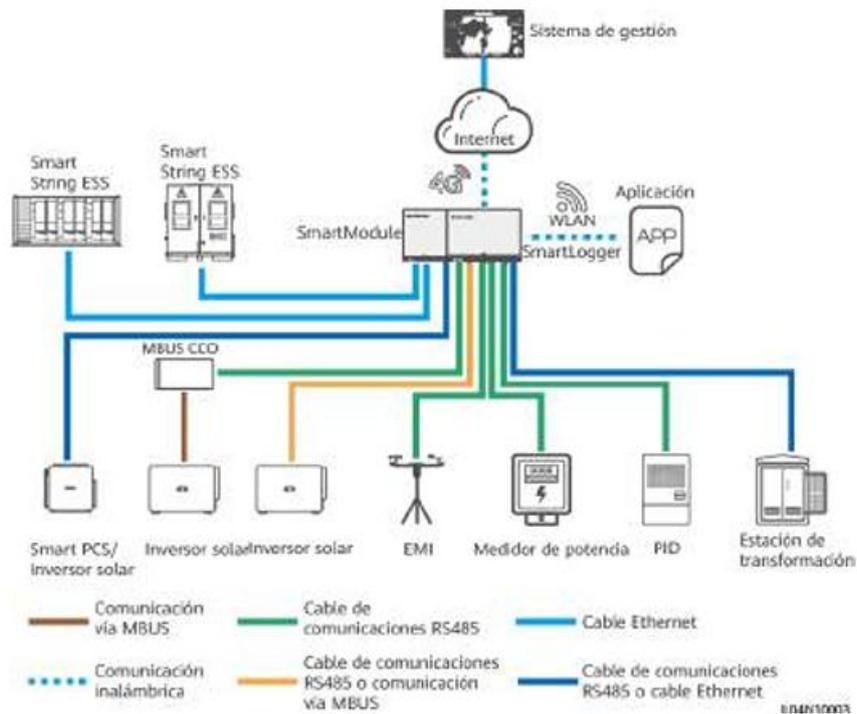
- **Visualización de producción:** Proporcionan datos en tiempo real sobre la energía generada, pudiéndola comparar con la energía esperada y permitiendo identificar rápidamente cuando una instalación tiene un rendimiento bajo.
- **Operación y mantenimiento eficiente:** Permite un diagnóstico remoto incluso control de algunas operaciones, evitando así visitas innecesarias y reduciendo costes. El análisis del histórico de datos facilita las tareas de mantenimiento predictivo y preventivo.
- **Sistema de alertas:** Nos permite configurar un sistema de alertas automáticas que nos comunicará inmediatamente los fallos y averías detectados.
- **Optimización del Autoconsumo:** En instalaciones con baterías o sistemas de gestión de la generación y demanda, la monitorización es esencial para una correcta gestión de la energía y el correcto funcionamiento de todos los equipos.
- **Garantía:** La mayoría de dispositivos precisan de una correcta monitorización para validar las garantías ofrecidas por los fabricantes.

Para lograr los puntos mencionados anteriormente se precisan tres elementos:

1. **Medidor de energía trifásico JANITZA UMG 604-PRO:** Es un analizador de energía inteligente que nos permite medida en media tensión, necesita transformadores de corriente para realizar la medida indirecta. Este modelo en equipos Huawei está certificado para inyección cero según real decreto.
2. **Registrador de datos HUAWEI SmartLogger 3000 A03EU:** Es el centro de comunicación y gestión del sistema. Recopila y controla datos de los diferentes equipos como inversores, baterías, medidores de energía y demás sensores. Al igual que en el punto anterior este modelo garantiza la inyección cero.
3. **Estación meteorológica:** Se compone de un sensor de irradiancia, un sensor de temperatura ambiente, un sensor de temperatura del módulo y un anemómetro. Es necesario para evaluar el rendimiento real de la instalación.

El esquema de configuración de los dispositivos en la instalación es el siguiente:

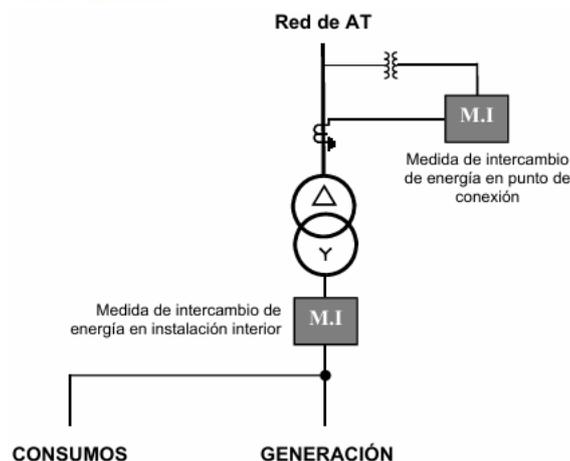
Ilustración 15 Esquema conexión en red



Fuente: Manual del usuario SmartLogger3000 (Huawei)

Dado que la red a la que está conectada la instalación interior del cliente es de alta tensión, el sistema antivertido podríamos instalarlo en dos puntos según el RD244/2019 como muestra la siguiente imagen.

Ilustración 16 Esquema con equipo de medida de intercambio de energía con la red en instalaciones conectadas a redes de alta tensión. Ubicaciones posibles del punto de medida de energía



Fuente: Real Decreto 244/2019

Realizar la medida aguas abajo del transformador en baja tensión simplifica bastante la instalación, en cambio colocando la medida aguas arriba del transformador y realizándola en alta tensión requiere una mayor complejidad. No obstante, los beneficios de realizar la medida en alta tensión compensan el sobrecoste de instalación.

Según el RD 1164/2001, cuando se desconocen las pérdidas en los centros de transformación se pueden estimar de la siguiente forma:

- Pérdidas variables: Se estiman como el 4% de la energía consumida.
- Pérdidas fijas: Se calculan a razón de 0,01 kWh/kVA.

Dado que el transformador de abonado tiene una potencia de 620 kVA y el consumo energético es superior a 2250 MWh, las pérdidas anuales supondrían alrededor de 140 MWh. Por ello los toroidales del sistema antivertido irán colocados en la celda de medida del centro de transformación de abonado, realizando la medida en alta tensión y garantizando la máxima eficiencia de la instalación.

### Protecciones de la instalación

Con el fin de evitar el acceso de personal no autorizado y disuadir actos de hurto o vandalismo la parcela tendrá un vallado perimetral y un sistema CCTV que consistirá en cámaras de videovigilancia que incorporan sensores de movimiento conectadas a un centro de control policíaco.

En cuanto a las protecciones propiamente eléctricas, nos basamos en las descritas por el REBT clasificándolas en las siguientes:

- Protecciones contra contactos directos e indirectos.
- Protecciones contra sobreintensidades.
- Protecciones contra sobretensiones.

Los inversores seleccionados incorporan las siguientes protecciones internas:

*Ilustración 17 Protecciones incorporadas en el inversor fotovoltaico*

	Protection
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobreintensidad de AC	Sí
Protección contra polaridad inversa DC	Sí
Monitorización de fallos a nivel de string	Sí
Descargador de sobretensiones de DC	Tipo II
Descargador de sobretensiones de AC	Tipo II
Detección de resistencia de aislamiento DC	Sí
Monitorización de corriente residual	Sí
Protección ante fallo por arco eléctrico	Sí
Desconexión a nivel de string	Sí

*Fuente: Ficha técnica SUN2000-100KTL-M2 (Huawei)*

Los cálculos justificativos de las protecciones se abordan en detalle en el Anexo 1. Cableado y protecciones.

## 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

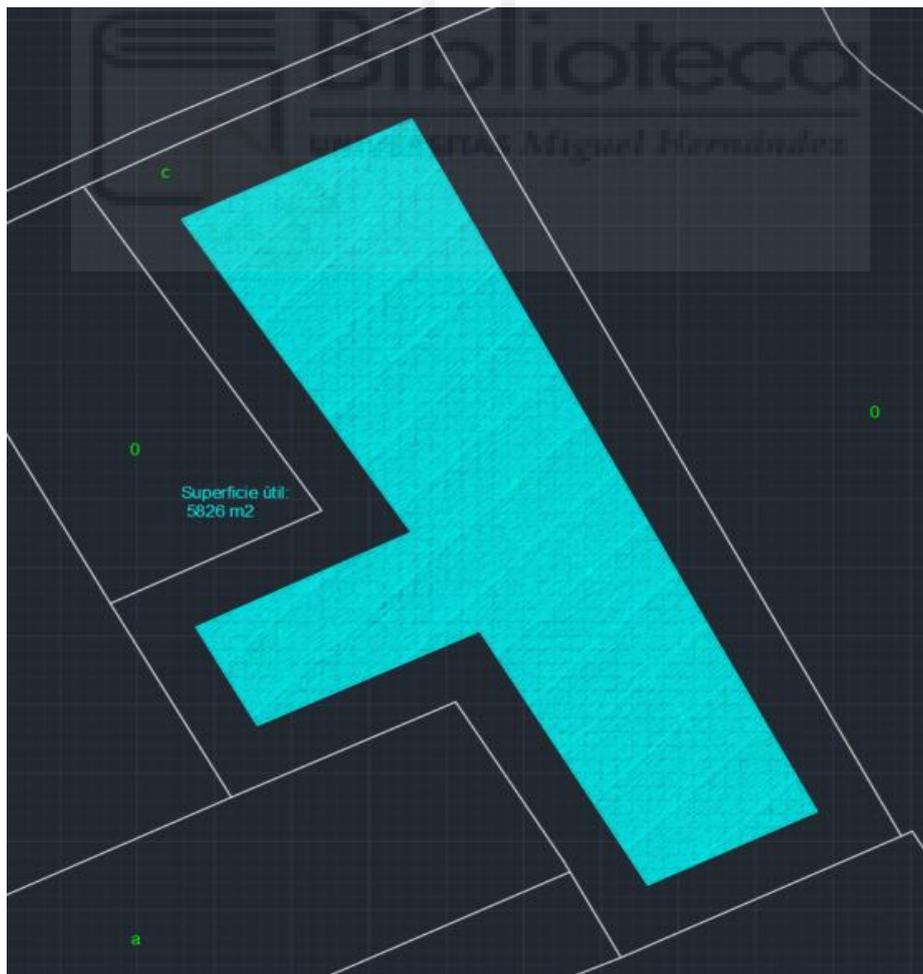
### 2.1 SUPERFICIE DISPONIBLE

El plan general de la normativa urbanística de Elche es el que nos determina el área aprovechable de la parcela. Para las construcciones e instalaciones destinadas al uso industrial se requieren las siguientes condiciones:

- Parcela mínima: 10.000 m<sup>2</sup>
- Ocupación máxima: 50 por ciento
- Altura máxima: 11 metros
- Distancia a linderos: 10 metros
- Distancia a eje de viales: 15 metros

Una vez aplicadas las restricciones a la parcela en cuestión, nos queda una superficie de 5826 m<sup>2</sup>, quedando esta distribuida de la siguiente manera:

*Ilustración 18 Superficie útil*



*Fuente: Elaboración propia*

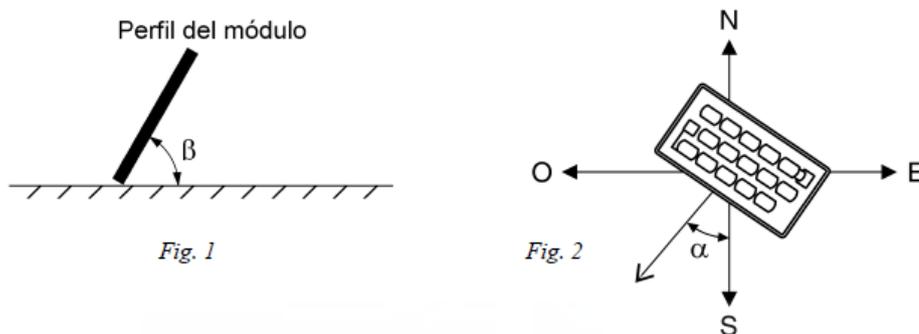
## 2.2 INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN ÓPTIMAS

La inclinación y orientación son dos factores críticos determinantes en la cantidad de irradiancia captada por los módulos fotovoltaicos.

La inclinación se define como el ángulo ( $\beta$ ) que forma la superficie de los módulos con respecto al plano horizontal.

La orientación ( $\alpha$ ) se define como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar.

Ilustración 19 Inclinación y orientación del módulo



Fuente: Pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red IDAE.

Puesto que la instalación se ubica en el hemisferio norte y la estructura es fija, se busca una configuración que optimice la generación para todo el año.

Para el cálculo de la inclinación óptima aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69|\varphi|$$

$\beta_{opt}$  = Inclinación óptima ( $^{\circ}$ )

$\varphi$  = Latitud ( $^{\circ}$ )

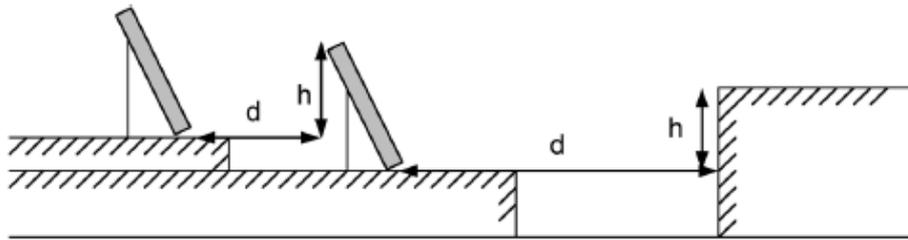
$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69|38.258397| = 30,1^{\circ}$$

Utilizaremos  $30^{\circ}$  ya que la estructura se proporciona con esa inclinación y las pérdidas son despreciables.

Orientación sur ( $\alpha = 0^{\circ}$ ) puesto que no hay ninguna limitación y es la orientación que maximiza la generación de energía para estructuras fijas.

Para la distancia entre módulos seguiremos el criterio del Pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red IDAE, garantizando 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

Ilustración 20 Distancia mínima entre filas de módulos



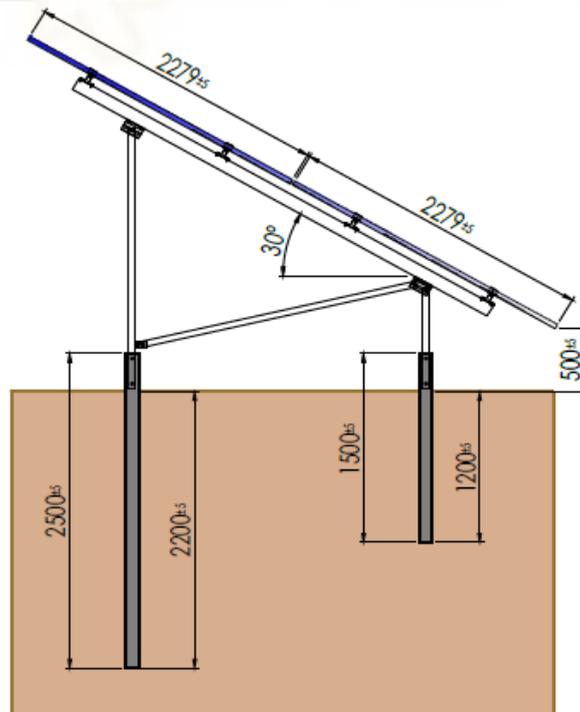
Pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red IDAE.

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})}$$

$d$  = Distancia medida sobre la horizontal entre filas de módulos y obstáculos (m)

$h$  = Altura de fila o obstáculo (m)

Ilustración 21 Dimensiones de perfil estructura con módulos



Fuente: Ficha técnica 35V (Sunfer Energy)

$$h = (2.279 + 2.279) \sin 30 = 2.279 \text{ m}$$

$$d = \frac{2.279}{\tan(61 - 38.258397)} = 5.43 \text{ m}$$

Dicha distancia minimiza las pérdidas por sombras y es la que se respeta a la hora de colocar los módulos en el terreno.

### 2.3 CONFIGURACIÓN DE STRINGS

Para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación comprobaremos que no se exceden los valores de tensión y corriente del inversor y garantizamos suficiente tensión para el arranque de esta en las primeras horas del día.

La tensión de arranque es de 200 V para cada MPPT y el rango de tensiones de trabajo es de 200-1000 V. La tensión máxima que es capaz de soportar el inversor son 1100 V.

Para determinar los parámetros del módulo en condiciones reales de funcionamiento se ajustarán según los valores de irradiancia y temperatura ambiente obtenidos de las bases de datos de AEMET y PVIGS.

Los valores extremos máximos los obtendríamos para una irradiancia de 1000 w/m<sup>2</sup> y una temperatura ambiente de 42,4°C, y los mínimos se darían con 100 w/m<sup>2</sup> y 2°C.

Por otro lado, la tensión de arranque se calcula para una irradiancia de 100 w/m<sup>2</sup>.

$$T_{cell} = T_{amb} + (TONC - 20) \frac{E}{800}$$

$T_{cell}$  = Temperatura de la célula.

$T_{amb}$  = Temperatura ambiente.

TONC = Temperatura de operación nominal de la célula.

E = Irradiancia.

Aplicando la fórmula, para las temperaturas máximas y mínimas, obtenemos unos resultados de 73,65°C y 5,12°C respectivamente. Se calculan los parámetros del módulo para las dos condiciones y se reflejan en la siguiente tabla junto a los datos de la ficha técnica proporcionados en condiciones estándar de medida (STC).

Tabla 8 Parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico para diversas condiciones

	INVIERNO	STC	VERANO
<b>E (W/m2)</b>	100,0	1000,0	1000,0
<b>Tamb (°C)</b>	2,0	-6,3	42,4
<b>Tcell (°C)</b>	5,1	25,0	73,7
<b>VOC (V)</b>	50,7	48,2	42,1
<b>ISC (A)</b>	1,5	15,3	15,6
<b>PPK (W)</b>	61,5	580,0	495,3
<b>Vmpp (V)</b>	43,1	40,3	33,6
<b>Impp (A)</b>	1,4	14,4	14,7

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{V_{min,MPPT}}{V_{mpp,Módulo}} \leq N^{\circ} \text{ módulos en serie} \leq \frac{V_{máx,MPPT}}{V_{OC,Módulo}}$$

$$5.4 \leq N^{\circ} \text{ módulos en serie} \leq 19.7$$

Tendremos que disponer de entre 6 y 19 módulos por cada string.

La tensión nominal del inversor es de 600 V, consideraremos óptimas configuraciones de entre 15 y 17 módulos por string.

En cuanto a intensidades, la corriente máxima de cortocircuito para cada MPPT es de 40 A y cada MPPT tiene dos entradas que admiten 20 A.

$$N^{\circ} \text{ módulos en paralelo} \leq \frac{I_{máx,input}}{I_{sc,Módulo}}$$

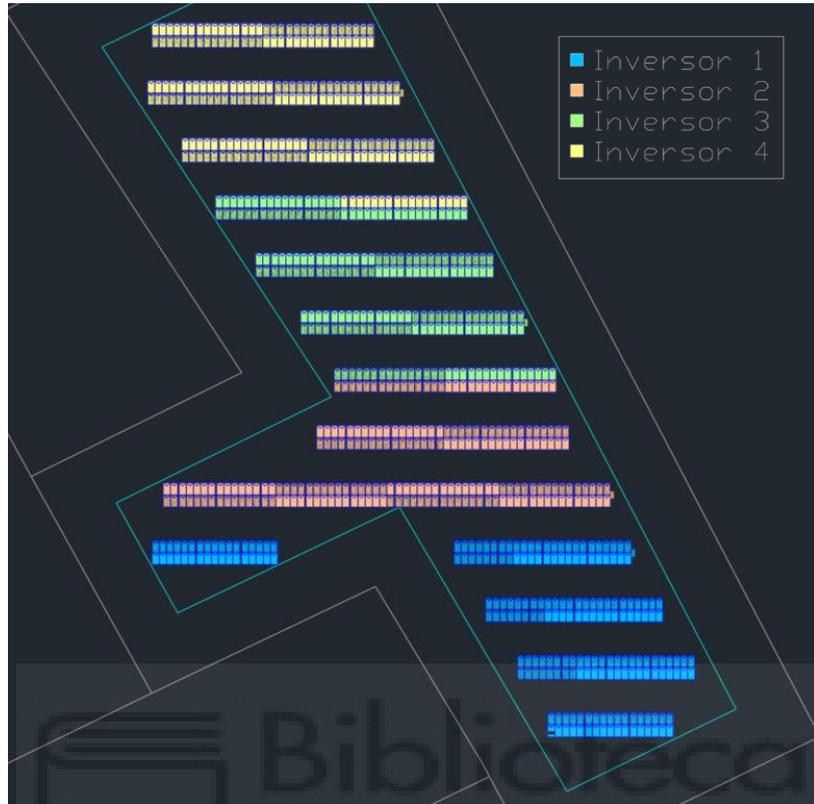
$$N^{\circ} \text{ módulos en paralelo} \leq \frac{20}{15.6} = 1.28 \approx 1$$

No podremos conectar módulos en paralelo. No es necesario ya que disponemos de suficientes entradas en los inversores para conectar todos los strings.

Para simplificar el proceso de instalación, los strings se configurarán de tal manera que no se mezclen módulos de distintas bancadas, y en la medida de lo posible de filas con alturas diferentes. Este segundo criterio es de especial aplicación en los módulos bifaciales puesto que la altura de instalación afecta a la uniformidad de la irradiancia recibida en la parte trasera. Conexionando módulos que se encuentren en la primera y segunda fila de la estructura en un mismo string o MPPT estaríamos provocando pérdidas por mismatch.

Los 848 módulos quedan repartidos en 53 cadenas, y su configuración es la siguiente:

Ilustración 22 Reparto de strings entre inversores



Fuente: Elaboración propia

## 2.4 POTENCIA GENERADOR

La potencia pico del generador (CC) es la suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos. Se obtiene del producto de los 848 módulos instalados por su potencia en condiciones STC que es de 580 W.

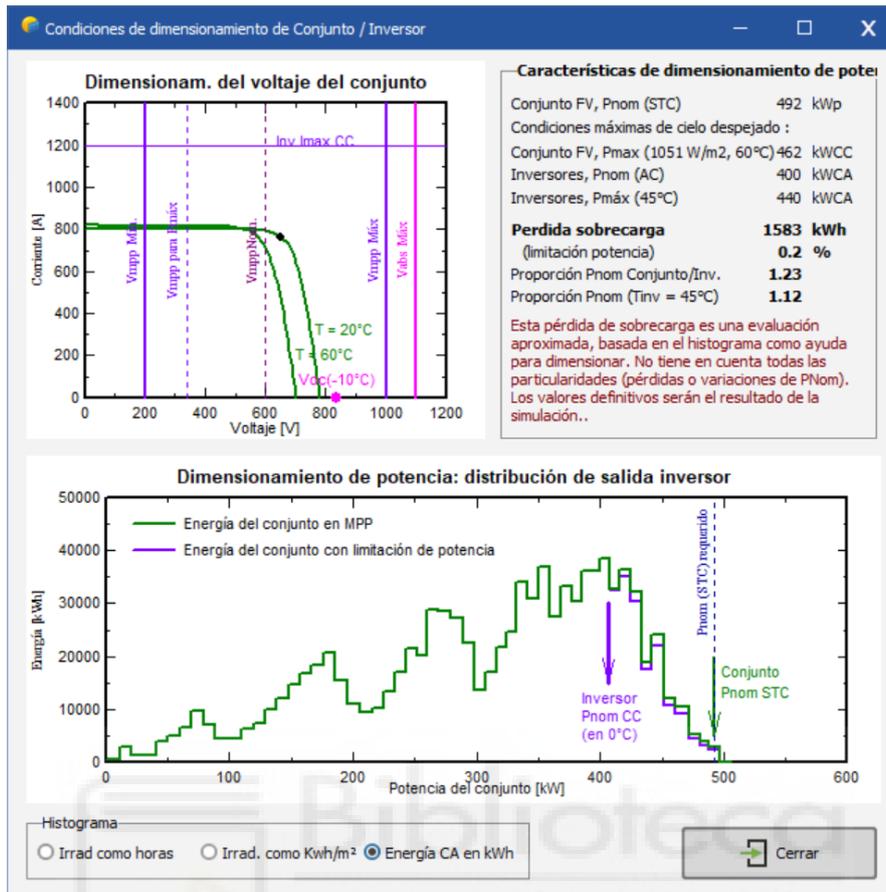
$$P_p = 848 \cdot 580 = 491,84 \text{ kW}_p$$

La potencia nominal de la instalación fotovoltaica (CA) es la suma de las potencias nominales activas de los inversores. En nuestro caso tenemos 4 inversores de 100 kW cada uno.

$$P_n = 4 \cdot 100 = 400 \text{ kW}_n$$

Debido a que las potencias de los módulos fotovoltaicos se miden en unas condiciones que distan de las reales de funcionamiento el sobredimensionamiento de potencia pico respecto a potencia nominal (123%) no supone pérdidas considerables de eficiencia en la instalación. En la simulación realizada las pérdidas por sobrecarga son del 0,2%.

Ilustración 23 Condiciones de dimensionamiento de Conjunto FV / Inversor



Fuente: PVsyst

## 2.5 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

La instalación fotovoltaica proyectada consta de dos tramos principales. El primer tramo comprende desde los paneles solares hasta los inversores, en corriente continua (CC). El segundo tramo parte desde los inversores hasta el punto de inyección a la instalación interior, en corriente alterna (CA).

Si bien la industria donde se ubica la instalación dispone de un suministro principal en alta tensión a través de un centro de transformación de abonado, la instalación fotovoltaica objeto de este proyecto se conecta directamente aguas abajo del interruptor general del cuadro general de baja tensión (CGBT) existente. Por lo tanto, el diseño y los cálculos se rigen por el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* (REBT) y sus normas UNE correspondientes, complementados por documentos del IDAE.

El dimensionamiento del cableado y protecciones se ve en detalle en el Anexo 1. Cableado y protecciones. A continuación, se muestra una tabla resumen con los elementos principales.

Tabla 9 Resumen cableado y protecciones

Tipo de corriente	Tramos	Sección (mm <sup>2</sup> )	Tipo de cable	Protecciones		
				Sobreintensidad	Contactos directos e indirectos	Sobretensiones
CC	Strings	6	H1Z2Z2-K	Fusibles 20 A	Aislamiento Clase II	Tipo II
CA	Inversor 1	150	RZ1-K	Magneto 200 A	Diferencial 300 mA	Tipo II
	Inversor 2	150	RZ1-K	Magneto 200 A		Tipo II
	Inversor 3	150	RZ1-K	Magneto 200 A		Tipo II
	Inversor 4	150	RZ1-K	Magneto 200 A		Tipo II
	CGFV-CGBT	630	RZ1-K	Magneto 800		-
	Batería 1	120	RZ1-K	Magneto 200 A	Diferencial 300 mA	Tipo II
	Batería 2	120	RZ1-K	Magneto 200 A		Tipo II
	Cuadro ESS-CGBT	185	RZ1-K	Magneto 400		-

Fuente: Elaboración propia

## 2.6 CÁLCULOS ESTRUCTURALES

La estructura seleccionada para el proyecto es un soporte inclinado a 30° de dos filas de módulos en vertical para terreno mediante anclaje hincado.

La estructura está formada por hincas de acero S275 galvanizado en caliente por inmersión, perfilería de aluminio EN AW 6005A T6 y tornillería de acero inoxidable A2-70.

Los módulos que van a soportar tienen un peso de 31,8 kg y unas dimensiones de 2278x1134x30 mm (largo x ancho x espesor).

El fabricante garantiza unos valores admisibles de sobrecarga por nieve y velocidad de viento. El valor para cargas de viento está realizado según túnel del viento en modelo computacional CFD y el cálculo estructural mediante los eurocódigos 3 y 9 para proyectos de estructuras de acero y aluminio. Nos garantiza:

-Carga de nieve 40 kg/m<sup>2</sup>

-Velocidad máxima admisible de viento hasta 150 km/h

Con estos valores se cumplen los requerimientos de seguridad estructural indicados en el documento del código técnico de la edificación (CTE) DBSE-AE.

Se comprobará el buen estado y la capacidad portante del terreno previo a la instalación realizándose un estudio geotécnico y un ensayo pull-out.

## 2.7 CANALIZACIONES

El diseño de las canalizaciones se rige por la ITC BT-21, nos indica que tipo de canalización se debe utilizar según el tipo de sistema de instalación.

En el tramo de CC existen dos tipos de canalizaciones, superficial sobre bandejas y enterrada bajo tubo. La sección de los conductores unipolares es de 6 mm<sup>2</sup> y la agrupación máxima de circuitos es de 8 para el tramo aéreo y 4 en el enterrado.

Para el tramo aéreo se utilizarán bandejas de rejilla de acuerdo con lo establecido en la norma UNE-EN 61537. Las bandejas metálicas se conectarán a la red de tierra quedando su continuidad eléctrica convenientemente asegurada. Dichas bandejas se integrarán en la estructura fotovoltaica como se muestra en la siguiente imagen.

*Ilustración 24 Canalización de bandejas bajo estructura hincada*



*Fuente: EC Energía*

Las canalizaciones enterradas precisarán de un diámetro exterior de tubo conforme a la tabla que se muestra a continuación. Siendo necesario en el caso de haber más de 10 conductores por tubo que la sección sea como mínimo 4 veces la sección ocupada por los conductores. Los tubos se instalarán enterrados a una profundidad mínima de 0,6 m y al ser un recubrimiento de arena la resistencia a la compresión debe ser de 450 N. Se instalarán arquetas de registro cada 50 metros en tramos rectos reduciendo esta distancia si hay cambios de dirección significativos.

Tabla 10 Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	–

Fuente: REBT ITC-BT-21

El diámetro exterior mínimo en CC dada la sección de los conductores es 50 mm. En el tramo con más circuitos enterrados tendremos dos tubos con 8 conductores cada uno separando positivos y negativos en dos conductos individuales.

Las canalizaciones de CA discurren todas enterradas, a la salida de los inversores fotovoltaicos tendremos líneas con 4 conductores de 150 mm<sup>2</sup> que precisan tubos con diámetro de 180 mm. Desde el CGFV hasta el CGBT partimos con una sección de 630 mm<sup>2</sup>, puesto que no figura en la tabla cada conductor se podría asemejar a 3 de 240 mm<sup>2</sup> lo que sumarían un total de 12 y procederemos a calcular de la forma mencionada anteriormente.

$$S_t \geq 4 \cdot S_c$$

$S_t$ : Sección tubo (mm<sup>2</sup>)

$S_c$ : Sección conductores (mm<sup>2</sup>)

$$S_t = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$D$ : Diámetro (mm)

La sección ocupada por los conductores es:

$$S_c = 4 \cdot 630 = 2520$$

$$S_t \geq 4 \cdot 2520 = 10080$$

$$D = \sqrt{10080 \cdot \frac{4}{\pi}} = 113,3$$

Seleccionaremos el mayor de los diámetros de la tabla puesto que la sección calculada se considera muy justa, siendo este 250 mm.

A la salida de las baterías tenemos 3 conductores con sección de  $120 \text{ mm}^2$  que precisan tubos con diámetro de 180 mm. Desde su agrupación hasta el CGBT la sección es de  $185 \text{ mm}^2$  por lo que emplearemos tubo de 180 mm de diámetro.

El detalle de las zanjas con las canalizaciones que discurren enterradas se puede consultar en los planos.



### 3 PLANIFICACIÓN

Se estima una duración total para la ejecución del proyecto de unas 16 semanas, se muestra la planificación de la instalación en el siguiente cronograma:

Tabla 11 Diagrama de Gantt

Tarea	Días laborables	Semana															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Licencias y autorizaciones administrativas	25	■	■	■	■	■											
Inspección inicial	1																■
Certificado instalación y fin de obra	1																■
Acopio Material	10						■	■									
Estudio topográfico	1						■										
Acondicionamiento del terreno	7						■	■									
Vallado perimetral y sistema CCTV	3							■	■								
Hincado	10								■	■							
Zanjas y canalizaciones enterradas	8								■	■							
Montaje estructura	10									■	■						
Montaje y conexión módulos FV	20										■	■	■	■			
Cableado y protecciones CC	15											■	■	■	■	■	
Cableado y protecciones CA	7														■	■	
Montaje y conexión inversores	3															■	■
Montaje y conexión baterías	3														■	■	
Montaje sistemas control y comunicación	2															■	■
Pruebas y puesta en marcha	1																■

Fuente: Elaboración propia

## 4 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD

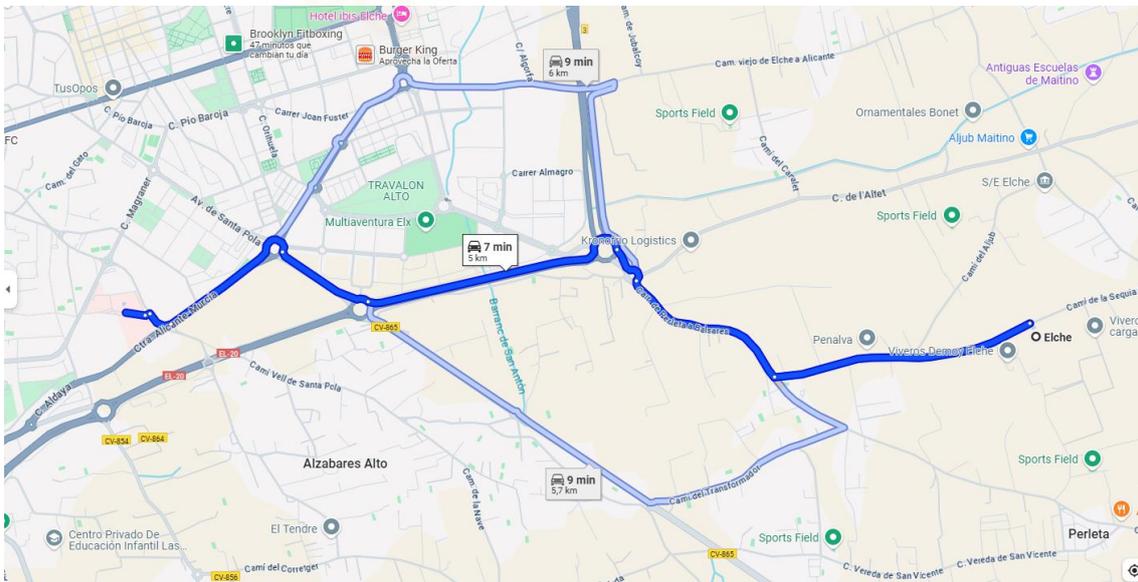
### 4.1 Objeto

Dar cumplimiento a las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos. Asimismo, es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

### 4.2 Características de la obra

La situación de la obra a realizar y la descripción de esta se recoge en la Memoria del presente proyecto. El centro hospitalario más próximo a la obra es el Hospital General Universitario de Elche, situado en *Carrer Almazara, 11, Elx (Alicante)*. El número de teléfono es 966 61 69 00 y se encuentra a una distancia aproximada de 7 minutos.

Ilustración 25 Trayecto al hospital más cercano



Fuente: Google maps

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por el cliente siendo la empresa constructora la que realice los puntos de enganche necesarios desde la nave adyacente al emplazamiento de la obra.

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones. En caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

No se prevé interferencias en los trabajos puesto que, si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

#### 4.3 Memoria

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas dentro de los apartados de obra civil y montaje.

##### **Obra civil**

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención.

##### 1. Movimiento de tierras y cimentaciones

##### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a las zanjas, a distinto nivel.
- Desprendimientos de los bordes de los taludes de las rampas.
- Atropellos causados por la maquinaria.
- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.

##### b) Medidas preventivas

- Mantener la zona de trabajo limpia y libre de obstáculos.
- Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.

- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de esta.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Establecer las estribaciones en las zonas que sean necesarias.

## 2. Estructura

### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
- Cortes en las manos.
- Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
- Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
- Golpes en las manos, pies y cabeza.
- Electrocutaciones por contacto indirecto.
- Caídas al mismo nivel.
- Quemaduras químicas producidas por el cemento.
- Sobreesfuerzos.

### b) Medidas de preventivas

- Emplear bolsas portaherramientas.
- Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
- Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
- Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos, o bien por las armaduras.
- Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.

## 3. Cerramientos

### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura.
- Desprendimiento de cargas-suspendidas.
- Golpes y cortes en las extremidades por objetos y herramientas.
- Los derivados del uso de medios auxiliares. (andamios, escaleras, etc.).

#### b) Medidas de prevención

- Señalizar las zonas de trabajo.
- Utilizar una plataforma de trabajo adecuada.
- Delimitar la zona señalizándola y evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

### 4. Albañilería

#### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos con la paleta.
- Proyección de partículas en el uso de punteros y cortafíos.
- Cortes y heridas.
- Riesgos derivados de la utilización de máquinas eléctricas de mano.

#### b) Medidas de prevención

- Vigilar el orden y limpieza de cada uno de los tajos, estando las vías de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.).
- Las zonas de trabajo tendrán una adecuada iluminación.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Utilizar plataformas de trabajo adecuadas.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

### Montaje

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención y de protección.

#### 1. Colocación de soportes y embarrados

##### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.
- Contacto eléctrico indirecto.

## b) Medidas de prevención

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
- Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
- Disponer de iluminación suficiente.
- Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
- Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
- Mantener la zona de trabajo limpia y libre de obstáculos.
- No permanecer nunca bajo cargas suspendidas.

## 2. Montaje de celdas prefabricadas o aparata, transformadores de potencia y cuadros de BT

### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.
- Atrapamientos por la carga.
- Contactos eléctricos indirectos.

### b) Medidas de prevención

- Para trabajos por encima de los 2 m de altura emplear arnés de seguridad y amarrarse a un punto fijo.
- Delimitar o tapar los fosos de cable o cualquier otro tipo de canalización.
- Mantener la zona de trabajo limpia y libre de obstáculos.
- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.
- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
  - Cables, poleas y tambores.
  - Mandos y sistemas de parada.

- Limitadores de carga y finales de carrera.
  - Frenos.
  - Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
  - Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
  - La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.
3. Operaciones de puesta en tensión

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Contacto eléctrico en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes.

b) Medidas de prevención

- Delimitar o tapar los fosos de cables o cualquier otro tipo de canalización.
- Mantener la zona de trabajo limpia y libre de obstáculos.
- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

#### 4.4 Aspectos generales

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la Obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

#### 4.5 Normativa aplicable

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Revisión.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002. Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 337/2014, del 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 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.
- Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2177/2004. Modificación del Real Decreto 1215/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1627/1997 relativo a las obras de construcción.
- Real Decreto 604/2006, que modifica los Reales Decretos 39/1997 y 1627/1997.
- Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 1109/2007 que desarrolla la Ley 32/2006.
- Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales.
- 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 7/1988, de 8 de enero, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.

- Cualquier otra disposición sobre la materia en vigor o que se promulgue durante la vigencia del documento.



## Anexo 1. Cableado y protecciones

En este anexo se realizan los cálculos eléctricos necesarios para dimensionar el cableado y las protecciones necesarias que garantizan la seguridad tanto de la propia instalación eléctrica como de las personas que puedan intervenir en ella.

En cuanto a las protecciones propiamente eléctricas, nos basamos en las descritas por el REBT clasificándolas en las siguientes:

- Protecciones contra contactos directos e indirectos.
- Protecciones contra sobrecargas.
- Protecciones contra sobretensiones.

### CABLEADO (CC)

En este apartado se calcula el cableado que conecta los módulos fotovoltaicos con el inversor. Se atienden dos criterios principalmente:

- 1. Criterio de intensidad máxima admisible**
- 2. Criterio de la caída de tensión**

Se podría considerar un tercer criterio de la intensidad de cortocircuito, pero al ser una instalación de BT las protecciones de sobrecarga limitan las duraciones de cortocircuitos a tiempos muy breves y las impedancias de los cables limitan las intensidades.

Según la ITC-BT-40, los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal. Como por generador se entiende la instalación fotovoltaica no queda bien definida la caída de tensión en la parte de CC puesto que podríamos considerar la caída de tensión desde la salida del inversor. El *Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red* del IDAE nos indica el valor máximo admisible en el cableado para la parte CC es 1,5 %, siendo recomendable no superar el 0,5 %.

Aplicando los dos criterios tendremos lo siguiente:

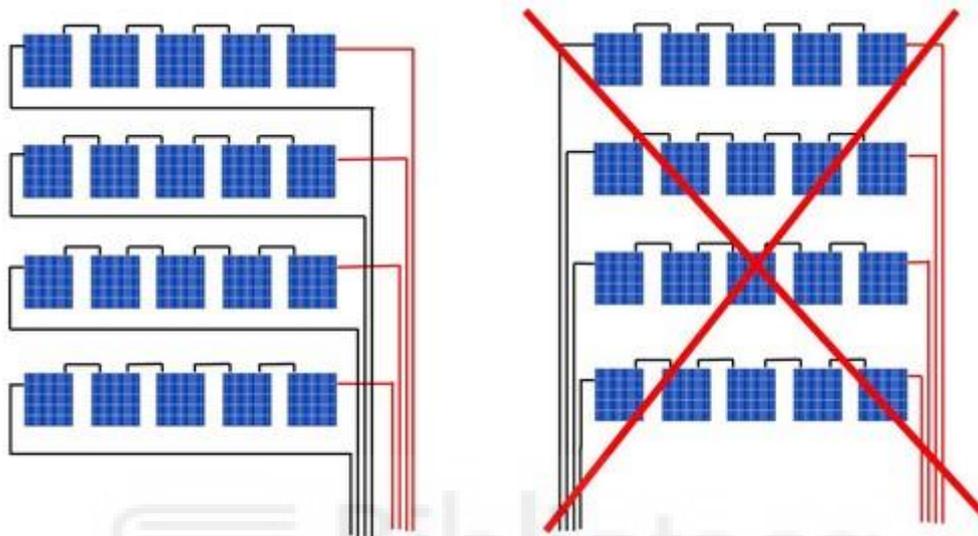
- 1.  $I_Z \geq 125\% \cdot I_B$**
- 2.  $\Delta V \leq 1,5\%$**

En líneas subterráneas la sección no debe ser inferior a 6 mm<sup>2</sup> para conductores de cobre. La instalación se realizará con cableado unipolar tipo H1Z2Z2-K especial para instalaciones fotovoltaicas con partes sobre bandeja y enterradas bajo tubo.

Se opta por cableado de cobre con doble aislamiento (UNE 21123) de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de PVC. Ya que soporta una mayor temperatura máxima de servicio permanente. Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se

conducirán agrupados por separado y debidamente protegidos utilizando el color rojo para el polo positivo y el negro para el negativo. Al instalar conductores de la misma polaridad juntos en caso de fallos de aislamiento la diferencia de potencial entre los conductores en cortocircuito será por lo general baja. El tener ambas agrupaciones muy próximas nos aporta mayor seguridad en caso de descargas atmosféricas, puesto que los grandes bucles favorecen la aparición de sobreintensidades.

Ilustración 26 Instalación correcta para canalizaciones de CC



Fuente: Voltimum

Para el cálculo de intensidades admisibles nos regiremos por la ITC-BT-07 y ITC-BT-19 y sus guías. La GUÍA-BT-19 en varios casos nos remite a la Norma UNE 20.460-5-523, habiendo sido esta derogada por la UNE 60364-5-52 que será la que empleemos para el cálculo.

Se pueden distinguir dos situaciones:

- Instalaciones no enterradas.
- Instalaciones enterradas.

En nuestro caso tenemos ambas, por lo que calcularemos la intensidad admisible en los dos casos y aplicaremos el criterio más restrictivo.

Procedemos a calcular la intensidad para los tramos no enterrados, en los que se emplea el método de instalación C (Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas). Partiremos de una intensidad admisible para una sección concreta y aplicaremos los factores de corrección que correspondan con la siguiente fórmula.

### 1. Criterio de intensidad máxima admisible.

$$I_z \geq 125\% \cdot I_{sc, \text{Módulo}}$$

$$I_z \geq 1.25 \cdot 15.6 = 19.5 \text{ A}$$

$I_z$  tendrá que ser igual a la intensidad admisible corregida que obtendremos en las tablas de la UNE 60364-5-52.

$$I'_{adm} \geq I_z$$

$$I'_{adm} = I_{adm} \cdot k_t \cdot k_a$$

$I'_{adm}$ : Intensidad admisible corregida (A).

$I_{adm}$ : Intensidad admisible del cable (A).

$k_t$ : Factor de corrección por temperatura.

$k_a$ : Factor de reducción por agrupación de circuitos.

Tabla 12 Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm <sup>2</sup>	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Cobre							
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	221	269	203	225
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	354	305	382	271	306
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

Tenemos una intensidad admisible de 58 amperios para una sección de 6 mm<sup>2</sup>. Partimos de dicha sección, ya que es la mínima requerida para tramos enterrados y por simplificar en el proceso de instalación se opta por emplear la misma sección en todos los strings.

El cableado discurrirá por la parte inferior de los módulos fotovoltaicos que en los meses de verano alcanzan elevadas temperaturas. Para su dimensionamiento la

temperatura ambiente a tener en cuenta es de 70°C, siendo esta la indicada para el cálculo en la norma UNE-HD 60364-7-712:2017.

Tabla 13 Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el aire

Temperatura ambiente <sup>a</sup> °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral <sup>a</sup>	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,78	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

a Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar al fabricante.

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

Aplicaremos un coeficiente de 0,58 como factor de corrección por temperatura.

En el tramo más desfavorable tendremos una agrupación de 8 circuitos.

Tabla 14 Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito

Punto	Disposición (En contacto)	Número de circuitos o de cables multipolares											Para usarse con las corrientes admisibles, referencia	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16		20
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2 a B.52.13 Métodos A a F
2	Capa única sobre pared, suelo o sistemas de bandejas de cables sin perforar	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Sin factor de reducción suplementario para más de nueve circuitos o cables multipolares		B.52.2 a B.52.7 Método C	
3	Capa única fijada directamente bajo techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Capa única sobre sistemas de bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Capa única sobre sistemas de bandejas de escalera, o bridas de amarre, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
													B.52.8 a B.52.13 Métodos E y F	

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

El coeficiente por agrupación de circuitos a aplicar es de 0,71.

Con ambos coeficientes nos queda la siguiente expresión:

$$I'_{adm} = I_{adm} \cdot k_t \cdot k_a$$

$$I'_{adm} = 58 \cdot 0,58 \cdot 0,71 = 23,88 \text{ A}$$

Comprobamos que se cumple el criterio de intensidad admisible para los tramos no enterrados.

$$I'_{adm} \geq I_z$$

$$23,88 \geq 19,5 \text{ A}$$

Seguimos con el cálculo para los tramos enterrados. Según la norma UNE-HD 60364-5-52, para el método de instalación D1 (enterrados bajo tubo) las intensidades admisibles son las siguientes.

Tabla 15 Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm <sup>2</sup>	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
							
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Cobre							
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	221	269	203	225
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	354	305	382	271	306
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

Adicionalmente a las condiciones especificadas en la tabla hay que considerar que son para una instalación con profundidad de 0,7 metros y una resistividad térmica del terreno de 2,5 Km/w.

Como las condiciones del proyecto son diferentes, aplicaremos los factores de corrección correspondientes por temperatura, resistividad del terreno y agrupación de cables.

Para el factor por temperatura del terreno obtendremos la temperatura del terreno de la *Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto* del IDAE.

La cercanía de la estación meteorológica de El Altet con la ubicación del proyecto nos asegura precisión en los datos. Al no tener lectura directa de la temperatura del terreno utilizaremos la temperatura seca media mensual durante las horas del sol en el mes más desfavorable y aplicaremos la fórmula del anexo 7.1 para aproximarla, dicha temperatura se da en agosto con 27,7°C.

$$T_{\text{terreno}} = 0,0068T_{\text{amb}}^2 + 0,963T_{\text{amb}} + 0,6865$$

$$T_{\text{terreno}} = 32,6^{\circ}\text{C}$$

Con la temperatura del terreno calculada aplicaremos el valor de corrección correspondiente. Como tenemos saltos de 5°C interpolaremos entre 30 y 35°C. El coeficiente a aplicar es de 0,91.

Tabla 16 Factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en conductos en el suelo

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

La resistividad térmica del terreno considerando un terreno seco es de 1 km/w.

Tabla 17 Resistividad térmica del terreno

Resistividad térmica del terreno (K.m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza
3,00	De piedra granítica

Fuente: REBT GUÍA-BT-19

Para la resistividad estimada el coeficiente a aplicar es de 1,18.

Tabla 18 Factores de corrección para cables enterrados directamente en el suelo o en conductos enterrados para terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para el método de referencia D

Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

Por último, calculamos el factor de reducción para más de un circuito. Con la distribución realizada, el número de circuitos máximos que se conectan a cada inversor es de catorce de los cuáles al menos 4 llegan conducidos por separado a través de la estructura ya que el inversor se coloca al pie de esta, de los diez restantes los separaremos en 3 canalizaciones por lo que el número máximo de circuitos agrupados que tendremos es de 4. La distancia entre conductos es nula, lo que nos lleva a un coeficiente de 0,45.

Tabla 19 Factores de reducción para más de un circuito, cables en conductos enterrados en el suelo

B) Cables unipolares en conductos individuales no magnéticos				
Número de circuitos unipolares de dos o tres cables	Distancia entre conductos <sup>b</sup>			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90
7	0,53	0,66	0,76	0,87
8	0,50	0,63	0,74	0,87
9	0,47	0,61	0,73	0,86
10	0,45	0,59	0,72	0,85
11	0,43	0,57	0,70	0,85
12	0,41	0,56	0,69	0,84
13	0,39	0,54	0,68	0,84
14	0,37	0,53	0,68	0,83
15	0,35	0,52	0,67	0,83
16	0,34	0,51	0,66	0,83
17	0,33	0,50	0,65	0,82
18	0,31	0,49	0,65	0,82
19	0,30	0,48	0,64	0,82
20	0,29	0,47	0,63	0,81

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

Una vez obtenidos los 3 factores procedemos a calcular la intensidad admisible del cable.

$$I'_{adm} = I_{adm} \cdot k_t \cdot k_r \cdot k_a$$

$I'_{adm}$ : Intensidad admisible corregida (A).

$I_{adm}$ : Intensidad admisible del cable.

$k_t$ : Factor de corrección por temperatura del terreno.

$k_r$ : Factor de corrección por resistividad del terreno.

$k_a$ : Factor de reducción por agrupación de circuitos.

Para cable de cobre con sección de 6 mm<sup>2</sup> tenemos una intensidad admisible de 58 A. Aplicando los factores de corrección nos queda:

$$I'_{adm} = 58 \cdot 0,91 \cdot 1,18 \cdot 0,45 = 25,6 \text{ A}$$

Según el criterio de intensidad máxima admisible, la instalación debe estar dimensionada para 19,5 A. Concluimos que con sección de 6 mm<sup>2</sup> cumplimos.

$$I'_{adm} \geq I_z$$

$$25,6 > 19,5$$

## 2. Criterio de caída de tensión

Contemplando una caída máxima permitida del 1,5%, se aplica la fórmula de la GUÍA-BT-ANEXO 2 del REBT para receptores monofásicos considerando la conductividad del cobre a 90°C.

$$S = \frac{2PL}{\gamma eU}$$

S : Sección calculada según el criterio en mm<sup>2</sup>.

P : Potencia activa prevista para la línea, en vatios.

L : Longitud de la línea en metros.

$\gamma$  : Conductividad en m/Ωmm<sup>2</sup>.

e : Caída de tensión permitida en voltios.

U : Tensión de línea en voltios.

Tabla 20 Conductividades para cobre y aluminio a distintas temperaturas

Material	$\gamma_{20}$	$\gamma_{70}$	$\gamma_{90}$
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Fuente: REBT GUÍA-BT-ANEXO 2

La tensión de línea a aplicar en la fórmula es la correspondiente al string en cuestión. Al tener series de 15, 16 y 17 módulos entre cada una hay ligeras variaciones.

En ningún caso se supera la caída de tensión del 1,5% siendo la media inferior al 1%. Con la tabla que se muestra a continuación queda justificado que la sección escogida cumple el criterio de caída de tensión en la parte de corriente continua.



Tabla 21 Caída de tensión CC

Inversor	MPPT	Entrada	Módulos	Tensión (V)	Intensidad (A)	Distancia (m)	Sección mínima (mm <sup>2</sup> )	Sección normalizada (mm <sup>2</sup> )	C.D.T. % (CC)
1	1	1	17	687,14	14,35	64	4,05	6	1,0%
		2	17	687,14	14,35	81	5,13	6	1,3%
	2	1	17	687,14	14,35	66	4,18	6	1,0%
		2	17	687,14	14,35	83	5,25	6	1,3%
	3	1	16	646,72	14,35	48	3,23	6	0,8%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	4	1	16	646,72	14,35	50	3,36	6	0,8%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	5	1	16	646,72	14,35	68	4,57	6	1,1%
		2	16	646,72	14,35	60	4,03	6	1,0%
	6	1	16	646,72	14,35	39	2,62	6	0,7%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	7	1	16	646,72	14,35	41	2,76	6	0,7%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	8	1	16	646,72	14,35	20	1,34	6	0,3%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	9	1	16	646,72	14,35	21	1,41	6	0,4%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	10	1	16	646,72	14,35	41	2,76	6	0,7%
		2	-	-	-	-	-	-	-
2	1	1	15	606,30	14,35	19	1,36	6	0,3%
		2	15	606,30	14,35	38	2,73	6	0,7%
	2	1	15	606,30	14,35	20	1,43	6	0,4%
		2	15	606,30	14,35	39	2,80	6	0,7%
	3	1	15	606,30	14,35	57	4,09	6	1,0%
		2	15	606,30	14,35	76	5,45	6	1,4%
	4	1	15	606,30	14,35	58	4,16	6	1,0%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	5	1	15	606,30	14,35	77	5,52	6	1,4%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	6	1	17	687,14	14,35	37	2,34	6	0,6%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	7	1	17	687,14	14,35	59	3,73	6	0,9%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	8	1	17	687,14	14,35	39	2,47	6	0,6%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	9	1	17	687,14	14,35	61	3,86	6	1,0%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	10	1	15	606,30	14,35	43	3,08	6	0,8%
		2	15	606,30	14,35	61	4,37	6	1,1%
3	1	1	15	606,30	14,35	52	3,73	6	0,9%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	2	1	15	606,30	14,35	35	2,51	6	0,6%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	3	1	15	606,30	14,35	19	1,36	6	0,3%
		2	15	606,30	14,35	38	2,73	6	0,7%
	4	1	15	606,30	14,35	20	1,43	6	0,4%
		2	15	606,30	14,35	39	2,80	6	0,7%
	5	1	16	646,72	14,35	33	2,22	6	0,6%
		2	16	646,72	14,35	53	3,56	6	0,9%
	6	1	16	646,72	14,35	35	2,35	6	0,6%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	7	1	16	646,72	14,35	55	3,70	6	0,9%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	8	1	17	687,14	14,35	44	2,78	6	0,7%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	9	1	17	687,14	14,35	66	4,18	6	1,0%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	10	1	17	687,14	14,35	68	4,30	6	1,1%
		2	-	-	-	-	-	-	-
4	1	1	17	687,14	14,35	50	3,16	6	0,8%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	2	1	17	687,14	14,35	37	2,34	6	0,6%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	3	1	17	687,14	14,35	39	2,47	6	0,6%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	4	1	17	687,14	14,35	59	3,73	6	0,9%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	5	1	17	687,14	14,35	61	3,86	6	1,0%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	6	1	17	687,14	14,35	21	1,33	6	0,3%
		2	17	687,14	14,35	43	2,72	6	0,7%
	7	1	17	687,14	14,35	22	1,39	6	0,3%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	8	1	17	687,14	14,35	44	2,78	6	0,7%
		2	-	-	-	-	-	-	-
	9	1	15	606,30	14,35	33	2,37	6	0,6%
		2	15	606,30	14,35	51	3,66	6	0,9%
	10	1	15	606,30	14,35	35	2,51	6	0,6%
		2	15	606,30	14,35	53	3,80	6	1,0%

Fuente: Elaboración propia

### Protección contra contactos directos e indirectos

Utilizando elementos con aislamiento doble (Clase II) conseguimos ambas funciones por ello todos los componentes de la instalación presentarán este grado de aislamiento. Adicionalmente se realizará la conexión equipotencial de los módulos fotovoltaicos, garantizando la seguridad en caso de fallo de aislamiento y complementando a los dispositivos de protección contra sobretensiones para la protección de los equipos.

### Protección contra sobreintensidades

En el tramo de la instalación que comprende desde los módulos fotovoltaicos hasta la entrada a los inversores se colocarán fusibles tipo gPV específicos para sistemas de energía fotovoltaica en ambos polos. Para su cálculo se aplican los criterios de la GUÍA-BT-22 y UNE 60364-7-712.

Siendo los 15,6 A de intensidad de cortocircuito máxima del módulo la intensidad de partida, el dispositivo de protección del cable contra sobrecargas debe satisfacer las siguientes condiciones:

- 1)  $I_b \leq I_n \leq I_z$
- 2)  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$

$I_b$ : Corriente de diseño del circuito.

$I_z$ : Corriente admisible del cable

$I_n$ : Corriente asignada al dispositivo de protección.

$I_2$ : Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo.

Siendo en nuestro caso la intensidad de cortocircuito del módulo mayorada un 10% como recoge la UNE 60364-7-712.

$$I_b = 15,6 \cdot 1,1 = 17,16$$

Al ser la corriente mayor de 16 A, el parámetro  $I_2$  para fusibles se calcula con la siguiente expresión:

$$I_2 = I_f = 1,6 \cdot I_n$$

Para un fusible con 20 A de intensidad nominal, sustituyendo los valores en las expresiones anteriores nos queda:

- 1)  $17,16 \leq 20 \leq 28$
- 2)  $32 \leq 40,6$

Por lo tanto, en la parte de corriente continua todos los strings quedarán protegidos por fusibles de 20 A instalados en positivo y negativo. Estos fusibles se colocarán en bases portafusibles seccionadoras, dentro de una caja de protección estanca junto al inversor fijada a la estructura fotovoltaica.

### **Protección contra sobretensiones**

La selección de los dispositivos se rige por la ITC-BT-23, es necesario que los dispositivos sean de tipo II. El inversor seleccionado incluye dichas protecciones.

Se realizará la conexión equipotencial para las estructuras metálicas de los módulos fotovoltaicos utilizando cable de tierra con una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

### **CABLEADO (CA)**

En este apartado se van a calcular los tramos que parten desde los inversores fotovoltaicos hasta su agrupación y conexión con el CGBT y el cableado desde las baterías hasta su agrupación y conexión con el CGBT. Por lo tanto quedarán dos líneas independientes que se conectarán aguas abajo del interruptor general (IGA).

El cableado (CA) constará de conductores de cobre aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos, debidamente protegidos frente a la corrosión. La tensión asignada no debe ser inferior a 0,6/1 kV, y cumplirán con la Norma UNE-HD 603.

Para el conductor neutro de la red se empleará la misma sección que para los conductores de fase. Aunque el reglamento nos permita una sección mínima que sea la mitad de la de los conductores de protección para secciones de fase superiores a 35 mm<sup>2</sup>, en instalaciones generadoras especialmente de gran potencia, utilizar un neutro con la misma sección nos aporta fiabilidad y robustez ayudando a manejar:

- Corrientes armónicas. Los equipos electrónicos como inversores producen armónicos, en dispositivos de alta potencia son significativos. Especialmente los de tercer orden, que pueden llegar a provocar sobrecargas en el neutro.
- Corrientes desequilibradas. Aunque las cargas se diseñan para estar distribuidas equilibradamente entre las 3 fases se pueden dar casos puntuales como cortocircuitos o el paro de ciertas cargas de una misma fase, en los que las corrientes se desequilibran, siendo el neutro el encargado del retorno de estas.

Al igual que en el tramo de CC los criterios a emplear son los indicados por la ITC-BT-40, intensidad máxima admisible y caída de tensión.

$$I_z \geq 125\% \cdot I_{m\acute{a}x,Gen}$$

$$\Delta V \leq 1,5\%$$

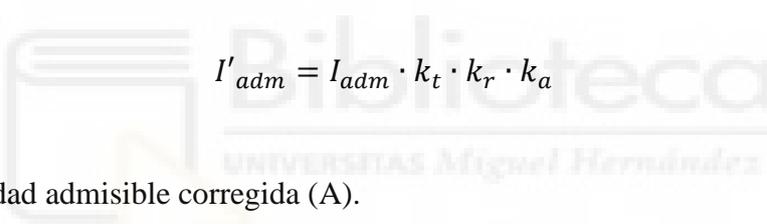
## 1. Criterio de intensidad máxima admisible.

En la parte de alterna la corriente máxima del generador será la corriente máxima proporcionada por los inversores.

Para los tramos de inversores fotovoltaicos a cuadro de protecciones la intensidad a considerar es de 160,4 A. Mayorando según el criterio establecido tenemos:

$$I_z \geq 1,25 \cdot 160,4 = 200,5 \text{ A}$$

El método de instalación de referencia es el tipo D (enterrados bajo tubo), considerando que los valores de intensidad que se muestran en la siguiente tabla son para una instalación con profundidad de 0,7 metros y una resistividad térmica del terreno de 2,5 Km/w. Se aplicarán los coeficientes de corrección que correspondan a partir de la siguiente expresión:


$$I'_{adm} = I_{adm} \cdot k_t \cdot k_r \cdot k_a$$

$I'_{adm}$ : Intensidad admisible corregida (A).

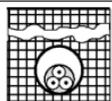
$I_{adm}$ : Intensidad admisible del cable (A).

$k_t$ : Factor de corrección por temperatura del terreno.

$k_r$ : Factor de corrección por resistividad del terreno.

$k_a$ : Factor de reducción por agrupación de circuitos.

Tabla 22 Cables aislados con XLPE/EPR, tres conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno.

Sección nominal del conductor mm <sup>2</sup>	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D2
							
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Cobre							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
95	216	197	269	233	278	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

Para una sección de 150 mm<sup>2</sup> tenemos una intensidad admisible de 251 A.

Análogamente al cálculo realizado en la parte de continua, el coeficiente de reducción por temperatura del terreno es de 0,91 y el coeficiente por resistividad de 1,18.

En este tramo el número máximo de circuitos que tendremos agrupados será de cuatro empleando cableado unipolar en conductos individuales dejando una separación entre conductos de 0,25 metros.

El factor de reducción por agrupación es de 0,8.

Tabla 23 Factores de reducción para más de un circuito, cables en conductos enterrados en el suelo

A) Cables multipolares en conductos individuales				
Número de cables	Distancia entre conductos <sup>a</sup>			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
7	0,57	0,76	0,80	0,88
8	0,54	0,74	0,78	0,88
9	0,52	0,73	0,77	0,87
10	0,49	0,72	0,76	0,86
11	0,47	0,70	0,75	0,86
12	0,45	0,69	0,74	0,85
13	0,44	0,68	0,73	0,85
14	0,42	0,68	0,72	0,84
15	0,41	0,67	0,72	0,84
16	0,39	0,66	0,71	0,83
17	0,38	0,65	0,70	0,83
18	0,37	0,65	0,70	0,83
19	0,35	0,64	0,69	0,82
20	0,34	0,63	0,68	0,82

Fuente: UNE-HD 60364-5-52

Ya obtenidos los factores de reducción correspondientes calculamos la intensidad.

$$I'_{adm} = 251 \cdot 0,91 \cdot 1,18 \cdot 0,8 = 215,6 A$$

$$I'_{adm} \geq I_z$$

$$215,6 \geq 200,5$$

Concluimos que en los tramos a la salida de cada inversor con sección de 150 mm<sup>2</sup> cumplimos el criterio de intensidad admisible.

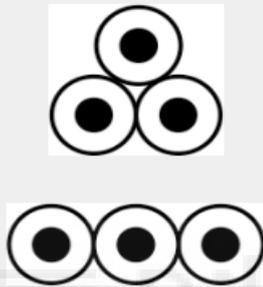
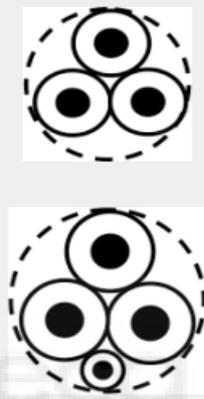
El siguiente tramo discurre desde el cuadro de protección fotovoltaico hasta el CGBT. En este tramo discurre una única línea enterrada con instalación tipo D. La intensidad de diseño es la suma de las intensidades de salida de los cuatro inversores de la instalación.

$$I_z \geq 1,25 \cdot 160,4 \cdot 4 = 802 \text{ A}$$

En este tramo emplearemos las tablas de la ITC-BT-07. Aunque en el reglamento se recomienda tener en cuenta las indicaciones de la norma UNE 20460-5-523, no se facilitan datos para secciones mayores de 300mm<sup>2</sup>, siendo esta insuficiente.

Los datos que se facilitan en la tabla mostrada a continuación son para una temperatura del terreno de 25°C, una profundidad de instalación de 0,70 m y una resistividad térmica del terreno de 1 Km/w.

Tabla 24 Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	—	—	—
630	885	870	770	—	—	—

Fuente: REBT ITC-BT-07

En este caso al valor de intensidad únicamente la aplicaremos un factor corrector, puesto que la resistividad térmica del terreno coincide con la contemplada en la tabla, tendremos un único circuito y la profundidad de la instalación no varía.

Como hemos visto anteriormente la temperatura del terreno a contemplar es de 32,6°C.

Tabla 25 Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25 °C

Temperatura de servicio $\Theta_s$ (°C)	Temperatura del terreno, $\Theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
70	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67

Fuente: REBT ITC-BT-07

Interpolando obtenemos que el coeficiente a aplicar es de 0,94 con el que procedemos a calcular la intensidad admisible.

$$I'_{adm} = 885 \cdot 0,94 = 831,9$$

$$I'_{adm} \geq I_z$$

$$831,9 \geq 802$$

Con esta comprobación queda justificado que una sección de 630 mm<sup>2</sup> cumple el criterio de intensidad máxima admisible.

En el tramo que discurre desde las baterías hasta el CGBT la intensidad máxima de salida de cada una es de 173,2 A. Por lo que:

$$I_z \geq 1,25 \cdot 173,2 = 216,5 A$$

Análogamente al procedimiento realizado para el tramo de los inversores fotovoltaicos para una sección de 120 mm<sup>2</sup> y con el mismo método de instalación (tipo D) pero esta vez sin agrupación de circuitos tenemos lo siguiente:

$$I'_{adm} = 223 \cdot 0,91 \cdot 1,18 = 239,4 A$$

$$I'_{adm} \geq I_z$$

$$239,4 \geq 216,5$$

Unificando ambos circuitos para partir con una única línea de 185 mm<sup>2</sup> hacia el CGBT tendríamos lo siguiente:

$$I_z \geq 2 \cdot 1,25 \cdot 173,2 = 433 A$$

$$I'_{adm} = 480 \cdot 0,94 = 451,2 A$$

$$I'_{adm} \geq I_z$$

$$451,2 \geq 433$$

## 2. Criterio de la caída de tensión

La caída de tensión en CA y baja tensión será la suma de los dos tramos descritos anteriormente. Contemplando una caída máxima permitida del 1,5%, se aplica la fórmula de la GUÍA-BT-ANEXO 2 del REBT para receptores trifásicos considerando la conductividad del cobre a 90°C.

$$S = \frac{PL}{\gamma e U}$$

S : Sección calculada según el criterio en mm<sup>2</sup>.

P : Potencia activa prevista para la línea, en vatios.

L : Longitud de la línea en metros.

$\gamma$  : Conductividad en m/Ωmm<sup>2</sup>.

e : Caída de tensión permitida en voltios.

U : Tensión de línea en voltios.

Tabla 26 Caídas de tensión CA

Inversores-Cuadro FV	Potencia (W)	Longitud (m)	Tensión (V)	Sección mínima (mm <sup>2</sup> )	Sección normalizada (mm <sup>2</sup> )	C.D.T. % (CA)
Inversor 1	100000	103	400	89,41	150	0,9%
Inversor 2	100000	92	400	79,86	150	0,8%
Inversor 3	100000	72	400	62,50	150	0,6%
Inversor 4	100000	36	400	31,25	150	0,3%
PROMEDIO INVERSORES	-	-	-	-	-	0,7%
<b>Cuadro FV-CGBT</b>						
Cuadro FV-CGBT	400000	85	400	295,14	630	0,7%
<b>Baterías-Cuadro ESS</b>						
Batería 1	100000	5	400	4,34	120	0,1%
Batería 2	100000	5	400	4,34	120	0,1%
<b>Cuadro ESS-CGBT</b>						
Baterías-CGBT	200000	85	400	147,57	185	1,2%

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla la caída de tensión acumulada para el tramo más desfavorable es de 1,4%.

Resumiendo, el cableado de alterna discurrirá enterrado. A la salida de cada inversor fotovoltaico las secciones serán de 150 mm<sup>2</sup> y se unirán en un cuadro eléctrico del que saldrá una única línea de 630 mm<sup>2</sup> hasta el CGBT. De cada módulo de baterías saldremos con sección de 120 mm<sup>2</sup>, saldrán unificadas desde un cuadro eléctrico con una línea de 185 mm<sup>2</sup> hasta el CGBT.

## PROTECCIONES (CA)

### Protección contra contactos directos e indirectos

Se utilizarán dispositivos de corriente diferencial-residual con una sensibilidad de 300 mA debido a que el acceso a la instalación está restringido por un vallado perimetral y las partes activas se encuentran debidamente protegidas por lo que el contacto por riesgo directo es mínimo. El utilizar diferenciales con sensibilidad de 30 mA para unos equipos de tanta potencia que generan corrientes de fuga de forma normal durante su funcionamiento provocaría disparos intempestivos.

### Protección contra sobrecargas

En el tramo comprendido desde la salida de los inversores hasta la entrada del CGBT. Se colocarán interruptores automáticos a la salida de cada inversor y uno para la agrupación de las líneas de los inversores hasta el cuadro general de baja tensión. Dichos interruptores serán de caja moldeada, tendrán una curva de disparo tipo C y su diseño sigue la GUÍA-BT-22.

Consideraremos como intensidad de diseño la intensidad de salida máxima de cada inversor que en este caso coincide ya que se emplea el mismo modelo, dicha intensidad tiene el valor de 160,4 A.

- 1)  $I_b \leq I_n \leq I_z$
- 2)  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$

$I_b$ : Corriente de diseño del circuito

$I_z$ : Corriente admisible del cable

$I_n$ : Corriente asignada al dispositivo de protección

$I_2$ : Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

Para interruptores según UNE EN 60947-2:

$$I_2 = 1,3 \cdot I_n$$

A la salida de cada inversor tenemos secciones de  $150 \text{ mm}^2$  con una corriente admisible de  $215,6 \text{ A}$ . Aplicando los criterios vistos anteriormente para un interruptor con un calibre de  $200 \text{ A}$ :

$$I_2 = 1,3 \cdot 200 = 260 \text{ A}$$

- 1)  $160,4 \leq 200 \leq 215,6$
- 2)  $260 \leq 312,6$

Para la agrupación de las líneas de inversores fotovoltaicos la corriente de diseño es la suma de las intensidades de los inversores puesto que están conectados en paralelo, y para la sección de  $630 \text{ mm}^2$  calculada la corriente admisible son  $831,9 \text{ A}$ . Para un interruptor con un calibre de  $800 \text{ A}$ :

$$I_b = 160,4 \cdot 4 = 641,6 \text{ A}$$

$$I_2 = 800 \cdot 1,3 = 1040 \text{ A}$$

- 1)  $641,6 \leq 800 \leq 831,9$
- 2)  $1040 \leq 1206$



Para el tramo paralelo que parte desde las baterías hasta su agrupación y su posterior conexión al CGBT tenemos una intensidad de  $173,2 \text{ A}$  en los tramos con sección de  $120 \text{ mm}^2$  y  $346,4 \text{ A}$  para el tramo con sección de  $185 \text{ mm}^2$ . Por lo tanto, a la salida de las baterías con un interruptor de calibre  $200 \text{ A}$  tenemos:

$$I_2 = 1,3 \cdot 200 = 260 \text{ A}$$

- 1)  $173,2 \leq 200 \leq 239,4$
- 2)  $260 \leq 347,13$

Desde la agrupación de las baterías hasta el CGBT para el interruptor de calibre  $400 \text{ A}$ :

$$I_2 = 1,3 \cdot 400 = 520 \text{ A}$$

- 1)  $346,4 \leq 400 \leq 451,2$
- 2)  $520 \leq 654,24$

## Protección contra sobretensiones

Al igual que en la parte de continua las protecciones deben de ser tipo II; los equipos seleccionados las incorporan.

### PUESTA A TIERRA

El diseño de la puesta a tierra de la instalación generadora se diseña conforme lo establecido en las ITC BT-40 y ITC BT-18.

La ITC BT-40 nos indica que las centrales de instalaciones generadoras deben estar provistas de una puesta a tierra que asegure tensiones en las masas metálicas de la instalación inferiores a las establecidas en la MIE-RAT 13. La tierra de la instalación generadora debe ser independiente a la del neutro de la red de distribución. Se debe garantizar la separación galvánica entre la red y la instalación generadora para evitar la transferencia de defectos entre ambos y la inyección de corriente continua en la red que debe ser inferior al 0,5% de la corriente nominal.

En la parte de CC la instalación fotovoltaica se conectará a tierra mediante la conexión equipotencial de las masas metálicas de la instalación (módulos y estructura) con cable de 6 mm<sup>2</sup> HV07-K verde-amarillo y conectados a tierra.

En el lado de CA las masas de los inversores irán conectadas a la red de tierra mediante cable de 16 mm<sup>2</sup> HV07-K verde-amarillo. La tierra debe garantizar que la tensión de contacto no supere los 24 V y dada la sensibilidad de el interruptor diferencial (300 mA) calculamos la resistencia máxima de la tierra conforme a la ITC BT-24.

$$R_A \cdot I_a \leq U$$

$R_A$  : Suma de las resistencias de la toma a tierra y conductores de protección

$I_a$  : Corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección

U : Tensión de contacto límite convencional

$$R_A \leq \frac{24}{0,3} = 80 \Omega$$

La resistividad del terreno y las fórmulas para estimar la resistencia de tierra las obtenemos de la ITC BT-18. Siguiendo las recomendaciones de la instrucción se empleará conductor de cobre desnudo con sección de 35 mm<sup>2</sup> enterrado horizontalmente a una profundidad aproximada de 0,8m.

Tabla 27 Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Fuente: REBT ITC-BT-18

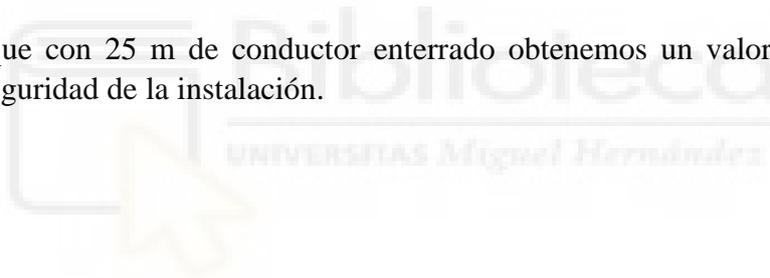
Tabla 28 Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
$\rho$ , resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

Fuente: REBT ITC-BT-18

$$R = 2 \cdot \frac{500}{25} = 40 \Omega$$

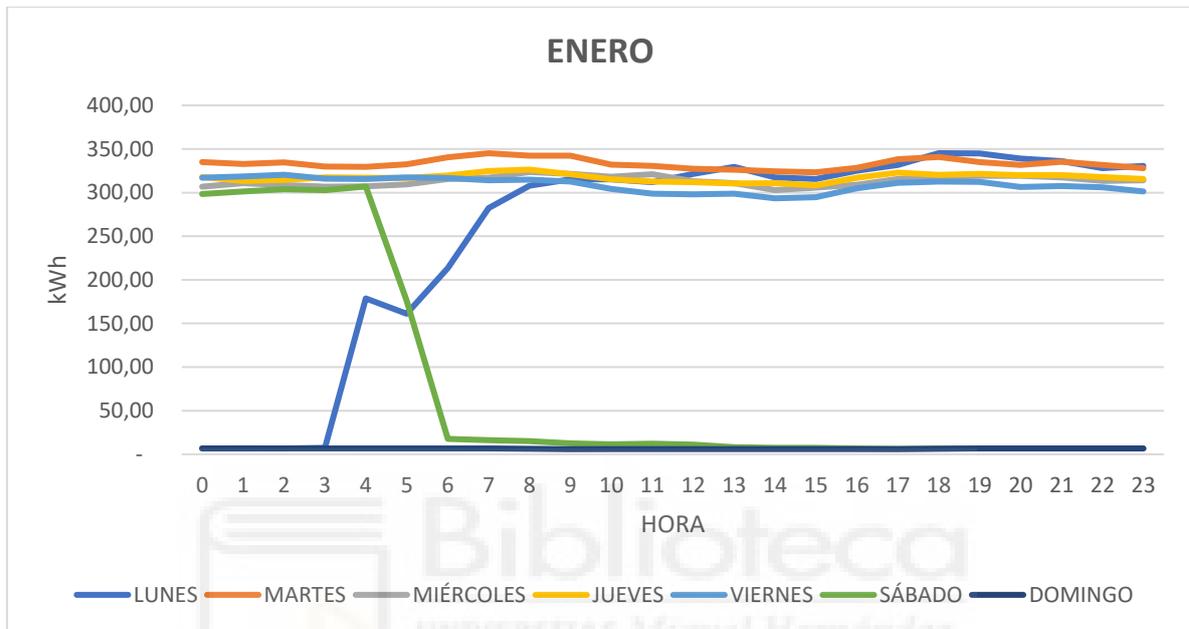
Concluimos que con 25 m de conductor enterrado obtenemos un valor de tierra que garantiza la seguridad de la instalación.



## Anexo 2. Demanda energética

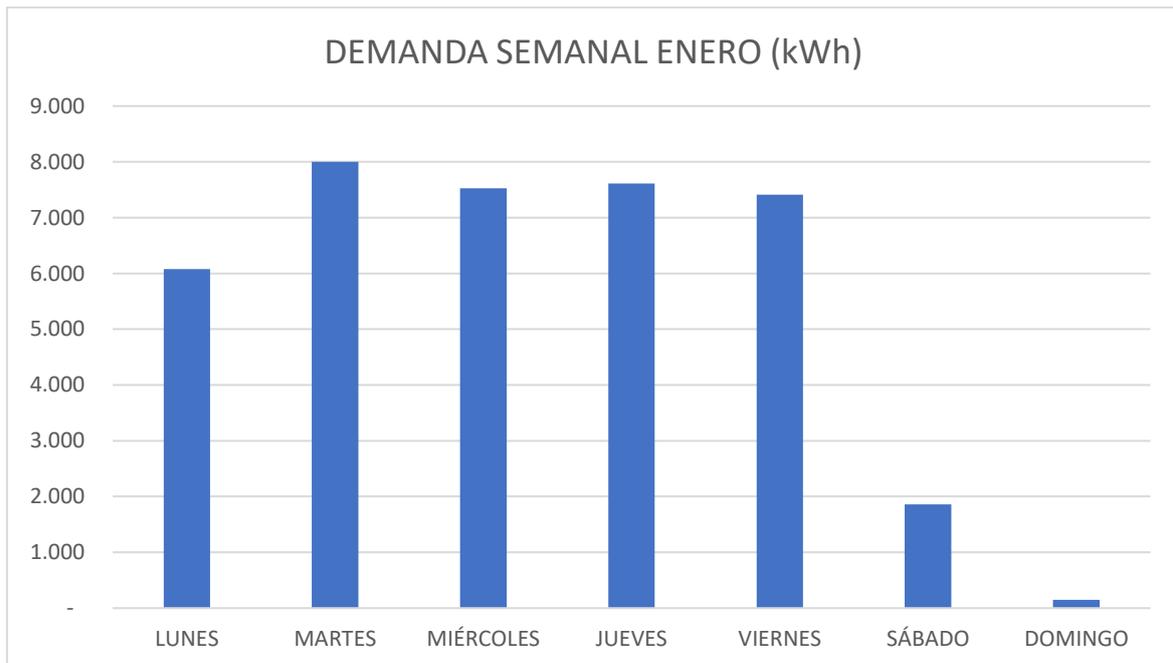
En el presente anexo estudiaremos el consumo energético del cliente a través de los registros facilitados. Puesto que se ha obtenido una curva de carga horaria anual en formato Excel, presentaremos gráficos representativos de los perfiles de consumo diarios semanales de cada mes y un gráfico de barras complementario que cuantifica la demanda media diaria total.

Ilustración 27 Curva horaria semanal enero



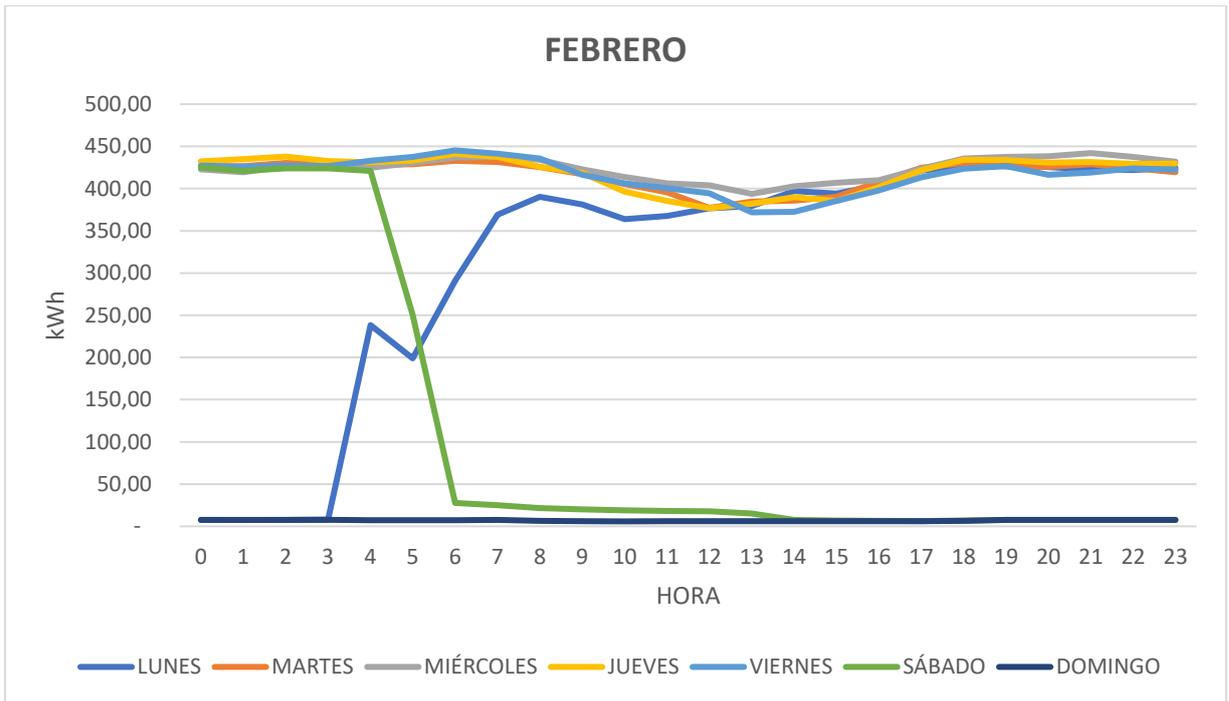
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28 Demanda media semanal enero



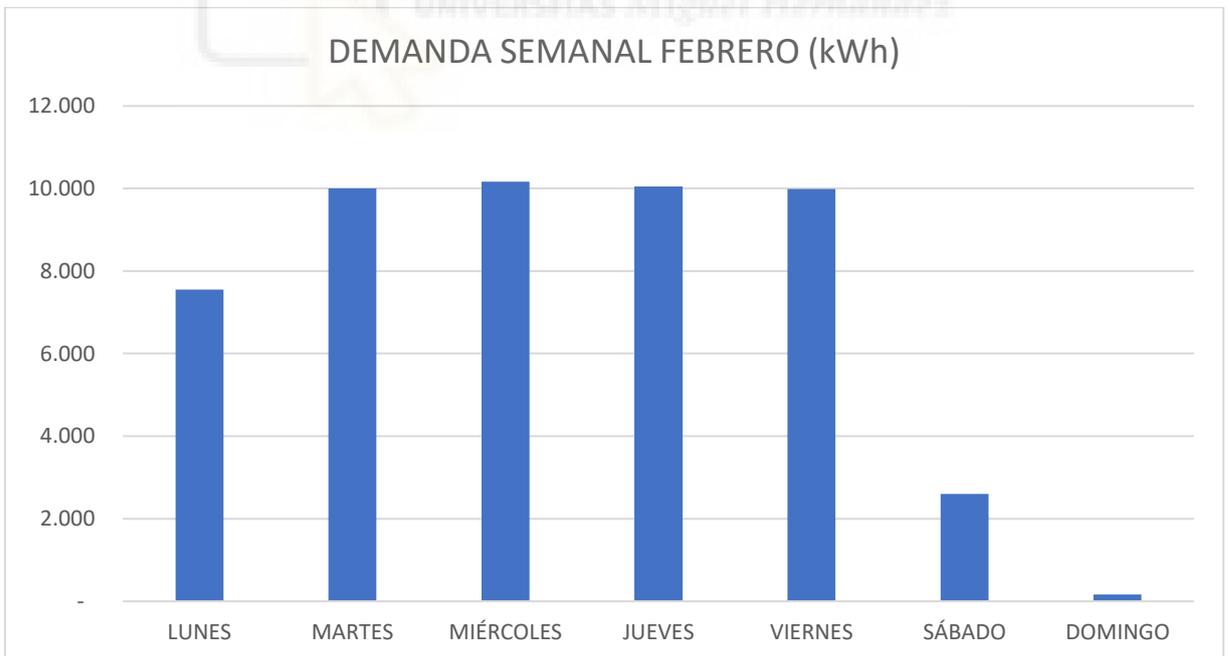
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 29 Curva horaria semanal febrero



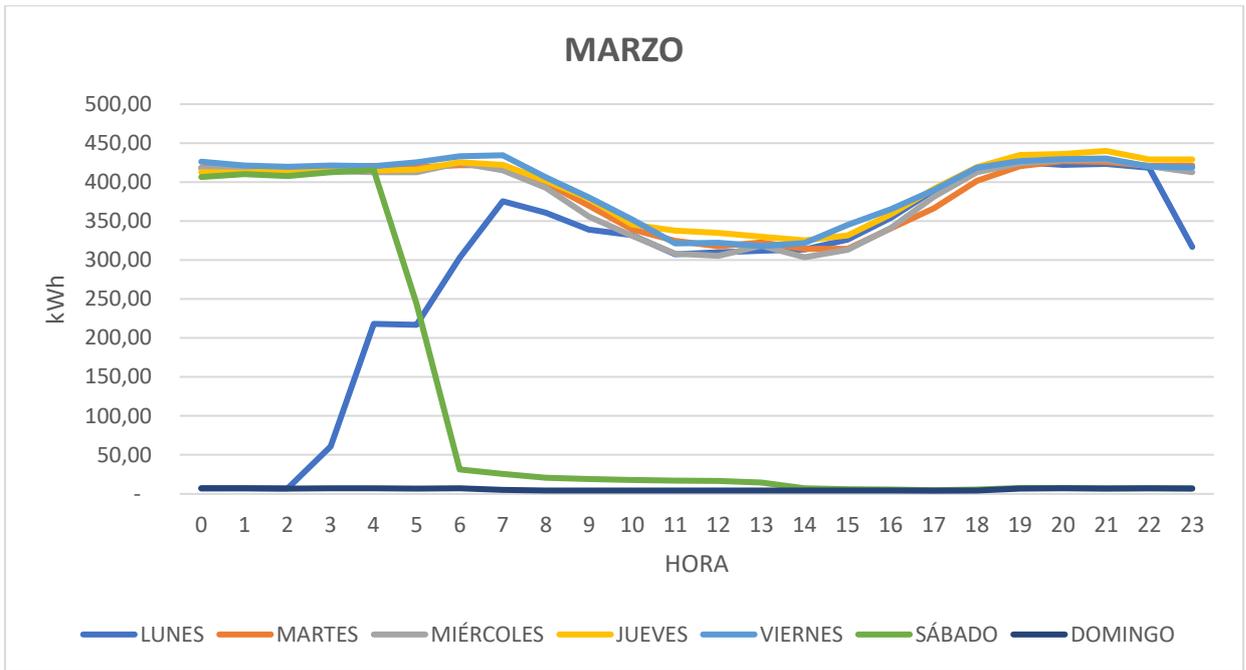
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30 Demanda media semanal febrero



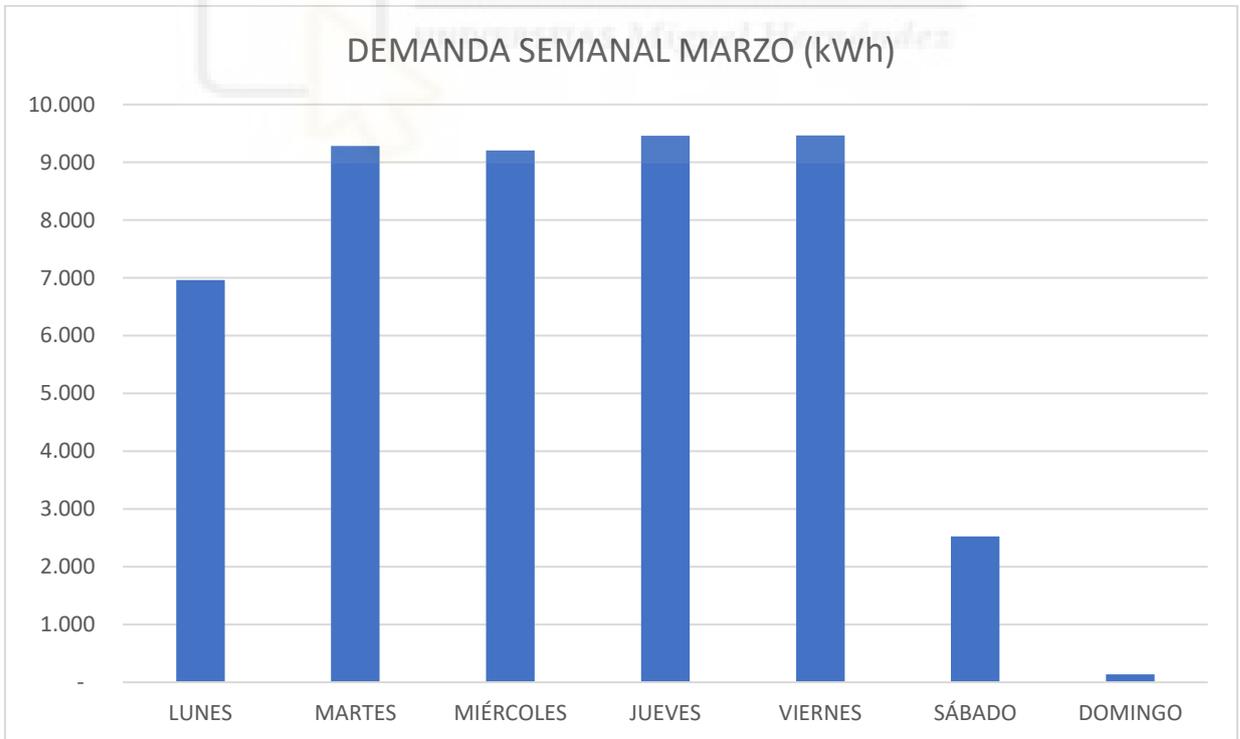
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 31 Curva horaria semanal marzo



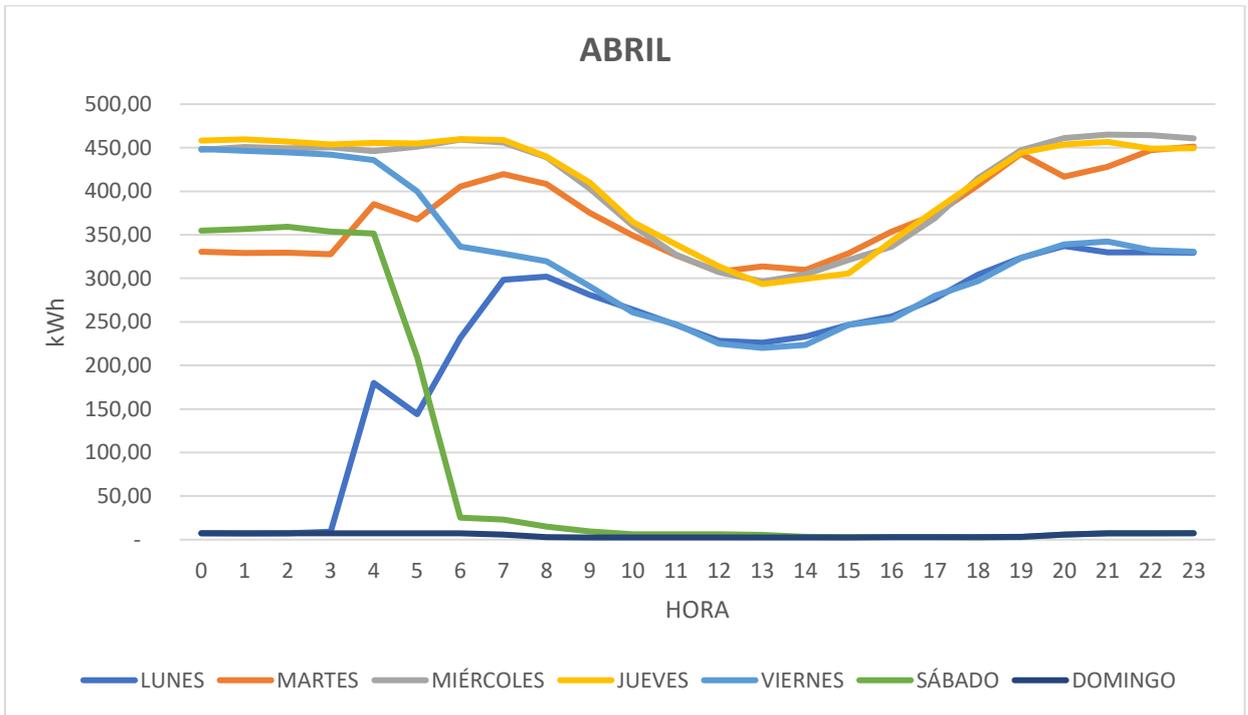
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 32 Demanda media semanal marzo



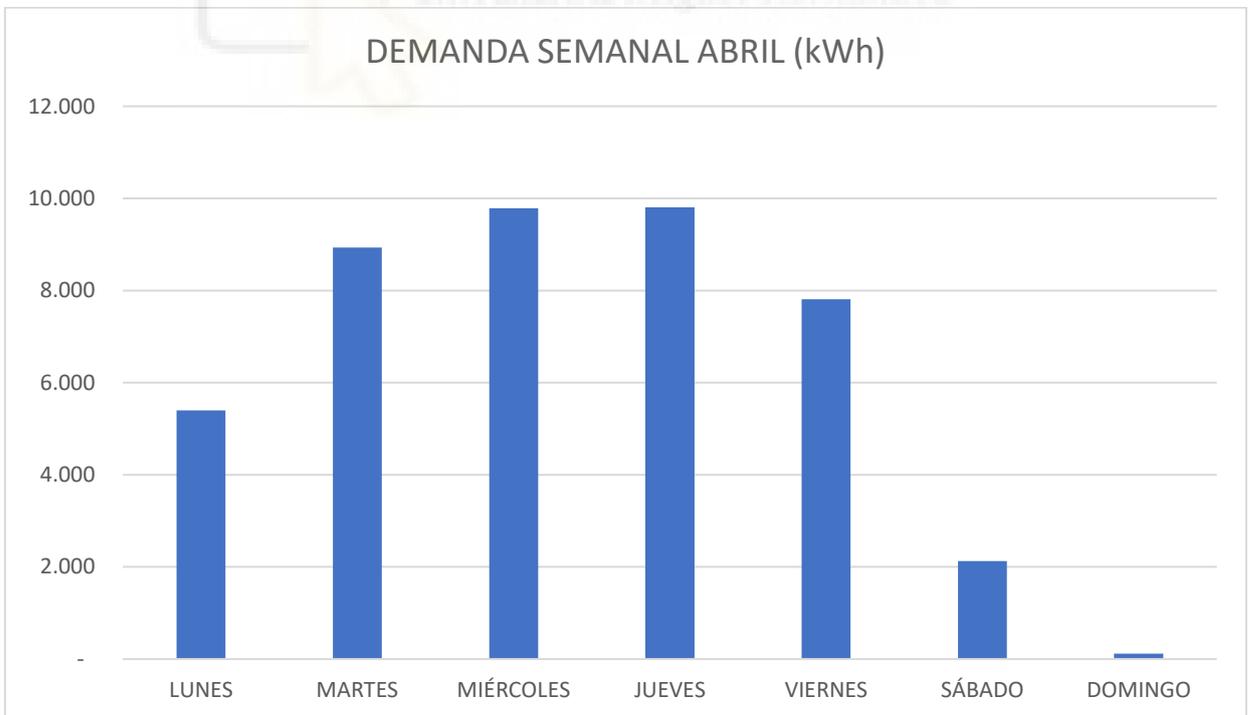
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 33 Curva horaria semanal abril



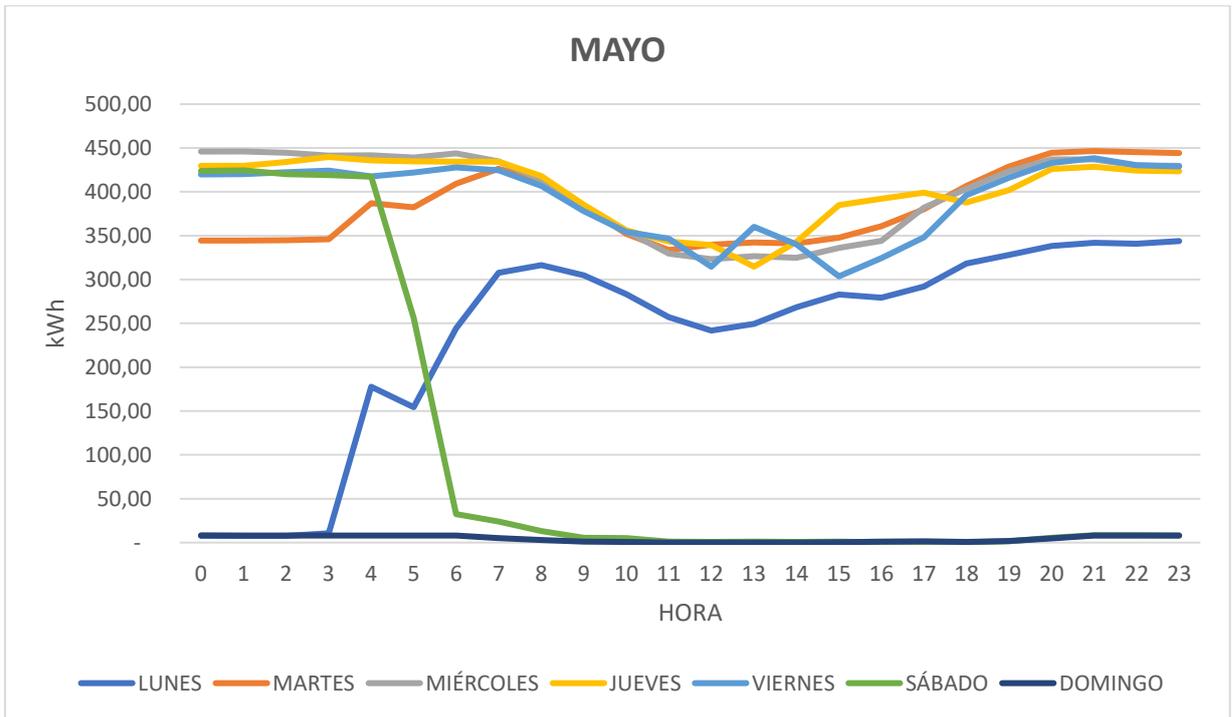
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 34 Demanda media semanal abril



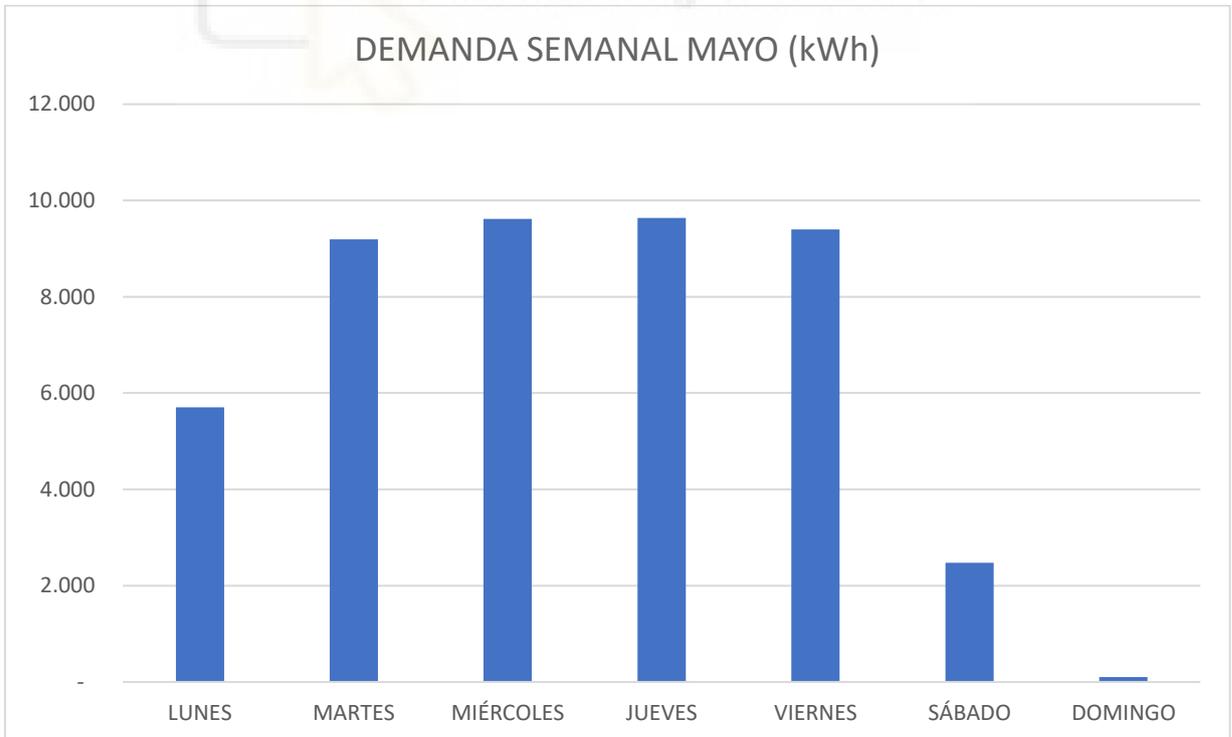
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 35 Curva horaria semanal mayo



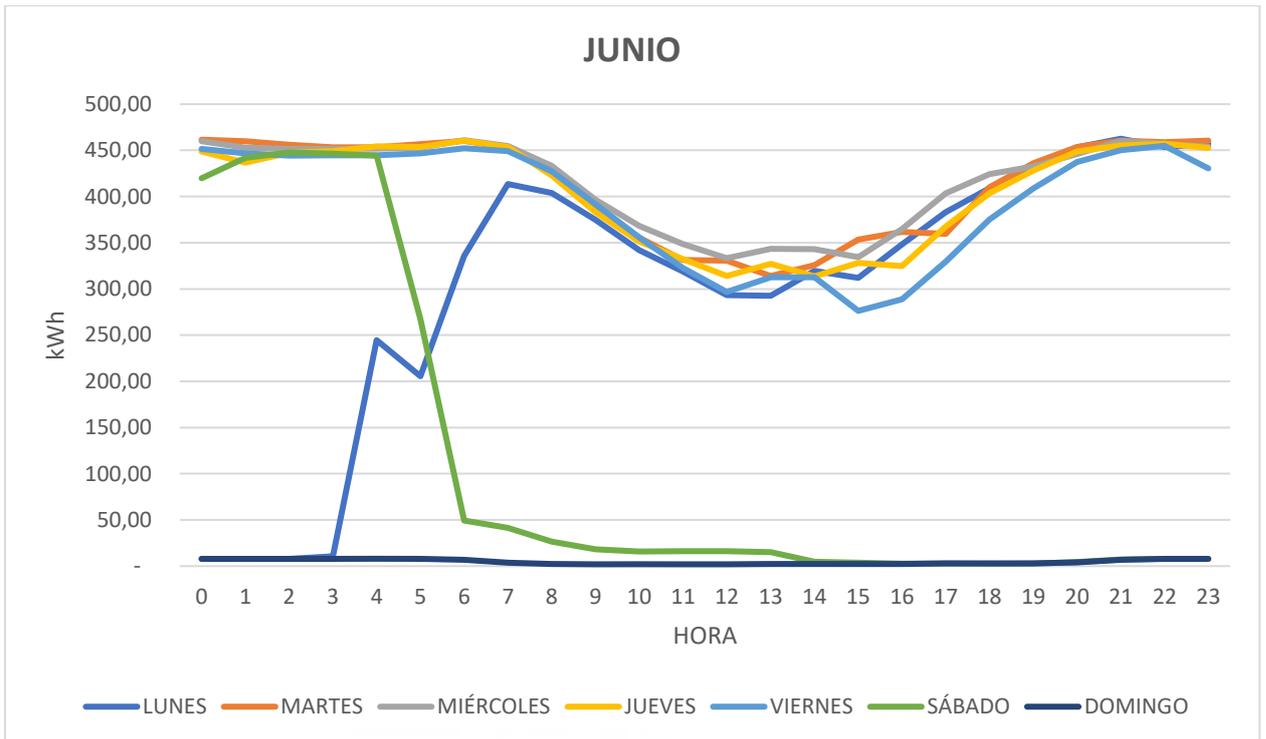
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 36 Demanda media semanal mayo



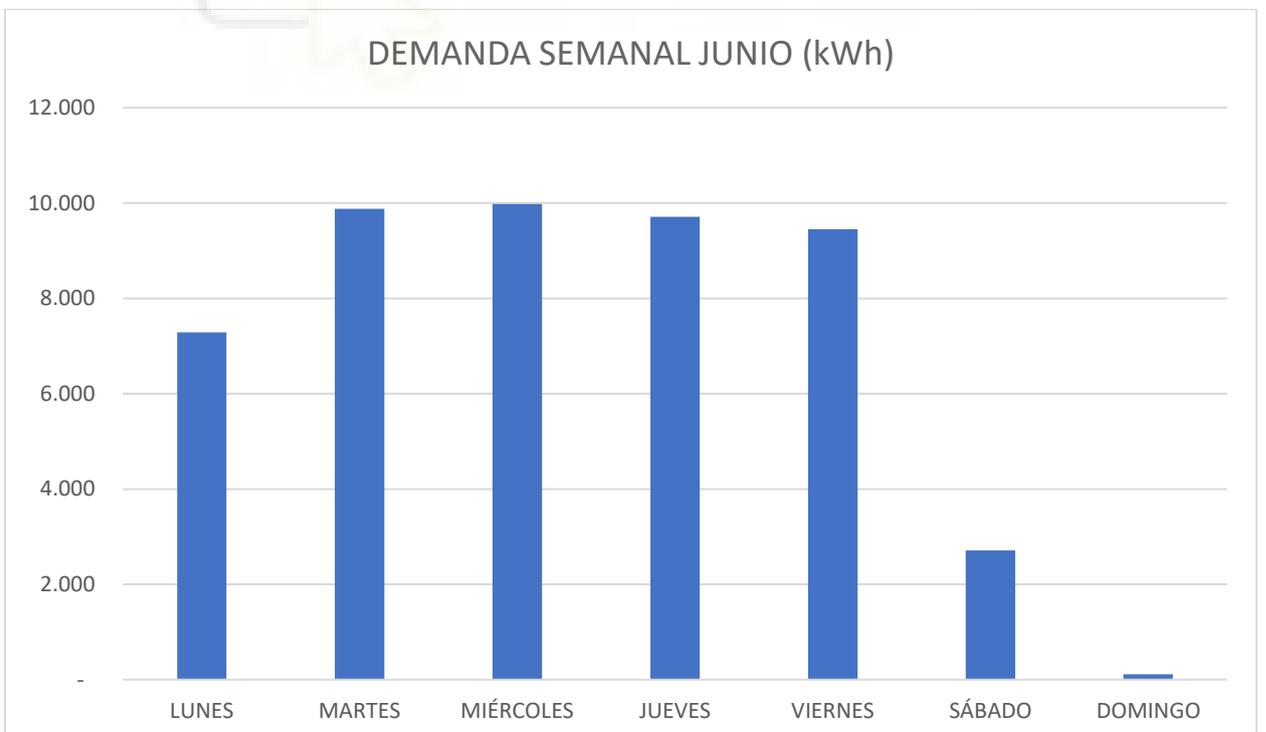
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37 Curva horaria semanal junio



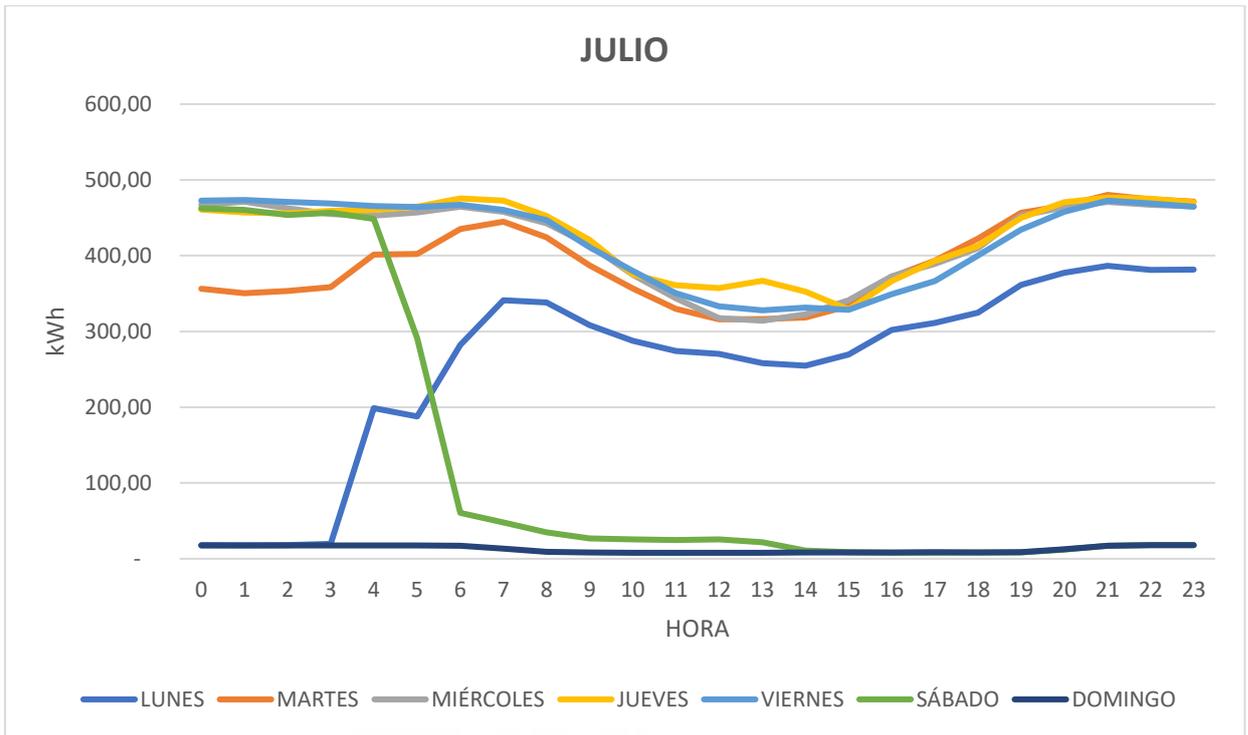
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 38 Demanda media semanal junio



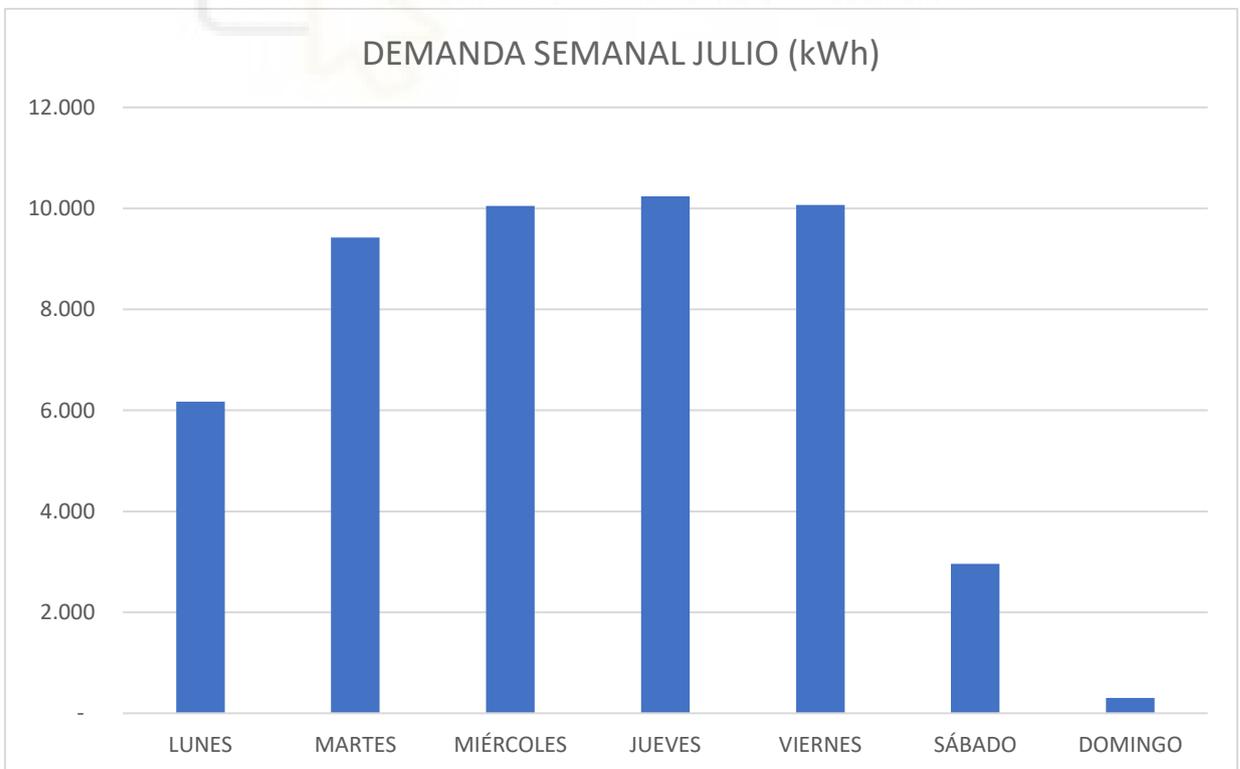
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 39 Curva horaria semanal julio



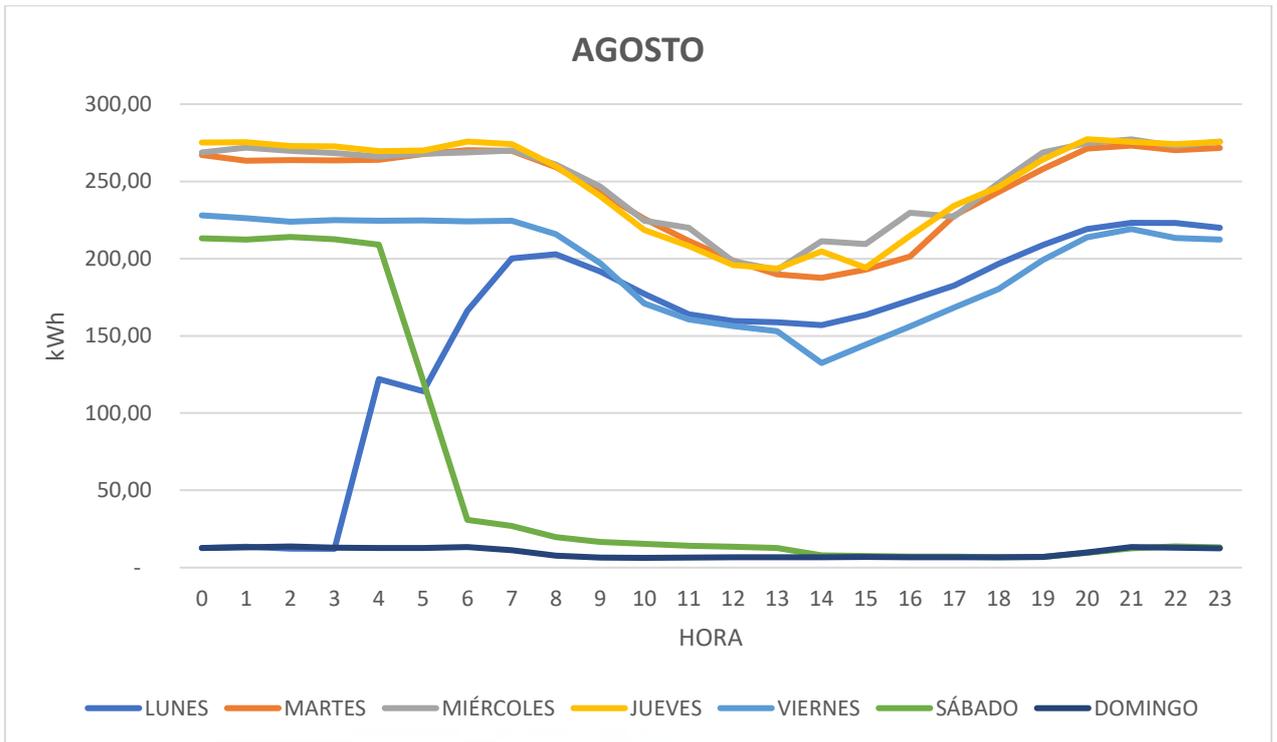
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 40 Demanda media semanal julio



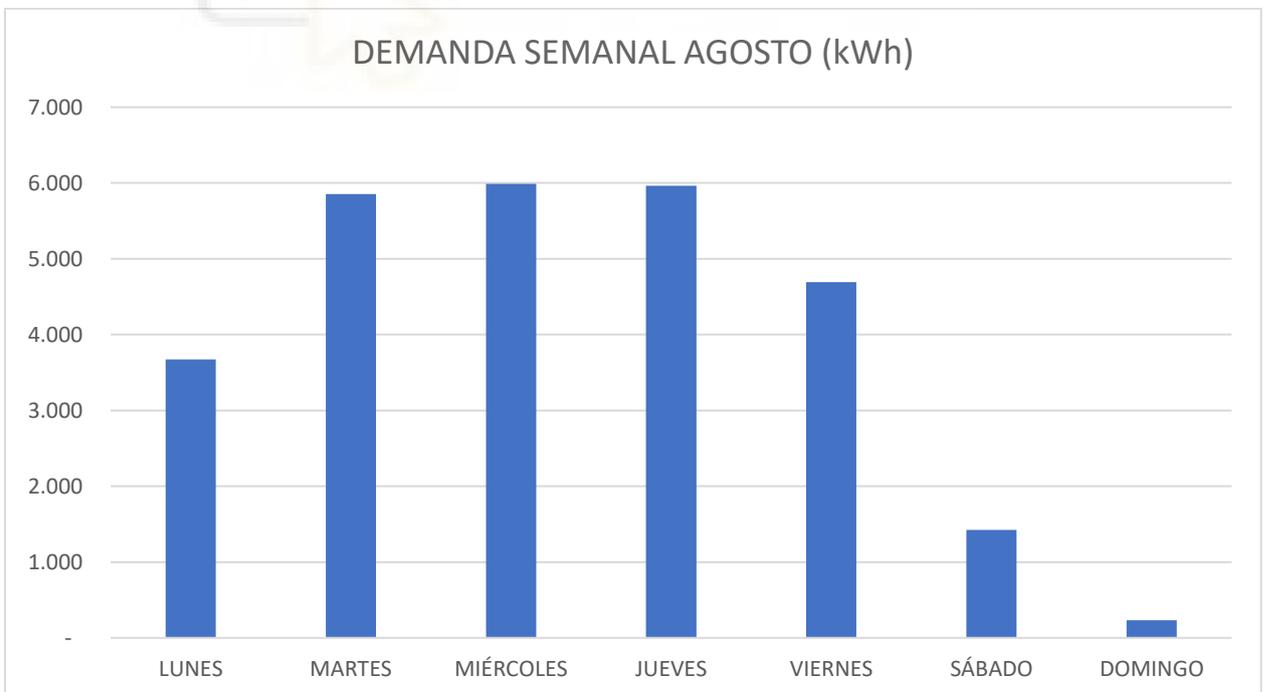
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 41 Curva horaria semanal agosto



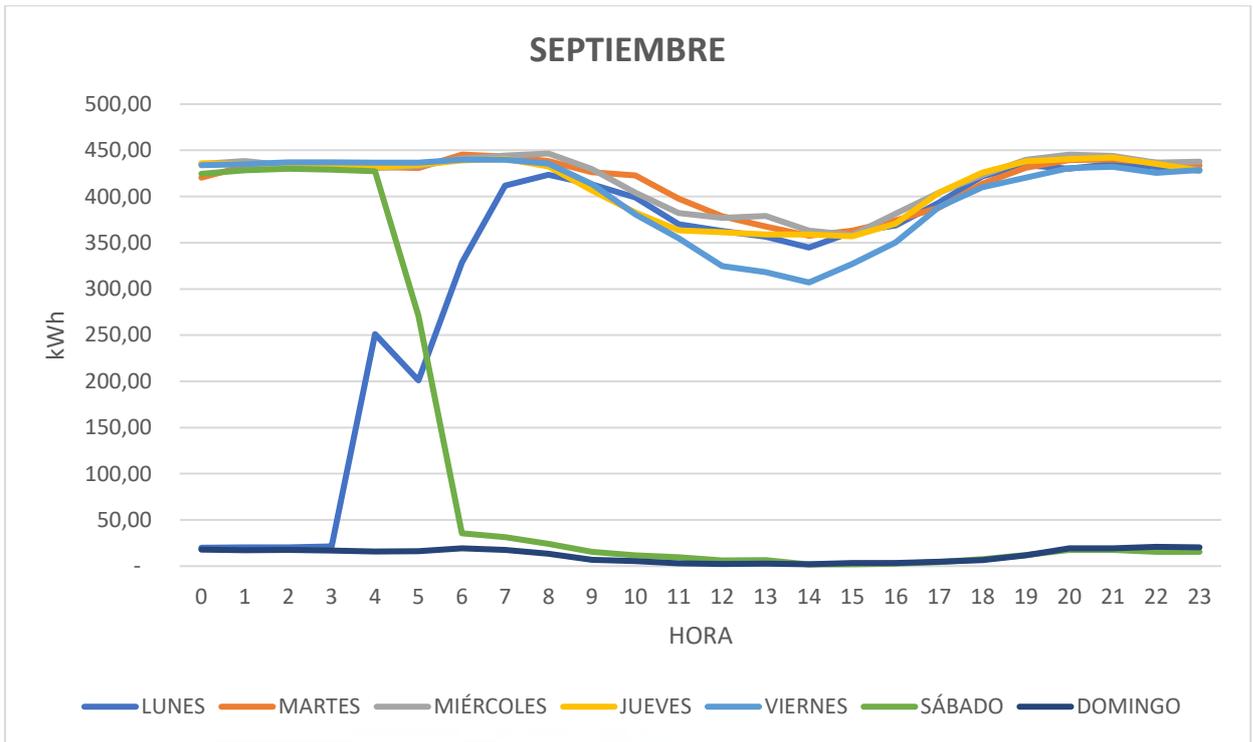
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 42 Demanda media semanal agosto



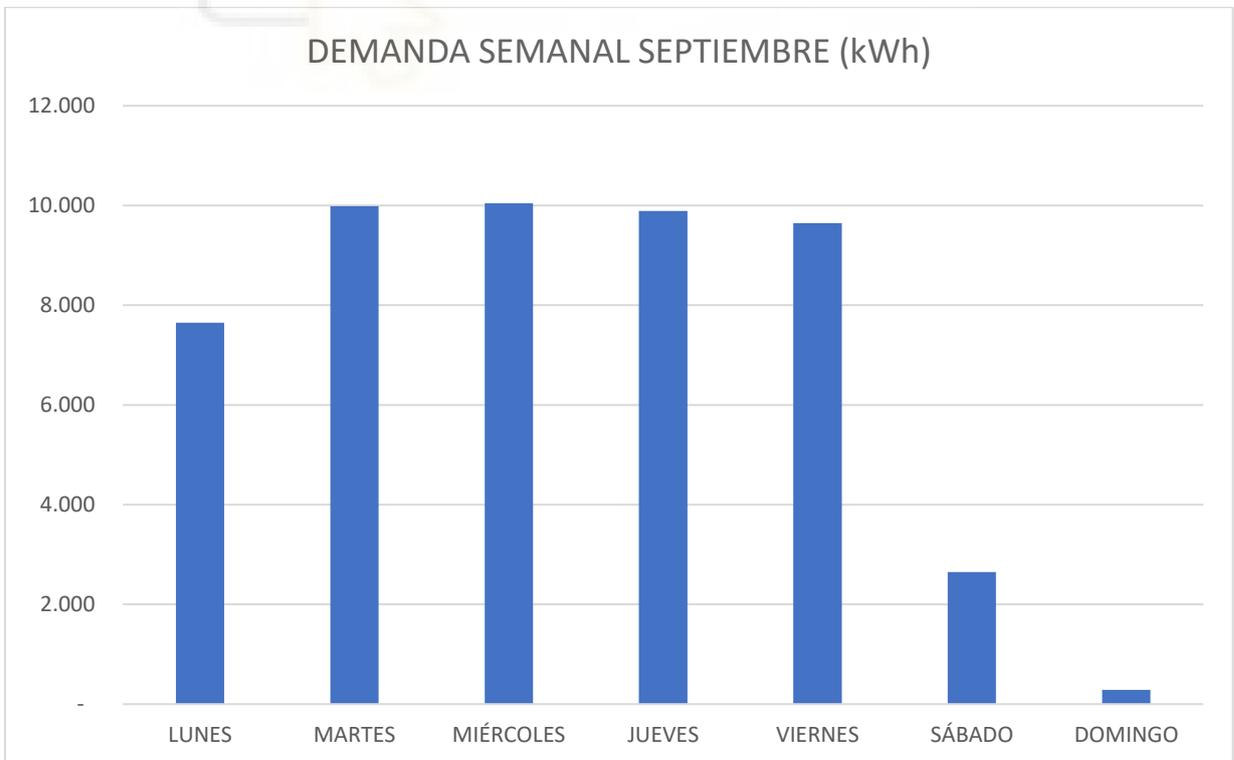
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 43 Curva horaria semanal septiembre



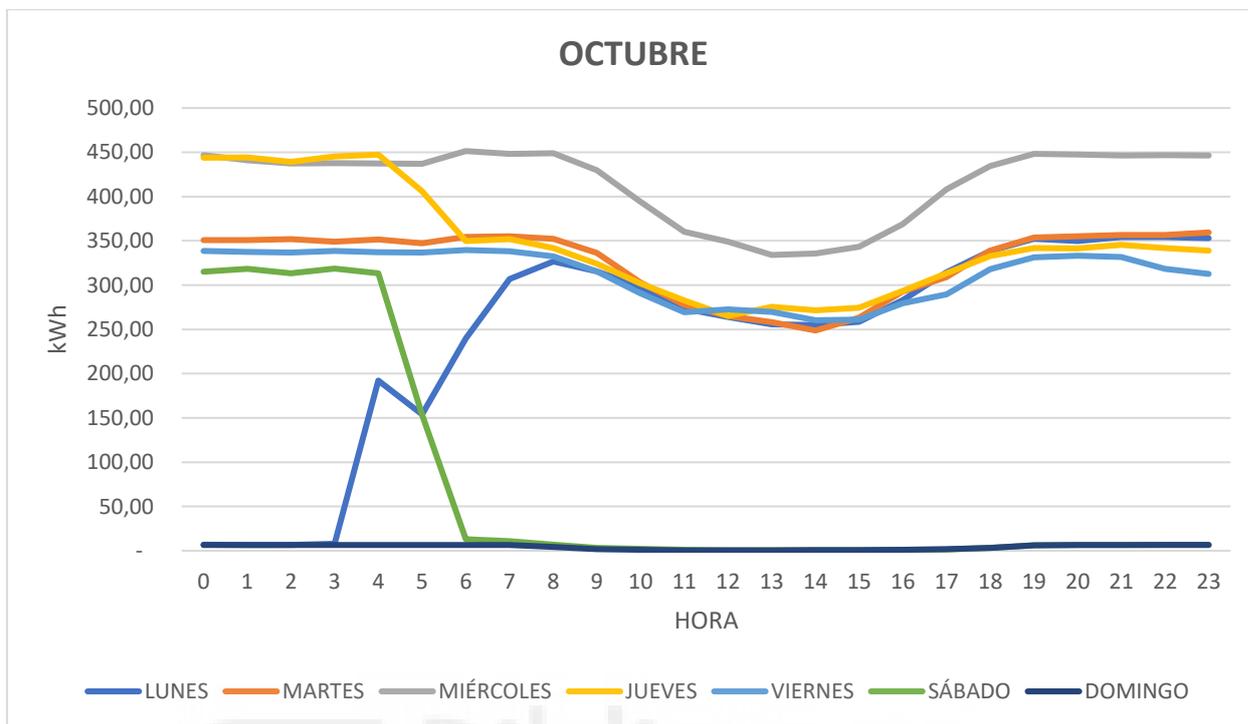
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44 Demanda media semanal septiembre



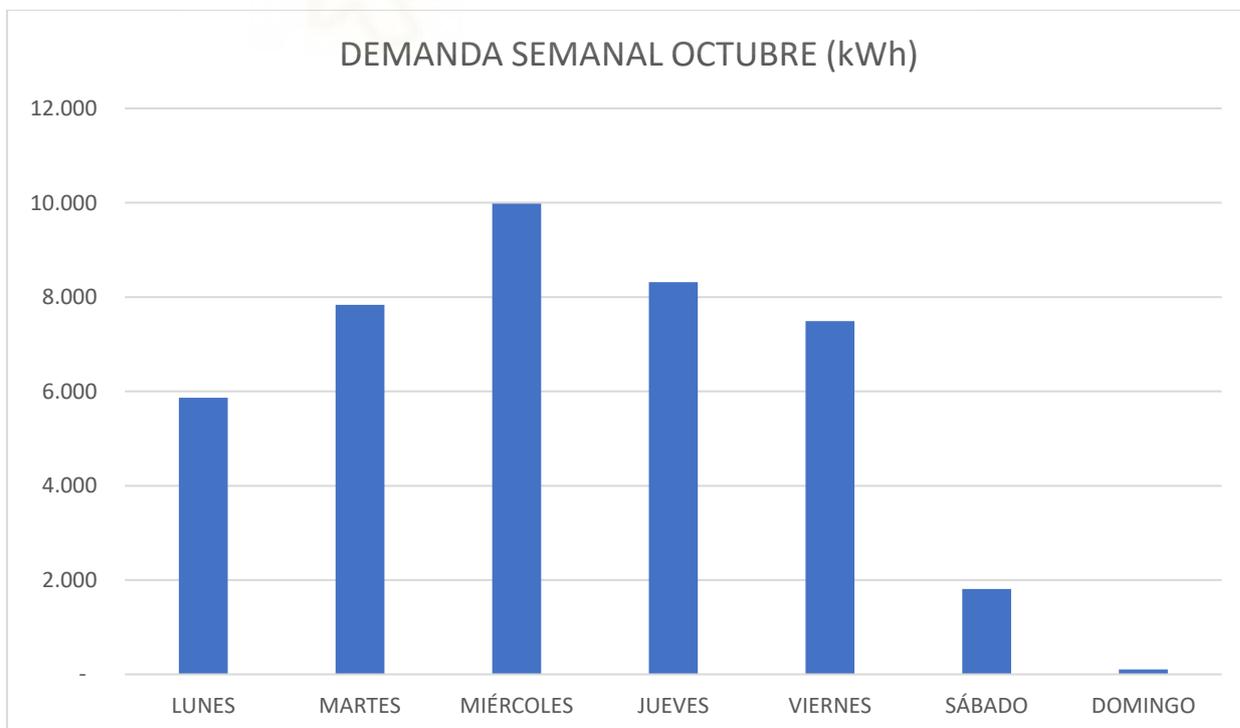
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 45 Curva horaria semanal octubre



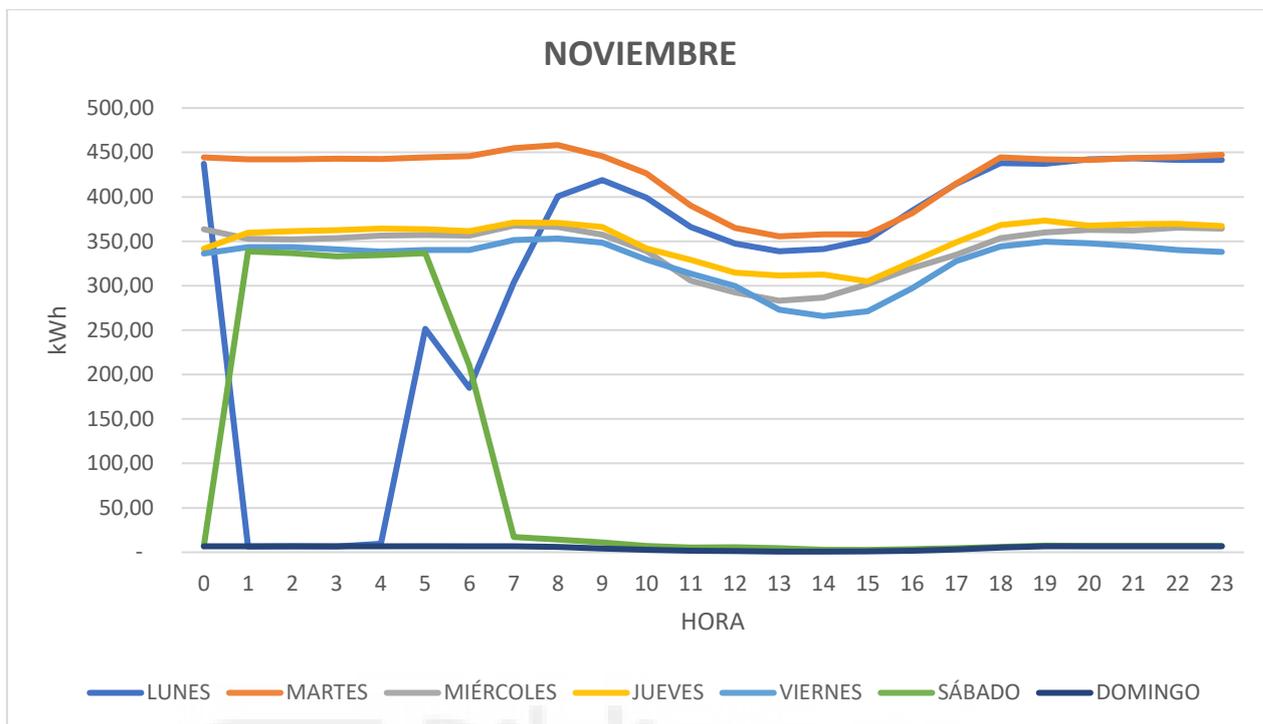
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 46 Demanda media semanal octubre



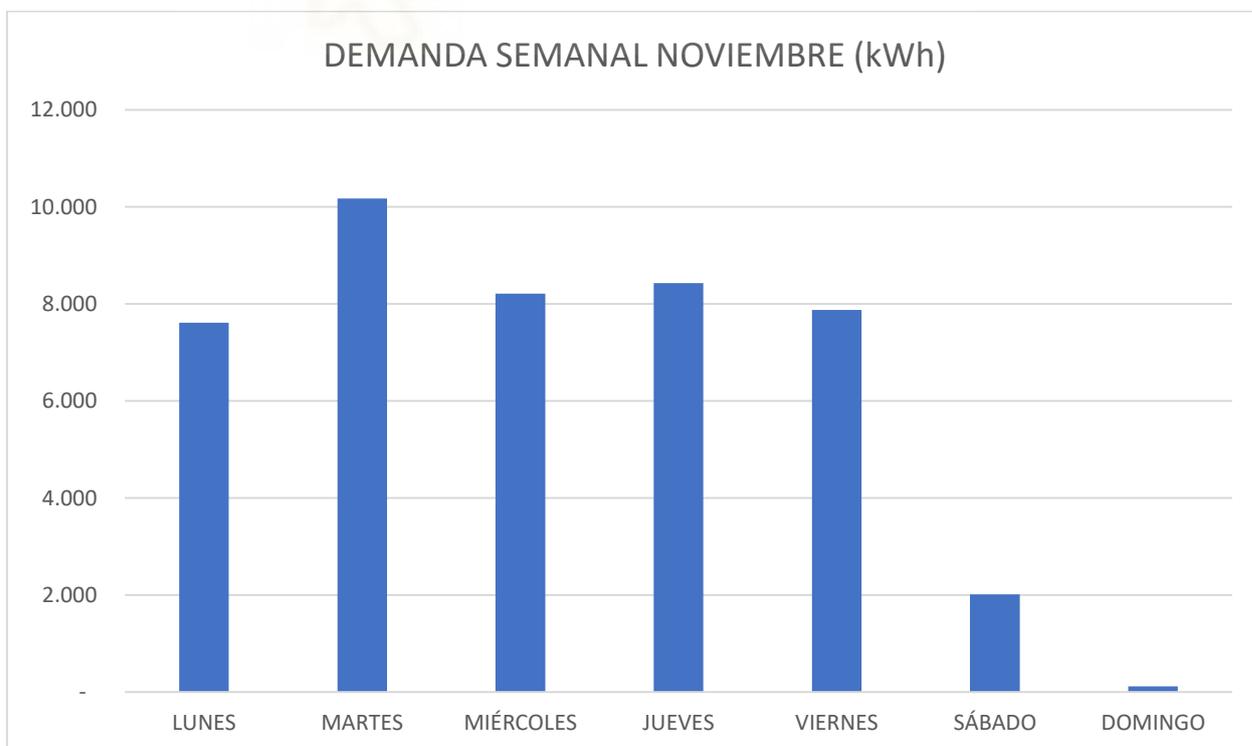
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 47 Curva horaria semanal noviembre



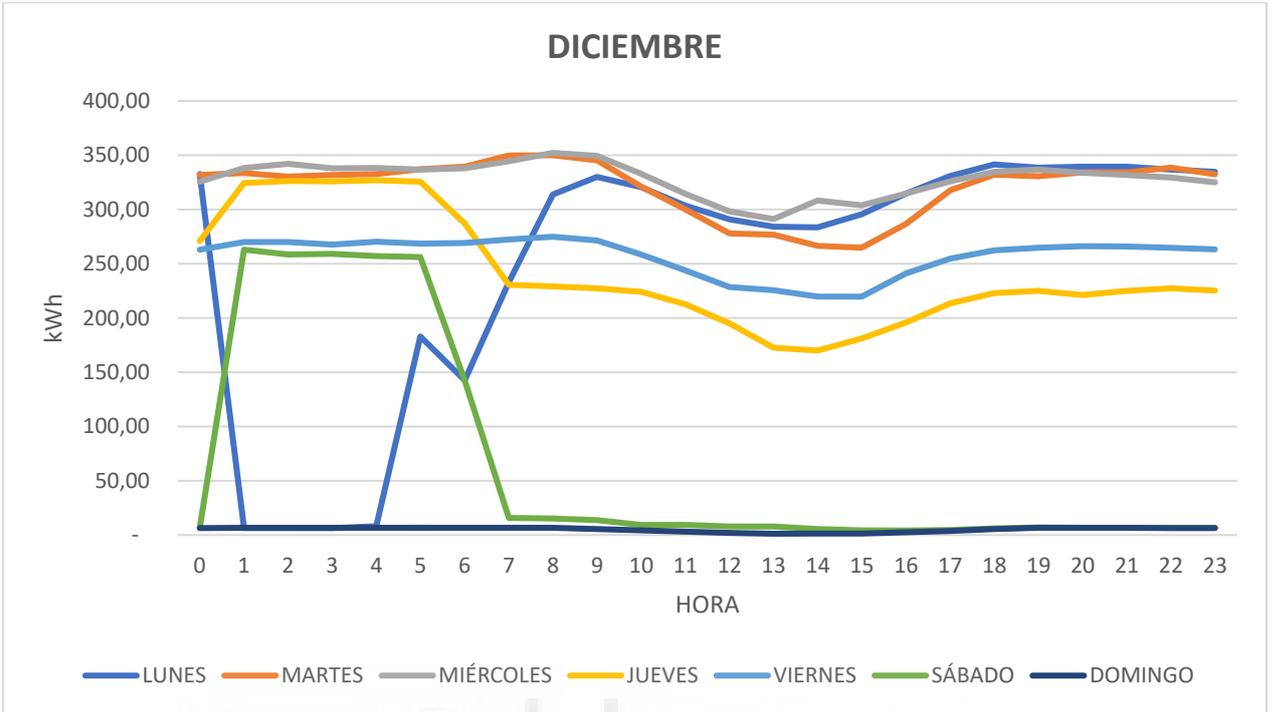
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 48 Demanda media semanal noviembre



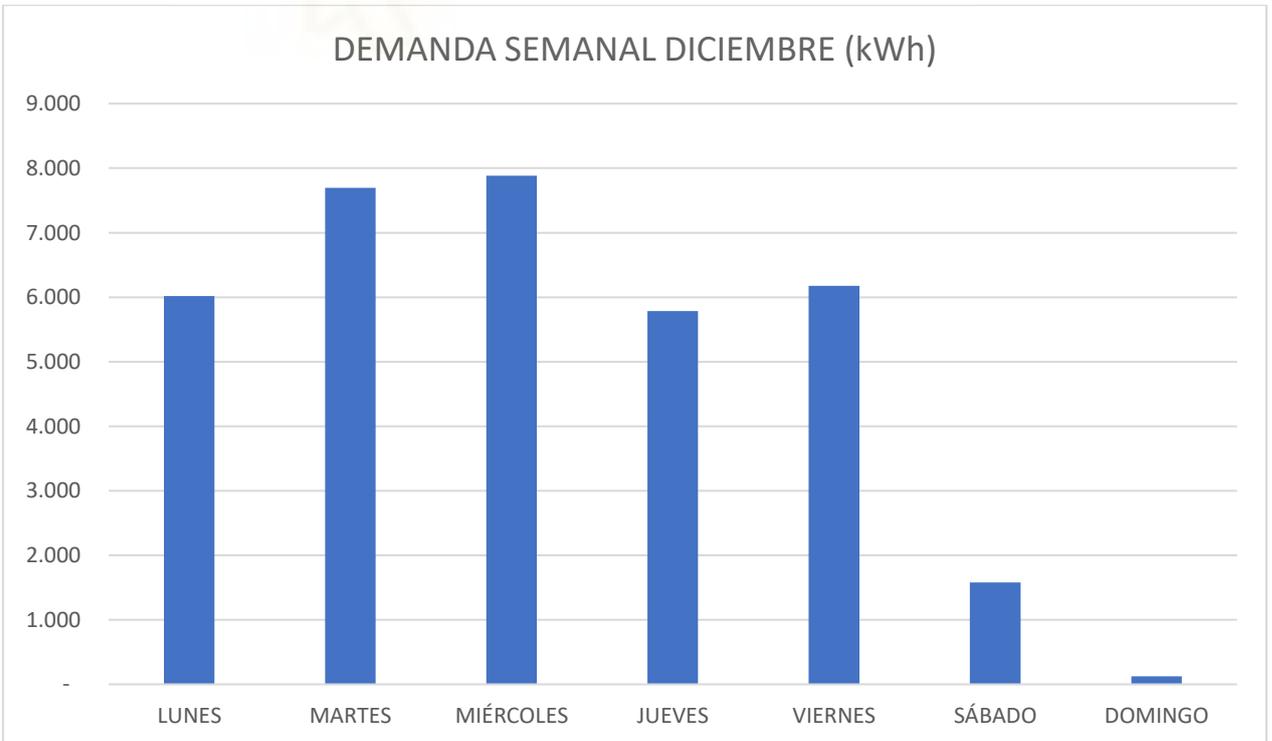
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 49 Curva horaria semanal diciembre



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 50 Demanda media semanal diciembre



Fuente: Elaboración propia

El plan de trabajo de la empresa son 3 turnos de lunes a viernes, cerrando fines de semana y festivos. En agosto se toman dos semanas de vacaciones lo que sumado a fines de semana y festivos implica que una tercera parte del tiempo en la industria no hay consumo.

La potencia demandada suele ser relativamente constante a lo largo del mes, llegando a 500 kW en los meses de mayor consumo y entorno a 300-350 kW en los de menor demanda. El perfil presenta una depresión en las horas solares reduciendo la potencia demandada respecto de la del resto de horas entre 50-150 kW.

Aunque en estos gráficos veamos los consumos medios para analizar el funcionamiento de la instalación introduciremos el Excel con los valores horarios anuales dentro del programa de dimensionamiento. Para lograr un mayor aprovechamiento de la instalación buscaremos acumular los excedentes que se producen durante las horas solares para su posterior utilización. Asumiremos las pérdidas de energía de los fines de semana ya que acumular tanta energía no saldría rentable económicamente puesto que entre semana no utilizaríamos gran parte de la capacidad de las baterías.



### Anexo 3. Simulación software PVsyst

Pese a existir gran variedad de herramientas para diseño y simulación de sistemas fotovoltaicos, se ha optado por utilizar el software PVsyst. Si bien se podría estimar la producción como por ejemplo mediante el procedimiento establecido por el *Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red* del IDAE, o con el software ofrecido por la Unión Europea PVGIS, no son tan precisos ni tienen en cuenta muchos de los parámetros que utiliza la opción seleccionada. Esta herramienta nos permite un modelado detallado del sistema que incluye simulaciones para módulos bifaciales, modelos de autoconsumo con baterías sin excedentes, análisis de sombras, simulaciones horarias y análisis económico entre otras. Permite generar informes completos y exhaustivos y ofrece unas bases de datos extensas y actualizadas.

La empresa francesa es pionera en el sector desde principios de los años 90 lo que le otorga gran experiencia. Es considerada una de las líderes a nivel mundial. Para dar la máxima precisión al proyecto requerimos de las herramientas más especializadas. A continuación, mostraremos el informe completo de la simulación.



# PVsyst - Informe de simulación

## Sistema conectado a la red

---

Proyecto: TFG

Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo sin excedentes + baterías 400 kWh

Cobertizos, conjunto único

Potencia del sistema: 492 kWp

Perleta - España





# Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

## PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

### Resumen del proyecto

#### Sitio geográfico

Perleta  
España

#### Situación

Latitud 38.26 °N  
Longitud -0.63 °W  
Altitud 51 m  
Zona horaria UTC+1

#### Configuración del proyecto

Albedo 0.20

#### Datos meteo

Perleta  
Meteonorm 8.0 (2003-2017) - Sintético

### Resumen del sistema

#### Sistema conectado a la red

#### Orientación campo FV

Plano fijo  
Inclinación/Azimut 30 / 0 °

#### Información del sistema

##### Conjunto FV

Núm. de módulos 848 unidades  
Pnom total 492 kWp

#### Cobertizos, conjunto único

#### Sombreados cercanos

Según las cadenas  
Efecto eléctrico 100 %

#### Inversores

Núm. de unidades 4 unidades  
Pnom total 400 kWca  
Proporción Pnom 1.230

#### Necesidades del usuario

Ext. definida como archivo  
curva de carga empresa plásticos.csv

#### Paquete de baterías

Estrategia de almacenamiento : Autoconsumo  
Núm. de unidades 2 unidades  
Voltaje 691 V  
Capacidad 580 Ah

### Resumen de resultados

Energía producida	881.2 MWh/año	Producción específica	1792 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	57.72 %
Energía usada	2261.1 MWh/año			Fracción solar (SF)	25.51 %
Energía aparente	0.0 MVAh				

### Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del horizonte	6
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	7
Resultados principales	8
Diagrama de pérdida	9
Gráficos especiales	10
Diseño de módulo	11
Costo del sistema	12
Análisis financiero	13
Balance de emisiones de CO <sub>2</sub>	16



# Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

## PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

### Parámetros generales

#### Sistema conectado a la red

#### Orientación campo FV

Orientación  
Plano fijo  
Inclinación/Azimut 30 / 0 °

#### Horizonte

Altura promedio 2.1 °

#### Sistema bifacial

Modelo Cálculo 2D  
cobertizos ilimitados

#### Geometría del modelo bifacial

Espaciamiento cobertizos 9.50 m  
Ancho cobertizos 4.62 m  
Ángulo límite de perfil 22.6 °  
GCR 48.6 %  
Altura sobre el suelo 0.50 m

#### Almacenamiento

Tipo Autoconsumo  
Sin reinyección de red

#### Estrategia de carga

Cuando hay un exceso de potencia solar

#### Cobertizos, conjunto único

#### Configuración de cobertizos

Núm. de cobertizos 8 unidades  
Conjunto único

#### Tamaños

Espaciamiento cobertizos 9.50 m  
Ancho de colector 4.58 m  
Proporc. cob. suelo (GCR) 48.2 %  
Banda inactiva superior 0.02 m  
Banda inactiva inferior 0.02 m

#### Ángulo límite de sombreado

Ángulo límite de perfil 22.6 °

#### Sombreados cercanos

Según las cadenas  
Efecto eléctrico 100 %

#### Modelos usados

Transposición Perez  
Difuso Perez, Meteonorm  
Circunsolar separado

#### Necesidades del usuario

Ext. definida como archivo  
curva de carga empresa plásticos.csv

#### Definiciones del modelo bifacial

Albedo de tierra 0.17  
Factor de bifacialidad 80 %  
Fact. sombreado trasero 5.0 %  
Fact. desajuste trasero 10.0 %  
Fracción transparente de cobertizo 0.0 %

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	
168789	202126	216293	178186	209041	215715	206277	129129	212856	179408	194506	148743	2261068	kWh

#### Punto de inyección de red

#### Factor de potencia

Cos(phi) (principal) 1.000

### Características del conjunto FV

#### Módulo FV

Fabricante JA Solar  
Modelo JAM66D42-580/MB

(Definición de parámetros personalizados)

Unidad Nom. Potencia 580 Wp  
Número de módulos FV 848 unidades  
Nominal (STC) 492 kWp  
Módulos 53 Cadenas x 16 En series



# Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

## PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

### Características del conjunto FV

#### Módulo FV

##### En cond. de funcionam. (50°C)

Pmpp	455 kWp
U mpp	591 V
I mpp	770 A

#### Inversor

Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	SUN2000-100KTL-M2

(Definición de parámetros personalizados)

Unidad Nom. Potencia	100 kWca
Número de inversores	4 unidades
Potencia total	400 kWca
Voltaje de funcionamiento	200-1000 V
Potencia máx. (=>45°C)	110 kWca
Proporción Pnom (CC:CA)	1.23

#### Potencia FV total

Nominal (STC)	492 kWp
Total	848 módulos
Área del módulo	2191 m <sup>2</sup>

#### Potencia total del inversor

Potencia total	400 kWca
Núm. de inversores	4 unidades
Proporción Pnom	1.23

#### Almacenamiento de batería

##### Batería

Fabricante	Huawei
Modelo	LUNA2000-200KWH-2H1

##### Paquete de baterías

Núm. de unidades	2 en paralelo
Descarga mín. SOC	10.0 %
Energía almacenada	365.6 kWh

##### Características del paquete de baterías

Voltaje	691 V
Capacidad nominal	580 Ah (C10)
Temperatura	Fijo 20 °C

##### Cargador de entrada de batería

Modelo	Genérico
Máx. potencia de carga	220.0 kWcc
Eficiencia máx./Euro	98.4/95.0 %

##### Inversor batería a red

Modelo	Genérico
Máx. potencia descarga	220.0 kWca
Eficiencia máx./Euro	98.4/95.0 %

### Pérdidas del conjunto

#### Pérdidas de suciedad del conjunto

Frac. de pérdida	2.0 %
------------------	-------

#### Factor de pérdida térmica

Temperatura módulo según irradiancia	
Uc (const)	29.0 W/m <sup>2</sup> K
Uv (viento)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s

#### Pérdidas de cableado CC

Res. conjunto global	13 mΩ
Frac. de pérdida	1.5 % en STC

#### Pérdida de calidad módulo

Frac. de pérdida	-0.2 %
------------------	--------

#### Pérdidas de desajuste de módulo

Frac. de pérdida	2.0 % en MPP
------------------	--------------

#### Pérdidas de desajuste de cadenas

Frac. de pérdida	0.1 %
------------------	-------

#### Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



# Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

## PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

### Definición del horizonte

Horizon from PVGIS website API, Lat=38°15'33', Long=0°-37'58', Alt=51m

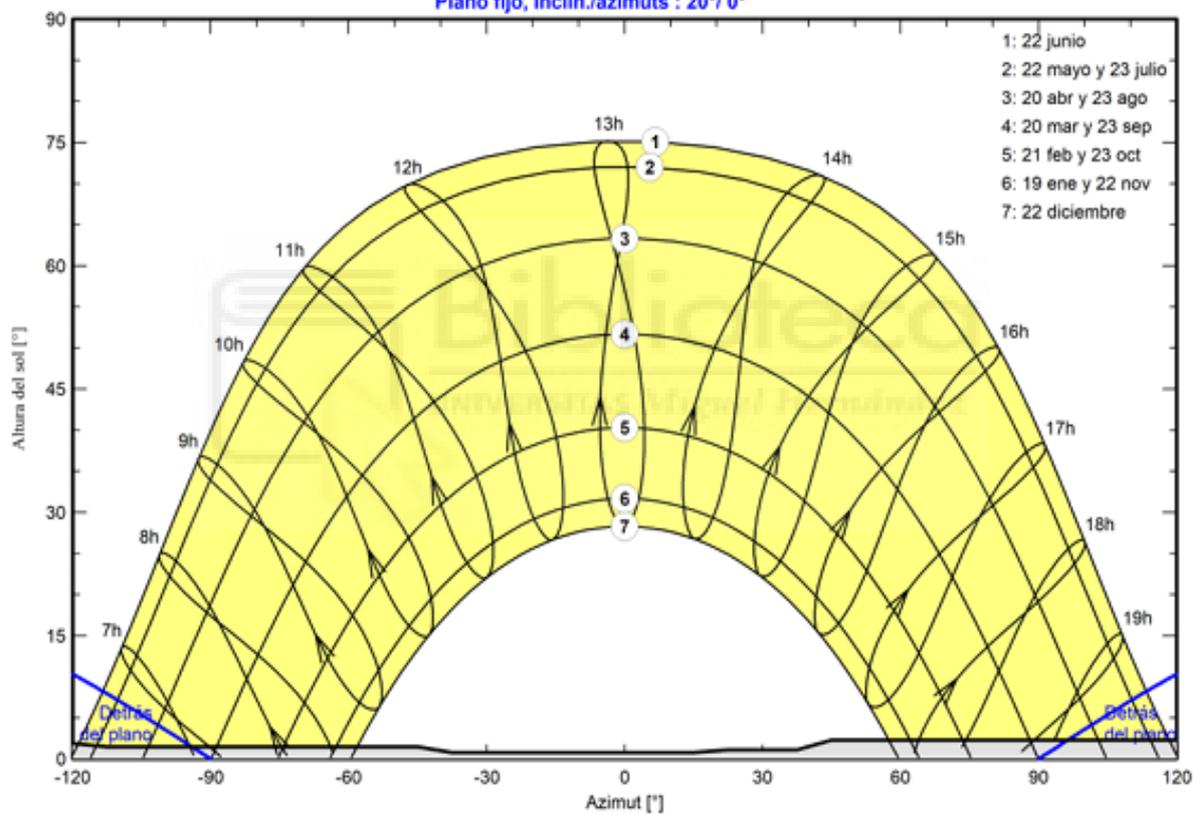
Altura promedio	2.1 °	Factor Albedo	0.94
Factor difuso	0.99	Fracción de albedo	100 %

### Perfil del horizonte

Azimut [°]	-180	-143	-135	-120	-113	-45	-38	15	23	38	45	135	143	180
Altura [°]	3.8	3.8	1.9	1.9	1.5	1.5	0.8	0.8	1.1	1.1	2.3	2.3	3.8	3.8

### Recorridos solares (diagrama de altura / azimut)

Plano fijo, Inclín./azimuts : 20°/ 0°





# Proyecto: TFG

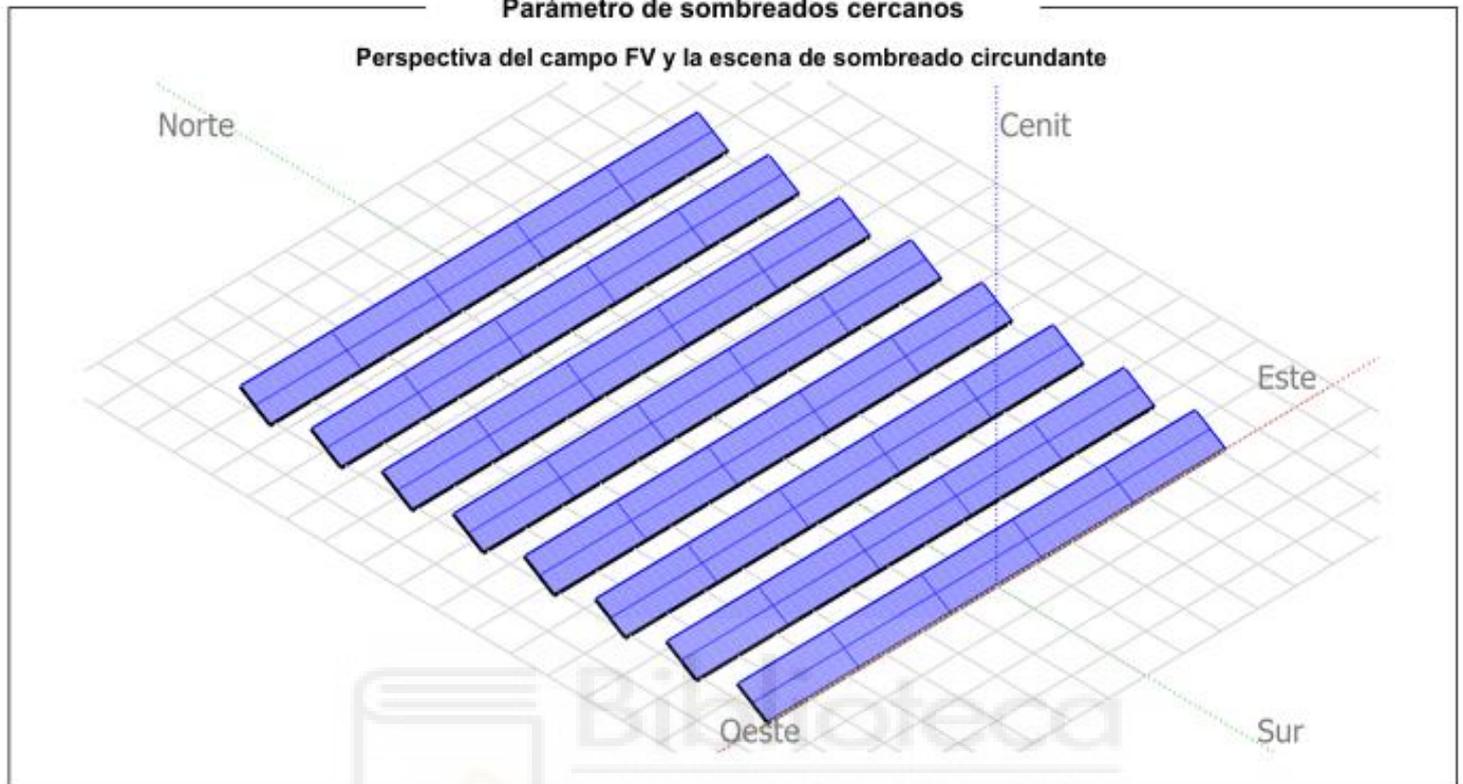
Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

## Parámetro de sombreados cercanos

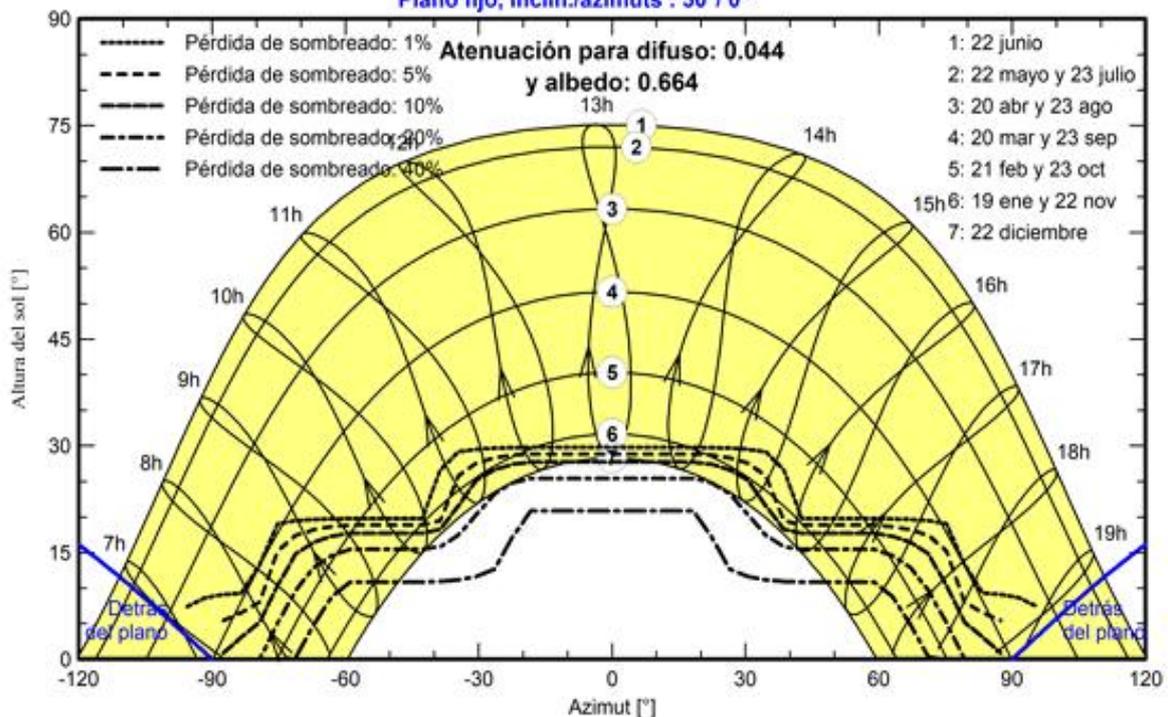
Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante



## Diagrama de iso-sombreados

TFG - Hora Legal

Plano fijo, Inclin./azimuts : 30°/ 0°





# Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

## PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

### Resultados principales

#### Producción del sistema

Energía producida	881.2 MWh/año	Producción específica	1792 kWh/kWp/año
Energía usada	2261.1 MWh/año	Proporción de rendimiento (PR)	57.72 %
Energía aparente	0.0 MVAh	Fracción solar (SF)	25.51 %

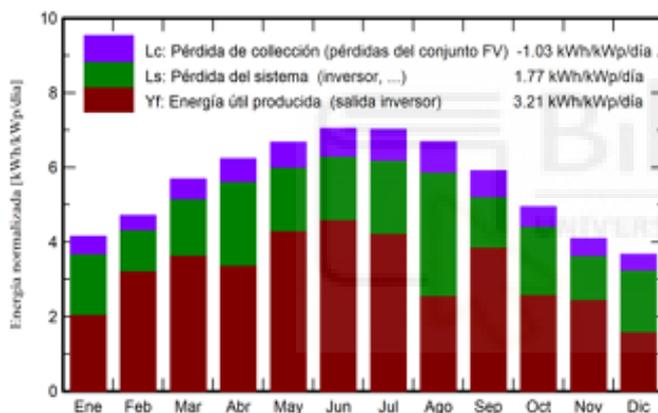
#### Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)

Ciclos SOW	81.9 %
SOW estático	96.7 %
Duración de vida de batería	11.3 años
Coste de energía almacenada	0.16 EUR/kWh

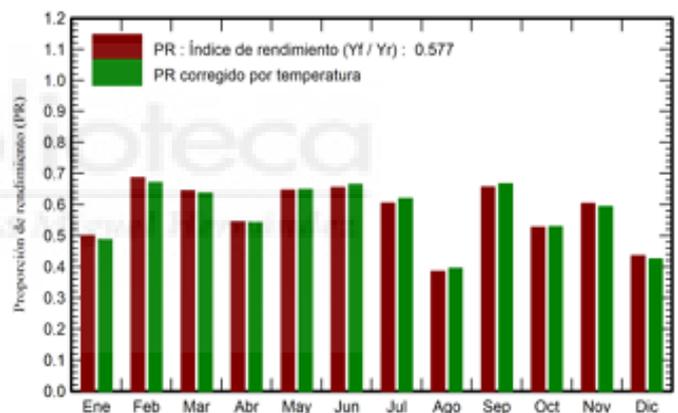
#### Evaluación económica

<b>Inversión</b>		<b>Costo anual</b>		<b>LCOE</b>	
Global	452946.45 EUR	Anualidades	0.00 EUR/año	Costo energético	0.04 EUR/kWh
Específico	0.92 EUR/Wp	Costos de func.	8968.48 EUR/año		
		Período de recuperación	6.0 años		

#### Producciones normalizadas (por kWp instalado)



#### Proporción de rendimiento (PR)



#### Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	SolFrac	PR	EUused	EFrGrid
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	proporción	proporción	MWh	MWh
Enero	78.2	29.04	11.39	128.5	121.1	56.32	0.187	0.500	22.60	137.2
Febrero	92.1	35.22	11.63	131.7	125.2	59.69	0.220	0.687	13.38	157.6
Marzo	142.1	50.86	13.98	176.2	167.1	78.86	0.258	0.644	20.70	160.5
Abril	171.4	65.87	16.05	186.8	176.4	83.11	0.281	0.544	30.13	128.2
Mayo	210.0	76.54	19.56	206.6	194.9	91.75	0.314	0.646	23.67	143.4
Junio	223.1	81.47	23.63	211.2	199.4	93.06	0.315	0.655	22.40	147.7
Julio	224.8	81.47	26.87	217.4	205.4	94.64	0.313	0.604	27.34	141.7
Agosto	197.4	77.64	27.10	207.1	195.9	89.65	0.303	0.385	47.38	89.9
Septiembre	150.2	55.57	23.75	177.2	167.8	77.09	0.269	0.656	17.57	155.7
Octubre	114.9	46.45	20.28	153.0	145.3	67.49	0.221	0.527	25.43	139.8
Noviembre	79.0	31.50	14.79	122.5	115.8	53.85	0.187	0.603	15.65	158.2
Diciembre	67.5	25.71	12.16	113.6	106.8	49.69	0.164	0.436	22.57	124.4
<b>Año</b>	<b>1750.7</b>	<b>657.34</b>	<b>18.48</b>	<b>2032.0</b>	<b>1921.2</b>	<b>895.20</b>	<b>0.255</b>	<b>0.577</b>	<b>288.81</b>	<b>1684.2</b>

#### Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	SolFrac	Fracción solar (EUtilizada / ECarga)
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Proporción de rendimiento
GlobInc	Global incidente plano receptor	EUused	Energía no utilizada (batería llena, sin inyección de red)
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EFrGrid	Energía de la red



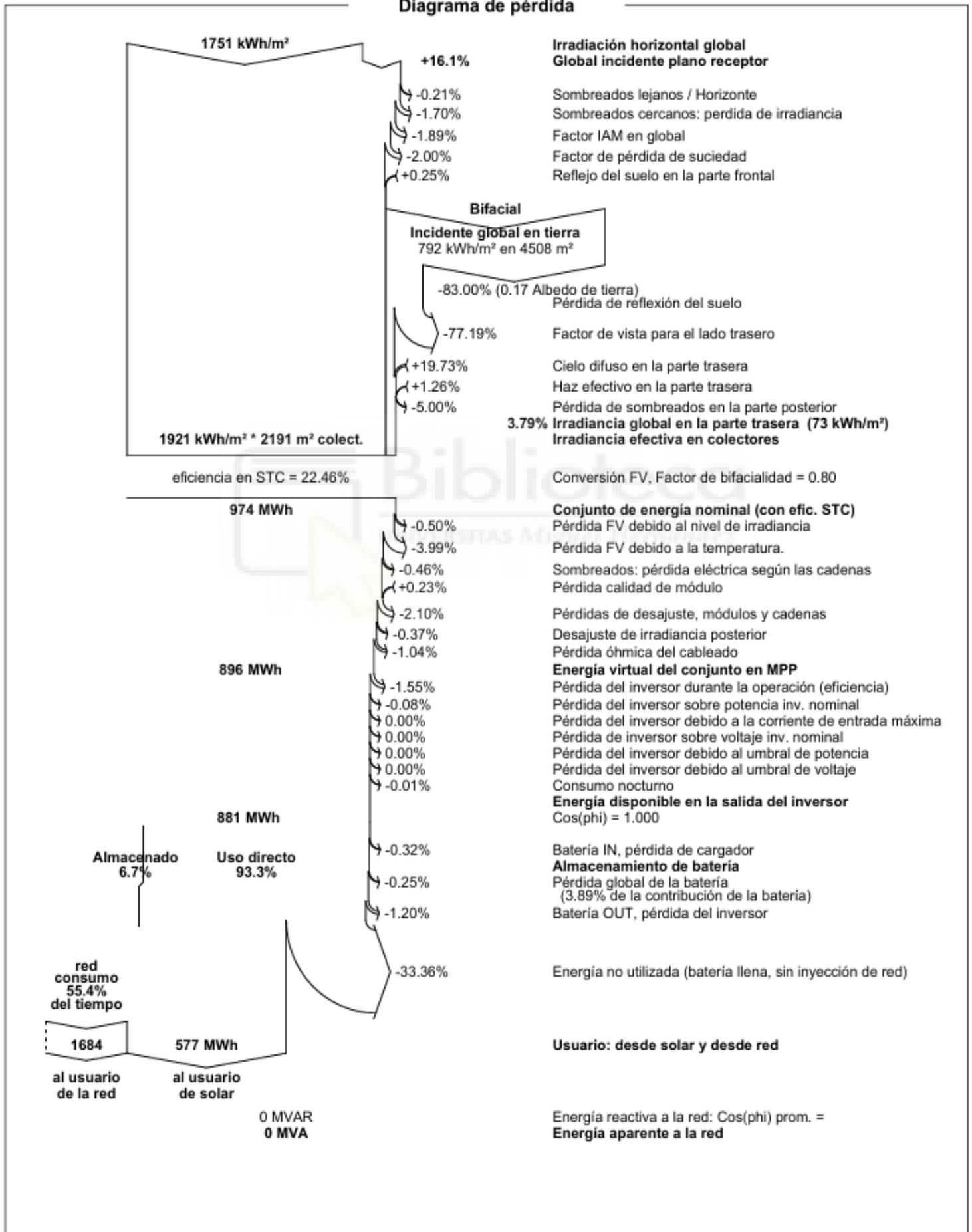
# Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

## Diagrama de pérdida



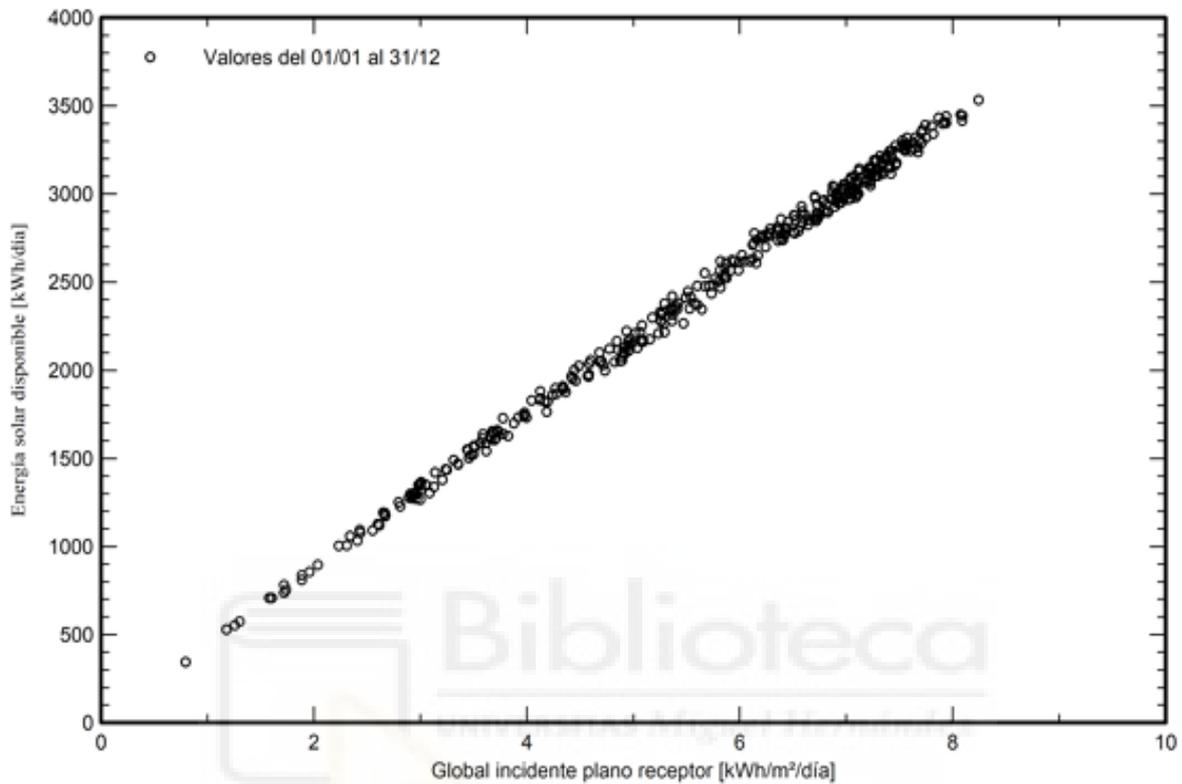


**PVsyst V7.2.8**

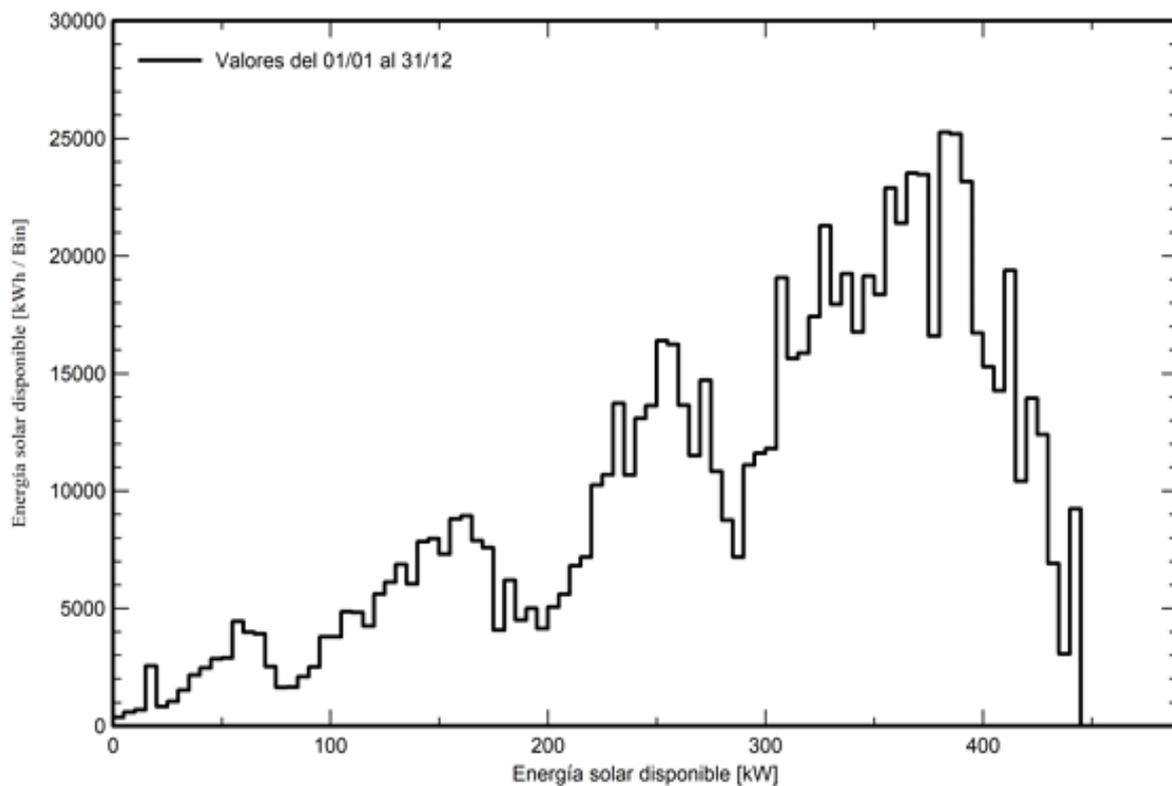
VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

**Gráficos especiales**

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**





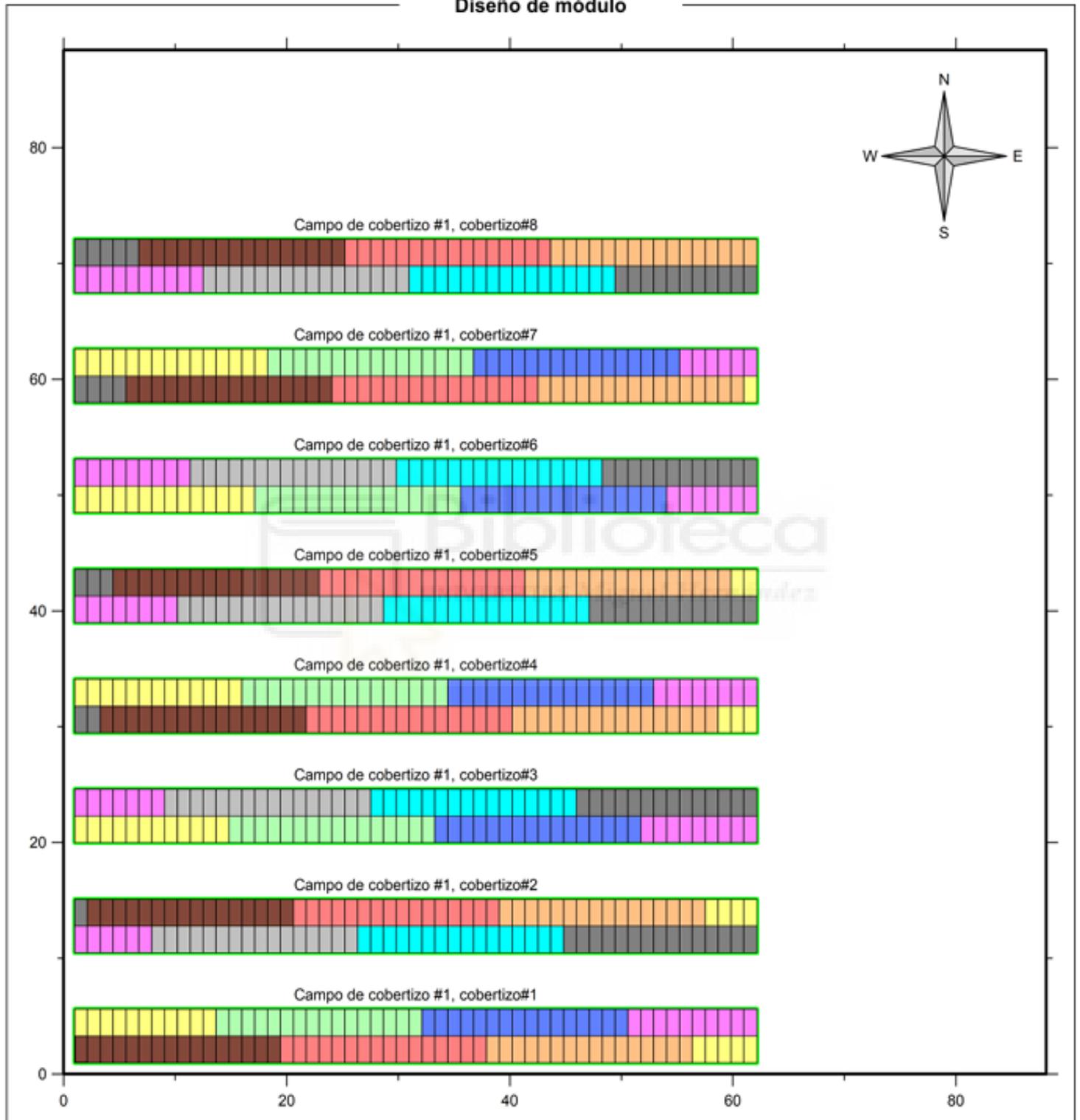
# Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

## Diseño de módulo





## Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

### PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

### Costo del sistema

#### Costes de instalación

Artículo	Cantidad unidades	Costo EUR	Total EUR
Módulos FV			
JAM66D42-580/MB	848	77.61	65813.28
Soportes para módulos	848	56.26	47708.48
Inversores			
SUN2000-100KTL-M2	4	3925.25	15701.00
Baterías	2	64321.00	128642.00
Otros componentes			
Cableado	1	171244.02	171244.02
Sistema de monitoreo, pantalla de visualización	1	2992.25	2992.25
Sistema de medición, piranómetro	1	966.30	966.30
Estudios y análisis			
Ingeniería	1	1048.00	1048.00
Permisos y otras tarifas admin.	1	375.00	375.00
Costos del terreno			
Preparación del terreno	1	18456.12	18456.12
<b>Total</b>			<b>452946.45</b>
Activo amortizable			257864.76

#### Costos de operación

Artículo	Total EUR/año
Mantenimiento	
Salarios	4000.00
Reparaciones	500.00
Limpieza	500.00
Seguro	
Seguro de instalaciones	2000.00
<b>Total (OPEX)</b>	<b>7000.00</b>
Incluyendo inflación (2.00%)	8968.48

#### Resumen del sistema

Costo total de instalación	452946.45 EUR
Costos de operación (Incl. inflación 2.00%/año)	8968.48 EUR/año
Energía producida	577 MWh/año
Costo de la energía producida (LCOE)	0.042 EUR/kWh



## Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

### PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

### Análisis financiero

#### Período de simulación

Vida del proyecto 25 años Año de inicio 2026

#### Variación del ingreso a lo largo del tiempo

Inflación 2.00 %/año  
Variación de producción (envejecimiento) 1.00 %/año  
Tasa de descuento 0.00 %/año

#### Gastos dependientes de ingresos

Tasa de impuesto sobre la renta 0.00 %/año  
Otro impuesto sobre la renta 0.00 %/año  
Dividendos 0.00 %/año

#### Financiamiento

Fondos propios 452946.45 EUR

#### Venta de electricidad

Tarifa de alimentación Verano Tarifa horas de punta 0.1308 EUR/kWh  
Tarifa hora valle 0.0712 EUR/kWh 00:00-08:00  
Invierno Tarifa horas de punta 0.1455 EUR/kWh Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar  
Tarifa hora valle 0.0800 EUR/kWh

Duración de la garantía de tarifas 20 años  
Impuesto de conexión anual 0.00 EUR/kWh  
Variación de tarifa anual +1.0 %/año  
Reducción de tarifa de alimentación después de la garantía 50.00 %

#### Autoconsumo

Tarifa de consumo Verano Tarifa horas de punta 0.1310 EUR/kWh  
Tarifa hora valle 0.0710 EUR/kWh 00:00-08:00  
Invierno Tarifa horas de punta 0.1460 EUR/kWh Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar  
Tarifa hora valle 0.0800 EUR/kWh

Evolución de tarifas +3.0 %/año

#### Retorno de la inversión

Período de recuperación 6.0 años  
Valor presente neto (VPN) 1963110.90 EUR  
Retorno de la inversión (ROI) 433.4 %



# Proyecto: TFG

Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

PVsyst V7.2.8

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

## Análisis financiero

### Resultados económicos detallados (EUR)

	Venta	Costos	Subsidio	Ingreso	Impuestos	Beneficio	Ahorro	Cumul	%
	de electricidad	de func.	de amortización	imponible		después de impuestos	de autoconsumo	lucro	amorti.
2026	0	7000	0	0	0	-7000	77655	-382291	15.6%
2027	0	7140	0	0	0	-7140	79985	-309447	31.7%
2028	0	7283	0	0	0	-7283	82314	-234415	48.2%
2029	0	7428	0	0	0	-7428	84644	-157200	65.3%
2030	0	7577	0	0	0	-7577	86974	-77803	82.8%
2031	0	7729	0	0	0	-7729	89303	3771	100.8%
2032	0	7883	0	0	0	-7883	91633	87521	119.3%
2033	0	8041	0	0	0	-8041	93963	173443	138.3%
2034	0	8202	0	0	0	-8202	96292	261533	157.7%
2035	0	8366	0	0	0	-8366	98622	351790	177.7%
2036	0	8533	0	0	0	-8533	100951	444208	198.1%
2037	0	8704	0	0	0	-8704	103281	538786	219.0%
2038	0	8878	0	0	0	-8878	105611	635519	240.3%
2039	0	9055	0	0	0	-9055	107940	734404	262.1%
2040	0	9236	0	0	0	-9236	110270	835438	284.4%
2041	0	9421	0	0	0	-9421	112600	938616	307.2%
2042	0	9609	0	0	0	-9609	114929	1043936	330.5%
2043	0	9802	0	0	0	-9802	117259	1151393	354.2%
2044	0	9998	0	0	0	-9998	119589	1260984	378.4%
2045	0	10198	0	0	0	-10198	121918	1372705	403.1%
2046	0	10402	0	0	0	-10402	124248	1486551	428.2%
2047	0	10610	0	0	0	-10610	126578	1602519	453.8%
2048	0	10822	0	0	0	-10822	128907	1720605	479.9%
2049	0	11038	0	0	0	-11038	131237	1840803	506.4%
2050	0	11259	0	0	0	-11259	133567	1963111	533.4%
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>224212</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-224212</b>	<b>2640269</b>	<b>1963111</b>	<b>533.4%</b>



# Proyecto: TFG

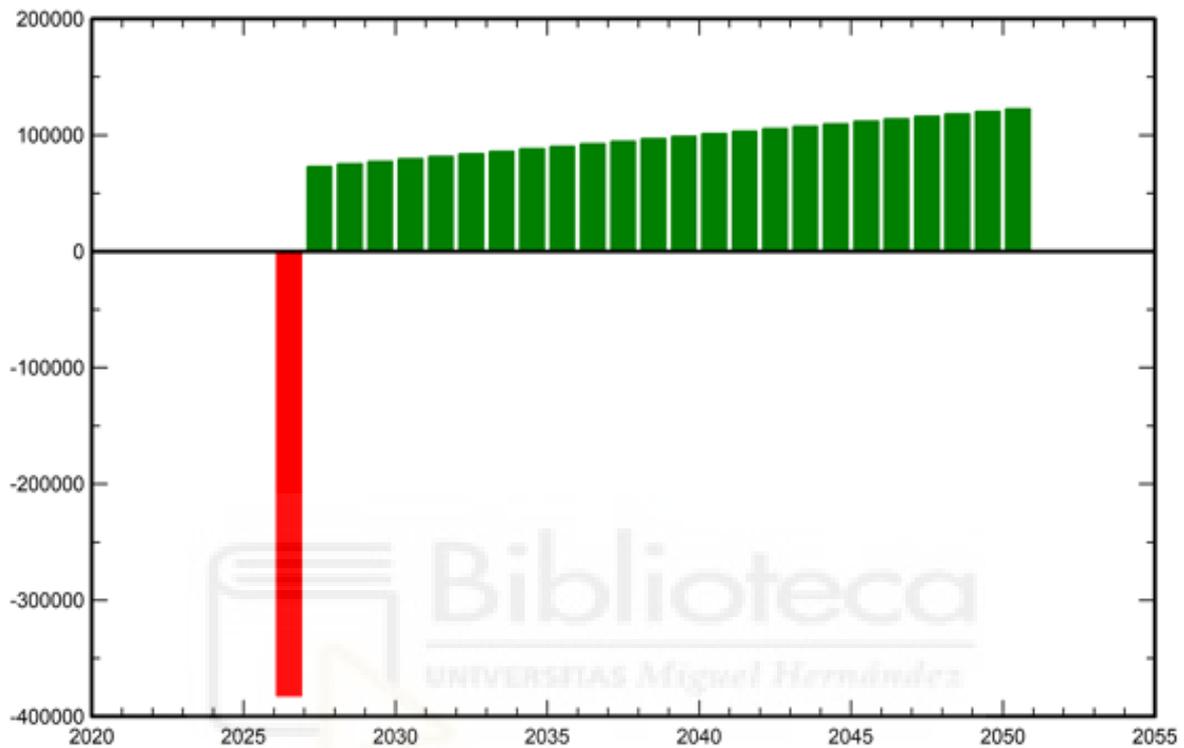
Variante: Simulación Bifacial 492 kWp Autoconsumo + batería

PVsyst V7.2.8

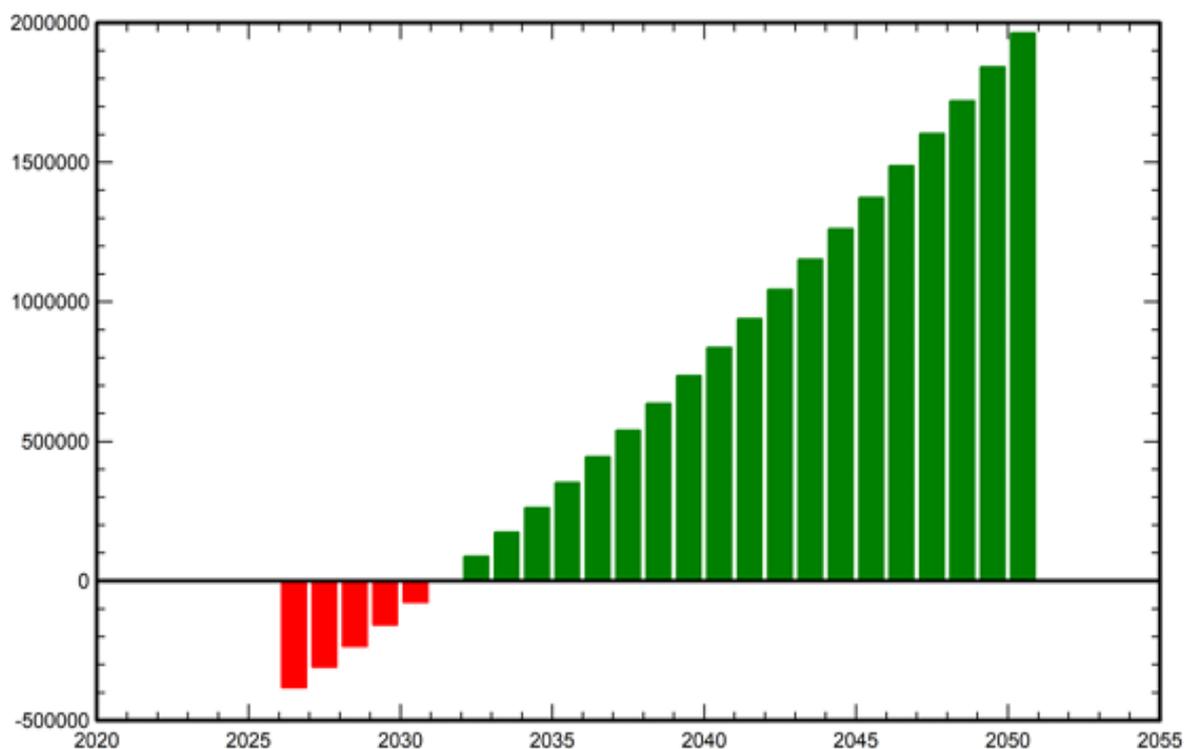
VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

## Análisis financiero

Beneficio neto anual (EUR)



Flujo de caja acumulativo (EUR)





**PVsyst V7.2.8**

VC5, Fecha de simulación:  
17/05/25 18:05  
con v7.2.8

**Balance de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Total: 4517.2 tCO<sub>2</sub>

**Emisiones generadas**

Total: 1101.85 tCO<sub>2</sub>

Fuente: Cálculo detallado de la siguiente tabla:

**Emisiones reemplazadas**

Total: 6322.6 tCO<sub>2</sub>

Sistema de producción: 881.20 MWh/año

Emisiones del ciclo de vida de la red: 287 gCO<sub>2</sub>/kWh

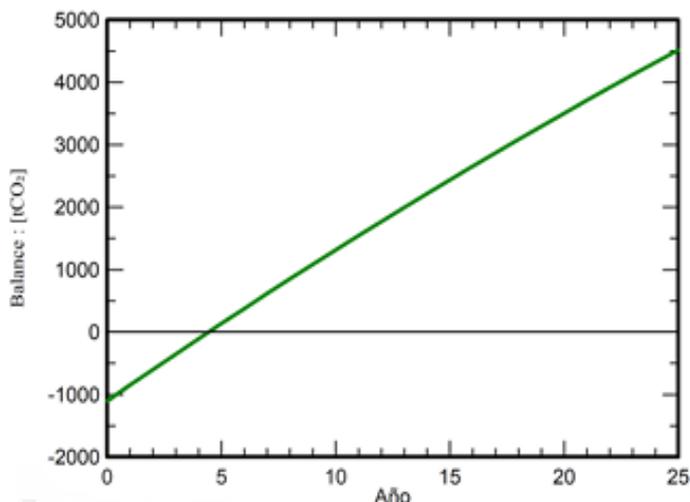
Fuente: Lista IEA

País: Spain

Toda la vida: 25 años

Degradación anual: 1.0 %

**Emisión de CO<sub>2</sub> ahorrada vs tiempo**



**Detalles de emisiones del ciclo de vida del sistema**

Artículo	LCE	Cantidad	Subtotal
			[kgCO <sub>2</sub> ]
Módulos	1683 kgCO <sub>2</sub> /kWp	641 kWp	1079733
Soportes	1.91 kgCO <sub>2</sub> /kg	11060 kg	21172
Inversores	190 kgCO <sub>2</sub> /unidades	5.00 unidades	948

#### Anexo 4. Plan de mantenimiento

El mantenimiento es un punto clave en plantas fotovoltaicas, es necesario para garantizar el rendimiento, durabilidad, seguridad y rentabilidad de la instalación.

Podemos diferenciar tres tipos de mantenimiento:

**Preventivo:** Se trata de un conjunto de tareas cuyo objetivo es mantener las instalaciones en producción anticipándose a posibles averías. Necesita una planificación y se va retroalimentando con la experiencia.

**Predictivo:** Consiste en predecir cuando empiezan a fallar los equipos, se busca relacionar algunas variables con el estado de los equipos. Requiere de un buen conocimiento de los equipos y herramientas especializadas en muchos casos.

**Correctivo:** Es el método más tradicional, es un tipo de mantenimiento reactivo. Se basa en arreglar las averías conforme surgen. No requiere planificación, pero necesita de disponibilidad por parte de los técnicos para minimizar las paradas de producción.

La idea principal del plan de mantenimiento es combinar mantenimientos predictivos y preventivos para minimizar los correctivos.

Los mantenimientos predictivos principalmente se realizarán a través de la monitorización de la instalación que nos ofrece los datos eléctricos de la planta en tiempo real. El anticiparnos a problemas potenciales nos permitirá planificar mejor los mantenimientos preventivos para optimizar los recursos y evitar averías que provoquen gastos mayores.

Algunos de los problemas más habituales en instalaciones fotovoltaicas son:

Pérdidas de producción debido a la suciedad acumulada en los módulos o puntos calientes.

Fallos en el inversor por sobrecalentamiento debido a la obstrucción de los ventiladores o acumulación de suciedad.

Desgaste del cableado y conexiones debido principalmente a la corrosión o malas conexiones que pueden llegar a provocar incendios.

Problemas en la estructura de montaje por tornillería floja o corrosión.

Por todo ello se ha elaborado un calendario con las tareas necesarias para garantizar el funcionamiento óptimo de la instalación durante su vida útil.



## Anexo 5. Fichas técnicas

En este anexo se proporcionan las fichas técnicas de los principales equipos de la instalación, siendo estos:

- Módulo fotovoltaico
- Inversor fotovoltaico
- Módulo ESS
- Estructura de fijación
- Registrador de datos
- Medidor de energía



Harvest the Sunshine

JA SOLAR

595W



# JAM66D42 MB

n-type Double Glass Bifacial Modules

## Premium Cells

n-  
Bycium+  
16BB

MBB Half-Cell  
Technology

26%

Up To

Cell Conversion  
Efficiency

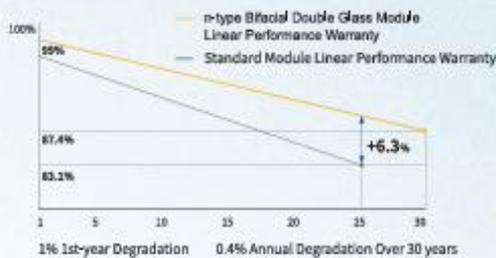
## Premium Modules

Higher power  
generation better LCOE

LID n-type with very  
Lower LID

Better Temperature  
Coefficient

Better low irradiance  
response



12-year product  
warranty

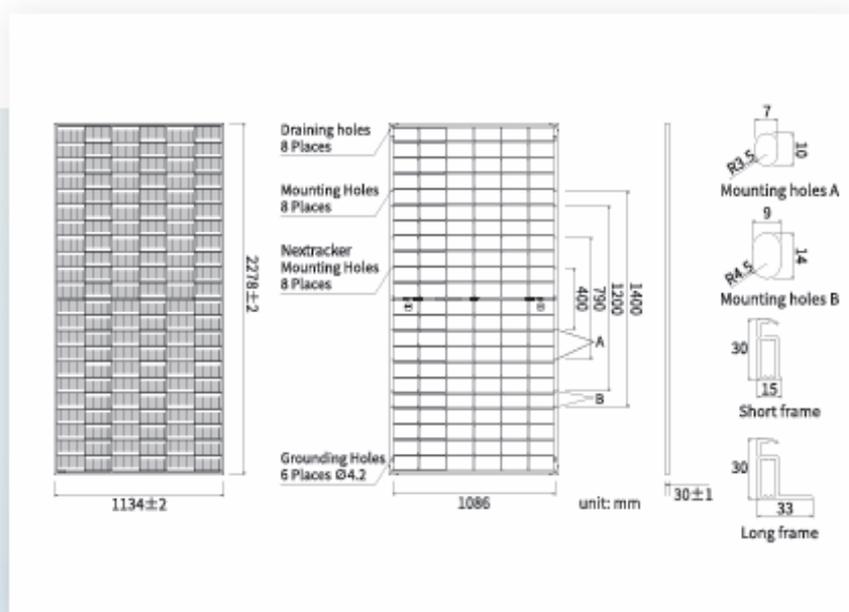
30-year linear power  
output warranty

## Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing



DEEP BLUE 4.0 Pro



### MECHANICAL PARAMETERS

Cell	Mono
Weight	31.8kg
Dimensions	2278±2mm × 1134±2mm × 30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3个diodes
Connector	QC 4.10-351/ MC4-EVO2A
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-) Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Front Glass/Back Glass	2.0mm/2.0mm
Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 720pcs/40HQ Container

Remark: customized frame color and cable length available upon request

### ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM66D42 570/MB	JAM66D42 575/MB	JAM66D42 580/MB	JAM66D42 585/MB	JAM66D42 590/MB	JAM66D42 595/MB
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	570	575	580	585	590	595
Open Circuit Voltage (Voc) [V]	47.78	47.98	48.18	48.38	48.58	48.78
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	40.00	40.21	40.42	40.63	40.84	41.03
Short Circuit Current(Isc) [A]	15.11	15.16	15.21	15.26	15.31	15.36
Maximum Power Current(Imp) [A]	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50
Module Efficiency [%]	22.1	22.3	22.5	22.6	22.8	23.0
Power Tolerance	0~+3%					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.046%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.260%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.290%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

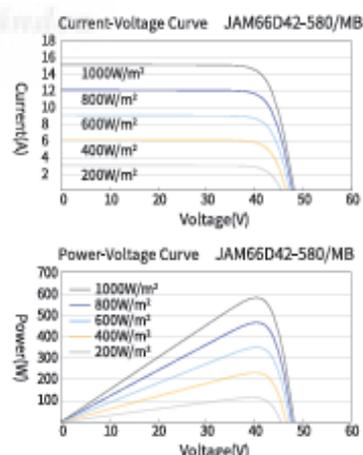
### ELECTRICAL CHARACTERISTICS WITH 10% SOLAR IRRADIATION RATIO

TYPE	JAM66D42 570/MB	JAM66D42 575/MB	JAM66D42 580/MB	JAM66D42 585/MB	JAM66D42 590/MB	JAM66D42 595/MB
Rated Max Power(Pmax) [W]	616	621	626	632	637	643
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	47.78	47.98	48.18	48.38	48.58	48.78
Max Power Voltage(Vmp) [V]	40.00	40.21	40.42	40.63	40.84	41.03
Short Circuit Current(Isc) [A]	16.32	16.37	16.43	16.48	16.53	16.59
Max Power Current(Imp) [A]	15.39	15.44	15.50	15.55	15.61	15.66
Irradiation Ratio (rear/front)	10%					

\* For NexTracker installations, maximum static load please take compatibility approve letter between JA Solar and NexTracker for reference.

\*\* Bifaciality=Pmax, rear/Rated Pmax, front

### CHARACTERISTICS



### OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse Rating	30A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa(112 lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load, Back*	2400Pa(50 lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2°C
Bifaciality**	80%±10%
Fire Performance	UL Type 29

# SUN2000-100KTL-M2 Smart PV Controller



10 MPPT



98.8% (@480V)  
Máx. Eficiencia



Gestión a  
nivel de string



Diagnostico de  
Curvas I-V



Soporta  
MBUS



Soporta AFCI &  
Desconexión a nivel de string

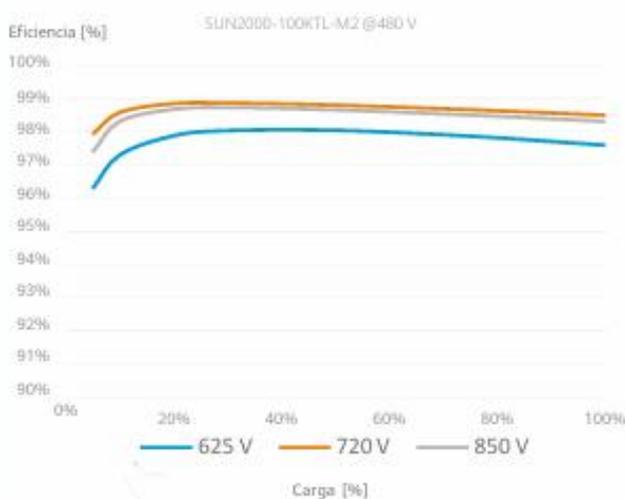


Descargador de  
sobretensiones  
en DC & AC

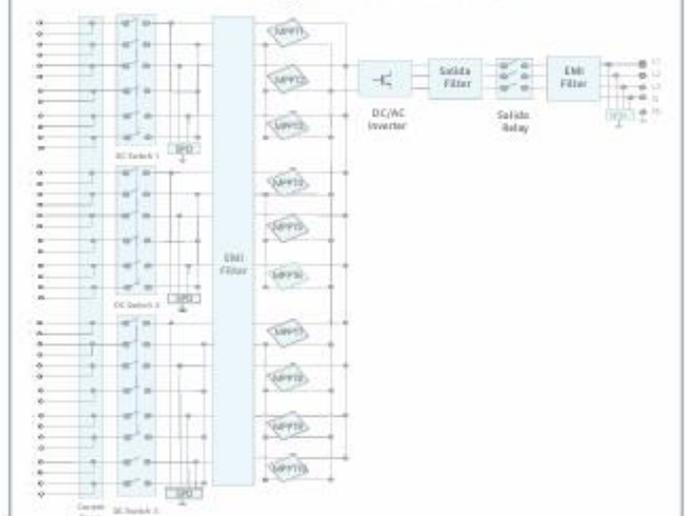


Protección  
IP66

## Curva de Eficiencia



## Diagrama de Circuito



# Especificaciones Técnicas

## Especificaciones Técnicas

SUN2000-100KTL-M2

### Eficiencia

Máxima eficiencia	98.6% @ 400 V, 98.8% @ 480 V
Eficiencia europea ponderada	98.4% @ 400 V, 98.6% @ 480 V

### Entrada

Máx. tensión de entrada <sup>1</sup>	1,100 V
Rango de tensión a potencia máx.	540V~800V
Intensidad de entrada máxima por MPPT	30 A
Intensidad de entrada máxima por string	20 A
Intensidad de cortocircuito máxima	40 A
Tensión de arranque	200 V
Rango de tensión de operación <sup>2</sup>	200 V ~ 1,000 V
Tensión nominal de entrada	600 V @ 400 Vac, 720 V @ 480 Vac
Número de MPPTs	10
Número de entradas por MPPT	2

### Salida

Potencia nominal activa de AC	100,000 W
Máx. potencia aparente de AC	110,000 VA
Máx. Pot. Activa de AC (cosφ=1)	110,000 W
Tensión nominal de salida	380 V/ 400 V/ 480 V, 3W+(N)+PE
Frecuencia nominal de red de AC	50 Hz / 60 Hz
Intensidad nominal de salida	144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V
Máx. intensidad de salida	160.4 A @ 400 V, 133.7 A @ 480 V
Factor de potencia ajustable	0.8 capacitivo ... 0.8 inductivo
Máx. distorsión armónica total	<3%

### Protection

Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobreintensidad de AC	Sí
Protección contra polaridad inversa DC	Sí
Monitorización de fallos a nivel de string	Sí
Descargador de sobretensiones de DC	Tipo II
Descargador de sobretensiones de AC	Tipo II
Detección de resistencia de aislamiento DC	Sí
Monitorización de corriente residual	Sí
Protección ante fallo por arco eléctrico	Sí
Desconexión a nivel de string	Sí

### Comunicaciones

Pantalla	Indicadores LED; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Sí
USB	Sí
Smart Dongle-4G	Smart Dongle - 4G / WLAN (Opcional)
Monitorización BUS (MBUS)	Sí (Transformador de aislamiento requerido)

### Datos Generales

Dimensiones (A x A x P)	1,035 x 700 x 365 mm
Peso (soporte incluido)	≤93 kg
Rango de Temperatura en operación	-25°C ~ 60°C
Método de refrigeración	Sistema Inteligente de Refrigeración Forzada
Máx. Altitud en operación	4,000 m
Humedad relativa	0 ~ 100%
Conector de DC	Amphenol Helios H4
Conector de AC	Conector resistente al agua + Terminal OT/DT
Grado de Protección	IP66
Tipología	Sin transformador
Consumo de energía durante la noche	< 3.5 W

Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)

Certificados	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Estándares de conexión a red eléctrica	VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

\*1 El voltaje de entrada máximo es el límite superior del voltaje de DC. Cualquier voltaje DC de entrada más alto probablemente dañaría el inversor.

\*2 Cualquier voltaje de entrada de DC más allá del rango de voltaje de funcionamiento puede provocar un funcionamiento incorrecto del inversor

# LUNA2000 - 200/161/129KWH-2H1

## LUNA2000 - 97KWH-1H1

### Smart String ESS



More Energy



Simple O&M



Safe & Reliable

Energy Storage System Parameters

Model Type	LUNA2000-200KWH-2H1	LUNA2000-161KWH-2H1	LUNA2000-129KWH-2H1	LUNA2000 - 97KWH-1H1
Battery Configuration	12S1P	10S1P	8S1P	6S1P
Maximum battery capacity of the energy storage system	193.5kWh	161.3kWh	129.0kWh	96.8kWh
Max. Charging Power	≤100 kW			
Max. Discharging Power	≤100 kW	≤100 kW	≤100 kW	≤92 kW
Dimensions (W x H x D), including Smart Rack Controller and Smart PCS	1810mm×2135mm×1200mm			
Dimensions (W x H x D)	2570mm x 2135mm x 1200mm			
Weight (including the battery module)	≤2950kg	≤2690kg	≤2430kg	≤2170kg
Weight (without the battery module)	≤1070kg	≤1070kg	≤1090kg	≤1130kg
Operating temperature range	-30 °C ~ 55 °C			
Storage temperature range	-40 °C ~ 60 °C			
Operating humidity range	0 ~ 100% (non-condensing)			
Maximum operating altitude	4,000 m			
Installation Environment Requirement	Outdoor installation			
Battery temperature control mode	Industrial-grade air conditioner			
Fire suppression of energy storage system	YES			
Auxiliary Power Supply	220Vac, ≤4.2kW			
Communication port	Ethernet / SFP			
Communication protocol	Modbus TCP			
Protection degree	IP55			
EMC Protection Rating	ClassA			
DC Lightning Protection	Type II			
<b>Standards</b>				
Environment Certification Standards	RoHS6			
	GBT 36276-2018; IEC62619; UL9540A;UN38.3;			

# Battery Pack & Smart Rack Controller

## Smart String ESS



### Battery Pack

#### General

Model Type	LUNA2000-200KWH-2H1	LUNA2000 - 161/129KWH-2H1 LUNA2000 - 97KWH-1H1
Cell Material	LFP	
Nominal Capacity	16.13 kWh	
Supported Charge & Discharge Rate	≤0.5C	≤1C
Weight	≤ 140 kg	
Dimensions (W x H x D)	442 x 308 x 660 mm	

### Smart Rack Controller

#### Efficiency

Max. Efficiency	≥ 98.5%
-----------------	---------

#### Battery Side

Rated Voltage	691.2 V
Operating Voltage Range	40 V ~ 1,050 V
Min. Start Voltage	350 V

#### Bus Side

Max. DC Voltage	1,100 V
Rated Voltage	665 V
Rated Current	76.3 A

#### General

Dimensions (W x H x D)	600 x 820 x 270 mm
Weight	≤ 90 kg
Cooling Method	Smart Air Cooling
Protection Degree	IP66



# LUNA2000-100KTL-M1 Smart PCS



Surge Arresters for  
DC & AC



Modular Design



IP66 Protection

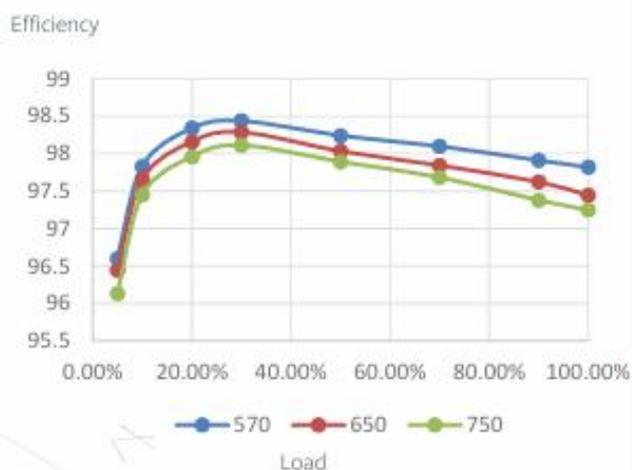


Ethernet  
Communication



Smart Grid  
Algorithm

### Efficiency Curve



### Circuit Diagram



LUNA2000-100KTL-M1

# LUNA2000-100KTL-M1

## Technical Specifications



Efficiency	
Max. Efficiency	98.4%
DC Side	
Rated DC Voltage	645 V
Max. DC Voltage	1,100 V
Operating DC Voltage Range	570 V ~ 1100 V
Max. DC Current	215.8 A
Max. Number of Inputs	1
AC Side	
Rated AC Active Power	100k W @40°C
Rated AC Voltage	380 Vac / 400 Vac / 440 Vac
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Max. AC Current	139.8 A (LUNA2000 - 97KWH-1H1) / 173.2 A (LUNA2000 - 129/161KWH-2H1)
Adjustable Power Factor Range	-1 ... +1
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Protection	Yes
DC Surge Protection	Type II
AC Surge Protection	Type II
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
Networking Mode	Ethernet, CAN
General	
Dimensions (W x H x D)	875 x 820 x 365 mm
Weight	< 95 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C ( Derating above 40°C )
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	OT/DT Terminal
AC Connector	OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless



# Typical System Configurations



Energy Volume kWh (Up to 3,870 kWh)	Recommended Combination of Models				
967.5					12 * 5p
935.3					12 * 4p + 10
903.0					12 * 4p + 8
870.8					12 * 4p + 6
838.5					12 * 3p + 8 * 2p
806.3					12 * 3p + 8 + 6
774.0				12 * 4p	6 * 8p
741.8				12 * 3p + 10	
709.5				12 * 3p + 8	
677.3				12 * 3p + 6	
645.0				12 * 2p + 8 * 2p	
612.8				12 * 2p + 8 + 6	
580.5			12 * 3p	6 * 6p	
548.3			12 * 2p + 10		
516.0			12 * 2p + 8		
483.8			12 * 2p + 6		
451.5			12 + 8 * 2p		
419.3			12 + 8 + 6		
387.0		12 * 2p	6 * 4p		
354.8		12 + 10			
322.5		12 + 8			
290.3		12 + 6			
258.0		8 * 2p			
225.8		8 + 6			
193.5	12	6 * 2p			
161.3	10				
129.0	8				
96.8	6				
Power (Up to 2000kW)	100 kW	200 kW	300 kW	400 kW	500 kW
Smart String ESS (Up to 20x)	1x	2x	3x	4x	5x

## Note

1. The four capacity models can be used together. A maximum of 20 ESSs can be connected in parallel. This table only demonstrates the scenario where 5 or less ESSs are connected in parallel.
2. When different capacity models are used together, the system's C rate is subject to the model with the lowest C rate. For example, if LUNA2000-97KWH-1H1, LUNA2000-129KWH-2H1, LUNA2000-161KWH-2H1, and LUNA2000-200KWH-2H1 are connected in parallel, the system's C rate is  $\leq 0.5C$ .
3. 6, 8, 10 and 12 refer to the number of battery packs contained in different models, that is, LUNA2000-97KWH-1H1, LUNA2000-129KWH-2H1, LUNA2000-161KWH-2H1, LUNA2000-200KWH-2H1.

# Ficha técnica

## Soporte inclinado para terreno para 2 filas de módulos. Hincado

# 35V



Perfil compatible G2

- Soporte inclinado de 2 filas de módulos para terreno.
- Anclaje hincado.
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Inclinación estándar 30°.
- Inclinaciones disponibles bajo pedido: 10°-15°-20°-25°-35°
- Altura libre en punto más desfavorable 500 mm.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Kits disponibles de 4 hasta 12 módulos.
- Hincas incluidas solo en los kits.

**Viento:** Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)

**Materiales:** Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6  
Tornillería de acero inoxidable A2-70  
Hinca de acero S275 galvanizado en caliente por inmersión.

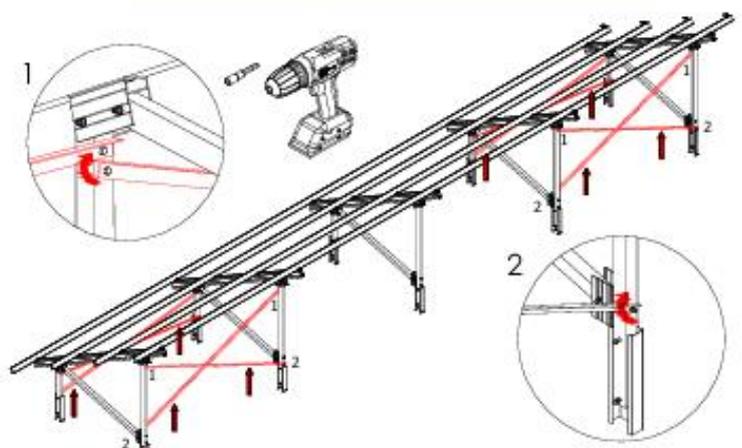
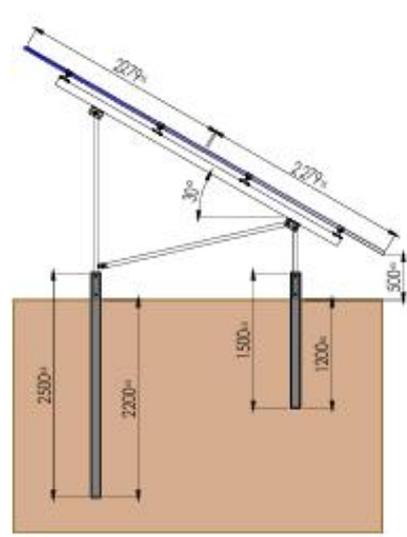
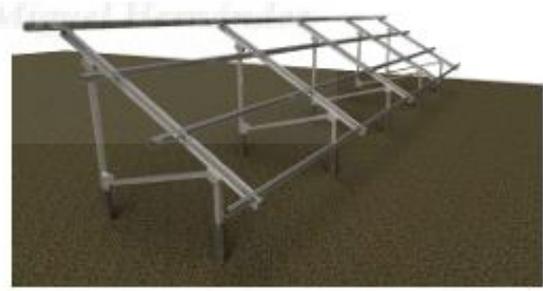
Comprobar el buen estado y la capacidad portante del terreno antes de cualquier instalación.

Se recomienda realizar un estudio geotécnico del terreno

Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema Kit

2279x1150 

 Carga de nieve: 40 kg/m²



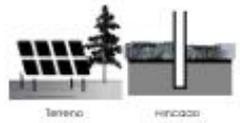
**Par de apriete:**

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Herramientas necesarias:



Seguridad:



Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

# Velocidades de viento

Soporte inclinado para terreno para 2 filas de módulos. Hincado

# 35V

Sistema kit



- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 3 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ACERO" EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento

Tamaño del módulo	4	6	8	10	12	nº de módulos
2279x1150	150	150	110	150	130	Velocidad de viento km/h

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados y utilizar el lastre indicado por el fabricante para cada situación.

Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje. Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.



## Inteligente

Diseño de control de exportación inteligente cero



## Seguro

Fácil de instalar en el sitio



## Fiable

Protección contra sobretensiones

Especificaciones técnicas	SmartLogger3000A03EU	SmartLogger3000A01EU
<b>Gestión de dispositivos</b>		
Max. Número de dispositivos manejables	80	
<b>Interfaz de comunicación</b>		
WAN	WAN x 1, 10 / 100 / 1000 Mbps	
LAN	LAN x 1, 10 / 100 / 1000 Mbps	
RS485	COM x 3, 1200 / 2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 115200 bps, 1000 m	
MBUS	MBUS x 1, 115.2 kbps, Compatible con PLC	No apoyo
2G / 3G / 4G <sup>1</sup>	LTE (FDD) : B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B20 DC-HSPA+/HSPA+/HSPA/UMTS : 850/900/1900/2100 MHz GSM/GPRS/EDGE: 850/900/1800/1900 MHz <sup>2</sup>	
Entrada / salida digital / analógica	DI x 4, DO x 2, AI x 4	
DO activo	12V, 100mA (conexión con relé, sensor)	
<b>Protocolo de comunicación</b>		
Ethernet	Modbus-TCP, IEC 60870-5-104	
RS485	Modbus-RTU, IEC 60870-5-103 (estándar), DL / T645	
<b>Interacción</b>		
LED	LED Indicator x 3 - RUN, ALM, 4G	
WEB	Web incrustada	
USB	USB 2.0 x 1	
APP	Comunicación por WLAN para la puesta en servicio	
<b>Ambiente</b>		
Rango de temperatura de operación	-40°C ~ 60°C	
Temperatura de almacenaje	-40°C ~ 70°C	
Humedad relativa (sin condensación)	5% ~ 95%	
Max. Altitud de operación	4,000 m	
<b>Alimentación</b>		
Fuente de alimentación de CA	100 V ~ 240 V, 50 Hz / 60 Hz	
Fuente de alimentación de CC	12 V / 24 V	
Consumo de energía	Típico 8 W, Max. 15 W	
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (W x H x D)	225 x 160 x 44 mm (sin orejas de montaje y antena)	
Peso	2 kg	
Grado de protección	IP20	
Opciones de instalación	Montaje en pared, montaje en riel DIN, montaje de mesa	

<sup>1</sup> Al poner dentro de la caja de metal, se necesitará antena extendida.

<sup>2</sup> Para recomendada lista y datos de portadores en frecuencias compatibles, póngase en contacto con los distribuidores locales.



**CYDESA**  
 Construcciones y Distribuciones Eléctricas, S.A.

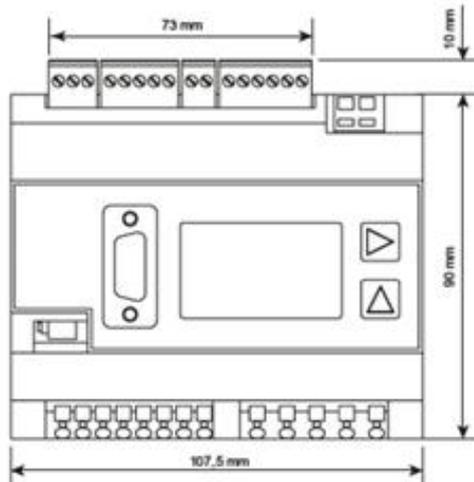
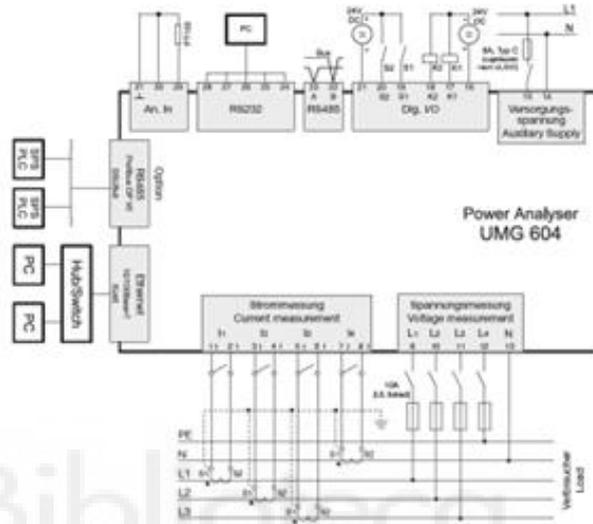
Expertos en energía reactiva y armónicos

Pol. Ind. Sant Antoni, Parcela 2, Nave A  
 08620 Sant Vicenç dels Horts (Barcelona)  
 España

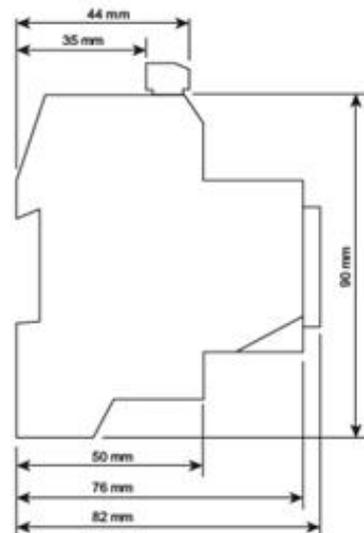
Tel.: (+34) 936 565 950  
 Fax: (+34) 936 769 745  
 E-mail: cydesa@cydesa.com



## UMG 604-PRO: ANALIZADOR DE ENERGÍA INTELIGENTE PARA MONTAJE EN CARRIL DIN.



Front view



Side view



**CYDESA**  
Construcciones y Distribuciones Eléctricas, S.A.  
Expertos en energía reactiva y armónicos  
Pol. Ind. Sant Antoni, Parcela 2, Nave A  
08620 Sant Vicenç dels Horts (Barcelona)  
España  
Tel.: (+34) 936 565 950  
Fax: (+34) 936 769 745  
E-mail: cydesa@cydesa.com



## Características

---

### Precisión

- Energía: Clase 0.5S (... / 5 A)
- Intensidad: 0.2 %
- Tensión: 0.2 %

### Calidad eléctrica

- Armónicos hasta el de orden 40
- Microcortes (> 20 ms)
- Transitorios (> 50  $\mu$  s)
- Corrientes de arranque (> 20 ms)
- Desequilibrio de fases
- Almacenado de forma de onda completa (Hasta 4 minutos)

### Memoria interna

- 128 MB

### Comunicación

- Profibus (DP/ V0)
- Modbus (RTU, UDP, TCP, Gateway)
- TCP/IP
- BACnet (opcional)
- HTTP (página web integrada)
- FTP (transferencia de archivos)
- SNMP
- TFTP
- NTP (sincronización de tiempo)
- SMTP (envío de correo electrónico)
- DHCP

### Interfaces

- Ethernet
- RS232
- RS485

### Tipo de red

- TN, TT, IT networks
- Redes de 3 fases y 3 fases + Neutro.
- Medida de hasta 4 líneas monofásicas.

### Entrada de temperatura

- PT100, PT1000, KTY83, KTY84

### Entradas/salidas digitales

- Salidas con lógica programable
- Acceso remoto vía Modbus / Profibus
- Programación de umbrales de disparo

### Lenguaje de programación

- Jasic® / Hernández
- Función autómata programable

### Webserver integrado

- Acceso a los datos a tiempo real e históricos desde explorador web.
- Visualización de tipo tabla de valores y gráfica.
- Permite instalación de Apps
  - Watchdog EN50160
  - Watchdog IEC61000-2-4
  - Alarmas por e-mail
  - Push Server: Envío directo de datos a servidor externo.

### **Marco Regulatorio:**

#### Normativa estatal:

- Ley 24/2013 del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 2002 e ITC, sus Guías Técnicas de aplicación y anexos.
- Real Decreto 337/2014 Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- UNE-HD 60364-5-52 Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.
- UNE-HD 60364-7-712 Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (FV).
- Código Técnico de la Edificación. Documento básico SE-AE.
- Real Decreto 396/2006 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- Real Decreto 1627/1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red (IDAE).
- Guía profesional de tramitación del autoconsumo (IDAE).
- Guía técnica condiciones climáticas exteriores de proyecto (IDAE).

#### Normativa autonómica:

- Decreto ley 14/2020 de la Generalitat Valenciana medidas para acelerar la implantación de instalaciones para el aprovechamiento de las energías renovables por la emergencia climática y la necesidad de la urgente reactivación económica.

#### Normativa municipal:

- Plan general de normativa urbanística de Elche.

### Otras fuentes:

- Material y apuntes adquiridos durante los estudios cursados.
- LG Bifacial design guide  
[https://www.lg.com/global/business/download/resources/solar/Bifacial\\_design\\_guide\\_Full\\_ver.pdf](https://www.lg.com/global/business/download/resources/solar/Bifacial_design_guide_Full_ver.pdf)
- Wikipedia
- IRENA The power to change: Solar and wind cost reduction potential to 2025  
<https://www.irena.org/publications/2016/Jun/The-Power-to-Change-Solar-and-Wind-Cost-Reduction-Potential-to-2025#:~:text=With%20the%20right%20policies%20in%20place%2C%20the%20cost,report%20from%20the%20International%20Renewable%20Energy%20Agency%20%28IRENA%29.>
- OMIE Evolución del mercado de electricidad  
<https://www.omie.es/sites/default/files/2025-02/informe-anual-es.pdf>
- Fichas técnicas y manuales de Huawei solar <https://solar.huawei.com/es/>
- Catálogo 2025 Sunfer energy <https://sunferenergy.com/catalogo/>



# PLANOS

## ÍNDICE PLANOS

1. Implantación.....	130
2. Detalle estructura.....	131
3. Strings.....	132
4. Canalizaciones .....	133
5. Detalle zanja .....	134
6. Esquema unifilar.....	135



Nº DE FILAS\_14

1ª\_60

2ª\_68

3ª\_68

4ª\_68

5ª\_64

6ª\_60

7ª\_60

8ª\_68

9ª\_120

10ª\_48

11ª\_48

12ª\_48

13ª\_34

6ª 14ª\_34

Nº TOTAL\_848

7ª

8ª

9ª

10ª

11ª

12ª

13ª

14ª

ESS

ESS

1ª

2ª

3ª

4ª

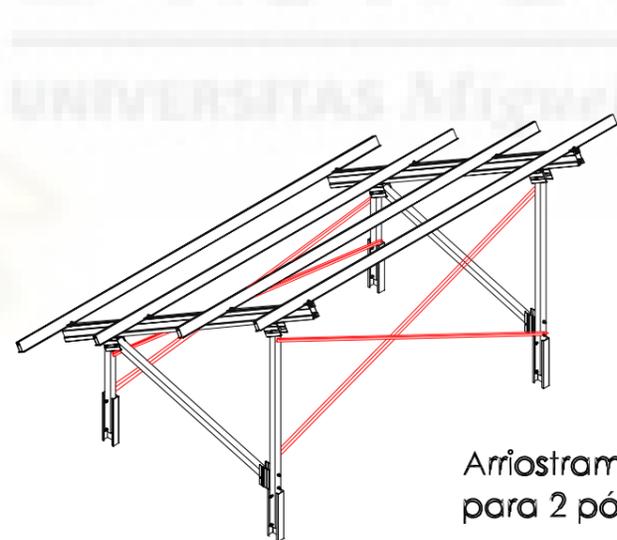
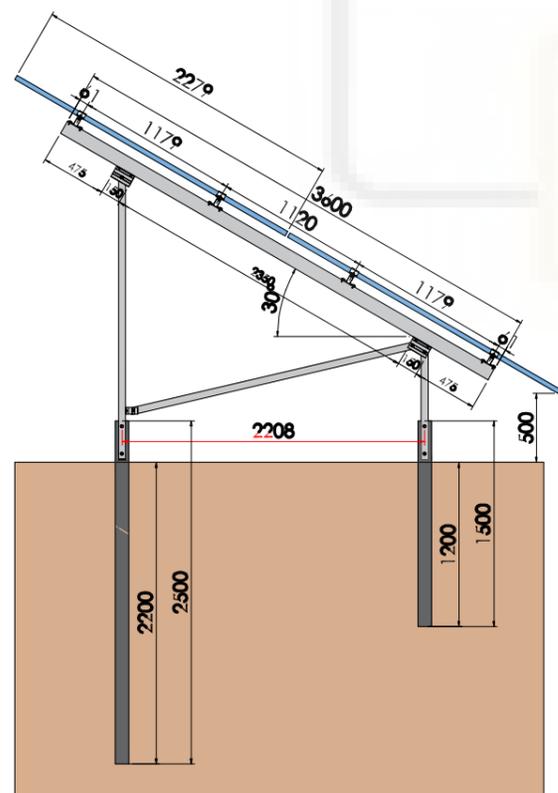
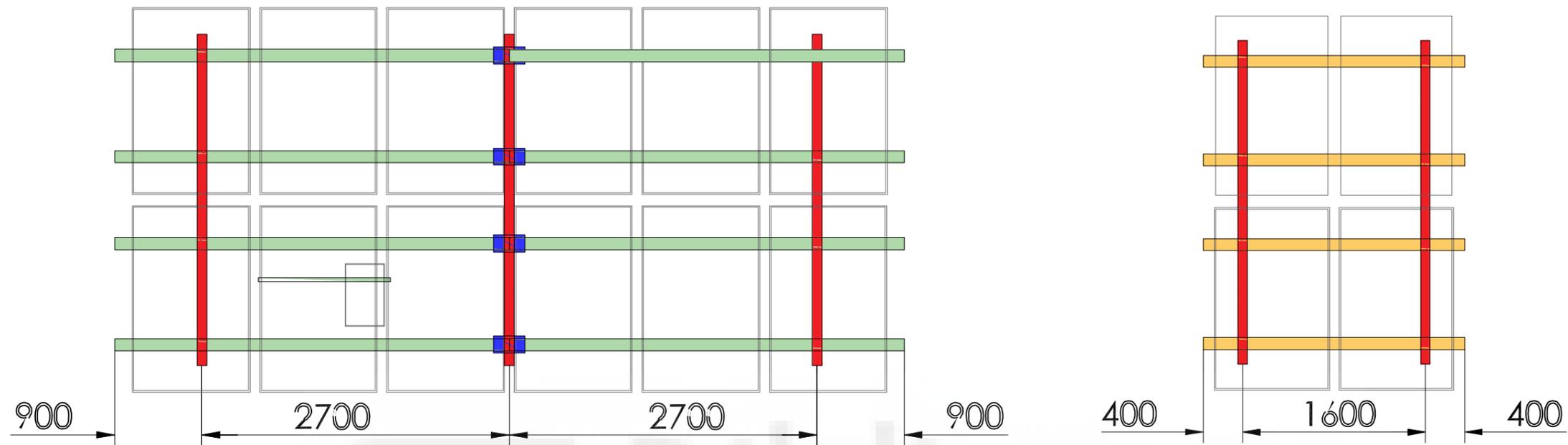
5ª

6ª

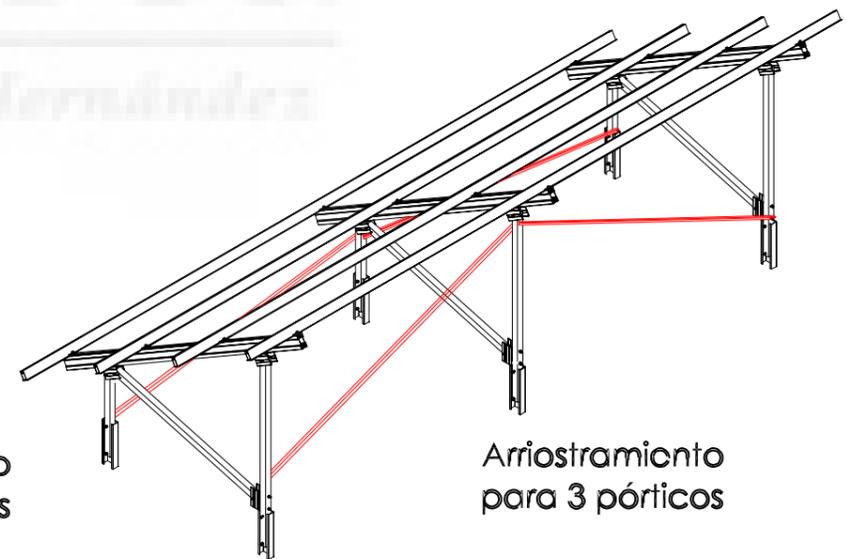
Biblioteca  
UNIVERSITAS Miguel Hernández



PROYECTO :	Instalación FV 492 kWp 400 kWh		CONTENIDO:	Implantación módulos FV	
AUTOR :	Luis Ros Agulló		ESCALA:	1:500	ESCALA GRAFICA 0 1 5 10 20
UBICACION :	Polígono 109 Parcela 49 PERLETA. ELCHE/ELX [ALICANTE].		FECHA:	13/05/2025	ACOTACIONES: EN MTS
			REVISADO:	Juan Carlos Brotons Sánchez	
			PLANO #	01	DE 06



Arriostramiento para 2 pórticos

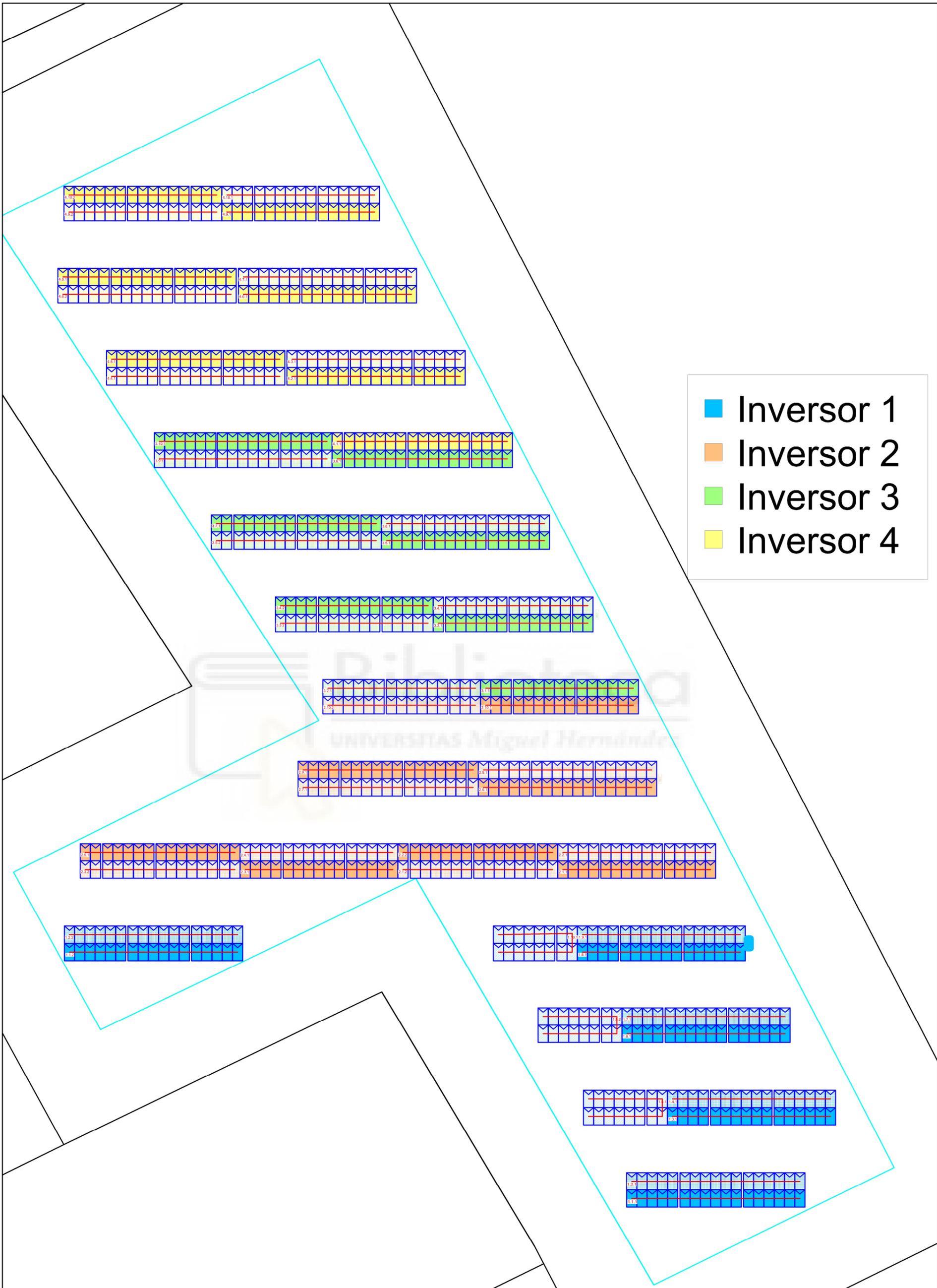


Arriostramiento para 3 pórticos



PROYECTO :  
**Instalación FV 492 kWp 400 kWh**  
 AUTOR :  
**Luis Ros Agulló**  
 UBICACION :  
 Polígono 109 Parcela 49 PERLETA.  
 ELCHE/ELX [ALICANTE].

CONTENIDO: <b>Detalle estructura</b>	
ESCALA SE	ESCALA GRAFICA
FECHA: 12/05/2025	ACOTACIONES: milímetros
REVISADO: Juan Carlos Brotons Sánchez	
PLANO #	<b>02</b> DE <b>06</b>

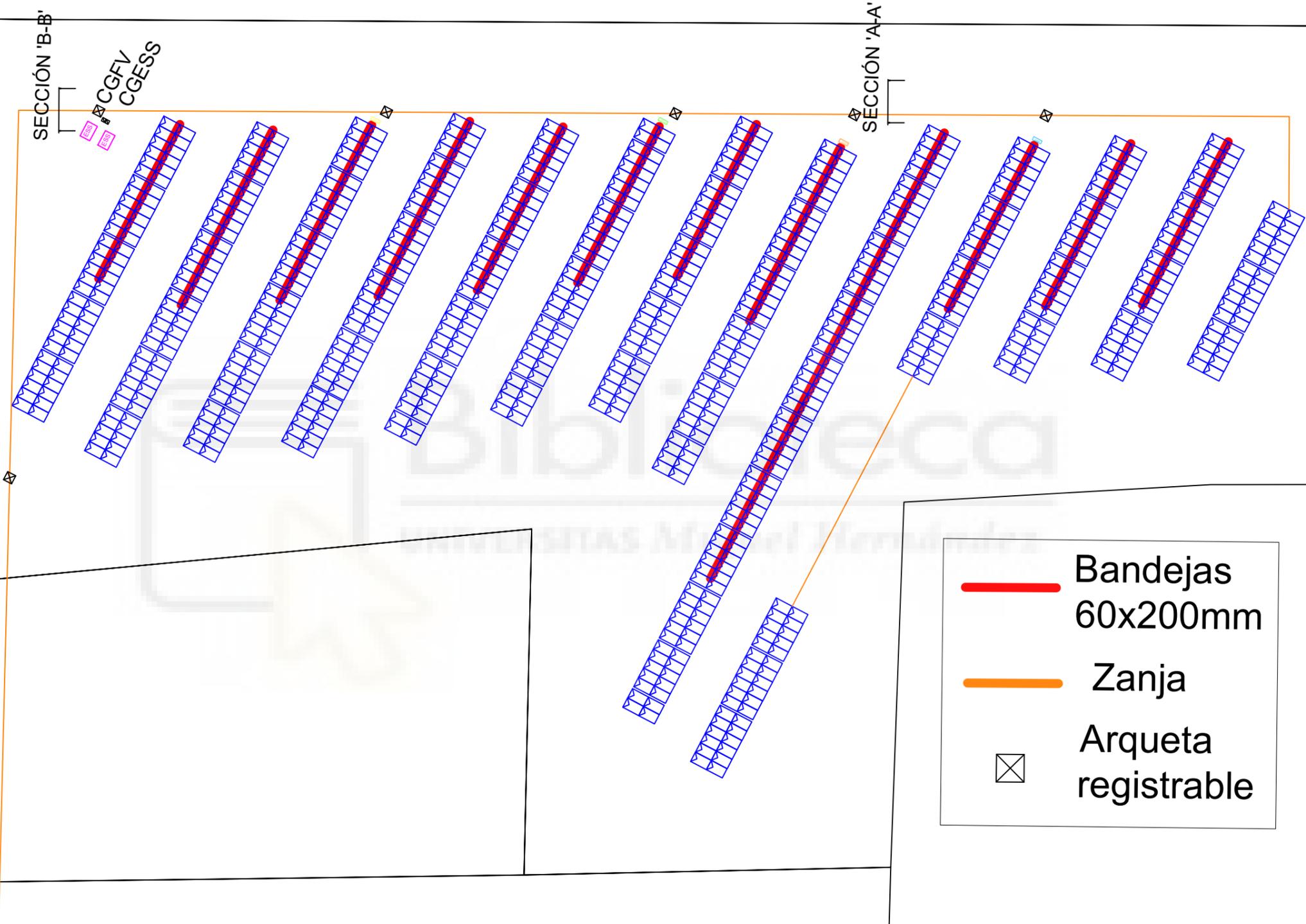


- Inversor 1
- Inversor 2
- Inversor 3
- Inversor 4



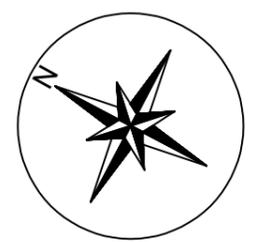
PROYECTO :  
 Instalación FV 492 kWp 400 kWh  
 AUTOR :  
 Luis Ros Agulló  
 UBICACION :  
 Polígono 109 Parcela 49 PERLETA.  
 ELCHE/ELX [ALICANTE].

CONTENIDO: <b>Strings</b>	
ESCALA <b>1:400</b>	ESCALA GRÁFICA 0 1 5 10 20
FECHA : <b>13/05/2025</b>	ACOTACIONES : EN MTS
REVISADO : <b>Juan Carlos Brotons Sánchez</b>	
PLANO # <b>03</b>	DE <b>06</b>



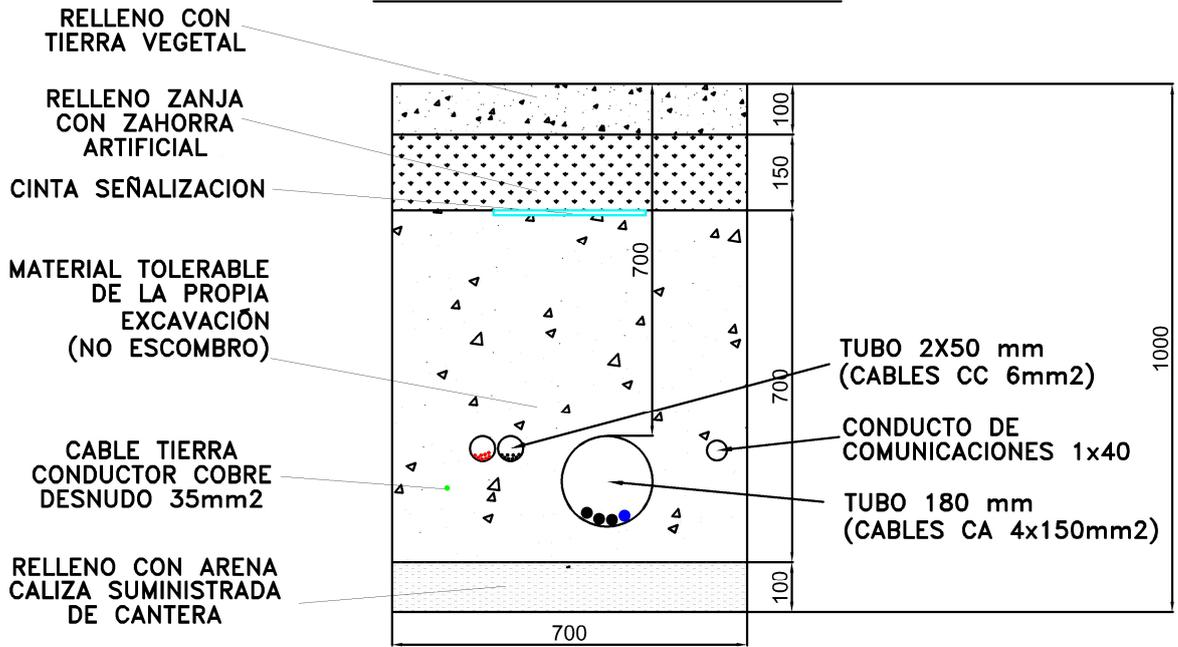
 **Bandejas**  
**60x200mm**  
 **Zanja**  
 **Arqueta**  
**registrable**

CGBT

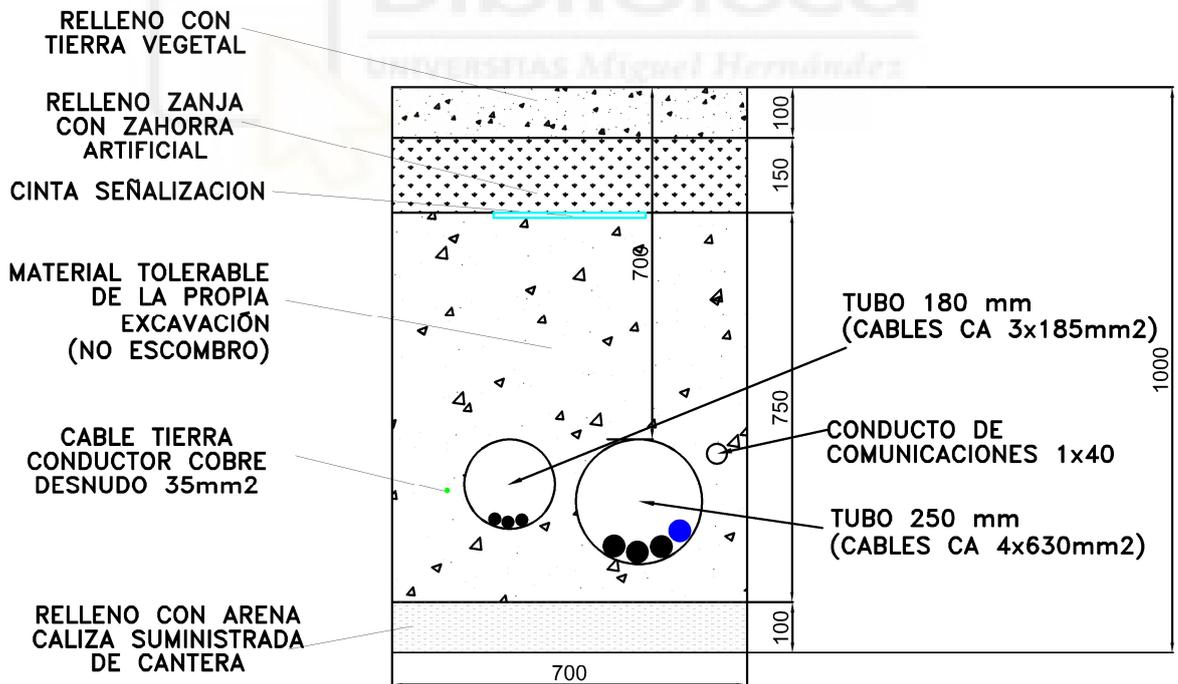


<b>PROYECTO :</b> Instalación FV 492 kWp 400 kWh		<b>CONTENIDO:</b> Zanjas y canalizaciones	
<b>AUTOR :</b> Luis Ros Agulló		<b>ESCALA</b> 1:500	<b>ESCALA GRÁFICA</b> 
<b>UBICACION :</b> Polígono 109 Parcela 49 PERLETA. ELCHE/ELX [ALICANTE].		<b>FECHA :</b> 13/05/2025	<b>ACOTACIONES:</b> EN MTS
		<b>REVISADO :</b> Juan Carlos Brotons Sánchez	
		<b>PLANO #</b> 04 DE 06	

# SECCIÓN 'A-A'



# SECCIÓN 'B-B'



PROYECTO :

Instalación FV 492 kWp 400 kWh

AUTOR :

Luis Ros Agulló

UBICACION :

Polígono 109 Parcela 49 PERLETA.  
ELCHE/ELX [ALICANTE]

CONTENIDO:

Detalle zanjas

ESCALA

1/15

ESCALA GRAFICA

0 5 10 20

FECHA:

13/05/2025

ACOTACIONES:

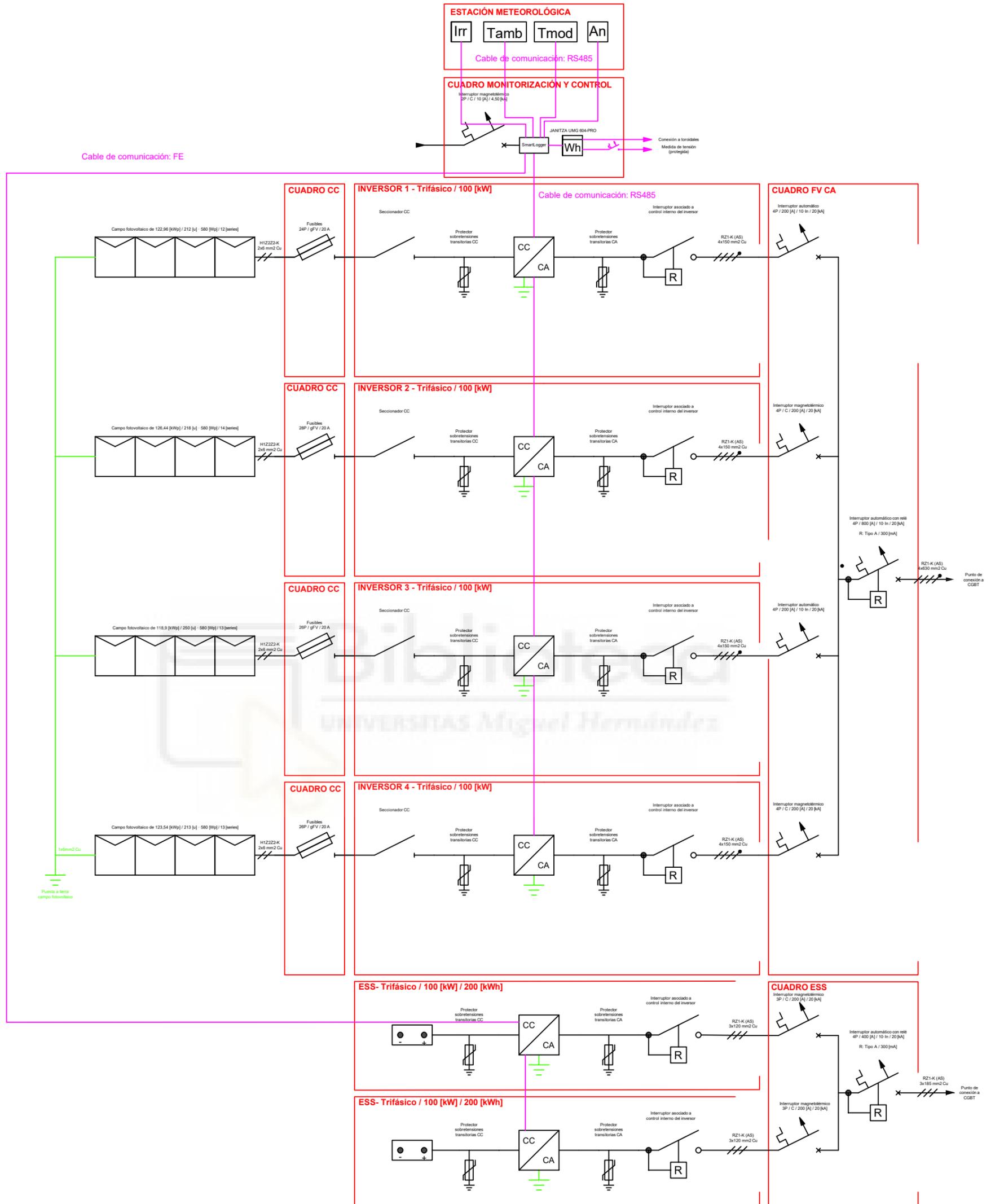
EN MM

REVISADO:

Juan Carlos Brotons Sánchez

PLANO #

05 DE 06



PROYECTO :	Instalación FV 492 kWp 400 kWh		CONTENIDO:	Esquema unifilar	
AUTOR :	Luis Ros Agulló		ESCALA	SE	ESCALA GRAFICA
UBICACION :	Polígono 109 Parcela 49 PERLETA. ELCHE/ELX [ALICANTE]		FECHA :	13/05/2025	ACOTACIONES : EN MTS
			REVISADO :	Juan Carlos Brotons Sánchez	
			PLANO #	06	DE 06

# PLIEGO DE CONDICIONES

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. GENERAL.....	139
1.1 Objeto .....	139
1.2 Materiales y maquinaria.....	139
1.3 Plazos .....	139
1.4 Sanciones.....	140
1.5 Mejoras.....	140
1.6 Trabajos defectuosos.....	140
1.7 Vicios ocultos.....	140
1.8 Recepción provisional .....	140
1.9. Medición definitiva.....	141
1.10. Plazo de garantía .....	141
1.11. Recepción definitiva .....	141
1.12. Dirección de obra .....	141
1.13. Obligaciones de la contrata .....	142
1.14. Obras ocultas.....	142
2. LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS .....	143
2.1. Objeto .....	143
2.2. Zanjas .....	143
2.2.1. Trazado .....	143
2.2.2. Apertura .....	143
2.2.3. Cierre .....	143
2.3. Canalización .....	144
2.4. Paralelismos.....	144
2.4.1. MT .....	144
2.4.2. Telecomunicaciones .....	144
2.4.3. Agua.....	144
2.4.4. Alcantarillado .....	145
2.4.5. Depósitos de carburante .....	145
2.5. Cruzamientos.....	145
2.5.1. Baja Tensión.....	145

2.5.2. Media Tensión .....	145
2.5.3. Telecomunicaciones .....	145
2.5.4. Agua.....	145
2.5.5. Alcantarillado .....	146
2.5.6. Depósitos de carburantes .....	146
2.6. Cableado .....	146
2.6.1. Transporte .....	146
2.6.2. Tendido .....	147
2.6.3. Señalización .....	148
2.6.4. Identificación .....	148
2.7. Puesta a tierra .....	148
2.8. Materiales.....	148
3. EDIFICIOS .....	149
3.1. Objeto .....	149
3.2. Disposiciones generales .....	149
3.2.1. Seguridad en el trabajo .....	149
3.2.2. Condiciones facultativas legales.....	149
3.3. Condiciones de los materiales .....	150
3.4. Condiciones generales de ejecución de las obras.....	150
3.4.1. Excavaciones.....	150
3.4.2. Hormigonado.....	150
4. OBRA CIVIL.....	151
4.1. Objeto de pliego y descripción de las obras .....	151
4.2. Disposiciones técnicas .....	151
4.3. Zanjas y cimentaciones .....	151
4.3.1. Generalidades .....	151
4.3.2. Trazado .....	151
4.3.3. Ejecución .....	151
4.3.4. Entibación.....	152
4.3.5. Agotamiento.....	152
4.4. Demoliciones.....	152
4.5. Rellenos compactados .....	152
4.5.1. Ejecución .....	152

4.6. Materiales .....	152
4.6.1. Rellenos .....	153
4.6.3. Cementos .....	153
4.6.4. Agua.....	153
4.6.5. Áridos .....	153
4.6.6. Madera .....	153
4.6.7. Hierros y aceros.....	154
4.6.10. Bovedillas cerámicas .....	154
4.6.11. Viguetas prefabricadas .....	154
4.6.12. Cerrajería.....	154
4.6.14. Pavimentos .....	155
4.6.15. Pinturas.....	155
4.6.16. Canales de cables prefabricados .....	155
4.6.17. Tuberías de PVC.....	155
4.6.18. Otros materiales.....	155
4.7. Ejecución .....	155
4.7.1. Condiciones generales.....	155
4.7.2. Trabajos preliminares .....	156
4.7.3. Replanteo .....	156
4.7.4. Acceso a obras.....	156
4.7.5. Excavaciones.....	157
4.7.6. Rellenos de tierras.....	157
4.7.7. Hormigonado.....	158
4.7.8. Encofrados.....	159
5. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO .....	160
5.1. Descripción del suministro.....	160
5.2. Características técnicas .....	161
5.3. Estructura metálica .....	162
5.4. Aparellaje y equipos.....	162
5.5. Puesta a tierra .....	162
5.6. Prevención contra incendios.....	163
5.6.1. Medidas pasivas .....	163
5.6.2. Medidas activas.....	163

5.7. Seguridad .....	164
5.7.1. Medidas pasivas .....	164
5.7.2. Medidas activas.....	164
6. ENSAYOS.....	165
7. INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL CONTRATISTA.....	165
7.1. Documentación as-built.....	165
7.2. Registros de calidad .....	165
7.3. Garantías .....	166

## 1. GENERAL

### 1.1 Objeto

El objeto de este Pliego es la descripción general de los procedimientos a los que se han de ajustar las diversas unidades de la obra, para ejecución del Proyecto. Además, este Pliego se complementa con las especificaciones técnicas incluidas en la memoria descriptiva correspondiente a la instalación de los módulos fotovoltaicos, la estructura de fijación, los inversores de corriente, los módulos baterías y el cableado de la instalación.

### 1.2 Materiales y maquinaria

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de toda clase en los puntos que le parezca conveniente, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el contrato, que estén perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen, y sean empleados en obra conforme a lo determinado en el presente Pliego de Condiciones.

Como norma general el contratista estará obligado a presentar el Certificado de Garantía o Documento de Idoneidad Técnica de los diferentes materiales destinados a la ejecución de la obra. Estos documentos serán interpretados por el Jefe de Obra, pudiendo rechazar cualquier material o maquinaria que no reúna las condiciones exigidas, sin que el contratista pueda hacer reclamación alguna.

### 1.3 Plazos

El adjudicatario deberá dar comienzo a las obras dentro de los quince días siguientes a la fecha de la adjudicación definitiva a su favor, dando cuenta de oficio a la Dirección Técnica, del día que se propone inaugurar los trabajos, quien acusará recibo. Las obras deberán quedar total y absolutamente terminadas en el plazo que se fije en la adjudicación a contar desde igual fecha que en el caso anterior. No se considerará motivo de demora de las obras la posible falta de mano de obra o dificultades en la entrega de los materiales.

## 1.4 Sanciones

Su dentro del plazo previsto el Constructor no tuviese concluidas y puestas a disposición de utilización, excluyendo los casos de fuerza mayor, la propiedad oyendo el parecer de la Dirección Técnica, podrá reducir de las liquidaciones, fianzas o emolumentos de todas clases que tuviese en su poder las cantidades establecidas según las cláusulas de contrato privado entre propiedad y contrata.

## 1.5 Mejoras

Si por decisión de la Dirección Técnica se introdujesen mejoras, presupuestos adicionales o reformas, el Constructor queda obligado a ejecutarlas, con la baja correspondiente conseguida en el acto de la adjudicación, siempre que el aumento no sea superior al 10% del presupuesto de la obra.

## 1.6 Trabajos defectuosos

Es deber del contratista emplear los materiales que cumplan las condiciones generales exigidas en el Pliego de Condiciones Generales y realizar todos los trabajos contratados de acuerdo con dicho documento. Así pues, el contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos pueda existir, ya sea por mala ejecución o por la deficiente calidad materiales o maquinaria. Asimismo, será de su responsabilidad la correcta conservación de las diferentes partes de la obra, una vez ejecutadas, hasta su entrega. Dicho esto, si el director o su representante advierten de defectos en los trabajos efectuados en los materiales empleados, ya sea en el curso de ejecución de los trabajos o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo preceptuado y todo ello a expensas de la contrata. En el supuesto de que la reparación de la obra, de acuerdo con el proyecto, o su demolición, no fuese técnicamente posible, se devaluará económicamente las unidades en cuestión. En caso de reiteración en la ejecución de unidades defectuosas, o si estas son de gran importancia, la propiedad podrá optar, previo asesoramiento de la Dirección Facultativa, por la rescisión de contrato sin perjuicio de las penalizaciones que pudiera imponer a la contrata en concepto de indemnización.

## 1.7 Vicios ocultos

Si el director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que crea defectuosos. Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionan serán de cuenta del contratista, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario, correrán a cargo del propietario.

## 1.8 Recepción provisional

Una vez terminada la totalidad de las obras, se procederá a la recepción provisional. Se necesitará la asistencia de un representante de la propiedad, del director de las obras y del contratista o su representante. Del resultado de la recepción se extenderá un acta por

triplicado, firmada por los tres asistentes legales antes indicados. Si las obras están en un correcto estado y se han ejecutado de acuerdo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente. Desde ese momento empezará un período de garantía de un año. Si las obras no están en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán los defectos observados, así como las acciones a realizar necesarias para remediar los efectos observados. En ese momento se establecerá un periodo de subsanado, tras el cual se efectuará un nuevo reconocimiento. Si el contratista no hubiese cumplido, se considerará rescindida la contrata con pérdidas de fianza, a no ser que se estime conveniente se le conceda un nuevo e improrrogable plazo. Será condición indispensable para realizar la recepción provisional la entrega por parte de la totalidad de los planos de obra generales y de las instalaciones realmente ejecutadas, junto con los permisos de uso correspondientes.

### 1.9. Medición definitiva

Tras la recepción de las obras se procederá, por parte de la Dirección de obra a su medición general y definitiva. Para este procedimiento será necesaria la asistencia del contratista o un representante suyo.

### 1.10. Plazo de garantía

El plazo de garantía de las obras terminadas será el pactado por contrato entre la propiedad y el contratista. Tras el periodo de garantía, se realizará la recepción definitiva de las obras, momento en que toda la responsabilidad de conservación, reforma o reparación pasará a ser del propietario. Si se hallasen anomalías u obras defectuosas, la Dirección Técnica concederá un plazo prudencial para que sean subsanadas. Si el Constructor no hubiese cumplido su compromiso, se rescindiré el contrato, con pérdida de la fianza, ejecutando la propiedad las reformas necesarias con cargo a la citada fianza. Los gastos de conservación durante el plazo de garantía, comprendido entre la recepción parcial y la definitiva corren a cargo del contratista.

### 1.11. Recepción definitiva

Finalizado el plazo de garantía se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades de la provisional. Si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación, se darán por recibidas definitivamente y quedará el contratista relevado de toda responsabilidad administrativa quedando subsistente la responsabilidad civil según establece la Ley. En caso contrario, el contratista estará obligación a hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la obra haya sido recibida definitivamente.

### 1.12. Dirección de obra

Es función de la dirección de obra de interpretar técnicamente el proyecto y de dirigir y vigilar los trabajos que en las obras se realicen. Así pues, dispondrá de autoridad técnica legal completa sobre las personas y cosas situadas en la obra, así como sobre los que se lleven a cabo. El contratista solamente podrá recibir órdenes relativas a la ejecución de la obra, que provengan del director de obra o de las personas por él delegadas.

### 1.13. Obligaciones de la contrata

Toda la obra se ejecutará según el proyecto que sirve de base a la contrata, según este Pliego de Condiciones y según las órdenes e instrucciones que dicte el director. Será el director el que dictamine el orden de los trabajos y el que proponga un plazo prudencial para su realización. El contratista habilitará los caminos, vías de acceso, etc. así como una caseta en la obra donde se encuentren los documentos esenciales del proyecto. Del mismo modo, permanecerá en la obra un "libro de órdenes", donde la dirección dictará las órdenes y el jefe de obra firmará el "enterado". Si la dirección técnica observa que cualquier parte de la obra ejecutada no está de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones o con las instrucciones dadas durante su marcha, podrá ordenar su inmediata demolición o su sustitución hasta quedar, a su juicio, en las debidas condiciones. Si no, podrá aceptar la obra con la depreciación que estime oportuna, en su valoración. Del mismo modo, se obliga a la contrata a demoler aquellas partes en que se aprecie la existencia de vicios ocultos, aunque se hubieran recibido provisionalmente. Son obligaciones generales del contratista las siguientes:

- Verificar las operaciones de replanteo y nivelación.
- Firmar las actas de replanteo y recepciones.
- Presenciar las operaciones de medición y liquidaciones.
- Ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción de las obras, aunque no esté expresamente estipulado en este pliego.
- El contratista no podrá subcontratar sin autorización escrita de la dirección.
- El contratista no podrá, sin previo aviso, y sin consentimiento de la propiedad y dirección facultativa, ceder ni traspasar sus derechos y obligaciones a otra persona o entidad. Además de las anteriormente mencionadas, son responsabilidad del contratista:
  - Todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sucedan a los operarios, tanto en la construcción como en los andamios. Se atenderá a lo dispuesto en la legislación vigente sobre accidentes de trabajo.
  - El cumplimiento de las Ordenanzas y disposiciones Municipales en vigor. Y en general será responsable de la correcta ejecución de las obras que haya contratado, sin derecho a indemnización por el mayor precio que pudieran costarle los materiales o por erradas maniobras que realice.

### 1.14. Obras ocultas

Será necesario realizar planos detallados de las obras que queden ocultas al finalizar el proyecto, de este modo quedarán perfectamente definidas. Se considerarán indispensables para efectuar las mediciones. Dichos planos se extenderán por triplicado, entregándose uno a la propiedad, otro al director y el tercero al contratista.

## 2. LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS

### 2.1. Objeto

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas de BT

### 2.2. Zanjas

#### 2.2.1. Trazado

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud los viales y a las estructuras de los paneles fotovoltaicos. En caso pasar cerca de un edificio, el trazado se hará paralelo a la fachada principal. Antes de comenzar los trabajos, se marcará en el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas. El marcado será de anchura longitud y se describirá si es necesario realizar la contención del terreno. Posteriormente se procederá a la apertura de calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto. En lo que concierne a los cambios de dirección de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor.

#### 2.2.2. Apertura

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados. Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso. Cuando se realice la operación, se dejará un paso para la circulación del personal de obra de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, de este modo, además, se evitará la caída de tierras en la zanja. Durante la ejecución de los trabajos se dejarán pasos suficientes para vehículos y operarios a pie. Si deben abrirse las zanjas en terreno de poca consistencia se recurrirá al entibado en previsión de desmontes. Es necesario que el fondo de la zanja sea cual sea su profundidad, esté en terreno firme. De este modo se evitarán posibles corrimientos que sometan a los cables a esfuerzos de tracción. Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión. La separación entre dos bandas de cables será como mínimo de 25 cm. La separación entre dos cables multipolares o ternas de cables unipolares dentro de una misma banda será como mínimo de 25 cm. Si no fuera posible conseguir esta distancia se instalarán bajo tubo. La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

#### 2.2.3. Cierre

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación apisonada, debiendo realizarse los veinte primeros centímetros de forma manual, y para el resto deberá usarse apisonado mecánico. Se procurará que las primeras capas de tierra estén exentas de piedras o cascotes, evitando así posibles daños en el cableado. El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno. El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta

operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse. El restante de tierras que no se introduzcan en las zanjas, será transportado a vertedero o acumulado en una zona específica de la planta.

### 2.3. Canalización

Los cruces de vías públicas o privadas se realizarán con tubos ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.
- Deberá preverse para futuras ampliaciones uno o varios tubos de reserva dependiendo de la zona y situación del cruce, (en cada caso se fijará el número de tubos de reserva).
- En las salidas el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con yeso.
- Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.

### 2.4. Paralelismos

En todos los casos de este apartado, se considerarán los paralelismos de diferentes elementos con las líneas de BT.

#### 2.4.1. MT

En caso de paralelismos con líneas subterráneas de MT, debe respetarse una separación de 25 cm. Si no fuese posible conseguir esta distancia, se instalará una protección de ladrillo entre ambas líneas o bien se colocará una de ellas bajo tubo.

#### 2.4.2. Telecomunicaciones

En el caso de paralelismos entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí. Si ambos cableados, eléctricos y de telecomunicaciones están directamente enterrados, la mínima distancia será de 2 m. Dicha distancia se podrá reducir a 25 cm entre canalizaciones cuando el cableado se instale dentro de tubos o disponga de divisorias de materiales incombustibles de resistencia mecánica apropiada. Si el paralelismo se prolonga hasta los 500 m o más, uno de los dos cableados deberá disponer de una pantalla electromagnética.

#### Q2.4.3. Agua

Los paralelismos existentes entre cables eléctricos y conducciones de agua deben estar separadas con una distancia mínima en proyección horizontal de 0,50 m. Si no se pudiera conseguir esta distancia, se instalarán los cables dentro de tubos o divisorias de materiales incombustible de resistencia mecánica apropiada. En caso de nueva instalación, la distancia en proyección horizontal entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas colocadas paralelamente entre si no debe ser inferior a:

- 3 m en el caso de conducciones a presión máxima igual o superior a 25 atm.
- 1 m en el caso de conducciones a presión máxima inferior a 25 atm.

- 1 m en el caso en que el tramo de paralelismo sea inferior a 100 m.

#### 2.4.4. Alcantarillado

En los paralelismos de los cables con conducciones de alcantarillado, se mantendrá una distancia mínima de 0,50 m. Si no es posible conseguirse dicha distancia, se protegerán adecuadamente los cables y no se instalarán directamente enterrados.

#### 2.4.5. Depósitos de carburante

Debe existir una distancia de seguridad de mínimo 1,20m entre los cables eléctricos y los depósitos de carburante. Cabe destacar que, en este tipo de paralelismos, además de mantener una distancia de seguridad, se deberá proteger apropiadamente el cable eléctrico.

## 2.5. Cruzamientos

### 2.5.1. Baja Tensión

En el caso de cruzamientos entre dos líneas eléctricas subterráneas directamente enterradas la distancia mínima a respetar será de 0,25 m. En caso de no poder conseguir esta distancia, se separarán los cables de BT del resto por medio de tubos, conductos o divisorias de ladrillos tipo macizo.

### 2.5.2. Media Tensión

La distancia para respetar entre líneas subterráneas de MT es 25 cm. Si no fuese posible conseguir esta distancia, se separará el cruce mediante ladrillos de tipo macizo.

### 2.5.3. Telecomunicaciones

En el caso de cruzamiento entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterránea, el cable de energía deberá estar situado por debajo del cable de telecomunicación. La distancia mínima entre la parte externa de ambos cables no debe ser inferior a 25 cm. El cable eléctrico debe estar protegido por un tubo de hierro de 1 m de largo como mínimo y de tal forma que se garantice que los extremos exteriores de los cables, en las zonas protegidas, sea mayor que la mínima establecida en el caso de paralelismo. El tubo de hierro debe disponer de un tratamiento anticorrosivo, además, debe disponer de suficiente resistencia mecánica. El espesor no será inferior a 2 mm. Como norma se establecerá que no se efectuarán cruzamientos con conexiones del cable de telecomunicación, además, no se realizarán empalmes sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m.

### 2.5.4. Agua

El cruce entre el cableado de energía y las conducciones de agua enterradas no debe efectuarse sobre la proyección vertical de las uniones no soldadas de dicha conducción. Además, no debe existir ningún empalme sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m. La distancia mínima la parte externa del cableado de energía y la del conducto de agua no debe ser inferior a 0,25 m. Además, entre el cable y la conducción debe estar interpuesta una plancha metálica de 8 mm de espesor como mínimo u otra protección mecánica equivalente, de anchura igual al menos al diámetro de la

conducción y de todas formas no inferior a 0,50 m. Análoga medida de protección debe aplicarse en el caso de que no sea posible tener el punto de cruzamiento a distancia igual o superior a 1 m de un empalme del cable.

#### 2.5.5. Alcantarillado

Se procurará pasar los cables de MT y BT por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos) siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán con una protección de adecuada resistencia mecánica.

#### 2.5.6. Depósitos de carburantes

Se evitarán los cruzamientos sobre depósitos de carburantes. En todo caso se bordearán a una distancia de 1,20 m.

### 2.6. Cableado

#### 2.6.1. Transporte

El transporte de las bobinas de cableado se realizará en camión o remolque adaptado a dicho uso. Las bobinas se transportarán de pie, no tumbadas, es decir, sobre una de las tapas. En el caso de que se transporte más de una bobina, estas se dispondrán en línea, en contacto una y otra y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas. Las bobinas se colocarán sobre pallets especialmente diseñados para ellas, y su bloqueo se realizará mediante cuñas de madera que se colocarán en el perfil de cada tapa y por ambos lados se clavarán al piso de la plataforma para su inmovilidad. Estas cuñas nunca se pondrán sobre la parte central de las duelas, sino en los extremos, para que apoyen sobre los perfiles de las tapas. Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado. Los procesos de carga y descarga de las bobinas de cables se harán mediante una que pase por el orificio central de la bobina, nunca se dejará caer la bobina directamente al suelo desde el vehículo en que esté siendo transportada. Si no se dispusiese de elementos de suspensión, se procederá a instalar una rampa formada por tablones de madera o vigas, con una inclinación inferior a 14°. En la parte inferior de la rampa se acumulará arena a una altura de 20 cm, la cual actuará de freno. El proceso de desplazamiento de la bobina, mediante rodadura, tendrá que realizarse en el sentido indicado en el soporte de la bobina. De este modo se evitará que se afloje el cable enrollado. El desplazamiento deberá realizarse evitando que las bobinas circulen por superficie accidentadas, siempre que esto sea posible. En todas las maniobras se prestará especial atención a la integridad de las tapas sobre las que rueda la bobina al desplazarse. La rotura de estos elementos puede producir astillas que dañen el cableado. El proceso de almacenamiento de bobinas se hará en interior a ser posible. Se evitará la presencia de bobinas a la intemperie si el tiempo de almacenamiento se prevé prolongado, ya que pueden deteriorarse y presentar dificultades en el posterior transporte. Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenga, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

### 2.6.2. Tendido

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible el tendido en sentido descendente. La bobina de cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior. Para la realización del tendido del cableado se procederá a elevar la bobina, estando sujeta por gatos mecánicos y una barra metálica. La base de los gatos garantizará la estabilidad suficiente para la bobina durante su rotación. Se prestará especial atención a que el cable se desenrolle y sea puesto en la zanja con los menores daños posibles. Es decir, evitando que sufran torsión, que se hagan bucles, etc. Será necesario prestar especial atención a los giros del cableado, teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido. Una vez el cableado esté instalado, el radio de curvatura nunca será inferior a  $10(D+d)$ , siendo  $D$  el diámetro exterior del cable y  $d$  el diámetro del conductor. Los cables podrán ser tendidos a mano, o mediante cabestrantes, en este caso se tendrá que calcular el esfuerzo axial al que está sometido el cable mediante dinamómetros. Tras salir de la bobina, el cable circulará sobre rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable. Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento del cable sobre el mismo, con el fin de limitar el esfuerzo de tiro. Los rodillos estarán instalados sobre una base que les impida volcar, esta base podrá ir anclada o no al suelo. Por último, se recomendará que el rodillo tenga una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída. Los rodillos se distanciarán entre sí dependiendo de las características del cable, su peso y rigidez mecánica. En los cambios de dirección, será necesario disponer de rodillos que faciliten el deslizamiento y que eviten que el cableado se ciña al borde de la zanja. Como norma general se empleará un rodillo recto cada 5 m y tres rodillos de ángulo por cada cambio de dirección. Una vez el cableado esté tendido sobre el fondo de la zanja, no se permitirá desplazarlo lateralmente por medio de palancas u otros útiles, será necesario hacerlo a mano. Como norma general no se podrá desenrollar el cable fuera de la zanja, solamente se permitirá bajo vigilancia del director de obra. Para poder guiar el extremo del cable en caso de que se deban superar obstáculos o enhebrarlo, se procederá a colocar en dicho extremo una manga tiracables a la que se unirá una cuerda. Si se precisa tirar del cable, no se hará con más de cinco peones, ya que podrían ocasionar un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del cable produce en él deslizamientos y deformaciones. Si se necesita hacer un esfuerzo de tiro superior, se usarán cabezas de tiro estudiadas para ello. Para evitar que la bobina siga girando mientras se realiza el tendido, se la dotará de un freno, evitando así que se produzcan curvaturas peligrosas para el cable. No se permitirá realizar el tendido del cable si la temperatura ambiente es menor de cero grados ya que el aislamiento toma una rigidez superior a la recomendable. Como solución a esta problemática, el cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o mediante corrientes de aire caliente, tratamiento que obligará al giro de la corriente de aire para la homogenización de la temperatura del cable. Durante el transporte deberá utilizarse una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar en exceso. La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina de unos 12 cm en el fondo antes de proceder al tendido del cable. Las zanjas

se recorrerán con detenimiento, y se eliminará cualquier elemento que pueda dañar los cables en su tendido. Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado. En el caso de canalizaciones con cables unipolares, cada dos metros envolviendo las tres fases, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos. Nunca se pasarán dos circuitos, bien cables tripolares o bien cables unipolares, por un mismo tubo. Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto o, en su defecto, donde señale el director de obra. Una vez tendido el cable los tubos se taparán de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

### 2.6.3. Señalización

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la Recomendación UNESA 0205 colocada como mínimo a 0,20 m por encima del cable. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

### 2.6.4. Identificación

El cableado deberá estar identificado mediante marcas con el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características.

## 2.7. Puesta a tierra

Todas las pantallas de los cables deben ser puestas a tierra en los extremos de cada cable y en los empalmes, con objeto de disminuir la resistencia global a tierra. Si los cables son unipolares o las pantallas en MT están aisladas con una cubierta no metálica, la puesta a tierra puede ser realizada en un solo extremo, con tal de que en el otro extremo y en conexión con el empalme se adopten protecciones contra la tensión de contacto de las pantallas del cable. Cuando las tomas de tierra de pararrayos de edificios importantes se encuentren bajo la acera, próximas a cables eléctricos en que las envueltas no están conectadas en el interior de los edificios con la bajada del pararrayos conviene tomar alguna de las precauciones siguientes:

- Interconexión entre la bajada del pararrayos y las envueltas metálicas de los cables.
- Distancia mínima de 0,50 m entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables o bien interposición entre ellos de elementos aislantes.

## 2.8. Materiales

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de Obra. Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes. 2.9. Conductores Serán los que figuran en el Proyecto.

## 3. EDIFICIOS

### 3.1. Objeto

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de los edificios para los centros de transformación. Las características de los aparatos y equipos están definidas en la Memoria, por lo que en este Pliego sólo se definen los materiales no detallados en el citado documento.

### 3.2. Disposiciones generales

#### 3.2.1. Seguridad en el trabajo

Durante la ejecución de las obras se cumplirán las disposiciones de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Asimismo, se dispondrá de cuanto fuera preciso para el mantenimiento de máquinas, herramientas, material y útiles de trabajo en las debidas condiciones de seguridad. Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos con tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzados aislantes o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas. Los medios de protección personal (casco, gafas, guantes, cinturones, botas, etc) serán de empleo obligatorio, siempre que se precise eliminar o reducir los riesgos profesionales. Además de este equipo de protección personal se empleará en cada caso el material de seguridad más adecuado, tal como banquetas o alfombras aislantes, herramientas aislantes, etc.

#### 3.2.2. Condiciones facultativas legales

Las obras del proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por:

- 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.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- 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 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

#### 3.2.3. Condiciones para la ejecución por contrata

Además de las condiciones indicadas en los párrafos anteriores, la contrata está obligada al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. Por el cliente, se facilitarán las instrucciones complementarias que se precisen para las relaciones con la contrata.

### 3.3. Condiciones de los materiales

Los componentes fundamentales de los edificios están suficientemente definidos en el documento Memoria y en los Planos incluidos en el presente Proyecto. La información se completa con la Relación de Materiales que figura en el Presupuesto. Respecto a la obra civil se indica a continuación la calidad y preparación de los materiales por utilizar.

#### 3.3.1. Rellenos

Los rellenos se realizarán con zahorras seleccionadas, en capas que no superarán los 0,30 m. de espesor, compactados hasta conseguir el 95% del Ensayo Proctor Modificado según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

#### 3.3.2. Hormigones

Será aplicable a la ejecución de los hormigones el contenido de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de Obras de hormigón en masa o armado EHE-08, debiendo ser la resistencia característica a los 28 días de 150 y 220 kg/cm, entendiéndose por resistencia característica la indicada en dicha Instrucción EHE-08.

#### 3.3.3. Aceros

El acero para armaduras para la ejecución de hormigón armado será del tipo AEH-400N y cumplirá las características geométricas y mecánicas indicadas en el artículo 9 de EHE-08.

### 3.4. Condiciones generales de ejecución de las obras

#### 3.4.1. Excavaciones

Para la realización de las excavaciones se seguirán las normas establecidas a tenor de las características particulares de la cimentación del terreno. Los productos de las excavaciones deberán ser depositadas en escombreras autorizadas.

#### 3.4.2. Hormigonado

Antes de verter hormigón sobre hormigón endurecido se limpiará la superficie de contacto mediante chorro de agua y aire a presión, y/o picado. El hormigón se compactará por vibración hasta asegurar que se han rellenado todos los huecos, se ha eliminado el aire de la masa y refluye la lechada en la superficie. Durante el primer período de endurecimiento, no se someterá al hormigón a cargas estáticas o dinámicas que puedan provocar su fisuración y la superficie se mantendrá húmeda durante 7 días, como mínimo, protegiéndola de la acción directa de los rayos solares. No se podrá colocar hormigón cuando la temperatura ambiente baje de 2°C o supere los 40°C, además, se suspenderá el hormigonado cuando el agua de lluvia pueda producir deslavado del hormigón.

#### 3.4.3. Encofrados

Los encofrados de madera o metálicos serán estancos y estarán de acuerdo con las dimensiones previstas en el proyecto, será indeformables bajo la carga para la que están

previstos y no presentarán irregularidades bruscas superiores a 2 mm/m., ni suaves superiores a 6 mm/m. Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

## 4. OBRA CIVIL

### 4.1. Objeto de pliego y descripción de las obras

El presente Pliego tiene por objeto definir las obras de ejecución de caminos y canalizaciones. Incluye la definición de materiales, descripción del sistema de ejecución de las obras y criterios para la medición de las obras.

### 4.2. Disposiciones técnicas

- Instrucción de hormigón estructural EHE-08. (Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG 3 de 1975.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Norma Sismorresistente
- Disposiciones vigentes de seguridad y salud en el trabajo y cuantas disposiciones complementarias relativas a estos Pliegos se hayan promulgado.

### 4.3. Zanjas y cimentaciones

#### 4.3.1. Generalidades

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir el emplazamiento adecuado para las zanjas y pozos para la realización de las canalizaciones y cimentaciones del parque fotovoltaico.

#### 4.3.2. Trazado

Se efectuarán las excavaciones con las alineaciones y desniveles previstos en los Planos del Proyecto, replanteos definitivos o con las modificaciones que, en su caso, indique la Dirección Facultativa.

#### 4.3.3. Ejecución

La apertura de las zanjas y pozos podrán efectuarse con medios mecánicos o manuales. El fondo de las excavaciones se refinará y compactará para recibir la capa de hormigón de limpieza. No se permitirá tener las excavaciones abiertas a su rasante final más de cuatro (4) días antes de la colocación de la cimentación. En caso de terrenos arcillosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberán dejar sin excavar unos veinte centímetros (20 cm) sobre la rasante de la solera, para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

#### 4.3.4. Entibación

El contratista tomará las máximas precauciones para evitar desprendimientos, empleando para este fin las entibaciones adecuadas.

#### 4.3.5. Agotamiento

En caso de que las excavaciones cortasen el nivel freático y la cuantía de las aportaciones en el interior de esta hiciese necesario el agotamiento, se procederá durante el tiempo preciso para la adecuada terminación de la unidad de obra para la que había sido abierta.

### 4.4. Demoliciones

Se entiende por demolición la rotura o disgregación de obras de fábrica, o elementos, de forma que pueda efectuarse su retirada y ejecutar en sus emplazamientos las obras previstas. La demolición deberá ajustarse a la forma, superficie, anchura, profundidad, etc., que las unidades de obra requieran, y que en todo caso se fijen por la Inspección de la obra.

### 4.5. Rellenos compactados

Estas unidades consisten en la extensión y compactación de suelos alrededor de las obras, cuyas dimensiones no permitan la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleva a cabo la ejecución de terraplenes.

#### 4.5.1. Ejecución

Los materiales de cada tongada serán de características uniformes y si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con los medios adecuados. Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria para asegurar la evacuación del agua sin peligro de erosión. Una vez extendida la tongada, se procederá a su humectación si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos realizados. En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas, pudiéndose proceder a la desecación por oreo, o por la adición y mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas, tales como cal viva. Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la tongada. Las zonas que por su forma pudieran retener agua en su superficie, se corregirán inmediatamente por el contratista. Cuando la Dirección de Obra lo autorice, el relleno junto a obras de fábrica podrá efectuarse de manera que las tongadas situadas a uno y otro lado de esta no se hallen al mismo nivel. En este caso los materiales del lado más alto no podrán extenderse ni compactarse antes de que hayan transcurrido catorce (14) días desde la terminación de la fábrica contigua; salvo en el caso de que la Dirección de Obra lo autorice, previa comprobación mediante los ensayos que estime pertinentes realizar del grado de resistencia alcanzado por la obra de fábrica. Para terrenos del tipo arenoso, el pisón será de tipo vibratorio.

### 4.6. Materiales

#### 4.6.1. Rellenos

Se diferenciarán los rellenos en tres tipos: De explanación general

- Los materiales que emplear en la formación de rellenos cumplirán con lo prescrito en el ART. 330 “Terraplenes”, del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG 3 2.000), del Ministerio de Fomento; en lo sucesivo: P.P.T.G. Localizados
- Los materiales a emplear se obtendrán de las excavaciones realizadas en la obra o de préstamos, estarán exentos de áridos mayores de diez centímetros (10 cm), si no se indica en los planos otra cosa, su cernido por el tamiz 0,080 UNE será inferior al 35% en peso, su límite líquido será inferior al 40% (LL < 40), el índice C.B.R., será superior a 5, el hinchamiento medido en dicho ensayo será inferior al 2% y se compactarán hasta conseguir una densidad mayor o igual al 100% del Proctor normal en la coronación (últimos 60 cm) y mayor o igual al 95% en el resto. De material granular
- Los materiales a emplear serán áridos naturales o procedentes del machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural, exentos de arcilla, margas y otros materiales extraños.

#### 4.6.2. Subbases

Los materiales a emplear en subbases deberán cumplir lo prescrito en el Art. 500 “Zahorras naturales” o en el Art. 501 “Zahorras artificiales”, según corresponda, del P.P.T.G.

#### 4.6.3. Cementos

En la obra se empleará el cemento Portland artificial que resulte más adecuado de acuerdo con las recomendaciones generales para la utilización de cementos (Instrucción EHE-08), siempre que sea necesario se utilizará cemento sulforresistente (SR). El cemento se sujetará en todo a la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos (Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16) e Instrucción EHE-08.

#### 4.6.4. Agua

Como norma general podrán utilizarse, tanto para el amasado como para el curado de morteros y hormigones todas aquellas que hayan sido sancionadas como aceptables por la práctica, es decir, que no hayan producido eflorescencias, agrietamientos o perturbaciones en el fraguado y endurecimiento de hormigones similares.

#### 4.6.5. Áridos

Los áridos para la confección de morteros y hormigones cumplirán las condiciones que señala la vigente Instrucción EHE-08. Antes de dar comienzo a las obras, por el director de obra se fijará, a la vista de la granulometría de los áridos, la proporción y tamaños de estos a mezclar para conseguir la curva granulométrica más conveniente para el hormigón, adoptando como mínimo una clasificación de tres tamaños de áridos y sin que por la contrata pueda solicitarse pago suplementario alguno por este concepto. Así mismo se fijará el tamaño máximo de árido a emplear para cada tipo de obra.

#### 4.6.6. Madera

Cualquiera que sea de su procedencia, la madera que se emplee en encofrados deberá reunir las condiciones siguientes:

- Estará desprovista de vetas o irregularidades en sus fibras.

- En el momento de su empleo, estará seca.
- No se podrá emplear madera cortada fuera de la época de paralización de la savia.

#### 4.6.7. Hierros y aceros

##### Laminados

• Los aceros laminados, piezas perfiladas y palastros, deberán ser de grano fino y homogéneo, sin presentar grietas o señales que puedan comprometer su resistencia, estará bien calibrado cualquiera que sea su perfil y los extremos escuadrados y sin rebabas. Los aceros laminados cumplirán con todo lo preceptuado en el Código Técnico de la Edificación DB-SE-A.

##### Para armaduras

• Tanto la superficie como la parte interior de las barras y varillas para armar el hormigón deberán estar exentas de toda clase de defectos, como grietas, oquedades y pelos. Las barras y varillas deben ser rectas, de sección circular bien dibujada y de las dimensiones que se fijan en los planos. Todo el acero para armaduras cumplirá las condiciones que señala la vigente Instrucción de Hormigón EHE-08. 4.6.8. Ladrillos Tanto los ladrillos como las fábricas construidas con ellos cumplirán con lo preceptuado en el Código Técnico de la Edificación DB-SE-F. 4.6.9.

##### Yesos

Se ajustará a las condiciones fijadas para el yeso designado Y-12 en el Pliego General de Condiciones para la Recepción de Yesos y Escayolas en las Obras de la Construcción.

#### 4.6.10. Bovedillas cerámicas

Deberán ser homogéneas, de grano fino y uniforme, de textura compacta. Deberán carecer de manchas, eflorescencias, grietas, coqueas y materias extrañas, que puedan disminuir su resistencia y duración. Darán sonido campanil al ser golpeadas con un martillo y serán inalterables al agua. Deberán tener suficiente adherencia a los morteros.

#### 4.6.11. Viguetas prefabricadas

Cualquier tipo de vigueta o placa alveolar utilizada ha de ser de fabricante de solvencia, tener la correspondiente licencia de uso aprobada por el Ministerio de Fomento y deberá ser aprobada, previamente a su colocación, por el director de obra. Deberá preverse que la sobrecarga de servicio no sea inferior a cuatrocientos Kilogramos por metro cuadrado (400 Kg/m<sup>2</sup>) salvo que en los planos se indique otra cosa. Las viguetas y placas alveolares serán de hormigón pretensado, admitiéndose viguetas de perfil completo y semi-viguetas.

#### 4.6.12. Cerrajería

En ventanas la carpintería será metálica de chapa de acero galvanizado o aluminio resistente. Todas las ventanas serán del tipo practicable de corredera. Cuando sea necesaria la instalación de rejas, estas serán fijas y estarán formadas por barras de acero galvanizado F1120, como mínimo, y cumplir lo prescrito en la norma UNE 108-142-88.

4.6.13. Vidriería Los vidrios deberán resistir la acción de los agentes atmosféricos sin experimentar variación alguna. Serán completamente planos y transparentes y de espesor uniforme, debiendo estar perfectamente cortados, presentando bordes rectos sin

ondulación de ninguna clase. En caso de ser requerido vidrio laminar, éste estará constituido por dos o más hojas de vidrio estirado o de luna, íntimamente unidas por una película o solución plástica incolora o coloreada. Será resistente al impacto de piedras (tipo Stapid o similar).

#### 4.6.14. Pavimentos

El pavimento se compondrá de dos capas superpuestas, la primera de mortero ordinario y la superior será la baldosa.

#### 4.6.15. Pinturas

Se utilizarán pinturas con colores fijos, tiempo de secado inferior a doce horas y que sean de uso directo. Especial mención requieren las pinturas para la primera mano de las estructuras metálicas, estas deberán estar constituidas por minio de plomo electrolito o imprimación antioxidante equivalente.

#### 4.6.16. Canales de cables prefabricados

Los canales de cables prefabricados serán de hormigón armado, excepto en aquellas partes singulares (encuentros, derivaciones, etc.), que se realizarán de hormigón armado “in situ” una vez que los canales prefabricados se encuentren colocados.

#### 4.6.17. Tuberías de PVC

La tubería, estará constituido por policloruro de vinilo técnicamente puro en una proporción mínima del noventa y seis por ciento (96%) y colorantes estabilizadores y materiales auxiliares, siempre que su empleo sea aceptable en función de su utilización. No se admitirán piezas especiales fabricadas por unión mediante soldadura o pegamento de diversos elementos. Los tubos se marcarán exteriormente y de manera visible con los datos mínimos exigidos por la normativa vigente y con los complementarios que juzgue oportuno el fabricante. El material de los tubos estará exento de grietas, granulaciones, burbujas o faltas de homogeneidad de cualquier tipo. Las paredes serán suficientemente opacas para impedir el crecimiento de algas o bacterias, cuando las tuberías queden expuestas a la luz solar. Las condiciones de funcionamiento y resistencia de las juntas y uniones deberán ser justificadas con los ensayos realizados en un laboratorio oficial, y no serán inferiores a las correspondientes al propio tubo.

#### 4.6.18. Otros materiales

Los demás materiales que sin especificarse en el presente pliego hayan de ser empleados en obra, serán de primera calidad y no podrán utilizarse sin antes haber sido reconocidos por el director de obra, que podrá rechazarlos si no reuniesen, a su juicio, las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objeto que motiva su empleo.

### 4.7. Ejecución

#### 4.7.1. Condiciones generales

El contratista deberá conocer suficientemente las condiciones de las obras, de los materiales utilizables y de todas las circunstancias que puedan influir en la ejecución y en el coste de las obras, en la inteligencia de que, a menos de establecer explícitamente lo contrario en su oferta de licitación, no tendrá derecho a eludir sus responsabilidades ni a formular reclamación alguna que se funde en datos o antecedentes del Proyecto que puedan resultar equivocados o incompletos. En la ejecución de las obras el contratista

adoptará todas las medidas necesarias para evitar accidentes y para garantizar las condiciones de seguridad de estas y su buena ejecución y se cumplirán todas las condiciones exigibles por la legislación vigente y las que sean impuestas por los Organismos competentes. El contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de Seguridad Social y de Seguridad e Higiene en el Trabajo y será el único responsable de las consecuencias de las transgresiones de dichas disposiciones en las Obras. Como norma general, el contratista deberá realizar todos los trabajos incluidos en el presente Proyecto adoptando la mejor técnica constructiva que cada obra requiera para su ejecución, y cumpliendo para cada una de las distintas unidades de obra las disposiciones que se describen en el presente Pliego. A este respecto se debe señalar que todos aquellos procesos constructivos emanados de la buena práctica de la ejecución de cada unidad de obra, y no expresamente relacionados en su descripción y precio, se consideran concluidos a efectos de Presupuesto en el precio de dichas unidades de obra.

#### 4.7.2. Trabajos preliminares

Con conocimiento y autorización previa de la Dirección Facultativa el contratista realizará a su cargo los accesos, acometidas eléctricas y de agua precisas para sus instalaciones y equipos de construcción, oficina, vestuarios, aseos y almacenes provisionales para las obras, ocupación de terrenos para acopios e instalaciones auxiliares, habilitación de vertederos, caminos provisionales y cuantas instalaciones precise o sean obligadas para la ejecución de las obras. El contratista deberá señalar las obras correctamente y deberá establecer los elementos de balizamiento y las vallas de protección que puedan resultar necesarias para evitar accidentes y será responsable de los accidentes de cualquier naturaleza causados a terceros como consecuencia de la realización de los trabajos y especialmente de los debidos a defectos de protección. En las zonas en que las obras afecten a carreteras o caminos de uso público, la señalización se realizará de acuerdo con la Orden Ministerial del Ministerio de Obras Públicas de 14 de marzo de 1960 y las aclaraciones complementarias que se recogen en la O.C. 67/1960 de la Dirección General de Carreteras.

#### 4.7.3. Replanteo

El replanteo de las obras se efectuará dejando sobre el terreno señales o referencias, que tengan suficientes garantías de permanencia para que, durante la construcción, pueda fijarse con relación a ellas la situación en planta o altura de cualquier elemento o parte de las obras. En caso de que sea preciso modificar alguna elevación, debe comunicarse director de obra. Toda la demolición y reconstrucción o la adaptación, si ésta fuera posible a juicio del director de Obra, de todas las partes de las obras que no se ajusten a las cotas y rasantes señaladas, tanto por error involuntario como por haber sido movida alguna referencia, será de cuenta contratista, con la única excepción de que le hubieran sido dados equivocados los planos.

#### 4.7.4. Acceso a obras

El contratista deberá conservar permanentemente a su costa el buen estado de las vías públicas y privadas utilizadas por sus medios como acceso a los tajos. Si se deterioran por su causa quedará obligado a dejarlas, al finalizar las obras, en similares condiciones a las existentes al comienzo. Lo anterior es aplicable al paso a través de fincas no previstas en las afecciones del Proyecto si el contratista ha conseguido permiso de su

propietario para su utilización. En tanto no se especifique expresamente en la Memoria o el Presupuesto, la apertura, construcción y conservación de todos los caminos de acceso y servicios de obra son a cargo del contratista.

#### 4.7.5. Excavaciones

Las excavaciones se efectuarán de acuerdo con los planos y hasta la profundidad indicada por el director de obra, a la vista de la naturaleza y clase de terreno encontrado. El arranque de material se realizará con maquinaria adecuada para cada caso (retroexcavadora, pala cargadora, etc.), vertido en camión basculante y se desplazará hasta vertedero autorizado o lugar de acopio, según se estime. Se adoptarán todas las medidas necesarias para evitar la entrada de agua, manteniendo libre de la misma la zona de excavación, colocándose, ataguías, drenajes, protecciones, cunetas, canaletas y conductos de desagüe que sean necesarios. Si se tuvieran que realizar entibaciones y/o apuntalamientos, estos cumplirán las siguientes condiciones:

- Será realizada por encofradores u operarios de suficiente experiencia como entibadores, dirigidos por un encargado con conocimientos sobre dicho tema.

- Se realizará un replanteo general de la entibación, fijando puntos y niveles de referencia.
- En terrenos buenos, con tierras cohesionadas, se sostendrán los taludes verticales hasta una altura entre 60 y 80 cm., colocándose una vez alcanzada esta profundidad una entibación horizontal compuesta por tablas horizontales, sostenidas por tablones verticales, apuntalados por maderas u otros elementos.
- En terrenos buenos con profundidades de más de 1,80 m., con escaso riesgo de derrumbe, se colocarán tablas verticales de 2,00 m., quedando sujeto por tablas horizontales y codales de madera u otro material.
- Si los terrenos son de relleno, o tienen una dudosa cohesión, se entibarán verticalmente a medida que se procede a la excavación de tierras.
- Se protegerá la entibación frente a filtraciones y acciones de erosión por parte de las aguas de escorrentía. Se regularizará y compactará el fondo de excavación, para evitar las ondulaciones de este y obtener un mejor asiento del material a terraplenar. Los fondos se comprobarán mediante la realización de densidades in situ, según lo establecido en el plan de ensayos, y se limpiarán de todo material suelto o flojo, así mismo serán rellenadas las grietas y hendiduras. La separación entre el tajo de la máquina y la entibación no podrá ser mayor de vez y media la profundidad de la zanja en ese punto. Si durante la ejecución de las obras se comprobase la necesidad de variar la excavación prevista, el director de obra tomará las resoluciones oportunas, siendo obligación del contratista ejecutar, a los precios ofertados para cada unidad de obra, las excavaciones que se consideren necesarias.

#### 4.7.6. Rellenos de tierras

Los materiales de relleno, salvo si se indica lo contrario, procederán de las excavaciones y serán aprobados por la dirección de obra, que podrá ordenar la colocación de materiales de préstamo si aquellos resultasen inadecuados. Cuando el relleno se asiente sobre un terreno con presencia de aguas superficiales o subterráneas, se desviarán las primeras y se captarán y conducirán las segundas, antes de comenzar la ejecución. Esta

se llevará a cabo por tongadas de material con características homogéneas, las cuales no superan los 20 cm. Una vez extendida, cada tongada, se procederá a su humectación si es necesario, de forma que el grado de humedad sea uniforme. En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva, se procederá a su desecación, bien por oreo o por mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas. La ejecución de las obras se realizará según lo dispuesto en el Art.330 “Terraplenes” del P.P.T.G.

#### 4.7.7. Hormigonado

Las condiciones generales de ejecución del hormigonado son:

- El hormigonado deberá ser autorizado por la Dirección de Obra.
- Los modos de compactación recomendados serán: o Vibrado enérgico: para hormigones de consistencia seca. o Vibrado normal: para hormigones de consistencia plástica y blanda. o Picado con barra: para hormigones de consistencia fluida.
- Las juntas de hormigonado se situarán en dirección normal a las tensiones de compresión.
- Cuando se emplee vibrador de superficie, el espesor de la tongada no será mayor de 20 cm.
- No se hormigonará sobre las juntas de hormigonado sin la aprobación de la Dirección de Obra ni sin su previa limpieza. Si la actividad de hormigonado se desarrolla en tiempo frío, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:
  - La temperatura del hormigón antes del vertido no será menor de 5° C, ni se verterá sobre encofrados o armaduras a temperatura inferior a 0° C.
  - Se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que la temperatura ambiente bajará de 0° C en las 48 horas siguientes.
  - El empleo de aditivos anticongelantes, precisará la autorización expresa de la Dirección de Obra.
  - Se demolerá toda la fábrica en que se compruebe que el mortero se encuentra deteriorado a consecuencia de las heladas. En cualquier caso, el contratista cumplirá lo especificado en el artículo 72 de EHE-08 Si la actividad de hormigonado se desarrolla en tiempo caluroso, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:
    - Se evitará la evaporación del agua de amasado.
    - Una vez vertido el hormigón se protegerá del sol.
    - Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura sea mayor de 40° C o haya viento excesivo.
  - El contratista cumplirá siempre lo prescrito en el artículo 73 de EHE-08 El hormigonado se continuará una vez que el director de obra o representante suyo haya comprobado que el hormigón anteriormente colocado no haya sufrido daño alguno. En cualquier caso, no se permitirán interrupciones en el hormigonado de cimentaciones importantes, como son las de los centros de transformación. Tras el vertido el hormigón, este comienza a endurecerse hasta conseguir unos valores de resistencia nominales a los

28 días. Durante dicho periodo, el proceso producido, provoca un alto desprendimiento de calor y por consiguiente una rápida evaporación del agua contenida. Para equilibrar el contenido de agua se somete a curado, consistente en el lavado de su superficie durante un periodo no inferior a los 3 días y con las siguientes condiciones:

- Durante el fraguado y primer período de endurecimiento, deberá asegurarse un curado intensivo (riego intenso).
- Se podrá efectuar por riego directo sin que se produzca deslavado.
- El agua empleada cumplirá con el artículo 27º de la EHE-08, aunque en general, podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.
- Como alternativa, se podrán utilizar protecciones que garanticen la retención de la humedad inicial y no aporten sustancias nocivas.
- Se deberán tener presente las condiciones ambientales para que la humedad relativa no sea inferior al 80%.

#### 4.7.8. Encofrados

Estos son sistemas utilizados como moldes para verter hormigón y dar forma al elemento resultante hasta su endurecimiento. Dada la función que realizan su resistencia y estanqueidad debe estar contrastada a fin de no provocar deformaciones que inutilizarían el elemento resultante. Estos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Se prohíbe el aluminio en contacto con el hormigón.
- Se humedecerán para que no absorban agua del hormigón depositado.
- Las paredes estarán limpias y no impedirán la libre retracción del hormigón.
- Deberán permitir el correcto emplazamiento de armaduras y tendones.
- Deberán poderse retirar sin provocar sacudidas ni daños en el hormigón.
- Los productos de desencofrado han de ser expresamente autorizados.
- En elementos de más de 6 m se recomiendan disposiciones que produzcan una contra flecha en la pieza hormigonada.

El montaje se realizará según un orden determinado, dependiendo de la pieza, de la pieza a hormigonar: si es un muro, primero se coloca una cara, después la armadura y, por último, la otra cara; en el caso de pilares, primero la armadura y después el encofrado, y si es en vigas, primero el encofrado y a continuación la armadura. Se vigilará la correcta colocación de todos los elementos antes de hormigonar, así como la limpieza y humedecido de las superficies. El vertido del hormigón se realizará a la menor altura posible. Antes de colocar las armaduras se aplicarán los desencofrantes. No se dejarán elementos separadores o tirantes en el hormigón después de desencofrar, sobre todo en ambientes agresivos. No se procederá al desencofrado hasta transcurrido un mínimo de 7 días para los soportes y 3 días para los demás casos y siempre con la aprobación de la dirección facultativa. Los encofrados en general serán preferentemente de madera o metálicos con rigidez suficiente para que no sufran deformaciones con el vibrado del hormigón, ni dejen escapar morteros por las juntas. No se procederá a la

retirada de encofrados antes del tiempo que fije el director de obra, como mínimo el contratista se atenderá a lo estipulado en el artículo 75 de la EHE-08.

## 5. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

### 5.1. Descripción del suministro

Para poder realizar los trabajos de montaje de la instalación, el contratista suministrará:

- Todos los materiales necesarios que no sean proporcionados, según figure en el documento de Mediciones que acompañe a los planos constructivos.
- Toda la mano de obra directa e indirecta para la ejecución del trabajo.
- Toda la maquinaria y medios auxiliares para la completa ejecución del trabajo. • También se realizarán todos los trabajos, aparte de los indicados, que sean necesarios para la terminación del trabajo, según los planos constructivos. En el alcance del montaje se incluyen:
  - Suministrados por el contratista: transporte, descarga, almacenamiento, desembalaje, instalación en su posición definitiva y pruebas.
  - Suministrados por la propiedad: descarga, almacenamiento, control, desembalaje, instalación en su posición definitiva y pruebas. En este apartado se incluyen los siguientes trabajos:
    - Implantación en obra.
    - Montaje de la estructura metálica.
    - Montaje de aparellaje.
    - Montaje de embarrados y conexiones entre aparatos.
    - Puesta a tierra de aparellaje y estructura metálica.
    - Instalación de los sistemas de detección de incendios y anti-intrusismo en edificio de operación y mantenimiento.
    - Montaje de cuadros y bastidores de control, protección y servicios auxiliares.
    - Instalación de las comunicaciones por telefonía y fibra óptica.
    - Montaje de instalaciones de alumbrado y fuerza en el parque intemperie y edificio de operación y mantenimiento.

El contratista dispondrá de maquinaria, utillaje y en general de toda clase de medios auxiliares, adecuados a la realización de su función en el desmontaje o montaje. Dichos equipos estarán en buenas condiciones de funcionamiento, serán de calidad reconocida y estarán dotados de las máximas condiciones, de seguridad en cuanto a posibles accidentes. El contratista se responsabilizará de facilitar cualquier material, trabajo o servicio complementario, que sea razonablemente necesario para la realización del montaje y buen funcionamiento de las instalaciones, se encuentre o no indicado explícitamente en el Proyecto. Aquellos materiales que hayan de ser empleados en obra, y no estén incluidos explícitamente en el Proyecto, serán de primera calidad y no podrán

utilizarse sin haber sido aprobados por el director de obra, que podrá rechazarlos si no reuniesen a su juicio las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objetivo que motiva su empleo.

## 5.2. Características técnicas

Los montajes de toda la instalación se efectuarán de acuerdo con las recomendaciones de fabricantes, planos de la ingeniería y siguiendo las recomendaciones de esta especificación.

- Antes del inicio de los trabajos, el contratista examinará las condiciones en que se encuentran las instalaciones que afectan a su trabajo, indicando a la Dirección de Obra cualquier anomalía que encuentre.
- Si el contratista pretende utilizar los servicios de otros subcontratistas, será requisito la aprobación por parte de la propiedad.
- El contratista deberá facilitar a la Dirección de obra para su aprobación, toda la documentación técnica de equipos y materiales objeto de su suministro, indicando características, dimensiones, marcas, modelos, planos, etc. antes de proceder a su compra.
- El contratista se responsabilizará al finalizar las diferentes fases de montaje de proteger y limpiar adecuadamente, las diversas zonas o equipos. En caso de detectar anomalías o deterioros en equipos o materiales, cuyas causas sean imputables al contratista, éste se hará cargo de todos los costes económicos de desmontajes, reparaciones, etc.
- En los trabajos de desmontaje de elementos que vayan a ser reutilizados, todo material que se deteriore deberá reponerse para su disponibilidad en futuras operaciones de montaje.
- Toda la tornillería, tuercas y arandelas que se utilicen en el montaje serán de acero inoxidable, salvo indicación expresa en contra.
- En conexiones y piezas de conexión se empleará pasta conductora de características apropiadas, que deberá previamente ser aprobada por La Dirección de Obra. El apriete de las piezas de conexión se realizará con llave dinamométrica siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Todas las superficies sobre las que haya que aplicar pintura, deberán estar limpias y perfectamente secas.

Con carácter general:

- El hecho de que un trabajo genere un coste extra no será justificación para no realizarlo.
- Utilizar formatos para la presentación de certificaciones que previamente apruebe la propiedad.

- Se presentará presupuesto de cualquier otro trabajo no incluido en el Proyecto.
- Cualquier trabajo de este tipo, que se realice sin previa autorización del presupuesto podrá ser no considerado como cargo extra.

### 5.3. Estructura metálica

Las tolerancias admitidas en el montaje de estructura metálica de pórticos, soportes de aparellaje y aisladores soporte, serán los siguientes:

- Alineación  $\pm 5$  mm
- Nivelación  $\pm 2,5$  mm
- Aplomado  $\pm$  altura/1000

El contratista estará obligado a informar inmediatamente de cualquier anomalía a la supervisión de montaje, antes de iniciarse el trabajo. En caso contrario todos los costes de reparación serán a su cargo.

### 5.4. Aparellaje y equipos

La nivelación de todo el aparellaje deberá hacerse sobre un mismo plano horizontal. Una vez estén todos los dispositivos nivelados, los pernos se apretarán con llave dinamométrica hasta su posición definitiva, de forma que los equipos se sitúen libres de tensiones sobre los soportes o bancadas. Todos los suplementos utilizados deberán estar protegidos contra la corrosión.

- Todas las modificaciones que pudiesen exigir la sujeción de aparatos deberán realizarse en el soporte metálico correspondiente.
- Una vez terminada cada fase de montaje del aparellaje, la propiedad realizará en los mismos, pruebas de funcionamiento que crea oportunas, especialmente en los accionamientos, sin que esto excluya al contratista de haber realizado sus comprobaciones.
- Una vez finalizado el montaje de todo el aparellaje, el contratista procederá a la limpieza del mismo debiendo emplear trapos limpios que no dejen residuos y un disolvente adecuado, como tricloroetileno o tetracloruro de carbono.
- A las cuchillas de los seccionadores se les aplicará una capa de vaselina y posteriormente se limpiarán con trapos limpios.
- Para el montaje en la primera unidad de cada aparato de un mismo tipo, si fuese necesario, se efectuará bajo la dirección de un Supervisor del Fabricante.
- El contratista contemplará la prestación de oficiales capacitados, para ayuda a la puesta a punto de la aparamenta de alta tensión.

### 5.5. Puesta a tierra

En este apartado no se contempla la instalación de la malla enterrada, y se cumplirán las siguientes condiciones:

- La conexión de cada punto de PaT se efectuará de tal forma que al menos lleguen dos conductores de la malla enterrada.
- Las soldaduras entre tiradas serán de tipo aluminotérmico u oxiacetilénico.
- En ningún caso se admitirán soldaduras con coqueas, fisuras, derrames o cualquier otro fallo.
- Antes de efectuar las soldaduras se limpiarán cuidadosamente los conductores a unir, con lima o cepillo de acero que no se utilicen para otro fin diferente.
- Aquellos conductores que hubiesen sido tratados con aceite o grasas deberán desengrasarse previamente con un desengrasante adecuado.
- Los conductores mojados deben secarse preferentemente con alcohol o soplete, eliminado cualquier humedad que pueda producir poros en la soldadura.
- Como criterio general, se pondrán a tierra todas las masas metálicas tales como soportes, estructuras, ferrallas, mallazos de forjados, bandejas metálicas, vallados metálicos, cajas accionamientos, transmisiones, etc., asegurando su continuidad eléctrica, mediante la realización de puentes adecuados, cuando se requiera.

## 5.6. Prevención contra incendios

Las instalaciones deben cumplir, como mínimo la normativa vigente con independencia de lo que se recoge en el plan de seguridad. Se aplicará la normativa comunitaria y nacional, así como la normativa autonómica y local que corresponda a cada distrito. Las medidas generales a aplicar son:

### 5.6.1. Medidas pasivas

- Compartimentación contra el fuego de las salas técnicas, sala de mandos y salas de baterías en su totalidad, es decir, tanto tabiques, techo y suelo. Dichas áreas tendrán una resistencia al fuego de R- 90 como mínimo.
- Muros cortafuegos entre transformadores cuya altura debe ser, como mínimo, 1 metro superior a la altura del depósito de aceite del transformador y de nivel de estabilidad al fuego de R-90.
- Los muros de delimitación entre celdas convencionales deben ser de medio pie de ladrillo.
- Sistema de ventilación en las salas técnicas, sala de baterías y sala de mandos.

### 5.6.2. Medidas activas

- Sistema automático de detección de incendios en ambiente en la totalidad del edificio y en los transformadores
- Sistema de sirenas para avisar e informar a las personas presentes en la Instalación.
- Extinción manual portátil. El agente extintor será acorde con el empleo que se realizará de dichos dispositivos y la ubicación de estos.

## 5.7. Seguridad

Las instalaciones exteriores se encuentran en un recinto de parcela. Por lo tanto, se aplicarán medidas de protección exteriores. Las medidas generales a aplicar son:

### 5.7.1. Medidas pasivas

El perímetro exterior debe disponer de vallado perimetral con puerta automatizada, además, el acceso para personas y vehículos en el perímetro deberá disponer de un nivel de resistencia similar al cerramiento perimetral. Las medidas pasivas a considerar son las siguientes:

- Los muros que forman el edificio deben ser resistentes. El diseño de estos deberá tener en cuenta que su resistencia ante impactos horizontales.
- En caso de que existan ventanas se debe colocar un enrejado exterior en todas las plantas que den al exterior y en caso de que no sea posible el enrejado será interno. El enrejado se debe definir mediante la norma UNE-EN108-142.
- Las puertas de acceso a la Instalación deben ser puertas de seguridad con nivel de resistencia 4 según la norma UNE-ENV 1627 (1999) contra sierras, martillos, hachas, formones y taladros portátiles.
- El número de puntos de acceso tiene que ser el mínimo imprescindible para garantizar la fluidez y el buen funcionamiento del sistema de accesos, a ser posible único. Estos accesos deberán estar alarmados y controlados remotamente.
- En cuanto al número de salidas de emergencias deberán ser las mínimas necesarias. El nivel de resistencia de estas puertas debe ser similar al del resto de puertas de acceso.
- Si las salas técnicas se encuentran fuera del perímetro del edificio de operación y mantenimiento, los niveles de resistencia en estas salas serán similares a los determinados para los edificios existentes en las Instalaciones

### 5.7.2. Medidas activas

Las medidas activas a considerar son las siguientes:

- Sistema de detección volumétrica interior en la planta rasante del edificio. Debe poder ser Activado/Desactivado por marcación de código y estará activo durante las 24 horas del día.
- Contactos magnéticos en las puertas de entrada y lo salida del perímetro exterior, edificio y trampillas.
- Conexión del sistema de intrusión a una Central Receptora de Alarmas (CRA). La apertura de puertas será comandada por un sistema de control de accesos para permitir el paso a personas autorizadas. Las medidas son las siguientes:
- Se instalará un control de accesos por sistema de llaves maestras.
- Para el acceso a las salas técnicas, salas de Mando y salas de Batería se empleará el mismo sistema de llaves maestras.

## 6. ENSAYOS

Antes de poder realizarse la puesta en marcha, deberán haberse realizado los ensayos, análisis y pruebas que corroboren que los materiales que se han empleado en las obras reúnen las condiciones adecuadas. Se efectuarán las siguientes pruebas o ensayos:

- Comprobación general de las instalaciones disposición, nivelación, verticalidad, conexionado, par de apriete de la tornillería, terminación de cables y apriete de bornas de cuadros, etc.
- Pruebas de funcionamiento mecánico de los equipos (manual).
- Comprobación de fases.
- Ensayos para localización de posibles cortocircuitos.
- Ensayos para localización de derivaciones a tierra o conexiones equivocadas.
- Pruebas necesarias para cumplir con la garantía de los fabricantes.

## 7. INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL CONTRATISTA

### 7.1. Documentación as-built

Una vez terminado las obras, el contratista facilitará una colección completa de los planos del proyecto sobre las que se indicarán las variaciones efectuadas durante las obras. Dichas colecciones serán “Plano de obra ejecutada”. A la Recepción Provisional deberá entregar una copia digital y cuatro copias en papel de los documentos y planos, según:

- Documentos “as built” de acuerdo con lista de documentos.
- Colección de planos en formato DIN A-4 excepto los de escalas superiores a 1/100 que se realizarán en formato DIN A-3.
- Toda esta documentación se encuadernará en archivadores tamaño DIN A-4 con funda, tipo ELBA mod. 75407 o similar, de dos taladros.
- Documentos de Control de Calidad.
- Documento de la Puesta en marcha.

### 7.2. Registros de calidad

La propiedad se reserva el derecho de inspeccionar las instalaciones mientras se realiza el montaje de los materiales. El hecho de que la propiedad no haya inspeccionado el montaje o testificado las pruebas o no hayan rechazado cualquier parte de la instalación, no eximirá al contratista de la responsabilidad de instalar los equipos de acuerdo con los requisitos del contrato. Las instalaciones estarán sujetas a un programa de control de calidad de acuerdo con las Condiciones de Inspección correspondientes.

### 7.3. Garantías

El contratista garantizará todo su trabajo y suministros realizados contra cualquier clase de fallo o deterioro, por un período definido en las condiciones comerciales, desde la fecha de puesta en servicio de estas. La obligación del contratista bajo estas garantías será subsanar, en el menor tiempo posible. Si parte de la instalación después de ser investigada resulta ser prueba defectuosa, el contratista cargará con todos los gastos que origine la reparación del defecto. La garantía que cubra cualquiera de las partes de la instalación que sea reemplazada o reparada por el contratista bajo las condiciones anteriores, se hará efectiva de nuevo por un período definido en las condiciones comerciales.



# PRESUPUESTO

## ÍNDICE GENERAL

Mediciones.....	168
Precios unitarios.....	170
Presupuesto.....	173
Resumen.....	175



## MEDICIONES

Código	Resumen	Uds	Cantidad
<b>01</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>		
U01EG	<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO</b> Observaciones básicas del terreno con una o dos perforaciones de hasta 6-10 metros de profundidad, pruebas de laboratorio y un informe geotécnico con recomendaciones para cimentación.	u	1
U01DB	<b>DESBROCE TERRENO</b> Desbroce y limpieza superficial de terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm, con carga y transporte de la tierra vegetal y productos resultantes a vertedero o lugar de empleo y con parte proporcional de medios auxiliares.	m2	1000
C02TK	<b>COMPACTADO TIERRA SIN APORTE</b> Compactación de tierras propias, con rulo autopropulsado de 10 a 12 6 Tm., en una tongada de hasta 30 cm. de espesor máximo, i/regado de las mismas y p.p. de costes indirectos. Medida la unidad terminada según planos.	m2	10735
<b>02</b>	<b>VALLADO PERIMETRAL Y SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA</b>		
ACER1	<b>VALLADO CON MALLA DE SIMPLE TORSIÓN</b> Vallado de parcela mediante malla de simple torsión, de 40 mm de paso de malla y 3 mm de diámetro, acabado galvanizado y postes de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 2 m de altura. Incluso replanteo, apertura de huecos, relleno de hormigón para recibido de los postes, colocación de la malla y accesorios de montaje y tensado del conjunto.	m	500
ACER3	<b>PUERTA DE ACCESO VEHÍCULOS DE DOBLE HOJA MALLA SIMPLE TORSIÓN</b> Puerta de doble hoja para acceso de vehículos constituida por cercos de tubo de acero galvanizado de 40x20x1,5 mm y 30x15x1,5 mm, bastidor de tubo de acero galvanizado de 40x40x1,5 mm con pletina de 40x4 mm y por malla de simple torsión, de 40 mm de paso de malla y 3 mm de diámetro, acabado galvanizado, fijada a los cercos y atrantada, para acceso mediante vehículos en vallado de parcela de malla metálica. Dimensiones de la puerta: 4,00 m (ancho) x 2,00 (alto). Incluso replanteo, apertura de huecos en el terreno, relleno de hormigón HM-20/B/20/I para recibido de los postes, colocación y aplomado de la puerta sobre los postes, elementos de anclaje, herrajes de seguridad y cierre y accesorios de fijación y montaje. Totalmente montada.	u	1
SDV53	<b>SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA</b> Suministro e instalación de sistema de videovigilancia completo compuesto de equipo de videoanálisis inteligente, grabador de vídeo en red para cámaras, cámaras bullet fijas exterior, básculos para las cámaras así como cableado de alimentación y conexiones o cualquier otro pequeño material necesario para su correcto funcionamiento. Medida la unidad completamente instalada, probada y funcionando.	u	1
<b>03</b>	<b>ESTRUCTURA SOPORTE</b>		
SOP2F	<b>SOPORTE INCLINADO PARA TERRENO PARA 2 FILAS DE MÓDULOS. HINCADO</b> Estructura fija biposte para módulos fotovoltaicos, dispuestos verticalmente en dos filas, hincada en el terreno, inclinación de los módulos de 30º, estructura de acero S275 galvanizado en caliente por inmersión, sujeciones de módulos fabricadas en aluminio EN AW 6005A T6, distancia libre al suelo de 500 mm, comprobada ante acción del viento de hasta 150 Km/h y carga de nieve de 40 kg/m². Incluido parte proporcional del montaje por operarios y de maquinaria para los trabajos (profundidad de hincado según estudio geotécnico). Totalmente montada e instalada en el terreno.	u	848
<b>04</b>	<b>CAMPO SOLAR</b>		
MF166	<b>MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO</b> Ud. Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino bifacial de 132 células(6x22), 580 Wp de potencia, dimensiones 2.278 x 1.134 mm, tensión en el punto de máxima potencia (Vmpp) 40,42 V, intensidad en el punto de máxima potencia (Impp) 14,35 A, tensión a circuito abierto (Vca) 48,18 V, intensidad de cortocircuito (Icc) 15,21 A, Coef.temperatura para potencia (Pmax) -0,290%/°C, Coef.temperatura para intensidad (Icc) 0,046%/°C, Coef.temperatura para tensión (Voc) -0,260%/°C, Eficiencia: 22,5 %, TONC: 45+-2°C (Características eléctricas anteriores en condiciones STC), resistencia a carga mecánica superior a 5.400 Pa, caja de conexión IP68 con 3 diodos by-pass, peso 31,8 kg.Incluido accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. Completamente montado, probado y funcionando.	u	848
<b>05</b>	<b>SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA</b>		
INVPI	<b>INVERSOR TRIFÁSICO HUAWEI DE 100 kW</b> Inversor de string trifásico, potencia nominal de salida de 100 kW, con envoltorio de aluminio para instalaciones en el exterior (IP 66) incluye hasta 20 entradas para strings de módulos fotovoltaicos, seccionadores en entrada de corriente continua, descargadores de sobretensión de tipo 2 en parte de continua y en parte de alterna, detector de fallos de aislamiento, protección anti-isl. Totalmente instalado y conexionado.	u	4
ESS2H	<b>ESS HUAWEI LUNA2000-200KWH-2H1</b> Suministro y montaje de módulos de baterías según esquema de proyecto. Incluye transporte, cimentación, colocación y pequeño material. Totalmente conexionado y funcionando	u	2
<b>06</b>	<b>ZANJAS Y CANALIZACIONES</b>		
ZA100	<b>ZANJA CIRCUITOS BT</b> Zanja para instalación en su interior de circuitos eléctricos en baja tensión, de 70 cm. de anchura y 1 metro de profundidad. Se incluye la excavación en terreno blando, lo colocación de la arena de protección del cable, el tendido del mismo por instalador autorizado según normativa vigente, el tapado en tongadas de 25 cm compactadas al 95% P.N., la cinta / placa de señalización homologada, así como la carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes. Medida la longitud ejecutada y probada, con entrega de planos as-built reales. Según detalle de planos.	m	270
ARQ08	<b>ARQUETA REGISTRABLE PREFABRICADA</b> Arqueta para canalización eléctrica de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior, de medidas interiores 80x80x80 cm con tapa y marco de hormigón y formación de agujeros para conexiones de tubos, colocada sobre cama de arena de río de 10 cm de espesor y p.p. de medios auxiliares, incluyendo excavación y el relleno perimetral exterior. Medida la unidad instalada.	u	6
TBC40	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 40 MM ENTERRADO</b> Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 40 mm de diámetro para la conducción de cables de comunicaciones en instalación subterránea bajo terreno previsto.	m	200
TBC50	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 50 MM ENTERRADO</b> Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 50 mm de diámetro para la conducción de cables de CC en instalación subterránea bajo terreno previsto.	m	450
TB180	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 180 MM ENTERRADO</b> Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 180 mm de diámetro para la conducción de cables de CA en instalación subterránea bajo terreno previsto.	m	375
TB250	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 250 MM ENTERRADO</b> Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 250 mm de diámetro para la conducción de cables de CA en instalación subterránea bajo terreno previsto.	m	100
BAP62	<b>BANDEJA DE REJILLA 60X200 MM</b> Bandeja de rejilla de chapa galvanizada, de 60x200 mm, con soporte horizontal metálico. Se incluye los pequeños materiales y accesorios requeridos para su completa instalación.	m	300
<b>07</b>	<b>CABLEADO Y PROTECCIONES CC</b>		
CFVH6	<b>CABLEADO H1Z22Z-K UNIPOLAR 6 MM2</b> Cable solar H1Z22Z-K 1500V 1 x 6 mm2 (negro y rojo) tendido en zanja y/o grapeado a bandeja , incluyendo pequeño materal eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.	m	4942
CECC1	<b>CUADRO ELÉCTRICO CC</b>	u	4

Caja de protección de corriente continua para series de módulos fotovoltaicos. Protecciones contra sobrintensidades por fusibles de 20A para polos positivos y negativos con un total de 26 fusibles, colocados en bases portafusibles seccionadoras. Montaje mural sobre estructura. Incluye accesorios y pequeño material. Completamente montado y conectado.

<b>08</b>	<b>CABLEADO Y PROTECCIONES CA</b>		
<b>CR120</b>	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 120 MM2</b>	m	30
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 120 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CR150</b>	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 150 MM2</b>	m	1212
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 150 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CR185</b>	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 185 MM2</b>	m	255
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 185 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CR630</b>	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 630 MM2</b>	m	340
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 630 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CECA1</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO CA</b>	u	1
	Cuadro de protección corriente alterna para generación fotovoltaica en baja tensión de 800A, instalado en hornacina de hormigón. Compuesto de 4 interruptores magnetotérmicos tetrapolares de 200 A y con poder de corte 36 kA a 400V y 1 interruptor automático en caja moldeada con bloque diferencial tetrapolar de 800 A y 300 mA. Incluido pequeño material de montaje y colocación. Totalmente montado, probado y funcionando.		
<b>CECA2</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO CA</b>	u	1
	Cuadro de protección corriente alterna para generación desde los módulos de baterías en baja tensión de 400A, instalado en hornacina de hormigón. Compuesto de 2 interruptores magnetotérmicos tripolares de 200 A y con poder de corte 36 kA a 400V y 1 interruptor automático en caja moldeada con bloque diferencial tripolar de 400 A y 300 mA. Incluido pequeño material de montaje y colocación. Totalmente montado, probado y funcionando.		
<b>09</b>	<b>TOMA TIERRA</b>		
<b>TTC35</b>	<b>TOMA TIERRA INDEPENDIENTE</b>	m	25
	Suministro e instalación de toma de tierra independiente de profundidad compuesta por conductor de cobre desnudo de 35mm <sup>2</sup> . Instalación según planos. Incluyendo accesorios de instalación y pequeño material. Totalmente conexiada y probada. Según REBT, ITC-BT-18 e ITC-BT-26.		
<b>TTCE1</b>	<b>CONEXIÓN A TIERRA INVERSORES</b>	u	6
	Conexión a la red de tierra de inversores, realizada con conductor unipolar aislado HV07-K de 16 mm <sup>2</sup> verde-amarillo, para una tensión nominal de 450/750 V, conectando a tierra todas las partes metálicas existentes y todos los elementos conductores que resulten accesibles. Totalmente conexiada y probada según REBT, ITC-BT-18, ICT-BT-26, ICT-BT-27.		
<b>CEM16</b>	<b>CONEXIÓN A TIERRA MÓDULOS Y ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>	m	100
	Conexión a la red de tierra de módulos fotovoltaicos y estructuras metálicas de la instalación, conexiada de equipotencialidad con cableado unipolar aislado HV07-K de 6 mm <sup>2</sup> verde-amarillo. Incluye pequeño material y accesorios. Totalmente conexiada y probada según REBT, ITC-BT-18, ICT-BT-26, ICT-BT-27.		
<b>10</b>	<b>MONITORIZACIÓN Y CONTROL</b>		
<b>DLH3A</b>	<b>DATALOGGER</b>	u	1
	Suministro e instalación de registrador de datos HUAWEI SMARTLOGGER-3000A. Incluido pequeño material y accesorios. Totalmente montado, instalado, programado y funcionando.		
<b>ME604</b>	<b>ANALIZADOR DE ENERGÍA</b>	u	1
	Medidor de energía inteligente universal trifásico JANITZA UMG 604-PRO. Incluye transformadores de corriente, accesorios y pequeño material. Totalmente montado, configurado y funcionando.		
<b>EMS14</b>	<b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA</b>	u	1
	Suministro e instalación de estación meteorológica compuesta de un sensor de irradiancia, un sensor de temperatura ambiente, un sensor de temperatura del módulo y un anemómetro. Totalmente montada, configurada y funcionando.		
<b>CC4R5</b>	<b>CABLEADO DE COMUNICACIÓN RS485</b>	m	230
	Suministro e instalación de cable eléctrico RS485 apantallado. Instalado según esquema unifilar, para interconectar registrador de datos con inversores, medidor de energía y estación meteorológica. Incluido pequeño material para la correcta conexión. Totalmente instalado, conexiada y probado.		
<b>CC4FE</b>	<b>CABLEADO DE COMUNICACIÓN FE</b>	m	15
	Suministro e instalación de cable eléctrico ethernet apantallado. Instalado según esquema unifilar, para interconectar registrador de datos con baterías. Incluido pequeño material para la correcta conexión. Totalmente instalado, conexiada y probado.		
<b>11</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>		
<b>ESS01</b>	<b>ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD</b>	u	1
	Estimación de costes de documentación previa y medios de seguridad y salud en el conjunto de toda la obra, según las especificaciones contenidas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud.		
<b>12</b>	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>		
<b>GRV01</b>	<b>PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	u	1
	Clasificación y depósito a pie de obra de los residuos de construcción y/o demolición, separándolos en las siguientes fracciones: hormigón, cerámicos, metales, maderas, vidrios, plásticos, papeles o cartones y residuos peligrosos; dentro de la obra en la que se produzcan, con medios manuales, y carga sobre camión. Incluye transporte a punto limpio y/o vertedero autorizado.		

## PRECIOS UNITARIOS

Código	Resumen	Uds	Precio
<b>01</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>		
U01EG	<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO</b> Observaciones básicas del terreno con una o dos perforaciones de hasta 6-10 metros de profundidad, pruebas de laboratorio y un informe geotécnico con recomendaciones para cimentación.	€	800,00
U01DB	<b>DESBROCE TERRENO</b> Desbroce y limpieza superficial de terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm, con carga y transporte de la tierra vegetal y productos resultantes a vertedero o lugar de empleo y con parte proporcional de medios auxiliares.	€/m2	0,80
C02TK	<b>COMPACTADO TIERRA SIN APORTE</b> Compactación de tierras propias, con rulo autopropulsado de 10 a 12 6 Tm., en una tongada de hasta 30 cm. de espesor máximo, i/regado de las mismas y p.p. de costes indirectos. Medida la unidad terminada según planos.	€/m2	0,57
<b>02</b>	<b>VALLADO PERIMETRAL Y SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA</b>		
ACER1	<b>VALLADO CON MALLA DE SIMPLE TORSIÓN</b> Vallado de parcela mediante malla de simple torsión, de 40 mm de paso de malla y 3 mm de diámetro, acabado galvanizado y postes de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 2 m de altura. Incluso replanteo, apertura de huecos, relleno de hormigón para recibido de los postes, colocación de la malla y accesorios de montaje y tensado del conjunto.	€/m	15,43
ACER3	<b>PUERTA DE ACCESO VEHÍCULOS DE DOBLE HOJA MALLA SIMPLE TORSIÓN</b> Puerta de doble hoja para acceso de vehículos constituida por cercos de tubo de acero galvanizado de 40x20x1,5 mm y 30x15x1,5 mm, bastidor de tubo de acero galvanizado de 40x40x1,5 mm con pletina de 40x4 mm y por malla de simple torsión, de 40 mm de paso de malla y 3 mm de diámetro, acabado galvanizado, fijada a los cercos y atirantada, para acceso mediante vehículos en vallado de parcela de malla metálica. Dimensiones de la puerta: 4,00 m (ancho) x 2,00 (alto). Incluso replanteo, apertura de huecos en el terreno, relleno de hormigón HM-20/B/20/1 para recibido de los postes, colocación y aplomado de la puerta sobre los postes, elementos de anclaje, herrajes de seguridad y cierre y accesorios de fijación y montaje. Totalmente montada.	€	359,55
SDVS3	<b>SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA</b> Suministro e instalación de sistema de videovigilancia completo compuesto de equipo de videoanálisis inteligente, grabador de video en red para cámaras, cámaras bullet fijas exterior, básculas para las cámaras así como cableado de alimentación y conexiones o cualquiera otro pequeño material necesario para su correcto funcionamiento. Medida la unidad completamente instalada, probada y funcionando.	€	2662,62
<b>03</b>	<b>ESTRUCTURA SOPORTE</b>		
SOP2F	<b>SOPORTE INCLINADO PARA TERRENO PARA 2 FILAS DE MÓDULOS. HINCADO</b> Estructura fija biposte para módulos fotovoltaicos, dispuestos verticalmente en dos filas, hincada en el terreno, inclinación de los módulos de 30º, estructura de acero S275 galvanizado en caliente por inmersión, sujeciones de módulos fabricadas en aluminio EN AW 6005A T6, distancia libre al suelo de 500 mm, comprobada ante acción del viento de hasta 150 Km/h y carga de nieve de 40 kg/m <sup>2</sup> . Incluido parte proporcional del montaje por operarios y de maquinaria para los trabajos (profundidad de hincado según estudio geotécnico). Totalmente montada e instalada en el terreno.	€	56,26
<b>04</b>	<b>CAMPO SOLAR</b>		
MFJ66	<b>MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO</b> Ud. Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino bifacial de 132 células(6x22), 580 Wp de potencia, dimensiones 2.278 x 1.134 mm, tensión en el punto de máxima potencia (Vmpp) 40,42 V, Intensidad en el punto de máxima potencia (Impp) 14,35 A, tensión a circuito abierto (Vca) 48,18 V, intensidad de cortocircuito (Icc) 15,21 A, Coef.temperatura para potencia (Pmax) -0,290%/°C, Coef.temperatura para intensidad (Icc) 0,046%/°C, Coef.temperatura para tensión (Voc) -0,260%/°C, Eficiencia: 22,5 %, TONC: 45+-2°C (Características eléctricas anteriores en condiciones STC), resistencia a carga mecánica superior a 5.400 Pa, caja de conexión IP68 con 3 diodos by-pass, peso 31,8 kg.Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. Completamente montado, probado y funcionando.	€	77,61
<b>05</b>	<b>SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA</b>		
INVP1	<b>INVERSOR TRIFÁSICO HUAWEI DE 100 kW</b> Inversor de string trifásico, potencia nominal de salida de 100 kW, con envolvente de aluminio para instalaciones en el exterior (IP 66) incluye hasta 20 entradas para strings de modulos fotovoltaicos, seccionadores en entrada de corriente continua, descargadores de sobretensión de tipo 2 en parte de continua y en parte de alterna, detector de fallos de aislamiento, protección anti-isla. Totalmente instalado y conexionado.	€	3925,25
ESS2H	<b>ESS HUAWEI LUNA2000-200KWH-2H1</b> Suministro y montaje de módulos de baterías según esquema de proyecto. Incluye transporte, cimentación, colocación y pequeño material. Totalmente conexionado y funcionando	€	64321,60
<b>06</b>	<b>ZANJAS Y CANALIZACIONES</b>		
ZA100	<b>ZANJA CIRCUITOS BT</b> Zanja para instalación en su interior de circuitos eléctricos en baja tensión, de 70 cm. de anchura y 1 metro de profundidad. Se incluye la excavación en terreno blando, lo colocación de la arena de protección del cable, el tendio del mismo por instalador autorizado según normativa vigente, el tapado en tongadas de 25 cm compactadas al 95% P.N., la cinta / placa de señalización homologada, así como la carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes. Medida la longitud ejecutada y probada, con entrega de planos as-built reales. Según detalle de planos.	€/m	12,96
ARQ08	<b>ARQUETA REGISTRABLE PREFABRICADA</b>	€	207,10

Arqueta para canalización eléctrica de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior, de medidas interiores 80x80x80 cm con tapa y marco de hormigón y formación de agujeros para conexiones de tubos, colocada sobre cama de arena de río de 10 cm de espesor y p.p. de medios auxiliares, incluyendo excavación y el relleno perimetral exterior. Medida la unidad instalada.

<b>TBC40</b>	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 40 MM ENTERRADO</b>	€/m	<b>2,87</b>
	Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 40 mm de diámetro para la conducción de cables de comunicaciones en instalación subterránea bajo terreno previsto.		
<b>TBC50</b>	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 50 MM ENTERRADO</b>	€/m	<b>3,55</b>
	Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 50 mm de diámetro para la conducción de cables de CC en instalación subterránea bajo terreno previsto.		
<b>TB180</b>	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 180 MM ENTERRADO</b>	€/m	<b>8,32</b>
	Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 180 mm de diámetro para la conducción de cables de CA en instalación subterránea bajo terreno previsto.		
<b>TB250</b>	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 250 MM ENTERRADO</b>	€/m	<b>9,58</b>
	Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 250 mm de diámetro para la conducción de cables de CA en instalación subterránea bajo terreno previsto.		
<b>BAP62</b>	<b>BANDEJA DE REJILLA 60X200 MM</b>	€/m	<b>13,81</b>
	Bandeja de rejilla de chapa galvanizada, de 60x200 mm, con soporte horizontal metálico. Se incluye los pequeños materiales y accesorios requeridos para su completa instalación.		
<b>07</b>	<b>CABLEADO Y PROTECCIONES CC</b>		
<b>CFVH6</b>	<b>CABLEADO H1Z2Z2-K UNIPOLAR 6 MM2</b>	€/m	<b>3,66</b>
	Cable solar H1Z2Z2-K 1500V 1 x 6 mm2 (negro y rojo) tendido en zanja y/o grapeado a bandeja , incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CECC1</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO CC</b>	€	<b>341,05</b>
	Caja de protección de corriente continua para series de módulos fotovoltaicos. Protecciones contra sobreintensidades por fusibles de 20A para polos positivos y negativos con un total de 26 fusibles, colocados en bases portafusibles seccionadoras. Montaje mural sobre estructura. Incluye accesorios y pequeño material. Completamente montado y conectado.		
<b>08</b>	<b>CABLEADO Y PROTECCIONES CA</b>		
<b>CR120</b>	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 120 MM2</b>	€/m	<b>29,09</b>
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 120 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CR150</b>	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 150 MM2</b>	€/m	<b>40,30</b>
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 150 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CR185</b>	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 185 MM2</b>	€/m	<b>76,27</b>
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 185 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CR630</b>	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 630 MM2</b>	€/m	<b>161,20</b>
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 630 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.		
<b>CECA1</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO CA</b>	€	<b>7188,65</b>
	Cuadro de protección corriente alterna para generación fotovoltaica en baja tensión de 800A, instalado en hornacina de hormigón. Compuesto de 4 interruptores magnetotérmicos tetrapolares de 200 A y con poder de corte 36 kA a 400V y 1 interruptor automático en caja moldeada con bloque diferencial tetrapolar de 800 A y 300 mA. Incluido pequeño material de montaje y colocación. Totalmente montado, probado y funcionando.		
<b>CECA2</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO CA</b>	€	<b>4943,02</b>
	Cuadro de protección corriente alterna para generación desde los módulos de baterías en baja tensión de 400A, instalado en hornacina de hormigón. Compuesto de 2 interruptores magnetotérmicos tripolares de 200 A y con poder de corte 36 kA a 400V y 1 interruptor automático en caja moldeada con bloque diferencial tripolar de 400 A y 300 mA. Incluido pequeño material de montaje y colocación. Totalmente montado, probado y funcionando.		
<b>09</b>	<b>TOMA TIERRA</b>		
<b>TTC35</b>	<b>TOMA TIERRA INDEPENDIENTE</b>	€/m	<b>6,50</b>
	Suministro e instalación de toma de tierra independiente de profundidad compuesta por conductor de cobre desnudo de 35mm2. Instalación según planos. Incluyendo accesorios de instalación y pequeño material. Totalmente conexionada y probada. Según REBT, ITC-BT-18 e ITC-BT-26.		
<b>TTCE1</b>	<b>CONEXIÓN A TIERRA INVERSORES</b>	€/m	<b>10,08</b>
	Conexión a la red de tierra de inversores, realizada con conductor unipolar aislado HV07-K de 16 mm2 verde-amarillo, para una tensión nominal de 450/750 V, conectando a tierra todas las partes metálicas existentes y todos los elementos conductores que resulten accesibles. Totalmente conexionada y probada según REBT, ITC-BT-18, ICT-BT-26, ICT-BT-27.		

<b>CEM16</b>	<b>CONEXIÓN A TIERRA MÓDULOS Y ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>	€/m	<b>3,30</b>
	Conexión a la red de tierra de módulos fotovoltaicos y estructuras metálicas de la instalación, conexionado de equipotencialidad con cableado unipolar aislado HV07-K de 6 mm <sup>2</sup> verde-amarillo. Incluye pequeño material y accesorios. Totalmente conexionada y probada según REBT, ITC-BT-18, ICT-BT-26, ICT-BT-27.		
<b>10</b>	<b>MONITORIZACIÓN Y CONTROL</b>		
<b>DLH3A</b>	<b>DATALOGGER</b>	€	<b>1132,55</b>
	Suministro e instalación de registrador de datos HUAWEI SMARTLOGGER-3000A. Incluido pequeño material y accesorios. Totalmente montado, instalado, programado y funcionando.		
<b>ME604</b>	<b>ANALIZADOR DE ENERGÍA</b>	€	<b>734,55</b>
	Medidor de energía inteligente universal trifásico JANITZA UMG 604-PRO. Incluye transformadores de corriente, accesorios y pequeño material. Totalmente montado, configurado y funcionando		
<b>EMS14</b>	<b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA</b>	€	<b>966,30</b>
	Suministro e instalación de estación meteorológica compuesta de un sensor de irradiancia, un sensor de temperatura ambiente, un sensor de temperatura del módulo y un anemómetro. Totalmente montada, configurada y funcionando.		
<b>CC4RS</b>	<b>CABLEADO DE COMUNICACIÓN RS485</b>	€/m	<b>4,68</b>
	Suministro e instalación de cable eléctrico RS485 apantallado. Instalado según esquema unifilar, para interconectar registrador de datos con inversores, medidor de energía y estación meteorológica. Incluido pequeño material para la correcta conexión. Totalmente instalado, conexionado y probado.		
<b>CC4FE</b>	<b>CABLEADO DE COMUNICACIÓN FE</b>	€/m	<b>3,25</b>
	Suministro e instalación de cable eléctrico ethernet apantallado. Instalado según esquema unifilar, para interconectar registrador de datos con baterías. Incluido pequeño material para la correcta conexión. Totalmente instalado, conexionado y probado.		
<b>11</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>		
<b>ESS01</b>	<b>ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD</b>	€	<b>1048,00</b>
	Estimación de costes de documentación previa y medios de seguridad y salud en el conjunto de toda la obra, según las especificaciones contenidas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud.		
<b>12</b>	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>		
<b>GRV01</b>	<b>PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	€	<b>375,00</b>
	Clasificación y depósito a pie de obra de los residuos de construcción y/o demolición, separándolos en las siguientes fracciones: hormigón, cerámicos, metales, maderas, vidrios, plásticos, papeles o cartones y residuos peligrosos; dentro de la obra en la que se produzcan, con medios manuales, y carga sobre camión . Incluye transporte a punto limpio y/o vertedero autorizado.		



## PRESUPUESTO

Código	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>01</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>			<b>7.718,95 €</b>
U01EG	<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO</b> Observaciones básicas del terreno con una o dos perforaciones de hasta 6-10 metros de profundidad, pruebas de laboratorio y un informe geotécnico con recomendaciones para cimentación.	1	800,00	800,00 €
U01DB	<b>DESBROCE TERRENO</b> Desbroce y limpieza superficial de terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm, con carga y transporte de la tierra vegetal y productos resultantes a vertedero o lugar de empleo y con parte proporcional de medios auxiliares.	1000	0,80	800,00 €
C02TK	<b>COMPACTADO TIERRA SIN APORTE</b> Compactación de tierras propias, con rulo autopropulsado de 10 a 12 6 Tm., en una tongada de hasta 30 cm. de espesor máximo, i/regado de las mismas y p.p. de costes indirectos. Medida la unidad terminada según planos.	10735	0,57	6.118,95 €
<b>02</b>	<b>VALLADO PERIMETRAL Y SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA</b>			<b>10.737,17 €</b>
ACER1	<b>VALLADO CON MALLA DE SIMPLE TORSIÓN</b> Vallado de parcela mediante malla de simple torsión, de 40 mm de paso de malla y 3 mm de diámetro, acabado galvanizado y postes de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 2 m de altura. Incluso replanteo, apertura de huecos, relleno de hormigón para recibido de los postes, colocación de la malla y accesorios de montaje y tensado del conjunto.	500	15,43	7.715,00 €
ACER3	<b>PUERTA DE ACCESO VEHÍCULOS DE DOBLE HOJA MALLA SIMPLE TORSIÓN</b> Puerta de doble hoja para acceso de vehículos constituida por cercos de tubo de acero galvanizado de 40x20x1,5 mm y 30x15x1,5 mm, bastidor de tubo de acero galvanizado de 40x40x1,5 mm con pletina de 40x4 mm y por malla de simple torsión, de 40 mm de paso de malla y 3 mm de diámetro, acabado galvanizado, fijada a los cercos y atirantada, para acceso mediante vehículos en vallado de parcela de malla metálica. Dimensiones de la puerta: 4,00 m (ancho) x 2,00 (alto). Incluso replanteo, apertura de huecos en el terreno, relleno de hormigón HM-20/B/20/I para recibido de los postes, colocación y aplomado de la puerta sobre los postes, elementos de anclaje, herrajes de seguridad y cierre y accesorios de fijación y montaje. Totalmente montada.	1	359,55	359,55 €
SDV53	<b>SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA</b> Suministro e instalación de sistema de videovigilancia completo compuesto de equipo de videoanálisis inteligente, grabador de video en red para cámaras, cámaras bullet fijas exterior, básculas para las cámaras así como cableado de alimentación y conexiones o cualquier otro pequeño material necesario para su correcto funcionamiento. Medida la unidad completamente instalada, probada y funcionando.	1	2662,62	2.662,62 €
<b>03</b>	<b>ESTRUCTURA SOPORTE</b>			<b>47.708,48 €</b>
SOP2F	<b>SOPORTE INCLINADO PARA TERRENO PARA 2 FILAS DE MÓDULOS. HINCADO</b> Estructura fija biposte para módulos fotovoltaicos, dispuestos verticalmente en dos filas, hincada en el terreno, inclinación de los módulos de 30º, estructura de acero S275 galvanizado en caliente por inmersión, sujeciones de módulos fabricadas en aluminio EN AW 6005A T6, distancia libre al suelo de 500 mm, comprobada ante acción del viento de hasta 150 Km/h y carga de nieve de 40 kg/m². Incluido parte proporcional del montaje por operarios y de maquinaria para los trabajos (profundidad de hincado según estudio geotécnico). Totalmente montada e instalada en el terreno.	848	56,26	47.708,48 €
<b>04</b>	<b>CAMPO SOLAR</b>			<b>65.813,28 €</b>
MFJ66	<b>MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO</b> Ud. Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino bifacial de 132 células(6x22), 580 Wp de potencia, dimensiones 2.278 x 1.134 mm, tensión en el punto de máxima potencia (Vmpp) 40,42 V, Intensidad en el punto de máxima potencia (Imp) 14,35 A, tensión a circuito abierto (Vca) 48,18 V, intensidad de cortocircuito (Icc) 15,21 A, Coef.temperatura para potencia (Pmax) -0,290%/°C, Coef.temperatura para intensidad (Icc) 0,046%/°C, Coef.temperatura para tensión (Voc) -0,260%/°C, Eficiencia: 22,5 %, TONC: 45+-2°C (Características eléctricas anteriores en condiciones STC), resistencia a carga mecánica superior a 5.400 Pa, caja de conexión IP68 con 3 diodos by-pass, peso 31,8 kg.Incluido accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. Completamente montado, probado y funcionando.	848	77,61	65.813,28 €
<b>05</b>	<b>SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA</b>			<b>144.344,20 €</b>
INVP1	<b>INVERSOR TRIFÁSICO HUAWEI DE 100 kW</b> Inversor de string trifásico, potencia nominal de salida de 100 kW, con envoltorio de aluminio para instalaciones en el exterior (IP 66) incluye hasta 20 entradas para strings de módulos fotovoltaicos, seccionadores en entrada de corriente continua, descargadores de sobretensión de tipo 2 en parte de continua y en parte de alterna, detector de fallos de aislamiento, protección anti-isla. Totalmente instalado y conexionado.	4	3925,25	15.701,00 €
ESS2H	<b>ESS HUAWEI LUNA2000-200KWH-2H1</b> Suministro y montaje de módulos de baterías según esquema de proyecto. Incluye transporte, cimentación, colocación y pequeño material. Totalmente conexionado y funcionando	2	64321,60	128.643,20 €
<b>06</b>	<b>ZANJAS Y CANALIZACIONES</b>			<b>15.134,30 €</b>
ZA100	<b>ZANJA CIRCUITOS BT</b> Zanja para instalación en su interior de circuitos eléctricos en baja tensión, de 70 cm. de anchura y 1 metro de profundidad. Se incluye la excavación en terreno blando, lo colocación de la arena de protección del cable, el tendido del mismo por instalador autorizado según normativa vigente, el tapado en tongadas de 25 cm compactadas al 95% P.N., la cinta / placa de señalización homologada, así como la carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes. Medida la longitud ejecutada y probada, con entrega de planos as-built reales. Según detalle de planos.	270	12,96	3.499,20 €
ARQ08	<b>ARQUETA REGISTRABLE PREFABRICADA</b> Arqueta para canalización eléctrica de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior, de medidas interiores 80x80x80 cm con tapa y marco de hormigón y formación de agujeros para conexiones de tubos, colocada sobre cama de arena de río de 10 cm de espesor y p.p. de medios auxiliares, incluyendo excavación y el relleno perimetral exterior. Medida la unidad instalada.	6	207,10	1.242,60 €
TBC40	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 40 MM ENTERRADO</b> Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 40 mm de diámetro para la conducción de cables de comunicaciones en instalación subterránea bajo terreno previsto.	200	2,87	574,00 €
TBC50	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 50 MM ENTERRADO</b> Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 50 mm de diámetro para la conducción de cables de CC en instalación subterránea bajo terreno previsto.	450	3,55	1.597,50 €
TB180	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 180 MM ENTERRADO</b> Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 180 mm de diámetro para la conducción de cables de CA en instalación subterránea bajo terreno previsto.	375	8,32	3.120,00 €
TB250	<b>TUBO FLEXIBLE DE PE, DN 250 MM ENTERRADO</b> Suministro y montaje de tubo de polietileno corrugado de 250 mm de diámetro para la conducción de cables de CA en instalación subterránea bajo terreno previsto.	100	9,58	958,00 €
BAP62	<b>BANDEJA DE REJILLA 60X200 MM</b> Bandeja de rejilla de chapa galvanizada, de 60x200 mm, con soporte horizontal metálico. Se incluye los pequeños materiales y accesorios requeridos para su completa instalación.	300	13,81	4.143,00 €
<b>07</b>	<b>CABLEADO Y PROTECCIONES CC</b>			<b>19.451,92 €</b>
CFVH6	<b>CABLEADO H1ZZZ2-K UNIPOLAR 6 MM2</b>	4942	3,66	18.087,72 €

	Cable solar H1Z2Z2-K 1500V 1 x 6 mm <sup>2</sup> (negro y rojo) tendido en zanja y/o grapeado a bandeja , incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.			
CECC1	<b>CUADRO ELÉCTRICO CC</b>	4	341,05	1.364,20 €
	Caja de protección de corriente continua para series de módulos fotovoltaicos. Protecciones contra sobretensiones por fusibles de 20A para polos positivos y negativos con un total de 26 fusibles, colocados en bases portafusibles seccionadoras. Montaje mural sobre estructura. Incluye accesorios y pequeño material. Completamente montado y conectado.			
<b>08</b>	<b>CABLEADO Y PROTECCIONES CA</b>			<b>136.104,82 €</b>
CR120	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 120 MM2</b>	30	29,09	872,70 €
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 120 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.			
CR150	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 150 MM2</b>	1212	40,30	48.843,60 €
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 150 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.			
CR185	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 185 MM2</b>	255	76,27	19.448,85 €
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 185 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.			
CR630	<b>CABLEADO RZ1-K UNIPOLAR 630 MM2</b>	340	161,20	54.808,00 €
	Circuito trifásico unipolar instalado con cable de cobre clase 2 de 630 mm <sup>2</sup> de sección del tipo RZ1-K Cu (AS) 0.6/1KV de aislamiento nominal en AC, con aislamiento de XLPE y cubierta de PVC, libre de halógenos. Para montaje enterrado, incluyendo pequeño material eléctrico, totalmente instalado y probado según detalle de planos.			
CECA1	<b>CUADRO ELÉCTRICO CA</b>	1	7188,65	7.188,65 €
	Cuadro de protección corriente alterna para generación fotovoltaica en baja tensión de 800A, instalado en hornacina de hormigón. Compuesto de 4 interruptores magnetotérmicos tetrapolares de 200 A y con poder de corte 36 kA a 400V y 1 interruptor automático en caja moldeada con bloque diferencial tetrapolar de 800 A y 300 mA. Incluido pequeño material de montaje y colocación. Totalmente montado, probado y funcionando.			
CECA2	<b>CUADRO ELÉCTRICO CA</b>	1	4943,02	4.943,02 €
	Cuadro de protección corriente alterna para generación desde los módulos de baterías en baja tensión de 400A, instalado en hornacina de hormigón. Compuesto de 2 interruptores magnetotérmicos tripolares de 200 A y con poder de corte 36 kA a 400V y 1 interruptor automático en caja moldeada con bloque diferencial tripolar de 400 A y 300 mA. Incluido pequeño material de montaje y colocación. Totalmente montado, probado y funcionando.			
<b>09</b>	<b>TOMA TIERRA</b>			<b>552,98 €</b>
TTC35	<b>TOMA TIERRA INDEPENDIENTE</b>	25	6,50	162,50 €
	Suministro e instalación de toma de tierra independiente de profundidad compuesta por conductor de cobre desnudo de 35mm <sup>2</sup> . Instalación según planos. Incluyendo accesorios de instalación y pequeño material. Totalmente conexiónada y probada. Según REBT, ITC-BT-18 e ITC-BT-26.			
TTCE1	<b>CONEXIÓN A TIERRA INVERSORES</b>	6	10,08	60,48 €
	Conexión a la red de tierra de inversores, realizada con conductor unipolar aislado HV07-K de 16 mm <sup>2</sup> verde-amarillo, para una tensión nominal de 450/750 V, conectando a tierra todas las partes metálicas existentes y todos los elementos conductores que resulten accesibles. Totalmente conexiónada y probada según REBT, ITC-BT-18, ICT-BT-26, ICT-BT-27.			
CEM16	<b>CONEXIÓN A TIERRA MÓDULOS Y ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>	100	3,30	330,00 €
	Conexión a la red de tierra de módulos fotovoltaicos y estructuras metálicas de la instalación, conexiónado de equipotencialidad con cableado unipolar aislado HV07-K de 6 mm <sup>2</sup> verde-amarillo. Incluye pequeño material y accesorios. Totalmente conexiónada y probada según REBT, ITC-BT-18, ICT-BT-26, ICT-BT-27.			
<b>10</b>	<b>MONITORIZACIÓN Y CONTROL</b>			<b>3.958,55 €</b>
DLH3A	<b>DATALOGGER</b>	1	1132,55	1.132,55 €
	Suministro e instalación de registrador de datos HUAWEI SMARTLOGGER-3000A. Incluido pequeño material y accesorios. Totalmente montado, instalado, programado y funcionando.			
ME604	<b>ANALIZADOR DE ENERGÍA</b>	1	734,55	734,55 €
	Medidor de energía inteligente universal trifásico JANITZA UMG 604-PRO. Incluye transformadores de corriente, accesorios y pequeño material. Totalmente montado, configurado y funcionando			
EMS14	<b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA</b>	1	966,30	966,30 €
	Suministro e instalación de estación meteorológica compuesta de un sensor de irradiancia, un sensor de temperatura ambiente, un sensor de temperatura del módulo y un anemómetro. Totalmente montada, configurada y funcionando.			
CC4RS	<b>CABLEADO DE COMUNICACIÓN RS485</b>	230	4,68	1.076,40 €
	Suministro e instalación de cable eléctrico RS485 apantallado. Instalado según esquema unifilar, para interconectar registrador de datos con inversores, medidor de energía y estación meteorológica. Incluido pequeño material para la correcta conexión. Totalmente instalado, conexiónado y probado.			
CC4FE	<b>CABLEADO DE COMUNICACIÓN FE</b>	15	3,25	48,75 €
	Suministro e instalación de cable eléctrico ethernet apantallado. Instalado según esquema unifilar, para interconectar registrador de datos con baterías. Incluido pequeño material para la correcta conexión. Totalmente instalado, conexiónado y probado.			
<b>11</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>			<b>1.048,00 €</b>
ESS01	<b>ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD</b>	1	1048,00	1.048,00 €
	Estimación de costes de documentación previa y medios de seguridad y salud en el conjunto de toda la obra, según las especificaciones contenidas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud.			
<b>12</b>	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>			<b>375,00 €</b>
GRV01	<b>PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	1	375,00	375,00 €
	Clasificación y depósito a pie de obra de los residuos de construcción y/o demolición, separándolos en las siguientes fracciones: hormigón, cerámicos, metales, maderas, vidrios, plásticos, papeles o cartones y residuos peligrosos; dentro de la obra en la que se produzcan, con medios manuales, y carga sobre camión . Incluye transporte a punto limpio y/o vertedero autorizado.			

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

<i>Capítulo</i>	<i>Resumen</i>	<i>Importe</i>
01	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	7.718,95 €
02	VALLADO PERIMETRAL Y SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA	10.737,17 €
03	ESTRUCTURA SOPORTE	47.708,48 €
04	CAMPO SOLAR	65.813,28 €
05	SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA	144.344,20 €
06	ZANJAS Y CANALIZACIONES	15.134,30 €
07	CABLEADO Y PROTECCIONES CC	19.451,92 €
08	CABLEADO Y PROTECCIONES CA	136.104,82 €
09	TOMA TIERRA	552,98 €
10	MONITORIZACIÓN Y CONTROL	3.958,55 €
11	SEGURIDAD Y SALUD	1.048,00 €
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	375,00 €
	<b>Total</b>	<b>452.947,65 €</b>

