



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR
FOTOVOLTAICA EN MODO
AUTOCONSUMO PARA RIEGO DE
OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN**

Alumno: José Gutiérrez Sanz

Tutor: Prof. D. David Vera Candeas
Depto.: Ingeniería eléctrica

Septiembre, 2023

Índice

1. MEMORIA.....	4
1.1 Objeto	5
1.2 Introducción.....	6
1.3 Emplazamiento	8
1.4 Características de la instalación.....	9
1.5 Normativa Vigente aplicable	11
1.6 Programas utilizados	12
2. ANEXOS	13
2.1 Cálculo del generador fotovoltaico.....	14
2.2 Configuración de los strings.....	17
2.3 Estructura de los módulos.....	18
2.4 Inversor	19
2.4.1 Monitorización del inversor.....	22
2.5 Cálculo del Cableado.....	23
2.5.1 Cableado corriente continua	25
2.5.2 Cableado corriente alterna.....	27
2.6 Cálculo de protecciones	29
2.6.1 Protecciones en corriente continua.....	29
2.6.2 Protecciones en corriente alterna	31
2.6.2.1 Interruptor magnetotérmico.....	31
2.6.2.2 Interruptor diferencial.....	32
2.7 Puesta a tierra	33
2.8.1 Amortización	39
2.9 Fichas técnicas.....	41
2.9.1 Ficha módulo fotovoltaico.	41
2.9.2 Ficha estructura.	43
2.9.3 Ficha Inversor.....	45
2.9.4 Ficha monitorizador	47
2.9.5 Ficha cableado	48
2.9.5 Protecciones.....	52
2.9.5.1 Ficha magnetotérmico	52
2.9.5.2 Ficha diferencial	54
3. PRESUPUESTO	55

4. PLANOS.....	56
4.1 Plano de emplazamiento	57
4.2 Plano de implantación	58
4.3 Esquema unifilar	59
5. PLIEGO DE CONDICIONES	60
5.1 Objeto del pliego	61
5.2 Situación de las obras	61
5.3 Definición y atribuciones	61
5.3.1 Técnico Superior	61
5.3.2 Técnico de Grado Medio.....	61
5.3.3 Contratista.....	62
5.3.4 Promotor	62
5.4 Libro de órdenes.....	62
5.5 Ejecución del trabajo	62
5.5.1 Generalidades	63
5.5.2 Módulo fotovoltaico.....	63
5.5.3 Estructura soporte.....	64
5.5.4 Inversor	65
5.5.5 Sistema de monitorización	65
5.5.6 Cableado.....	66
5.5.7 Protecciones	66
5.5.8 Conexión a red	66
5.5.9 Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.	67
5.5.10 Armónicos y compatibilidad electromagnética.....	67
5.5.11 Medidas de seguridad	67
5.6 Instalaciones eléctricas.....	67
6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	69
6.1 Objeto del Estudio de Seguridad y Salud	70
6.2 Ámbito de aplicación.....	70
6.3 Obligaciones	71
6.3.1 Obligaciones del director facultativo de obra	71
6.3.2 Obligaciones empresas subcontratadas.....	72
6.4 Libro de incidencias.....	72
6.5 Paralizaciones en los trabajos	73
6.6 Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.	73
6.7 Propuestas de medidas preventivas para reducir los riesgos laborales	74

6.7.1	Protecciones personales	74
6.7.1.1	Protecciones de la cabeza	74
6.7.1.2	Protecciones de cuerpo.....	74
6.7.1.3	Protecciones de las extremidades superiores.....	75
6.7.1.4	Trabajos en alturas	75
6.7.2	Información Útil para Posibles Trabajos Posteriores	75
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	76
7.1	Libros y manuales técnicos	77
7.2	Páginas web de consulta	77
7.3	Softwares técnicos empleados.....	78

1. MEMORIA

1.1 Objeto

El objeto de este documento es definir las condiciones legales, técnicas, económicas y medioambientales para la construcción y futura operación de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica para autoconsumo con excedentes en una finca rústica dedicada a olivar de regadío con consumos eléctricos para el funcionamiento de las bombas.

Esta instalación se acoge a los beneficios y cumple los requerimientos definidos en el RD 244/2019. En este decreto, se aboga por el uso eficiente de la energía, adoptándose medidas de ahorro y utilización de fuentes de energía renovables que nos eximan de la dependencia de los combustibles fósiles.

El Autoconsumo constituye una manera eficiente de abordar esta cuestión, al eliminar los costes derivados del transporte de la energía desde los puntos de producción a los puntos de consumo. La tecnología fotovoltaica parte de la energía proporcionada gratuitamente por el Sol para transformarla en electricidad. Por tanto, aúna ahorro, eficiencia y uso de fuentes de energía renovables.

El proyecto constará de las siguientes partes principalmente:

- **Generador fotovoltaico**, formado por un conjunto de módulos fotovoltaicos. Éstos se encargan de transformar la energía que proviene de la radiación solar, por medio de los fotones, en electricidad en forma de corriente continua.
- **Inversor**, tiene como función principal transformar la corriente continua, generada por los módulos fotovoltaicos, en corriente alterna con la misma tensión, frecuencia y características que la red de distribución demande. Estos inversores nos permiten inyectar e importar en caso de no generar lo suficiente.
- **Cableado y protecciones**, existirá una parte del cableado que abarca desde la zona del generador hasta el inversor, en corriente continua. En corriente alterna, desde el inversor hasta el cuadro de protecciones, usaremos cable trifásico. Las protecciones tienen como función salvaguardar la instalación de sobretensiones.

1.2 Introducción

Las células fotovoltaicas son elementos semiconductores que permiten la transformación de la energía solar en eléctrica. Cada célula está formada por dos mallas de Silicio dopadas por impurezas en su estructura cristalina. Al exponer estas mallas a la radiación electromagnética solar, los fotones transmiten energía a los electrones, rompiéndose los enlaces y creando más electrones libres en una malla por lo tanto se incrementa la diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial en un circuito cerrado da lugar a una corriente eléctrica.

Las instalaciones fotovoltaicas que producen energía eléctrica para autoconsumo pueden estar o no interconectadas con la red de distribución. Si no lo están se consideran instalaciones aisladas.

Las instalaciones de autoconsumo interconectadas con la red se pueden clasificar como:

Autoconsumo SIN excedentes

Esta modalidad de instalaciones de autoconsumo está conectada a la red pero dispone de un sistema antivertido, por el cual los excedentes no vuelven a la red de distribución o transporte.

Autoconsumo CON excedentes

Estas instalaciones suministran energía eléctrica para el propio autoconsumo y además inyectan a la red de distribución o transporte los excedentes generados.

Las instalaciones CON excedentes serán:

a) Autoconsumo CON excedentes ACOGIDA A COMPENSACIÓN

En estas instalaciones el productor y consumidor se acogen al sistema de compensación por excedentes. El consumidor usa la energía generada en su instalación y compra energía de la red en momentos en los que la generación no satisfaga su consumo eléctrico.

Cuando se genera más energía de la que se consume, ésta se inyecta a la red y en los periodos de facturación, la factura que emite la comercializadora compensa el costo de la energía comprada a la red con la energía excedentaria inyectada a ésta. La compensación se hará según el valor del precio horario medio de la energía inyectada en ese momento.

b) Autoconsumo CON excedentes NO ACOGIDA A COMPENSACIÓN

A esta modalidad pertenecen los autoconsumos que no cumplen una serie de requisitos (potencia generada no supere los 100 kW, la fuente de energía no sea renovable,...) o que optan voluntariamente por no acogerse a esta modalidad.

La instalación proyectada es un *Autoconsumo con excedentes acogida a compensación*

1.3 Emplazamiento

La instalación proyectada está localizada en el polígono 13, parcela 118 del término municipal de Linares, en una finca de olivar de 150.483 m². El campo solar se ubicará en la cubierta de una nave industrial existente en la finca. Dentro de la nave hay habilitada una zona de vivienda. El uso y actividad de riego diurno es totalmente compatible con el desarrollo de una planta de producción fotovoltaica, dado que las bombas se activarán coincidiendo, en gran manera, con el horario de producción fotovoltaico, marcado por las horas de sol.

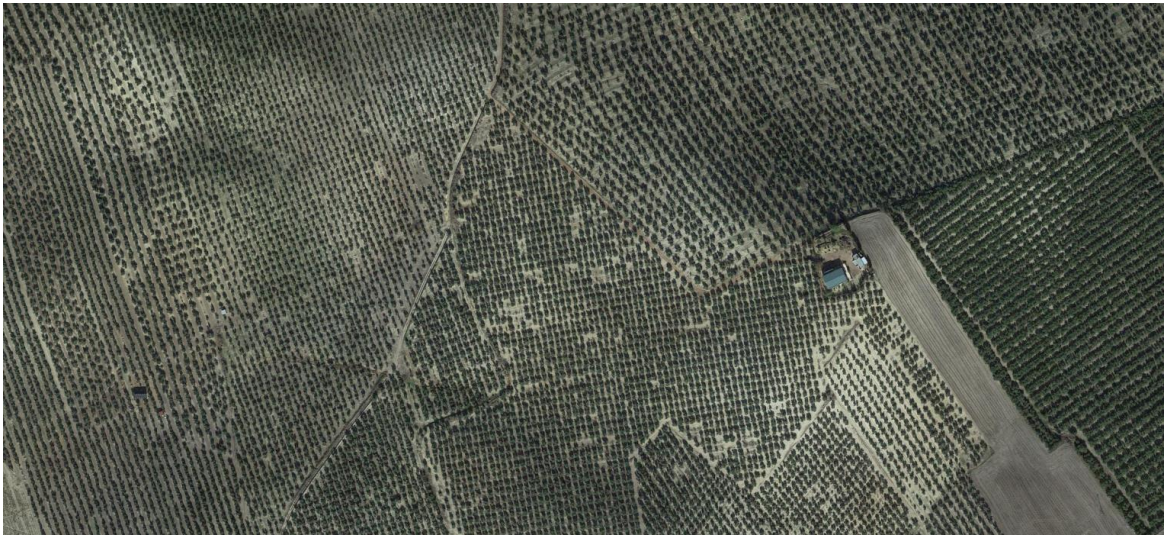


Ilustración 1. Situación geográfica de la finca, imagen de Google Earth.



Ilustración 2. Situación geográfica de la nave, imagen de Google Earth.

Coordenadas de la finca	
Latitud	Longitud
38° 04'02'' N	3° 38'28'' W

Tabla 1. Coordenadas de la instalación.

1.4 Características de la instalación

La nave tiene una cubierta a dos aguas. Una está orientada a Noroeste y la otra a Sureste, como se puede apreciar en la anterior ilustración. Aprovechamos esta última orientación que es favorable para la captación solar.

El azimut es - 25° y la inclinación, 10°. Teniendo en cuenta que la época de máxima utilización del sistema de regadío es durante la primavera y verano, un ángulo de inclinación de 10° favorece la captación en ambas estaciones, por lo que el montaje será coplanar con la cubierta.

No hay sombras que afecten al campo solar. Será necesario prolongar la estructura de sujeción en la zona de cumbrera para poder alojar los 48 módulos previstos. La superficie aproximada de cubierta a utilizar es de unos 140 m². El cuadro interior de protección está situado en la nave existente al Este. El inversor se ubicará en el interior de la nave donde se instala el campo solar, de la que saldrá una línea subterránea hasta alcanzar la otra nave.

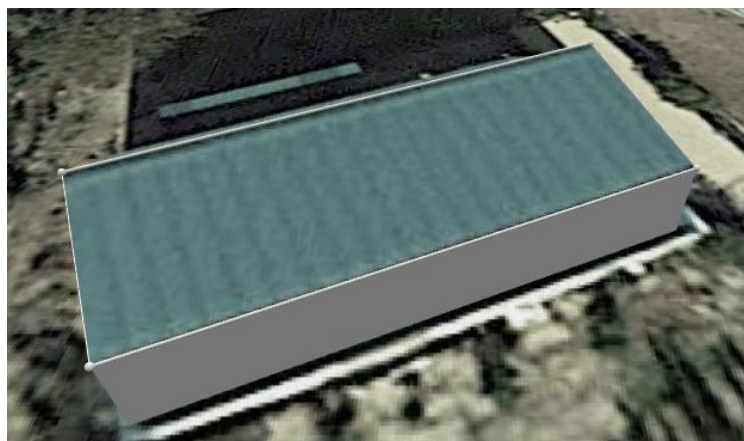


Ilustración 3. Situación de la cubierta, imagen de SolarEdge.

La instalación solar fotovoltaica ha de satisfacer las necesidades requeridas ppr la bomba de riego. En consecuencia, es necesario generar la cantidad de energía precisa para su alimentación, El excedente energético de los días en los que la bomba no sea utilizada, cuando no se riegue, se verterá a la compañía eléctrica y por lo tanto, se verá reducida la factura.

La instalación fotovoltaica estará conformada por módulos fotovoltaicos, los cuales se instalará sobre una estructura en la cubierta. Estos módulos, irán conectados al inversor, y este último, a la red eléctrica.

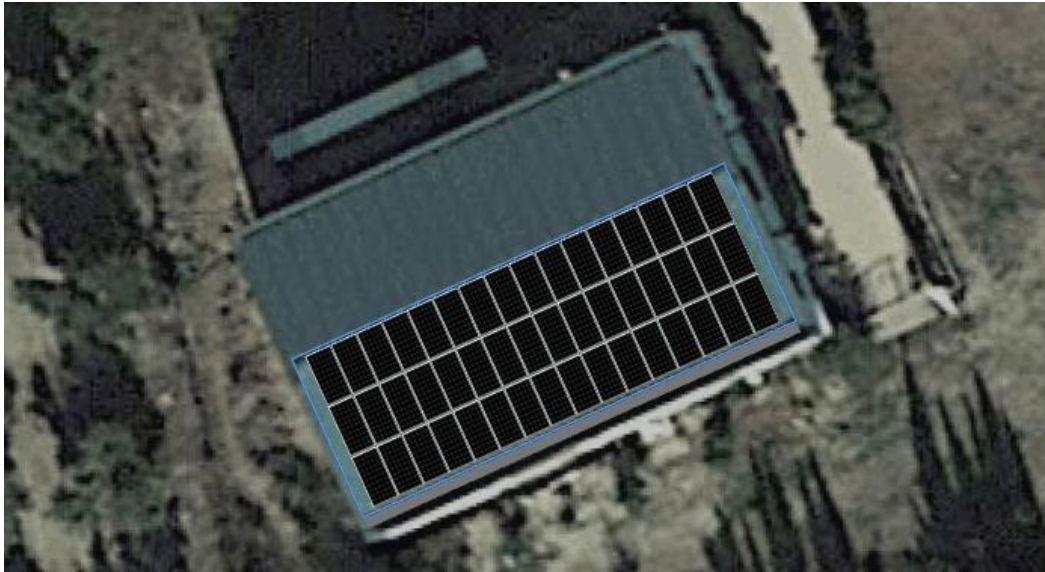


Ilustración 4. Distribución de los módulos fotovoltaicos, imagen de SolarEdge.

La bomba sumergida en el sondeo dispone de un motor Franklin Electric de 30 CV, (22,07 kW) para proporcionar el riego a los olivos de la finca. No existe balsa intermedia, impulsándose el agua directamente a los goteros ubicados en los olivos.

Como la potencia demandada total es de 24 kW se ha instalado un inversor de 25 KW trifásico, de acuerdo con la instalación existente en la finca. No obstante como la instalación está conectada a la red, los excesos o defectos de potencia demandadas por la bomba serán regulados por la red.



Ilustración 5. Bomba sumergible

1.5 Normativa Vigente aplicable

Los reglamentos y normativas, tanto a nivel municipal como estatal que se han tenido en cuenta para la realización de este proyecto son los siguientes:

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de pequeña potencia.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, sobre actividad de producción eléctrica.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, sobre condiciones administrativas en autoconsumo.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, sobre puntos de medida.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, sobre cálculo de retribución en distribución eléctrica.
- RDL 15/2018, de 5 de octubre, sobre medidas urgentes de transición energética y protección de consumidores.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, por el que se regula la conexión a red de transporte y distribución de instalaciones de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Plan General de Ordenación Urbanística de Linares.

1.6 Programas utilizados

Este proyecto se ha elaborado utilizando estos programas:

- Microsoft Office 2019
Para la redacción del propio proyecto, realización de cálculos y obtención de gráficos..
- PVsyst 7.3
Para realizar cálculos fotovoltaicos, toma de datos, gráficas y tablas.
- SolarEdge Designer
Para el diseño y distribución de los módulos.
- Sunny Design
Para cálculos de producción de la instalación fotovoltaica.
- PVGIS
Nos ha proporcionado información y datos de climatología de la zona con nuestra localización e inclinación.
- Google Earth Pro
Para la obtención de fotografías aérea de la localización de la finca y la cubierta.
- Presto 8.8
Para la realización del presupuesto dividido por capítulos.
- Autocad 2020
Para la realización de planos de la instalación.

2. ANEXOS

2.1 Cálculo del generador fotovoltaico

Los paneles solares o módulos fotovoltaicos son unos dispositivos tecnológicos que convierten la energía solar, captando los fotones, en energía eléctrica en forma de corriente continua (efecto fotovoltaico). Esto se lleva a cabo a partir de las células fotovoltaicas, que se fabrican mediante obleas de silicio principalmente. Estas células están interconectadas entre sí para conseguir tensiones elevadas y están montadas entre dos láminas de vidrio.

Los tipos de módulos fotovoltaicos más usados en la actualidad son los de silicio monocristalino y silicio policristalino. Las diferencias entre ambos son manifiestas. Los módulos monocristalinos tienen un rendimiento más elevado, la generación energética por unidad de superficie es mayor y por lo tanto su coste es más alto. A diferencia de éstos, los policristalinos generan menos energía por unidad de superficie y su coste es menor.

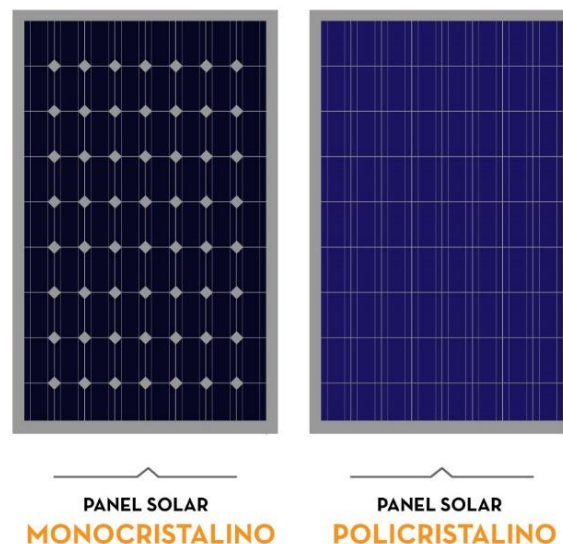


Ilustración 6. Tipos de paneles de Silicio.

Indicar que no existe un panel solar mejor que otro, aunque dadas las diferencias existentes entre los tipos de paneles, nos decantamos en nuestra elección teniendo en cuenta nuestro contexto. Al disponer de un superficie limitada elegimos los módulos monocristalinos para buscar el rendimiento mayor.

El módulo seleccionado para este proyecto es de la marca LONGi solar, modelo LR5-72HPH-535 de 144 células, tecnología half-cell:

- Tecnología de cristal de silicio monocristalino half cell (HC)
- Número de células: 144, 24 x 6
- Rendimiento módulo 20,9 % (alta eficiencia)
- Potencia máxima 535 Wp

La gran ventaja que aporta la tecnología de estos módulos es su rendimiento, con una eficiencia de 20,9%. La marca ofrece 12 años de garantía del producto y garantiza también su rendimiento, de tal manera que a los 25 años, sea del 84,8% del inicial.

Características físicas de los módulos

DIMENSIONES	LR5-72HPH-535M
Longitud (mm)	2278
Anchura (mm)	1134
Grosor (mm)	35
Peso (kg)	27,50
Área (m²)	2,58

Tabla 2. Características físicas del módulo

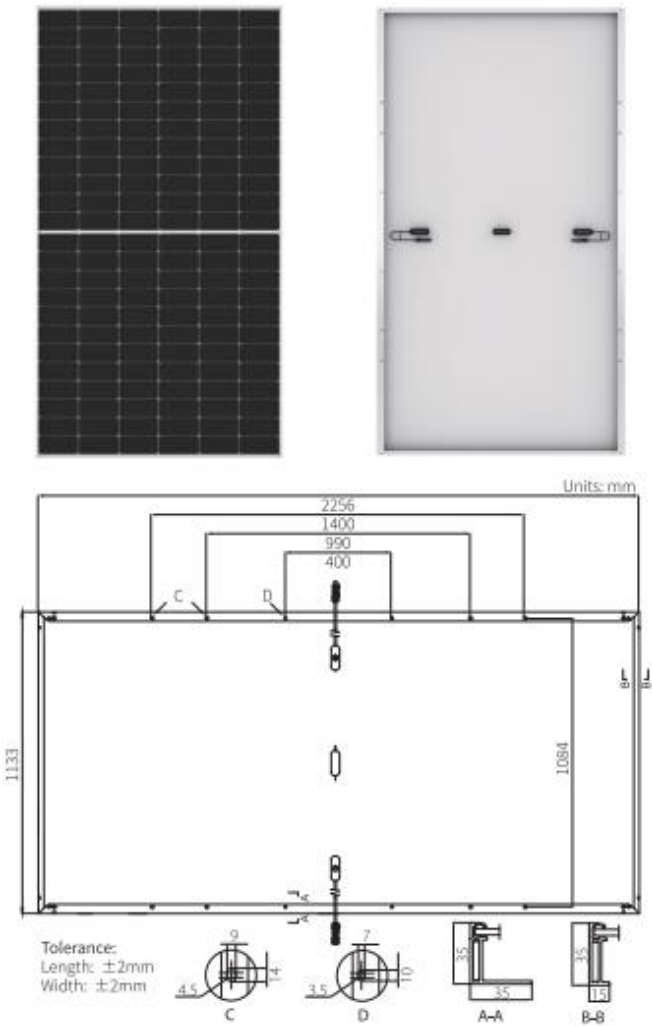


Ilustración 7. Medidas del módulo.

La distancia entre módulos será de 2 cm en sentido horizontal y en sentido vertical no habrá separación en sentido vertical. Estarán anclados mediante pinzas como se definirá más adelante.

Características eléctricas de los módulos

Máxima potencia (Pmax) (Wp)	535
Tensión a circuito abierto (Voc) (V)	49,35
Corriente de cortocircuito (Isc) (A)	13,78
Tensión de máxima potencia (Vmp) (V)	41,50
Corriente de máxima potencia (Imp) (A)	12,90
Eficiencia (%)	20,90

Tabla 3. Datos técnicos del módulo.

El comportamiento de los paneles ante la variación de temperatura es tal que la potencia máxima disminuye un 0,34% por cada grado que aumente la temperatura en condiciones STC como indica la tabla siguiente.

Coeficiente de temperatura de Isc	+0,050%/°C
Coeficiente de temperatura de Voc	-0,265%/°C
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0,340%/°C

Tabla 4. Coeficientes de temperatura del módulo.

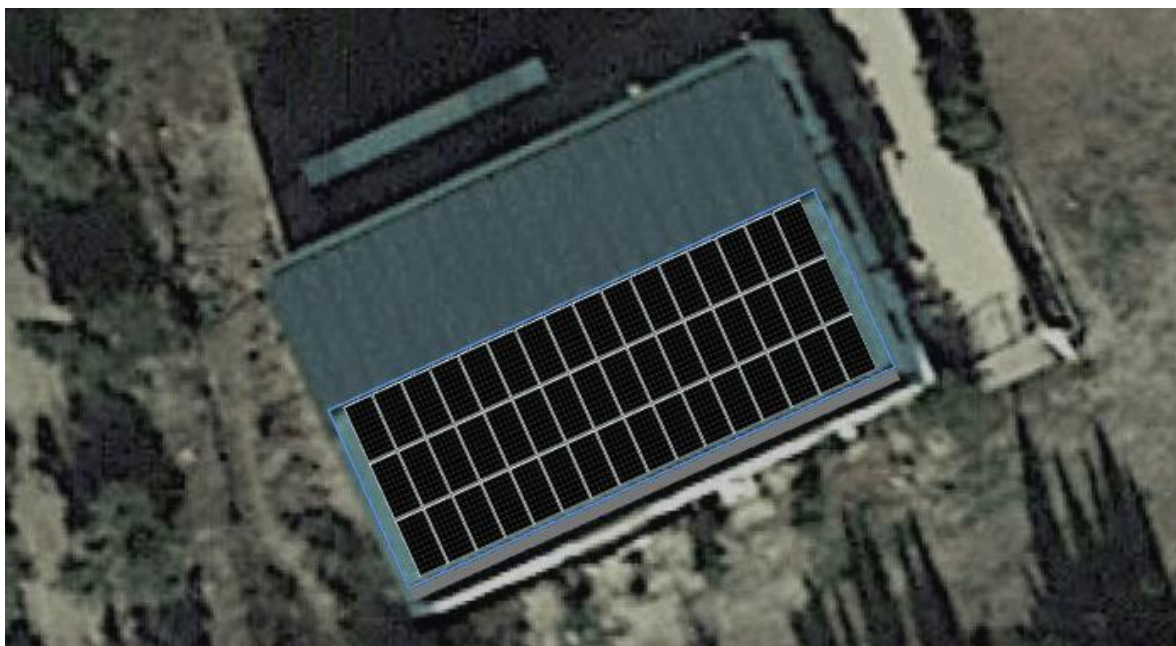


Ilustración 8. Predisposición módulos fotovoltaicos utilizando software SolarEdge.

La simulación del consumo y radiación con desarrollada con el software de diseño Sunny Design nos da como resultado una instalación de:

Potencia PICO / Nominal	25,68 kW/ 24,9 kW
Numero de Paneles	48 paneles fotovoltaicos de 535 W de potencia pico (potencia pico total 25,68 kW) en cuatro strings independientes de 12 paneles cada uno
Inversor	1 inversor de 24,9 kW
Gestor Inteligente	SMA Home Manager 2.0
Producción anual estimada	43,834 kWh

Tabla 5. Datos instalación.

La simulación con PVsyst nos aporta datos similares de producción. En la siguiente tabla se muestran las características eléctricas nominales de los grupos de los módulos fotovoltaicos, teniendo en cuenta las condiciones estándar de medida. Nuestra instalación tiene una potencia instalada de **25,68 KWp** Destacar que la instalación cuenta con cuatro strings formada por doce módulos cada una.

2.2 Configuración de los strings

Los strings son el conjunto de módulos que conectamos en serie en una instalación y que se conectan al inversor para la transformación de la energía eléctrica generada en corriente continua a corriente alterna. Como ya se ha expuesto tenemos cuatro strings de doce módulos. La configuración de los strings está representada en el plano de implantación.

Estos son los valores que nos aporta esta configuración que favorece que el inversor trabaje en rangos de tensión favorables como se verá posteriormente.

Número de módulos	12	48
Configuración	1 serie de 12	4 series de 12
Pmax (KWp)	6,42	25,68
Vmp (V)	498	498
Imp (A)	12,90	51,6
Voc (V)	592,20	592,20
Isc (A)	13,78	55,12

Tabla 6. Configuración de los módulos.

2.3 Estructura de los módulos

Nuestra cubierta es una chapa trapezoidal. Sobre ésta se colocará un sistema de soportes con raíles cortos, para reducir costes de material y un manejo sencillo, fabricados en aluminio, con unas fuerzas de sujeción elevadas a través de fijación directa sin arranque de viruta con tornillos para esta chapa fina homologados según normativa de la construcción. Nos permite colocar los módulos de forma coplanar a la cubierta y aprovechar la inclinación de ésta.



Ilustración 9. Estructura de montaje.

Antes del montaje, se medirá el bloque de módulos sobre la cubierta para determinar la posición de los elementos de fijación según la orientación de los módulos. En este caso en vertical como se muestra en la ilustración 4.

Después de señalar la posición de montaje de los raíles cortos, se colocarán unas pinzas sobre éstos para sujetar los módulos. Se utilizará la protección antideslizamiento en todos los módulos.

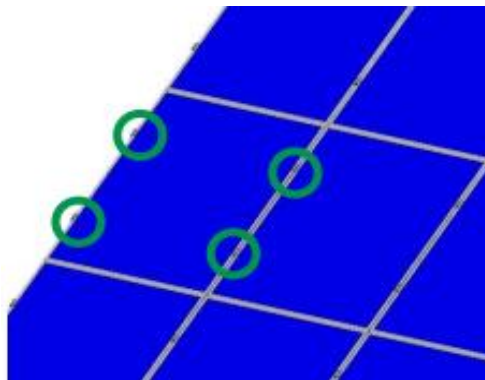


Ilustración 10. Colocación de las pinzas.

2.4 Inversor

Un inversor fotovoltaico es un convertidor que transforma la energía de corriente continua, producida por el generador fotovoltaico, en corriente alterna, de iguales características a la de la red eléctrica, para el posterior uso en el regadío de la finca o en la inyección a la propia red.

Se ha seleccionado el modelo TriPower 25000TL-30, con una potencia nominal de salida de 25 kW, de la marca SMA, tanto por sus características de rendimiento eléctrico, como por su diseño mecánico capaz de trabajar, tanto en intemperie, como en superficie cubierta. Además y no menos importante, es un modelo homologado por la empresa distribuidora, lo que facilita los procedimientos de instalación y conexión a red.

Nuestra instalación tendrá un inversor centralizado y dispone de dos entradas MPPT, donde se conectarán los cuatro strings que hemos diseñado. En cada una de las entradas se conectarán dos strings de doce módulos cada uno.

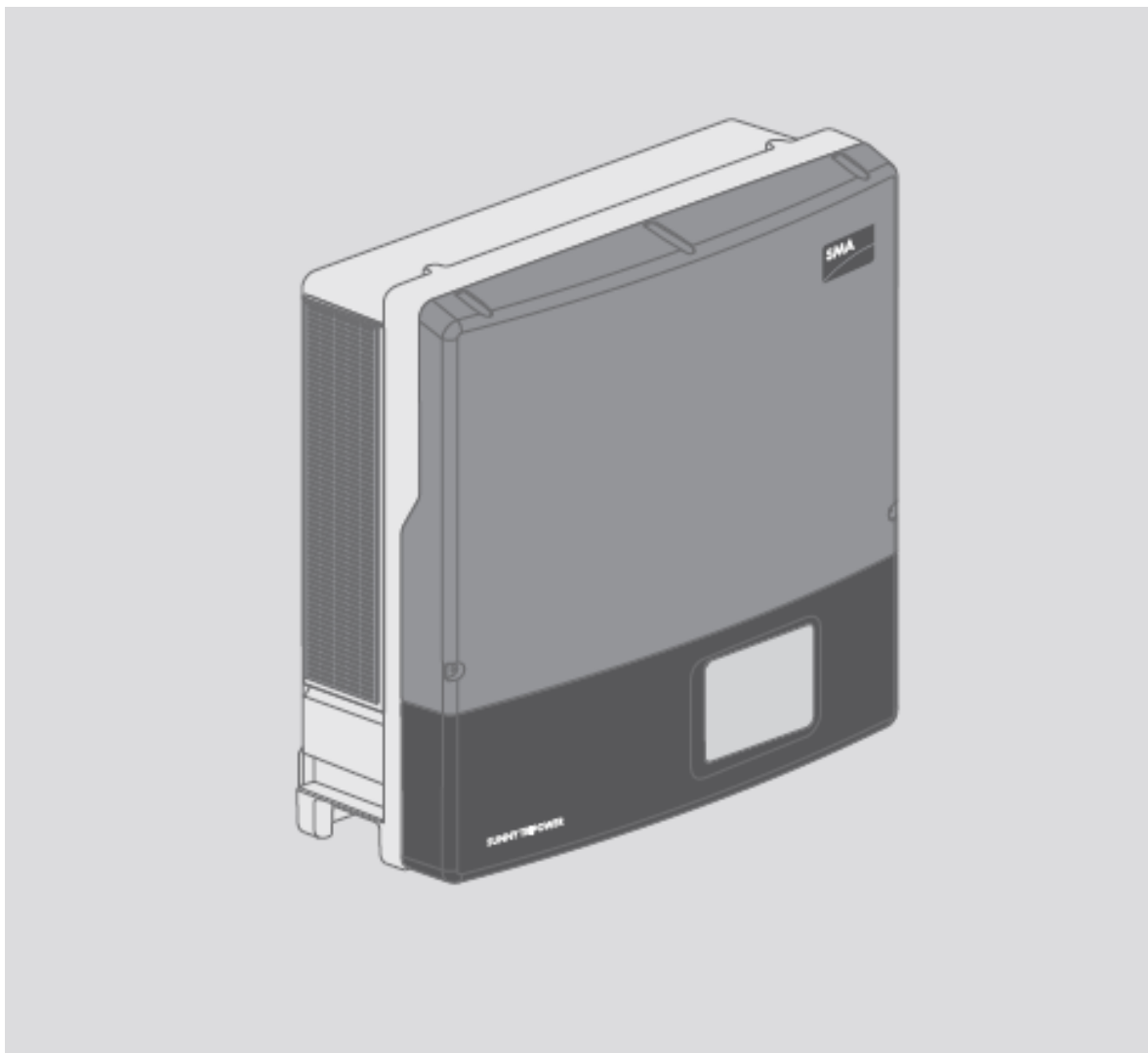


Ilustración 11. Inversor SMA TriPower 25000TL-30.

El SMA TriPower 25000TL-30 es un inversor Trifásico fotovoltaico sin transformador que proporciona corriente alterna trifásica partiendo de la corriente continua del generador fotovoltaico, apta para la red interior y la red pública. El inversor estará situado en la nave en la cual se colocarán los paneles

El inversor dispone de la posibilidad de monitorizar la instalación mediante el SMA Home Manager, con volcado de datos instantáneo.

Características físicas del inversor

Longitud (mm)	661
Anchura (mm)	682
Grosor (mm)	264
Peso (kg)	61

Tabla 7. Características físicas inversor

Características eléctricas del inversor

DATOS DE ENTRADA (DC)	
Máxima potencia generador FV (kWp)	45
Número de entradas MPPT	2
Rango de tensión optima (V)	390 a 800 / 600
Intensidad de cortocircuito máxima (Isc) (A)	43
Intensidad nominal máxima (Imp) (A)	33
Tensión de circuito abierto máxima (Voc) (V)	1000
DATOS DE SALIDA (AC)	
Tensión (V)	3 / N / PE; 230 / 400
Intensidad nominal máxima (A)	36,2
Potencia nominal (kW)	25
Frecuencia (Hz)	50 / 60

Tabla 8. Características eléctricas inversor.

Se observa en la siguiente ilustración que el rendimiento óptimo del inversor se consigue con una tensión nominal de 600 V, superándose el 98%.

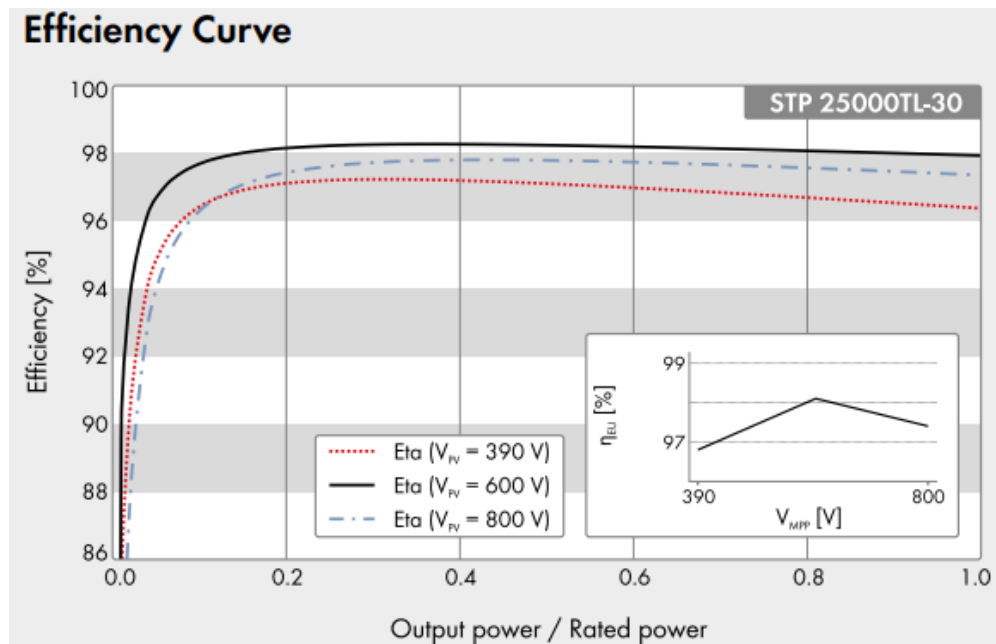


Ilustración 12. Curva de rendimiento del inversor.

Se concibe la instalación con cuatro strings de doce módulos cada uno. Dos irán conectados a la entrada "A" del inversor, y otros dos, a la entrada "B". La potencia pico de cada entrada será de 12,84 kW.

Se ha considerado el Acimut -25° (Sureste) y la inclinación de la cubierta de 10° con montaje coplanar.

	Entrada A:	Entrada B:
Número de strings:	2	2
Módulos fotovoltaicos:	12	12
Potencia pico (de entrada):	12,84 kWp	12,84 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 461 V	✓ 461 V
Tensión mín.:	423 V	423 V
Tensión de CC (Inversor): máx.	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 639 V	✓ 639 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	33 A	33 A
Corriente máx. del generador:	✓ 25,8 A	✓ 25,8 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	43 A	43 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 27,6 A	✓ 27,6 A

Ilustración 13. Datos entradas del inversor, utilizando software de SM.

De acuerdo con los datos facilitados por el software de SMA, la tensión mínima de corriente continua del inversor es de 150 V. Se comprueba que la tensión generada por los módulos con la configuración prevista es de 461 V. La tensión máxima del inversor es de 1.000 V, siendo la máxima tensión generada por los módulos de 639 V, muy próxima al óptimo de 600 V del inversor.

En cuanto a las intensidades, la corriente que circula por cada entrada es de 25,8 A, inferior a los 33 A máximos permitidos. La corriente de cortocircuito es de 27,6 A, inferior a la máxima permitida de 43 A.

2.4.1 Monitorización del inversor

La monitorización del inversor la realizamos mediante un registrador de datos adicional. Hemos escogido para esta tarea el meter Sunny Home Manager 2.0 que está conectado a internet y mediante una aplicación para el móvil nos comunica los valores de nuestra instalación, como generación de energía, autoconsumo, inyección a red o consumo de red en tiempo real.

Este dispositivo se conecta por una parte a las tres fases y neutro de corriente alterna y por la otra al lado del consumo, en el que se conectará a su vez la generación fotovoltaica



Ilustración 14. Sunny Home Manager 2.0.

2.5 Cálculo del Cableado

Los conductores utilizados en la instalación eléctrica deben de cumplir el RBT (Reglamento de Baja Tensión), respecto a sección, longitud y aislamiento..

En este apartado se definirán los tipos de cables y la sección de los mismos. Los cables utilizados serán de cobre.

En corriente continua utilizaremos un cable H1Z2Z2-K, libre de halógenos, de la marca General cable, de 6 mm². Indicar que en esta parte se utilizarán los siguientes códigos de colores:

- Rojo: Terminal positivo
- Negro: Terminal negativo
- Amarillo y verde: Toma de tierra

En la parte de alterna el cable será el modelo Exzhellent Compact 1000V RZ1-K, de 16mm², también de la marca General cable.

Para realizar el cálculo de sección del cableado tanto para corriente continua como para alterna utilizaremos una serie de parámetros y tablas que se muestran a continuación.

La caída de tensión admisible que utilizamos para corriente continua será de 1,5% de la tensión nominal (Vmp) y para corriente alterna utilizaremos el 1,5% de la tensión nominal de la red trifásica (400V).

Tabla A - Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados
Temperatura ambiente 40°C en el aire

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678
400	--	--	--	431	480	515	552	609	645	674	770	812
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.
A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 9. Tabla 1 ITB-BT-19.

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

Tabla 10. Conductividades según material y temperatura.

2.5.1 Cableado corriente continua

Indicar que la parte de cableado en corriente continua es la que comprende el tramo desde el generador fotovoltaico hasta el inversor. Este cálculo estará basado en dos criterios, criterio de intensidad y de caída de tensión.

Para la selección del cableado de corriente continua nos fijamos en el pliego de condiciones del IDEA, de instalaciones conectadas a red, que nos indica lo siguiente:

- El cableado de corriente continua debe tener un mínimo de aislamiento clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65, de acuerdo con la norma UNE 21123.
- Los conductores han de ser de cobre y con una caída de tensión máxima del 1,5 %, según indica la norma ITC-BT-40.
- El positivo y el negativo de las células fotovoltaicas deben ir separados.
- El cable ha de tener la suficiente longitud para evitar tiranteces que propicien roturas del cable o caídas de personas.

Las características del cable de este tramo de instalación son las siguientes:

- Longitud del cable: 30m.
- Material del cable: cobre.
- Temperatura de servicio: 90°C.
- Tipo de aislamiento: XLPE.
- Tipo de montaje: B1 para conductores aislados bajo tubo reforzado de PVC.

Para realizar el cálculo de la sección del cableado en corriente continua utilizaremos las siguientes fórmulas.

$$S_{min} = \frac{2L \cdot I_{max}}{\sigma \cdot \Delta U}$$

$$I_{max} = I_{sc} \cdot 1,1$$

$$\Delta U = 1,5\% \cdot V_{pm}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\sigma \cdot S}$$

S_{min} : Sección mínima del conductor

L : Longitud del conductor

I_{max} : Intensidad máxima

σ : Conductividad del cobre

ΔU : Caída de tensión máxima permitida

Con las características eléctricas de los módulos obtenemos los datos necesarios para realizar los cálculos.

El tramo de corriente continua que discurre desde los paneles hasta el inversor se alimenta de 12 módulos. La intensidad de cortocircuito será de 13,78 A.

Criterio de Intensidad

La corriente máxima que puede circular por los cables que van desde los paneles al cuadro general, aplicando la norma del ITC-BT-40.

$$I_{max} = I_{sc} \cdot 1,1 = 13,78 \cdot 1,1 = 15,16 \text{ A}$$

En la tabla 9 observamos que para nuestro montaje B1 y aislamiento (2 x XLPE) nos podría valer con la sección de 1,5 mm² porque la intensidad máxima admisible sería de 20 A.

Criterio de caída de tensión

$$\Delta U = 1,5\% \cdot V_{pm} = 1,5\% \cdot 12 \cdot 41,50 \text{ V} = 7,47 \text{ V}$$

$$S_{min} = \frac{2 \cdot 30 \text{ m} \cdot 15,16 \text{ A}}{44 \cdot 7,47 \text{ V}} = 2,77 \text{ mm}^2$$

Tendríamos que descartar la sección de 1,5 mm² y nos iríamos a la siguiente sección normalizada, la de 4 mm².

Aunque vemos que previsible la sección de 4 mm² nos valdría, en nuestro caso vamos a optar por seleccionar la sección de 6 mm² al ser mas comercial, polivalente para los instaladores, con la ventaja añadida de que la instalación tendrá menos pérdidas por caída de tensión.

Calculamos con la de 6 mm² la caída de tensión para comprobar que no supere la máxima, de 7,47 V

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 30 \text{ m} \cdot 15,16 \text{ A}}{44 \cdot 6 \text{ mm}^2} = 3,45 \text{ V}$$

$$3,45 \text{ V} < 7,47 \text{ V}$$

Vemos que esta sección es perfectamente válida por los dos criterios. La intensidad máxima admitible para una sección de 6 mm² es de 46 A.

2.5.2 Cableado corriente alterna

La parte del cableado de corriente alterna es la que engloba el tramo desde el inversor hasta el cuadro de protecciones de corriente alterna. Este cálculo estará igualmente basado en dos criterios, criterio de intensidad y criterio de caída de tensión.

Para el cableado en el lado de corriente alterna nos guiamos con las directrices del Reglamento Electrotécnico de Baja tensión. La intensidad máxima de los conductores estará dimensionada para 125% de la corriente del inversor, como indica la ITC-BT-40.

Las características del cable de este tramo de instalación son las siguientes:

- Longitud del cable: 45 m.
- Material del cable: cobre.
- Temperatura de servicio: 90°C.
- Tipo de aislamiento: XLPE.
- Tipo de montaje: B2 para conductores no aislados en montaje superficial.

Para el cálculo de la sección del cableado en corriente continua utilizaremos las siguientes fórmulas.

$$I_{inv} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{AC} \cdot \cos \varphi}$$

$$I_{max} = I_{inv} \cdot 1,25$$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{max} \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot \Delta U}$$

$$\Delta U = 1,5\% \cdot U_{AC}$$

I_{max}: Corriente máxima.

I_{inv}: Intensidad del inversor.

P_{max}: Potencia máxima que ofrece el inversor.

U_{AC}: Tensión nominal a la salida del inversor, al ser trifásica (400 V).

Al igual que anteriormente las características eléctricas de los módulos obtenemos los datos necesarios para realizar los cálculos. Los hacemos por los criterios de Intensidad máxima admisible y por el criterio de caída de tensión.

Criterio de Intensidad

Calculamos primero la intensidad del inversor.

$$I_{inv} = \frac{25000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,8} = 45,11 \text{ A}$$

Obtenemos la intensidad máxima.

$$I_{max} = 45,11 \text{ A} \cdot 1,25 = 56,38 \text{ A}$$

Con esta intensidad obtenida nos vamos a la tabla 1 de la ITC-BT-19 y seleccionamos para nuestro tipo de montaje la sección correspondiente y conductores y aislamiento 3 x XLPE. Nos podría valer la de 16 mm² (70 A), comprobamos a ver si es la idónea.

Criterio de caída de tensión

La caída de tensión máxima admisible será:

$$\Delta U = 1,5\% \cdot U_{AC} = 1,5 \% \text{ de } 400 \text{ V} = 6 \text{ V}$$

Sustituimos en la fórmula de la sección.

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \cdot 45 \text{ m} \cdot 56,38 \text{ A} \cdot 0,8}{44 \cdot 6V} = 13,32 \text{ mm}^2$$

Procedemos a seleccionar la siguiente sección normalizada. la de 16 mm². La máxima intensidad que circula por el conductor será de 56,38 A, como se había calculado anteriormente. El conductor de 16 mm² de sección admite 70 A, por lo que esta sección de cable nos vale sobradamente.

2.6 Cálculo de protecciones

En este apartado se calcularán las protecciones tanto en los tramos de corriente continua como en el de corriente alterna.

2.6.1 Protecciones en corriente continua

2.6.1.1 Fusibles

Los fusibles son dispositivos de seguridad de un circuito eléctrico que se funden cuando la intensidad de la corriente supera un límite determinado, protegiendo los elementos del circuito.

Comprobamos en primer lugar si es necesario la instalación de fusibles de corriente continua en los strings según normativa IEC 62548. Aplicamos la inecuación siguiente. Si se da la siguiente condición necesitaremos disponer de fusibles. En nuestro caso por cada entrada del inversor conectamos dos strings.

$$((Ns - 1) \cdot I_{sc_{mod}}) > I_{mod_max_ocpr}$$

Ns : Número de strings en paralelo.

$I_{sc_{mod}}$: Intensidad de cortocircuito del módulo o string.

$I_{mod_max_ocpr}$: Máximo valor de corriente nominal de los fusibles en serie.

$$((2 - 1) \cdot 13,78 \text{ A}) < 25 \text{ A}$$

Hemos seleccionado los datos de la ficha técnica del módulo. Realizamos la operación y vemos que no se cumple la condición. Por tanto, no es necesario instalar fusibles de corriente continua al tener dos strings por cada entrada MPPT.

Sin embargo, colocaremos fusibles de 25 A, es práctica habitual en el sector la colocación de éstos y facilita la posible ampliación de la instalación.

Según la ITC-BT-22 para el calcular la protección contra sobrecorrientes utilizaremos las condiciones que en la norma se nos indican.

Condición 1

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

I_B : Intensidad del circuito.

I_N : Intensidad nominal del interruptor.

I_Z : Intensidad máxima admisible conductor.

$$15,16 A \leq I_N \leq 46 A$$

Seleccionamos el fusible de 25 A porque cumple la primera condición. Probamos con la siguiente.

Condición 2

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$I_2 = 1,6 \cdot I_N$$

I_2 : Intensidad que asegura a largo tiempo el funcionamiento.

Sustituimos los valores y comprobamos

$$I_2 = 1,45 \cdot 25 A = 36,25 A$$

$$1,6 \cdot 25 A \leq 1,45 \cdot 46 A$$

Se comprueba que podemos colocar los fusibles de 25 A al cumplir ambas condiciones. Habrá, por tanto, dos fusibles por cada string, uno para cada polo, en total serán ocho fusibles.

2.6.1.2 Sobre tensiones

Las instalaciones fotovoltaicas están fuertemente determinadas por los fenómenos atmosféricos, así como por las sobre tensiones transitorias. Buena parte de las averías de

los inversores vienen provocadas por las sobretensiones, que tienen su origen en los fenómenos atmosféricos como caídas de rayos.

Los dispositivos contra sobretensiones regulan la tensión de un aparato desviando aquellas tensiones que superen el límite máximo de la instalación, de esta forma nunca se sobrepasa el umbral de seguridad.

En función de los datos, se decide instalar descargador de sobretensiones tipo II.



Ilustración 15. Sobretensiones.

2.6.2 Protecciones en corriente alterna

En este tramo de la instalación calcularemos las dimensiones del interruptor automático y del interruptor diferencial.

2.6.2.1 Interruptor magnetotérmico

Un magnetotérmico es un interruptor automático que evita las sobrecargas y cortocircuitos en la instalación cuando se sobrepasan los valores máximos fijados.

Nos basamos en la ITC-BT-22 para el calcular el interruptor magnetotérmico Utilizaremos las condiciones que en la norma se nos indican.

Condición 1

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

I_B : Intensidad del circuito.

I_N : Intensidad nominal del interruptor.

I_Z : Intensidad máxima admisible conductor.

$$36,2 A \leq 40 A \leq 70A$$

Seleccionamos el interruptor magnetotérmico de 40 A porque cumple la primera condición. Probamos con la siguiente.

Condición 2

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$I_2 = 1,6 \cdot I_N$$

I_2 : Intensidad que asegura a largo tiempo el funcionamiento.

Sustituimos los valores y comprobamos

$$I_2 = 1,6 \cdot 40 \text{ A} = 64 \text{ A}$$

$$64 \text{ A} \leq 1,45 \cdot 70 \text{ A}$$

Concluimos que es válido el interruptor automático seleccionado de 40 A. Hemos seleccionado el modelo Acti9 iC60N de la casa Schneider, tetrapolar, 40 A de intensidad nominal y una curva C, que cumple las condiciones.



Ilustración 16. Interruptor magnetotérmico.

2.6.2.2 Interruptor diferencial

El interruptor diferencial, es un dispositivo electromecánico localizado en el cuadro eléctrico, cuya función primordial consiste en interrumpir automáticamente el flujo eléctrico en caso de detectar una anomalía en el circuito.

Según la ITC-BT-24 elegiremos un interruptor diferencial de clase A con sensibilidad máxima de 30 mA. Este deberá garantizar la protección frente al contacto indirectos de los circuitos. El interruptor diferencial elegido será el A9R84440 de la casa Schneider electric, con 4 polos, 40 A de intensidad nominal y sensibilidad de 300 mA.



Ilustración 17. Interruptor diferencial.

2.7 Puesta a tierra

Todos los módulos han de estar conectados mediante una red de tierra para proteger de posibles sobretensiones generadas. El cable de tierra se conecta al punto específico indicado por el fabricante de los módulos.

Todos los módulos quedarán unidos por la línea de tierra conectada a una tierra independiente de la del neutro de la red de distribución. Según se indica en el esquema unifilar.

La canalización del cableado de puesta a tierra será conjunta con el cableado de continua y alterna de la instalación según aplique, siendo su sección la indicada en la tabla 2 de la ITC-BT-18.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm²)
S < 16	S (*)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 11. Tabla 2 ITC-BT-18

2.8 Estudio energético

Los datos meteorológicos utilizados para la simulación de la instalación son los relativos al punto dónde se ubicará la misma, con la inclinación de 10° y el azimut de -25°. Los hemos obtenido mediante PVsyst con los datos de PVGIS.

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
January	68.8	28.24	6.71	82.8	79.7	2004	370	136	1816	233
February	90.0	37.39	8.34	103.3	100.5	2494	370	148	2280	222
March	137.3	58.03	11.55	149.4	145.8	3539	2220	935	2509	1285
April	168.5	57.95	14.33	177.4	173.6	4122	5540	2290	1716	3250
May	205.0	71.86	18.89	208.0	203.9	4730	5540	2478	2114	3062
June	227.9	66.32	24.00	228.0	223.2	5057	7390	3316	1591	4074
July	240.0	59.75	27.06	241.6	237.0	5283	7390	3346	1778	4044
August	209.5	59.05	26.67	218.0	213.9	4806	7390	3131	1534	4259
September	154.5	54.62	21.61	166.3	162.5	3776	7390	2704	964	4686
October	112.0	50.67	16.94	125.3	122.0	2931	5540	1914	939	3626
November	73.4	31.27	10.35	86.7	83.7	2071	739	268	1746	471
December	62.0	29.38	7.41	74.2	71.3	1796	739	249	1501	490
Year	1748.6	604.54	16.20	1861.0	1817.0	42608	50618	20915	20489	29703

Tabla 12. Datos irradiación y viento, obtenidos del PVsyst.

Es de destacar en relación a las futuras condiciones de diseño de la instalación:

- La irradiación máxima se produce en el mes de Julio con 240 kWh/m². El mínimo de irradiación se produce en el mes de enero y da un valor medio de 68,8 kWh/m².
- El rango térmico medio de la zona es, en media de 6,71° C en enero a 27,06° C en julio, siendo la temperatura media anual de las medias mensuales de 16,20°.
- Hay cuatro meses con medias por encima de los 20° C, lo que implica máximas puntuales de hasta 45° C. Otros tres meses presentan medias por debajo de los 10° C.
- No es descartable algún día de invierno con heladas de - 4° C.
- La velocidad media del viento en Linares es máxima en abril y llega a los 2,3 m/s.

La inclinación de los módulos es de 10°, casi la óptima para los meses de verano, donde más producción generará la instalación, por lo que el montaje será coplanar a la cubierta que tiene esta inclinación. En la siguiente imagen de la simulación de PVsyst se observa.

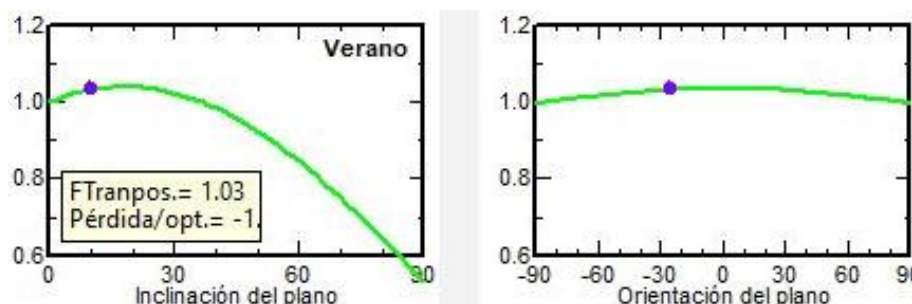


Ilustración 18. Datos de inclinación y orientación ideal en verano, obtenidos del PVsyst

Los usuarios tienen una tarifa 3.0TD, Tempo Open, contratada con Endesa Energía, S.A.U. La distribuidora es e-Distribución (Endesa). La tarifa contratada por los propietarios es de 0,1415 €/kWh, aunque en horas nocturnas aplica un descuento del 55%. Esto último no nos afecta dado que el gasto nocturno es nulo.

Tienen un gasto residual en la finca muy bajo todos los meses. El verdadero consumo se produce al accionar la bomba de riego en los meses de riego.

FECHA		ENERGÍA CONSUMIDA						
		ACTIVA			REACTIVA			Potencia Máxima (kW)
		LECTURA		kWh	LECTURA		kVARh	
DESDE	HASTA	DESDE	HASTA		DESDE	HASTA		
28/12/2020	23/01/2021	21324,000	21715,000	391,000	22346,000	22385,000	39,000	25,500
24/01/2021	02/03/2021	21715,000	22157,000	442,000	22385,000	22526,000	141,000	24,879
03/03/2021	05/04/2021	22157,000	32595,000	10438,000	22526,000	32081,000	9555,000	288,780
06/04/2021	30/04/2021	32595,000	33099,000	504,000	32081,000	32530,000	449,000	6,646
01/05/2021	31/05/2021	33099,000	33725,000	626,000	32530,000	33089,000	559,000	24
01/06/2021	30/06/2021	33725,000	39583,000	5858,000	33089,000	38760,000	5671,000	22
01/07/2021	31/07/2021	39583,000	46842,000	7259,000	38760,000	46403,000	7643,000	22
01/08/2021	31/08/2021	46842,000	53030,000	6188,000	46403,000	52995,000	6592,000	23
01/09/2021	30/09/2021	53030,000	57076,000	4046,000	52995,000	57556,000	4561,000	19
01/10/2021	31/10/2021	57076,000	64997,000	7921,000	57556,000	66164,000	8608,000	21
01/11/2021	30/11/2021	64997,000	71533,000	6536,000	66164,000	72881,000	6717,000	22
01/12/2021	31/12/2021	71533,000	72015,000	482,000	72881,000	73256,000	375,000	26

Tabla 14. Consumo año 2020.

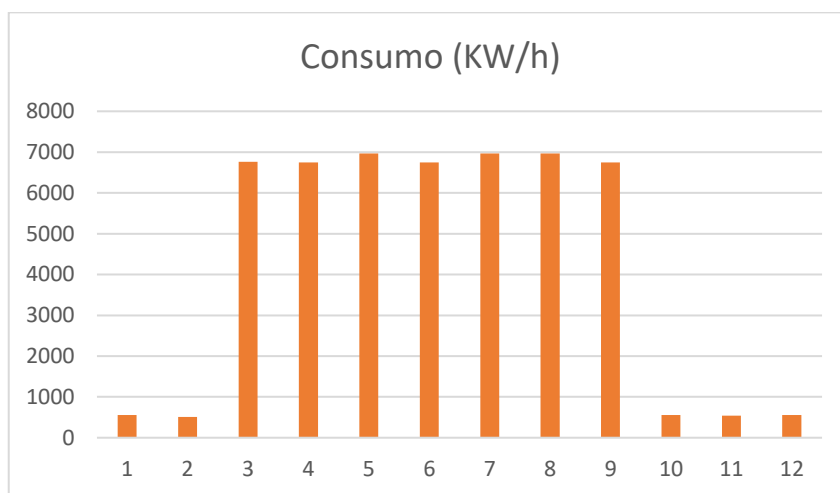
Se observa un error evidente en el periodo de marzo, ya que ni el consumo ni la potencia demandada resulta congruente.

Los consumos eléctricos presentan un pico en los meses de junio a noviembre. No obstante, las pautas de consumo se modificarán al adaptar el riego a la radiación anual, sin centrarse tanto en los seis meses citados. Se procurará distribuir el consumo a lo largo

de todo el año, a excepción de los periodos de recolección en las distintas parcelas. El consumo total anual actual es de unos 50.000 kWh aproximadamente.

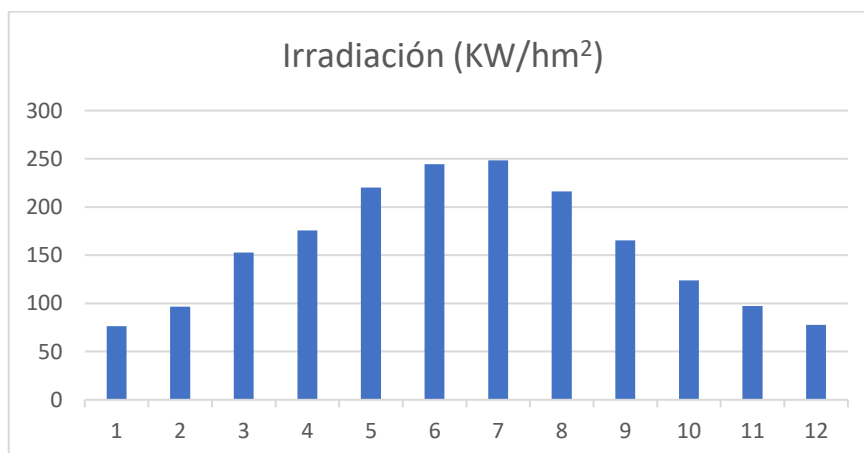
Las diferencias de demanda de un mes y otro son considerables. A partir de disponer de la instalación de generación se tratará de suavizar la estacionalidad que existe en la actualidad. Nos adaptaremos a la irradiación diaria, el riego se efectuará durante esas horas.

El perfil de consumo anual que tendríamos en la finca sería el de la siguiente gráfica donde se ve como el grueso del gasto energético es provocado por la bomba en los meses de más funcionamiento. Así optimizaríamos la instalación.



Gráfica 1. Perfil de consumo.

Mediante el software PVsist seleccionando los datos de PVGIS obtenemos los datos de producción en kWh/m² mes de Linares. El resultado se muestra en la siguiente gráfica.



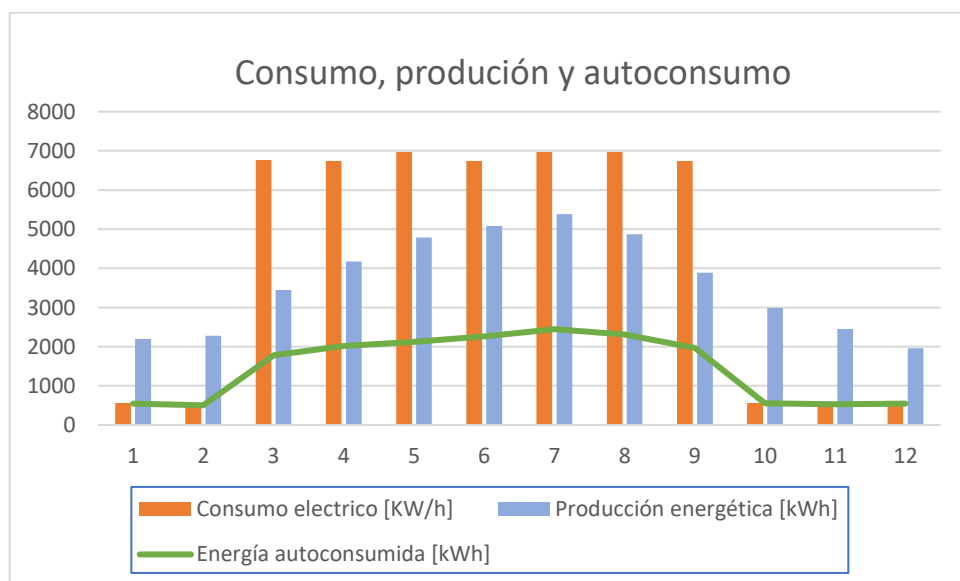
Gráfica 2. Datos irradiación.

Los meses de riego, como se ha expuesto anteriormente serán los de más irradiación y por lo tanto más generación de energía, por lo que aumentará el autoconsumo.

Mes	Consumo eléctrico [kWh]	Producción energética [kWh]	Energía autoconsumida [kWh]	Excedentes producción [kWh]	Toma de red [kWh]	Cuota de autoconsumo [%]
Enero	560	2193	549	1643	11	25
Febrero	506	2276	503	1773	3	22
Marzo	6763	3446	1782	1665	4981	52
Abril	6745	4172	2019	2153	4726	48
Mayo	6969	4788	2120	2668	4849	44
Junio	6745	5084	2263	2822	4482	45
Julio	6969	5385	2446	2939	4523	45
Agosto	6969	4869	2312	2557	4657	47
Septiembre	6745	3889	1967	1921	4777	51
Octubre	560	2991	555	2436	5	19
Noviembre	542	2447	531	1916	11	22
Diciembre	560	1956	542	1414	18	28
TOTAL	50.633	43.496	17.589	25.907	33.043	40

Tabla 15. Producción.

No obstante, al estar el riego programado de 12 a 16 h, habiendo más horas solares al día, gran parte de la electricidad producida será inyectada a la red como se observa en la siguiente tabla.



Gráfica 3. Autoconsumo.

La cuota de autoconsumo es del 40%, es decir, este valor es el que se autoconsume respecto a la generación. Tenemos una cuota autárquica del 34,7%, este dato se refiere al autoconsumo respecto al consumo.

Para calcular el ahorro que se produce con la instalación fotovoltaica procedemos a calcular por mes lo que dejamos de pagar en la factura eléctrica. Teniendo en cuenta el precio de la tarifa:

- Precio de compra de energía: 0,1415 €
- Precio de venta de energía: 0,08 €

Calculamos con estos precios y los consumos y excedentes por mes en la siguiente tabla donde calculamos el balance neto.

Mes	Precio Sin Autocons. (€)	Precio energía EXPORTADA (€)	Precio energía IMPORTADA (€)	BALANCE NETO (€)
Enero	79,24	131,44	1,56	0,00
Febrero	71,60	141,84	0,42	0,00
Marzo	956,96	133,2	704,81	571,61
Abril	954,42	172,24	668,73	496,49
Mayo	986,11	213,44	686,13	472,69
Junio	954,42	225,76	634,20	408,44
Julio	986,11	235,12	640,00	404,88
Agosto	986,11	204,56	658,97	454,41
Septiembre	954,42	153,68	675,95	522,27
Octubre	79,24	194,88	0,71	0,00
Noviembre	76,69	153,28	1,56	0,00
Diciembre	79,24	113,12	2,55	0,00
TOTAL	7.164,57	2.072,56	4.675,58	3.330,79

Tabla 16. Balance neto.

En un año natural el ahorro en la factura es de 3.330,79 € porque se aplica el balance neto. Este balance permite que la factura se quede a 0 € si el valor de la energía exportada supera al de la importada pero nunca te provoca ganancias en nuestra factura. Con este valor nos ahorraríamos el 46,5% de nuestra factura.

Si calculamos el ahorro en función de la energía autoconsumida respecto a la instalación sin fotovoltaica y le sumamos el importe creado por la energía inyectada a la red tenemos un valor superior y más real, de lo que nuestra instalación nos puede aportar en cuanto a ahorro en un año.

Mes	Precio Sin Autocons. (€)	Beneficio por Autoconsumo (€)	Beneficio por Excedentes	Ahorro
Enero	79,24	77,68	131,44	209,12
Febrero	71,60	71,17	141,84	213,01
Marzo	956,96	252,15	133,2	385,35
Abril	954,42	285,69	172,24	457,93
Mayo	986,11	299,98	213,44	513,42
Junio	954,42	320,21	225,76	545,97
Julio	986,11	346,11	235,12	581,23
Agosto	986,11	327,15	204,56	531,71
Septiembre	954,42	278,33	153,68	432,01
Octubre	79,24	78,53	194,88	273,41
Noviembre	76,69	75,14	153,28	228,42
Diciembre	79,24	76,69	113,12	189,81
TOTAL	7.164,57	2.488,84	2.072,56	4.561,40

Tabla 14. Ahorro con autoconsumo.

Supondría un valor de 4561,40 € constituyendo el 63,66% del precio actual de la factura sin autoconsumo.

2.8.1 Amortización

Para el cálculo de la amortización de esta instalación tenemos en cuenta el dato del valor del balance neto. Esta nos marca el ahorro en la instalación de la siguiente manera.

$$\text{Ahorro anual} = \text{Coste energía anual sin autoconsumo (€)} - \sum \text{Balance netomensual (€)}$$

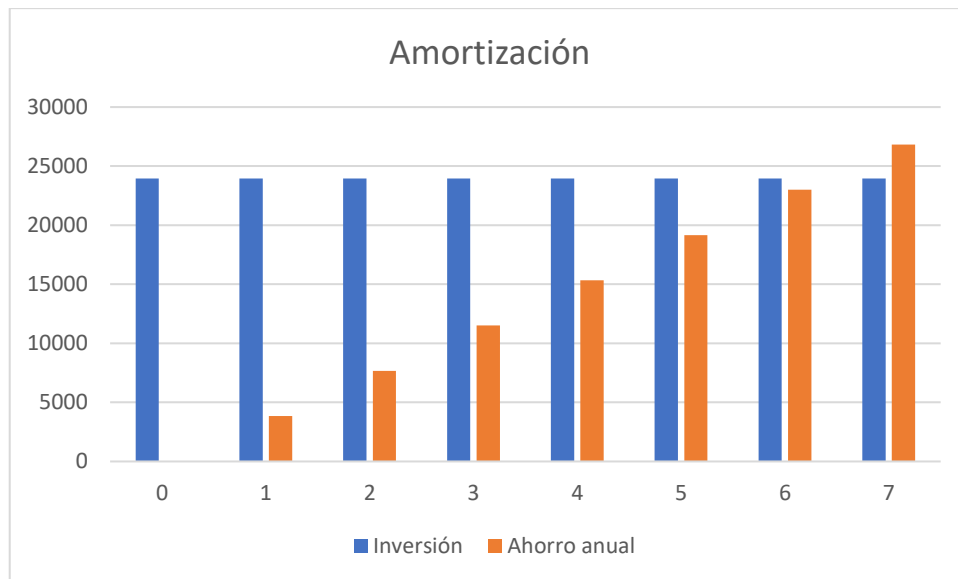
$$\text{Ahorro anual} = 7.164,57 \text{ €} - 3.330,79 \text{ €} = 3.833,78 \text{ €}$$

Realizamos el Payback

$$\text{Payback (años)} = \frac{\text{Coste instalación fotovoltaica (€)}}{\text{Ahorro anual (€)}}$$

$$\text{Payback (años)} = \frac{23.952,20 \text{ (€)}}{3.833,78 \text{ (€)}} = 6,24 \text{ años}$$

La amortización de la instalación se lleva a cabo poco después del sexto año. En el siguiente gráfico se observa la evolución desde el año 0, el desembolso inicial, hasta que el ahorro supera la inversión, a partir del año 6.



Gráfica 4. Años amortización.

2.9 Fichas técnicas.

2.9.1 Ficha módulo fotovoltaico.

Hi-MO 5m

LR5-72HPH

535~555M

- Based on M10-182mm wafer, best choice for ultra-large power plants
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - M10 Gallium-doped Wafer • Smart Soldering • 9-busbar Half-cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability



12-year Warranty for Materials and Processing



25-year Warranty for Extra Linear Power Output



21.7%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~3%
POWER
TOLERANCE

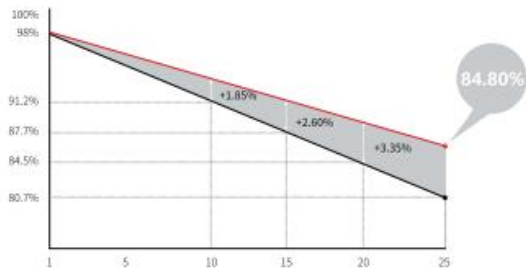
<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.55%
YEAR 2-25
POWER DEGRADATION

HALF-CELL
Lower operating temperature

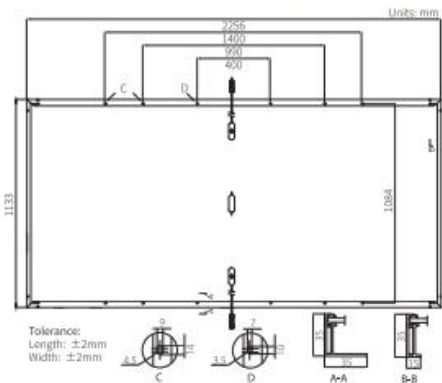
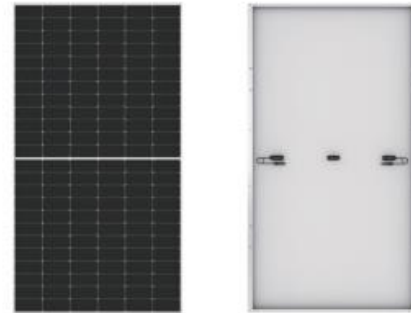
Additional Value

25-Year Power Warranty



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6 × 24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	27.2kg
Dimension	2256 × 1133 × 35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR5-72HPH-535M		LR5-72HPH-540M		LR5-72HPH-545M		LR5-72HPH-550M		LR5-72HPH-555M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	535	399.9	540	403.6	545	407.4	550	411.1	555	414.8
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.35	46.40	49.50	46.54	49.65	46.68	49.80	46.82	49.95	46.97
Short Circuit Current (Isc/A)	13.78	11.14	13.85	11.20	13.92	11.25	13.98	11.31	14.04	11.35
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.50	38.55	41.65	38.69	41.80	38.83	41.95	38.97	42.10	39.11
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.90	10.38	12.97	10.43	13.04	10.49	13.12	10.56	13.19	10.61
Module Efficiency(%)	20.9		21.1		21.3		21.5		21.7	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2 IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C

2.9.2 Ficha estructura.



Cubierta de chapa trapezoidal | Sistema de pinzas

Sistema de pinzas con fijación directa y módulos en horizontal



Componentes premontados para un montaje rápido

- Variante de montaje económica sobre chapa trapezoidal
- Menor coste logístico en la obra
- Montaje rápido y eficiente desde arriba
- Conductividad eléctrica entre el sistema de montaje y la chapa de la cubierta

Variantes de productos

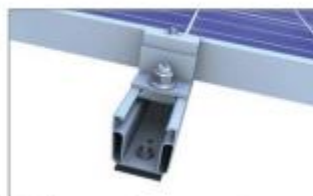
- Rail corto C24 como solución rentable con la que ahorrará en material
- Rail corto C47 para una buena ventilación posterior del módulo con suficiente espacio

Ventajas

- Pocos componentes, completamente premontados
- Menos costes de material y manejo sumamente sencillo
- Fuerzas de sujeción elevadas mediante fijación directa sin arranque de viruta con tornillos para chapa fina homologados según las normas de construcción
- Solo se requiere una herramienta de montaje



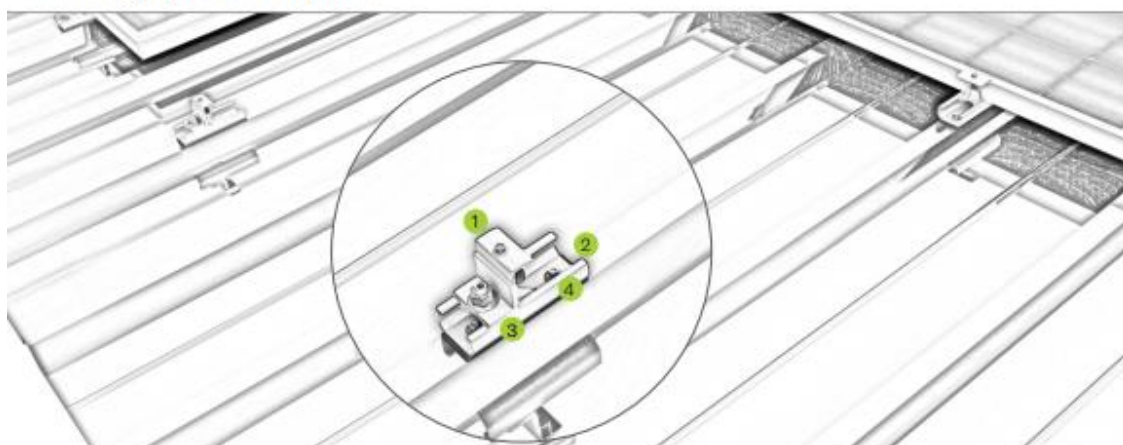
Variantes de rail corto con junta de EPDM



Fijación sobre el rail corto en montajes en horizontal



Pinza final en el rail corto C47

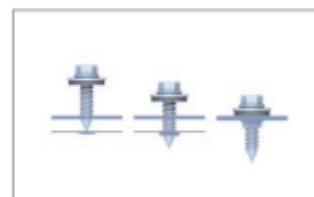


Designación

- | | |
|---|--|
| 1 | Pinza intermedia o final <ul style="list-style-type: none"> • Para marco del módulo de 30-42 mm y 43-52 mm • Fácil de montar gracias a la función de bloqueo |
| 2 | Raíl <ul style="list-style-type: none"> • Fijación en la cresta ahorrando en material • Completamente preconfeccionado con EPDM y trama perforada |
| 3 | Protección antideslizante del módulo <ul style="list-style-type: none"> • Ayuda de montaje en la hilera de módulos más baja • Fijación adicional de los módulos |
| 4 | Tornillo de fijación a chapa <ul style="list-style-type: none"> • Con homologación según las normas de construcción para fijación sin arranque de viruta • Fuerzas de sujeción elevadas gracias a la canalización |



Raíl corto C 33 para chapa ondulada



Tornillo sin arranque de virutas, grande fuerza de sujeción

Vídeo



2.9.3 Ficha Inversor

SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL



Intelligent service with SMA Smart Connected



SMA ShadeFix
STRING LEVEL OPTIMIZATION

Efficient

- Maximum efficiency of 98.4%
- Yield increase without installation effort due to integrated shade management SMA ShadeFix

Safe

- DC surge arrester (SPD type II) can be integrated

Flexible

- DC input voltage of up to 1000 V
- Multistring capability for optimum system design
- Optional display

Innovative

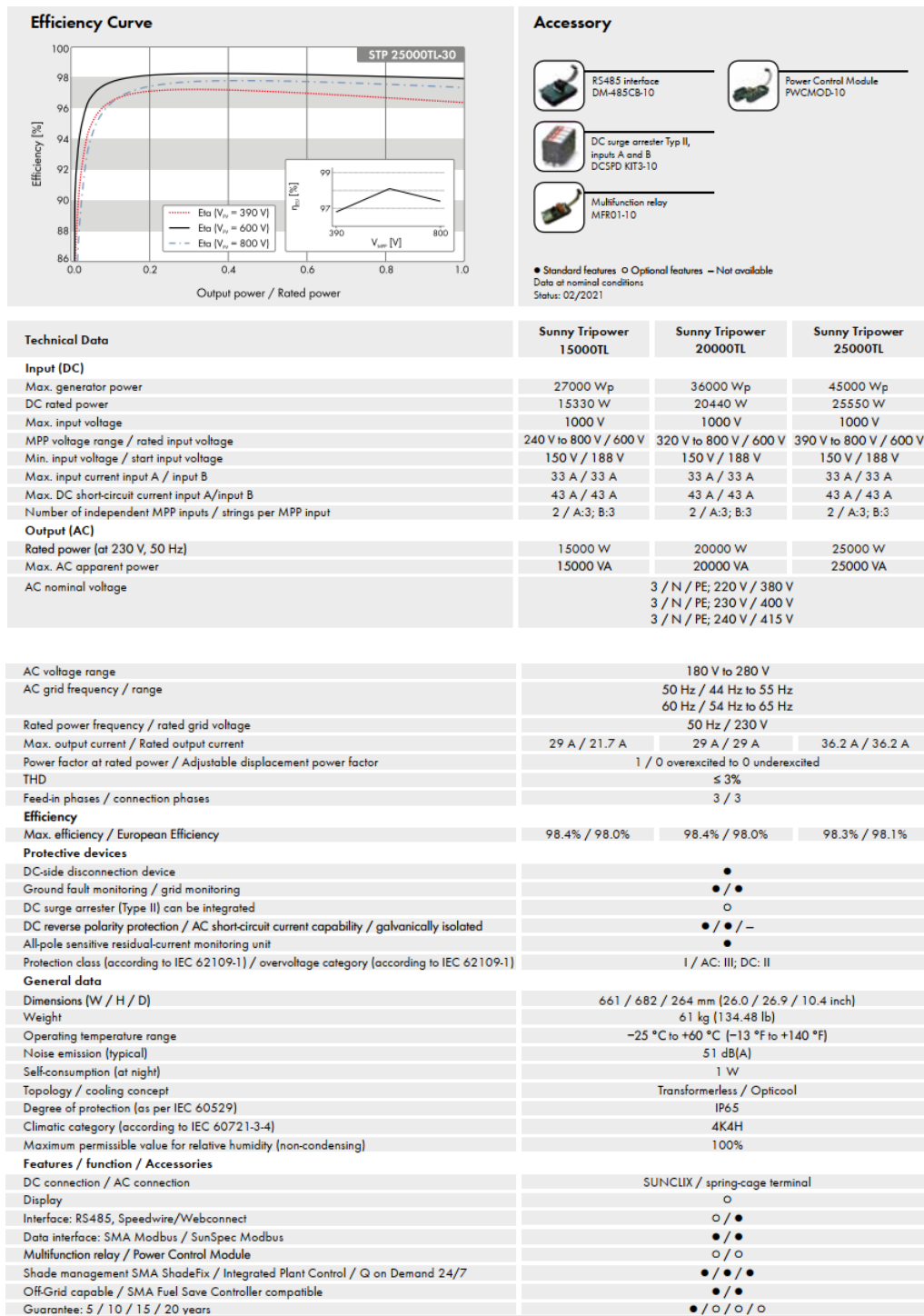
- Cutting-edge grid management functions with Integrated Plant Control
- Reactive power available 24/7 (Q on Demand 24/7)

SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL

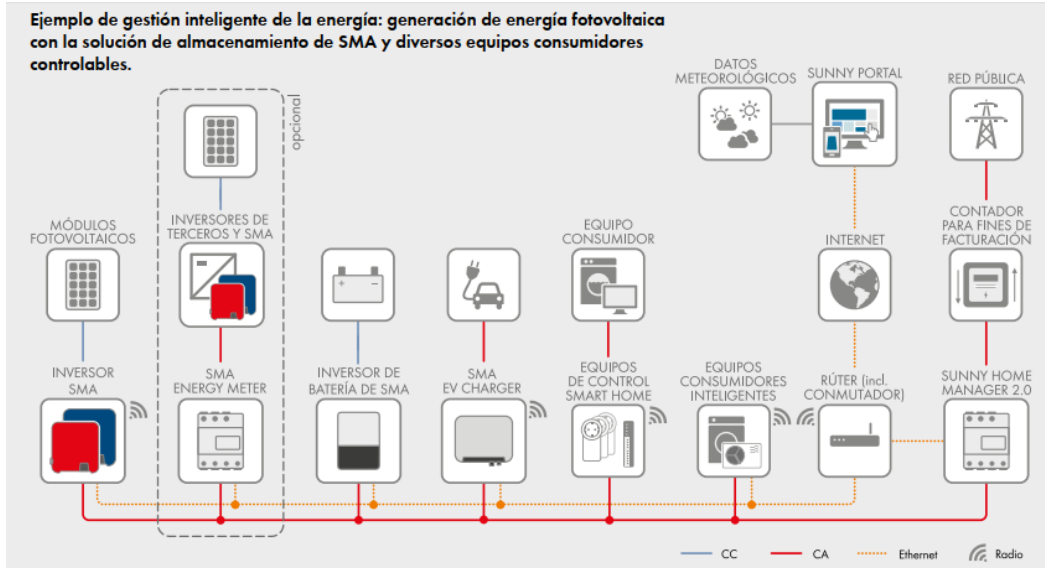
The versatile specialist for large-scale commercial plants and solar power plants

The Sunny Tripower is the ideal inverter for large-scale commercial and industrial plants. Not only does it deliver extraordinary high yields with an efficiency of 98.4%, but it also offers enormous design flexibility and compatibility with many PV modules thanks to its multistring capabilities and wide input voltage range.

The future is now: the Sunny Tripower comes with cutting-edge grid management functions such as Integrated Plant Control, which allows the inverter to regulate reactive power at the point of common coupling. Separate controllers are no longer needed, lowering system costs. Another new feature—reactive power provision on demand (Q on Demand 24/7).



2.9.4 Ficha monitorizador



Datos técnicos	Sunny Home Manager 2.0
Gestor energético	
Conexión con el rúter local	A través de cable ethernet (10/100 Mbit/s, conector RJ45)
Conexión de los inversores fotovoltaicos y sistemas de baterías de SMA	Ethernet o WLAN a través del rúter local
Conexión de equipos consumidores en la gestión de la energía	a. Conexión de datos directa (EEBus, SEMP) b. Conexión de datos indirecta (equipos conmutables compatibles)
Equipo de medición integrado	
Exactitud de medición	≤1 %
Ciclo de medición	200 ms, 600 ms o 1000 ms
Número máx. de equipos de la planta fotovoltaica (aparte del SMA Energy Meter)	
Equipos de la planta, en total	Hasta 24
de los cuales equipos consumidores con gestión activa de la energía	Hasta 12
Entradas (tensión y corriente)	
Tensión nominal	110 V/230 V/400 V
Frecuencia	50 Hz/60 Hz
Corriente nominal/límite por cada conductor de fase	5 A/63 A (>63 A combinado con transformadores de corriente externos)
Sección de conexión	De 10 mm² a 16 mm² (para protección de 63 A)
Par de apriete para bornes roscados	2,0 Nm
Condiciones ambientales durante el funcionamiento	
Temperatura ambiente	De -25 °C a +40 °C
Rango de temperatura de almacenamiento	De -25 °C a +70 °C
Clase de protección (según IEC 62103)	II
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP20
Valor máximo permitido para la humedad relativa del aire (sin condensación)	Del 5 % al 90 %
Altitud sobre el nivel del mar	De 0 m a 2000 m
Datos generales	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	70 mm/88 mm/65 mm
Espacios necesarios en el cuadro de distribución (según DIN)	4
Peso	0,3 kg
Lugar de montaje	Armario de distribución o de contadores
Tipo de montaje	Montaje sobre carril DIN
Indicación de estado	3 leds
Autoconsumo	<3 W
Equipamiento	
Manejo y visualización	A través de Sunny Portal
Función de actualización para el Sunny Home Manager y los equipos de SMA conectados	Automática
Garantía	2 años
Certificados y autorizaciones	www.SMA-Solar.com
Accesorios	
SMA Energy Meter como complemento para el equipo de medición integrado	Precisa medición trifásica, conexión a través de ethernet en la red local

2.9.5 Ficha cableado

EXZHELLENT® Class SOLAR

H1Z2Z2-K - Libre de halógenos

class
exZhelent SOLAR



1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) - 1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.)

NORMAS

CONSTRUCCIÓN

EN 50618

IEC 62930

REACCIÓN AL FUEGO*

UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

UNE-EN 50525-1; IEC 62821-1 anexo B

UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2

CLASIFICACIÓN CPR

DOP 000163

Clase E_{ca}

CONSTRUCCIÓN

1. CONDUCTOR

Cobre estañado, clase 5
según UNE-EN 60228.

2. AISLAMIENTO

Compuesto libre de halógenos reticulado.

3. CUBIERTA EXTERIOR

Compuesto libre de halógenos reticulado.
Colores rojo o negro.

APLICACIONES

Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas (grandes plantas, edificios, industrias, naves agrícolas, para uso fijo o móvil con seguidores...).

Puede ser instalado en bandejas, conductos y equipos.

A emplear en el lado de corriente continua en instalaciones de autoconsumo o entre paneles solares y string combiner boxes en grandes plantas de generación fotovoltaica.

Temperatura máxima del conductor:
+90 °C (120 °C durante 20.000 horas).

Temperatura mínima de trabajo: -40 °C.

CERTIFICACIONES



L C I E



ENSAYOS ADICIONALES

Vida estimada	25 años
Certificación	Bureau Veritas LCIE
Servicios móviles	SI
Doble aislamiento (clase II)	SI
Tª máxima de conductor	90 °C (120 °C, 20.000 h)
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab.3 según IEC 60811-403; EN 50618 Tab.2 según EN 50396 tipo de prueba B
Resistencia a los rayos uva	IEC 62930 Anexo E; EN 50618 Anexo E
Protección contra el agua	AD7 (inmersión)
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 y EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C N-ácido oxálico, N-hidróxido sódico (según EC 60811-404; EN 60811-404)
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab 2 según IEC 60811-503; EN 50618 Tab 2 según EN 60811-503 (máxima contracción 2 %)
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y EN 50618 Tab. 21.000h a 90°C y 85% de humedad para IEC 60068-2-78, EN- 60068-2-78
Resistencia de aislamiento a largo plazo	IEC 62821-2; EN 50395-9 (240h/85 °C agua/1,8 KV DC)
Respetuoso con el medioambiente	Directiva RoHS 2011/65/EU de la Unión Europea
Ensayo de penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; EN 50618 Anexo D
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 60811-504 y -505 y EN 50618 Tab.2 según N 60811-1-4 y EN 60811-504 y -505
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40° C según IEC 62930 Anexo C según IEC 60811-506 y EN 50618 Anexo C según EN 60811-506
Durabilidad del marcado	IEC 62930; EN 50396

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS

Número de conductores x sección	Diámetro máximo del conductor	Diámetro exterior del cable (valor máximo)	Radio mínimo de curvatura dinámico	Radio mínimo de curvatura estático	Peso kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C	Intensidad máxima admisible al aire	Intensidad máxima admisible al aire. T ambiente 60 °C y T conductor 120 °C	Caída de tensión V/(A·km)
(mm²)	(mm) (1)	(mm)	(mm)	(mm)	(1)	(Ω/km)	(2) A	(2)	(2)
1x1,5	1,8	5,4	22	16	33	13,7	24	30	27,4
1x2,5	2,4	5,9	24	18	45	8,21	34	41	16,42
1x4	3	6,6	26	20	61	5,09	46	55	10,18
1x6	3,9	7,4	30	22	80	3,39	59	70	6,78
1x10	5,1	8,8	35	26	124	1,95	82	98	3,90
1x16	6,3	10,1	40	30	186	1,24	110	132	2,48
1x25	7,8	12,5	63	50	286	0,795	140	176	1,59
1x35	9,2	14	70	56	390	0,565	182	218	1,13
1x50	11	16,3	82	65	542	0,393	220	276	0,786
1x70	13,1	18,7	94	75	742	0,277	282	347	0,554
1x95	15,1	20,8	125	83	953	0,210	343	416	0,42
1x120	17	22,8	137	91	1206	0,164	397	488	0,328
1x150	19	25,5	153	102	1500	0,132	458	566	0,264
1x185	21	28,5	171	114	1843	0,108	523	644	0,216
1x240	24	32,1	193	128	2394	0,0817	617	775	0,1634

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C).

→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,85.

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).

Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima del conductor 120 °C.

Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida estimada (25 años).

EXZHELLENT® Compact 1000 V (AS)

RZ1-K (AS) - Libre de halógenos

0,6/1 kV



exzhellent COMPACT

NORMAS

CONSTRUCCIÓN

IEC 60502-1

UNE 21123-4

REACCIÓN AL FUEGO*

UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

UNE-EN 50399

UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2

UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2

UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1

UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24

CLASIFICACIÓN CPR

EXZHELLENT® Compact 1000 V (AS)

DOP 000040

Clase Cca-s1b,d1,a1

EXZHELLENT® Class SECTORFLEX

DOP 000135

Clase Cca-s1b,d1,a1

CONSTRUCCIÓN

1. CONDUCTOR

Cobre, clase 5 según UNE-EN 60228.

Sectorial para secciones de 50 mm² y superiores (solución Sectorflex®).

2. AISLAMIENTO

Polietileno reticulado, tipo XLPE según IEC 60502-1.

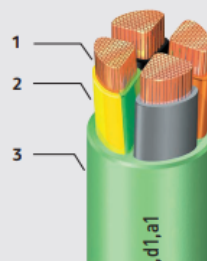
Identificación por color.

3. CUBIERTA EXTERIOR

Poliolefina termoplástica libre de halógenos, tipo ST8 según IEC 60502-1.

APLICACIONES

Locales de pública concurrencia, instalaciones de enlace, locales con riesgo a incendio o explosión e instalaciones en falsos techos o suelos elevados en industrias. Y en general para instalaciones en las que el riesgo de incendio no sea despreciable.



Exzhellent® Compact 1000 V (AS)

Cable con conductores circulares según formaciones indicadas en tablas. 10 % más ligero y 7 % más compacto.

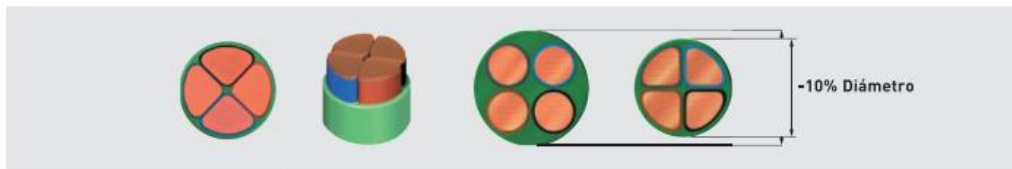
Mayor manejabilidad, más ecológico. Sin desprendimiento de gotas incandescentes en caso de incendio.



Exzhellent® Compact Sectorflex 1000 V (AS)

Cables con conductor sectorial para formaciones desde 2 hasta 4 conductores y secciones desde 50 mm².

11 % más ligero y 10 % más compacto. Más manejable y ecológico.



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad máxima admisible en bandeja (40° C) (2) A	Intensidad máxima admisible bajo tubo o canal protectora (40° C) (3) A	Intensidad admisible enterrado (4) A	Caída de tensión V/A-km)	
								cos Φ= 1	cos Φ= 0,8
1x1,5 *	6,6	61	27	13,3	21	18	21	26,5	21,36
1x2,5 *	7,0	74	29	7,98	30	25	27	15,92	12,88
1x4 *	8,0	99	32	4,95	40	35	35	9,96	8,1
1x6 *	8,5	125	34	3,3	52	44	44	6,74	5,51
1x10 *	9,5	170	38	1,91	72	60	58	4	3,31
1x16 *	10,1	220	41	1,21	97	80	75	2,51	2,12
1x25 *	11,7	315	47	0,78	123	106	96	1,59	1,37
1x35 *	12,8	410	52	0,55	154	131	117	1,15	1,01
1x50 *	14,3	550	58	0,38	195	159	138	0,85	0,77
1x70 *	16,4	750	66	0,27	244	202	170	0,59	0,56
1x95 *	17,8	945	72	0,20	298	245	202	0,42	0,43
1x120 *	19,8	1190	80	0,16	349	284	230	0,34	0,36
1x150 *	21,8	1470	88	0,12	404	311	260	0,27	0,31
1x185 *	23,7	1770	95	0,10	464	349	291	0,22	0,26
1x240 *	25,7	2245	130	0,08	552	409	336	0,17	0,22
1x300 *	29,5	2805	150	0,06	640	468	380	0,14	0,19
2x1,5 *	8,9	120	36	13,3	24	20	24	30,98	24,92
2x2,5 *	9,8	150	40	7,98	33	27	32	18,66	15,07
2x4 *	10,8	200	44	4,95	45	36	42	11,68	9,46
2x6 *	11,7	250	47	3,3	57	46	53	7,90	6,42
2x10 *	13,6	365	55	1,91	78	63	70	4,67	3,84
2x16 *	15,6	515	63	1,21	105	82	91	2,94	2,45
2x25 *	18,7	725	75	0,78	136	108	116	1,86	1,59
2x35 *	21,2	970	85	0,55	168	133	140	1,34	1,16
2x50 **	25,0	1410	100	0,38	205	159	166	0,99	0,88

2.9.5 Protecciones

2.9.5.1 Ficha magnetotérmico



Interrupor magnetotérmico; Acti9
iC60N; 4P; 40 A; curva C; 6000 A/10
kA

A9F79440

Principal

Función	Para corriente> 0,1 A
Gama	Acti9
Nombre del producto	Acti 9 iC60 RCBO
Tipo de producto o componente	Interrupor automático en miniatura
Nombre abreviado del equipo	iC60N
Número de polos	4P
Número de polos protegidos	4
[In] Corriente nominal	40 A
Tipo de red	AC Corriente continua
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C

Capacidad de corte	6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 36 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en <= 250 V corriente continua acorde a Icu
Categoría de empleo	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En> 50 A
Poder de seccionamiento	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a HB1 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a En> 50 A
Normas	IEC 60898-1 EN 60898-1 HB1 En> 50 A

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a En> 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a En> 50 A - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a En> 50 A - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a En> 50 A - 12...133 V AC 50/60 Hz

27 kA 75 % acorde a HB1 - 12...133 V AC 50/60 Hz
6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
10 kA 100 % acorde a En> 50 A - 180...250 V corriente continua
10 kA 100 % acorde a HB1 - 180...250 V corriente continua

Clase de limitación	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
Indicador de posición del contacto	SI
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	Arriba o abajo, estado 1 SI
Pasos de 9 mm	8
Altura	85 mm
Ancho	72 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,5 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Conexiones - terminales	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...35 mm² rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm² flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
Grado de contaminación	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
------------------------------------	-----

2.9.5.2 Ficha diferencial

Hoja de características del
producto
Características

A9R84440
Interruptor diferencial IID - 4P - 40A - 300mA -
clase AC



Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 IID
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	IID
Número de polos	4P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	40 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad de fuga a tierra	300 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	Im 1500 A Idm 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Indicador de posición del contacto	SI
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Ajustable en clip

La fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios no Legat. Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o

3. PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.1	CAPÍTULO 01 INGENIERÍA								
	ud PROYECTO, INGENIERÍA, LEGALIZACIONES								
	Diseño de la instalación, cálculos, tasa de legalización realización de planos, certificados.								
							1,00	5.368,18	4.868,18
	TOTAL CAPÍTULO 01 INGENIERÍA.....								4.868,18

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA									
02.1	ud MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Longi LR5-72HPH 535 Suministro e instalación módulos monocristalinos de 535 Wp y alta eficiencia en montaje coplanar sobre cubierta metálica.						48,00	165,80	7.958,40
02.2	ud INVERSOR SUNNY TRIPOWER 25000TL Suministro e instalación de inversor trifasico de 25 KW, de la casa SMA, modelo, Sunny Tripower 25000TL.						1,00	2.590,06	2.590,06
02.3	ud MONOTORIZACIÓN SMA 2.0 HOME MANAGER 2.0 Suministro e instalación monitorización de instalación para obtención de datos de producción, consumo y potencia.						1,00	625,13	625,13
02.4	ud SISTEMA DE PINZAS NOVO TEGRA Suministro e instalación de sistema de pinzas para chapa trapezoidal en montaje coplanar, montaje incluido.						1,00	1.100,08	1.100,08
TOTAL CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....									12.273,67

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 LINEAS Y PROTECCIONES									
03.1	m2 CABLE SOLAR 6 MM2 Metros de líneas eléctricas de corriente continua en cable solar de 6 mm2, homologado para montaje en exterior en zona de campo solar.						1,00		
03.2	ud INSTALACIÓN PUESTA A TIERRA DEL CAMPO SOLAR Instalación de puesta a tierra en cable bicolor de 6 mm2, homologado, incluidas picas enterradas con resistencia inferior a 20 Ω, según REBT.						1,00		
03.3	ud EXCAVACIÓN ZANJA Excavación y tapado de zanja para cableado de AC,.						1,00		
03.4	ud LINEA CORRIENTE ALTERNA Suministro e instalación línea eléctrica de corriente alterna desde inversor hasta cuadro general de protección en instalación interior, incluyendo línea de tierra y neutro en 5x 16 mm2 de sección en cobre bajo tubo enterrado de acuerdo con REBT						1,00		
03.5	ud PROTECCIONES Suministro e instalación de protecciones (fusibles, sobretensiones, magnetotérmico, diferencial)						1,00		
TOTAL CAPÍTULO 03 LINEAS Y PROTECCIONES.....									2.525,08

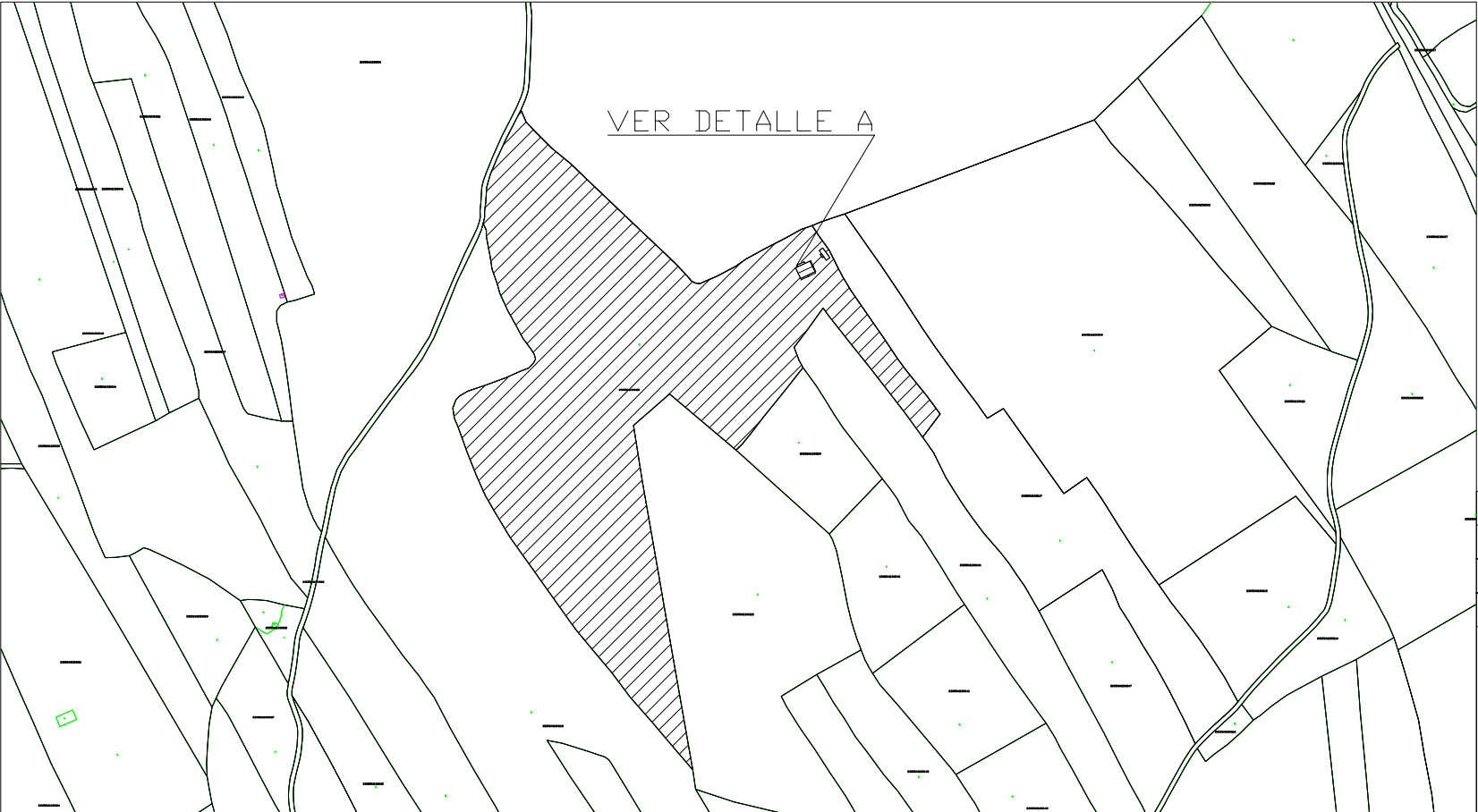
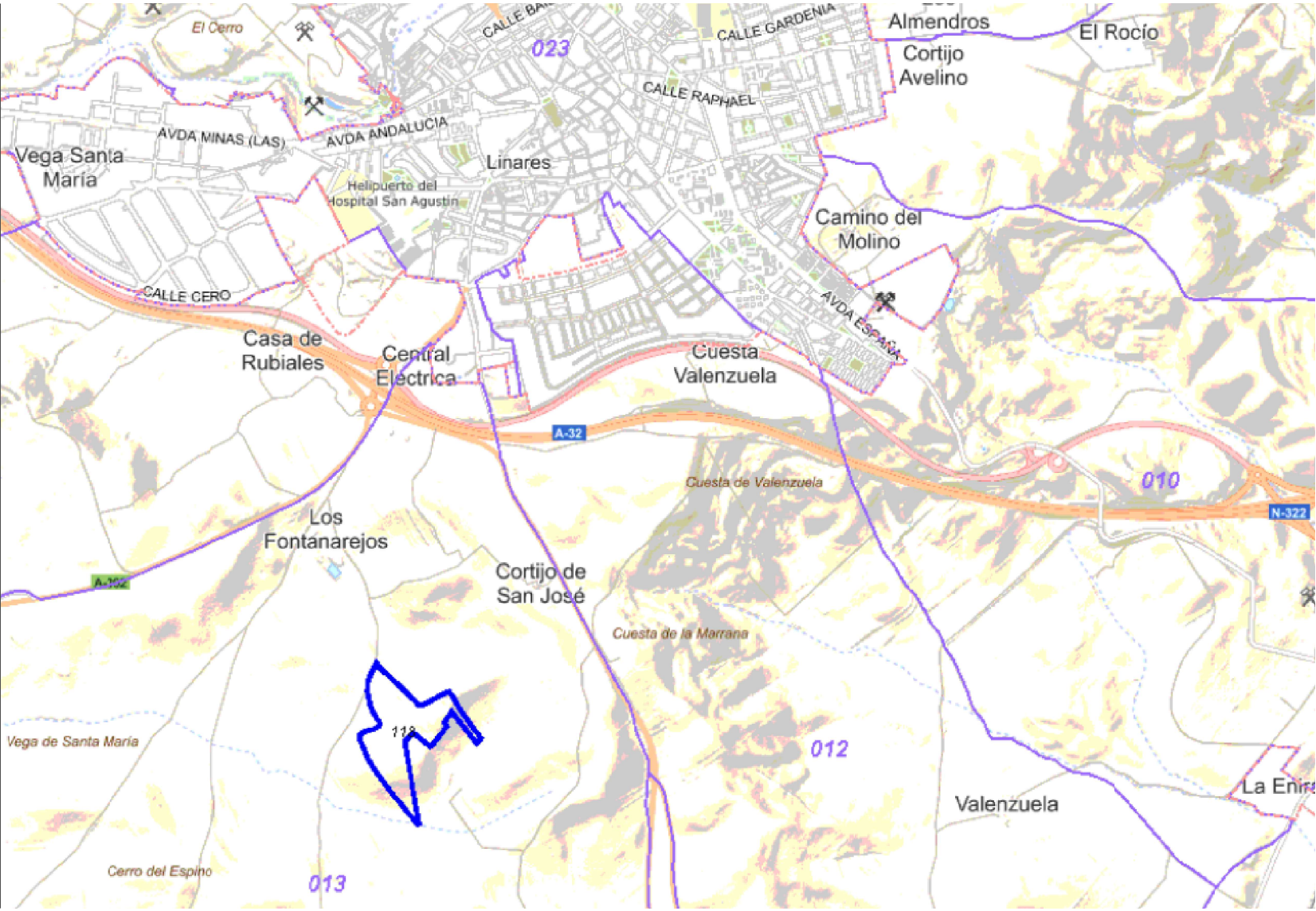
CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	INGENIERÍA.....	4.868,18
02	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	12.273,67
03	LINEAS Y PROTECCIONES.....	2.525,08
04	MANO DE OBRA.....	4.285,27
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		24.952,20
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		24.952,20

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de VEINTICUATRO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS con VEINTE CENTIMOS

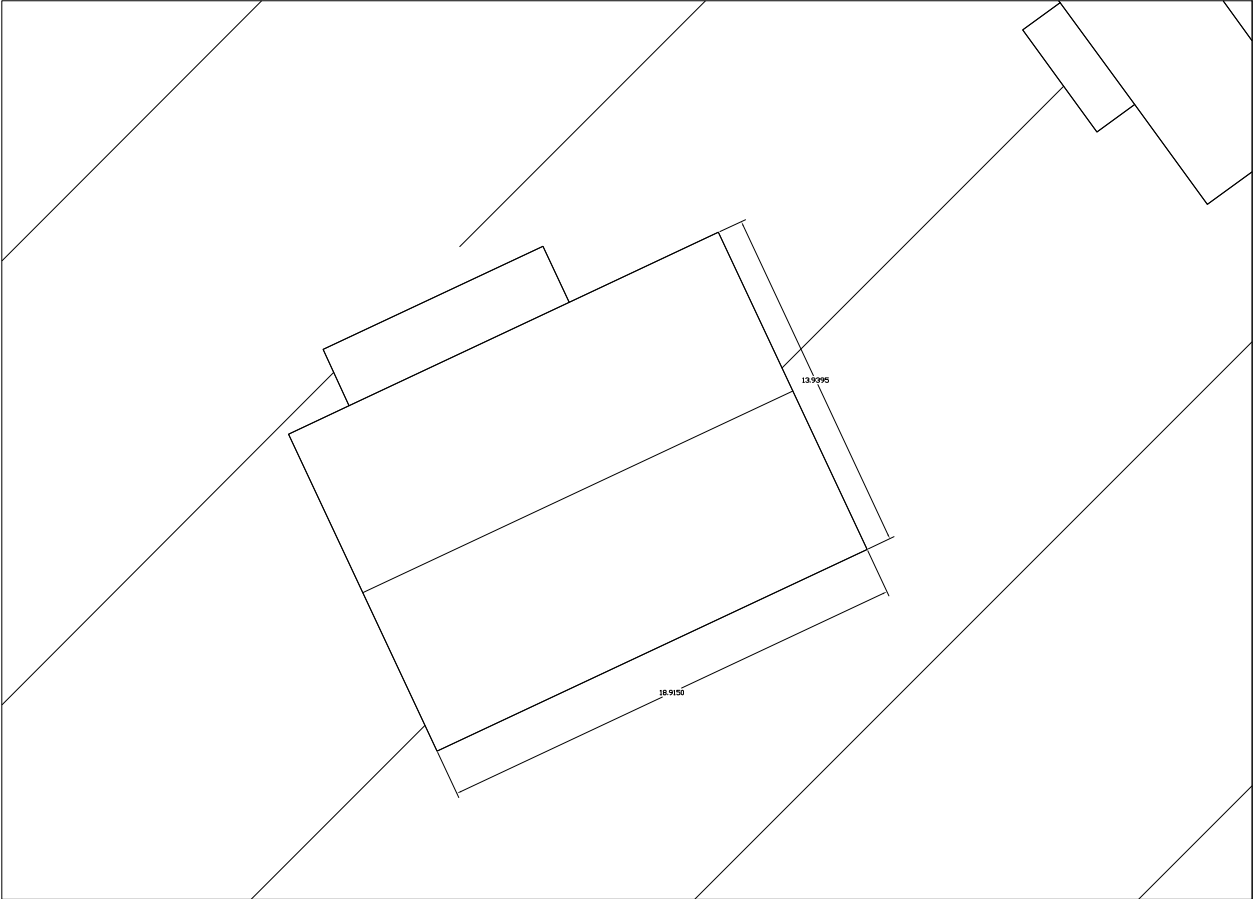
, a 10 de junio de 2023.

4. PLANOS

4.1 *Plano de emplazamiento*

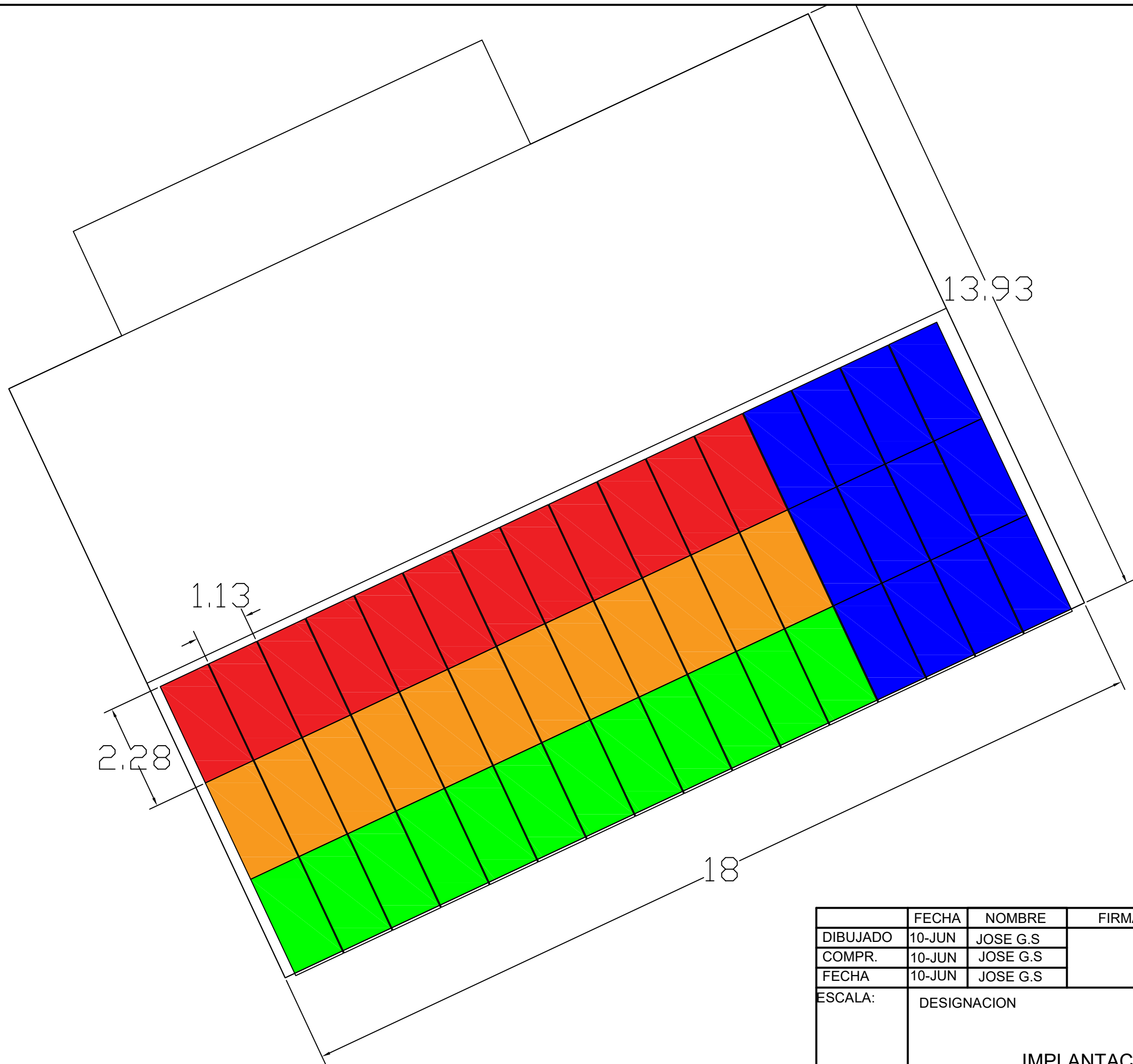


DETALLE A: CUBIERTA
INSTALACION



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10-JUN	JOSE G.S		
COMPR.	10-JUN	JOSE G.S		
FECHA	10-JUN	JOSE G.S		
ESCALA:	DESIGNACION			Nº PLANO
	SITUACION Y EMPLAZAMIENTO			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

4.2 *Plano de implantación*

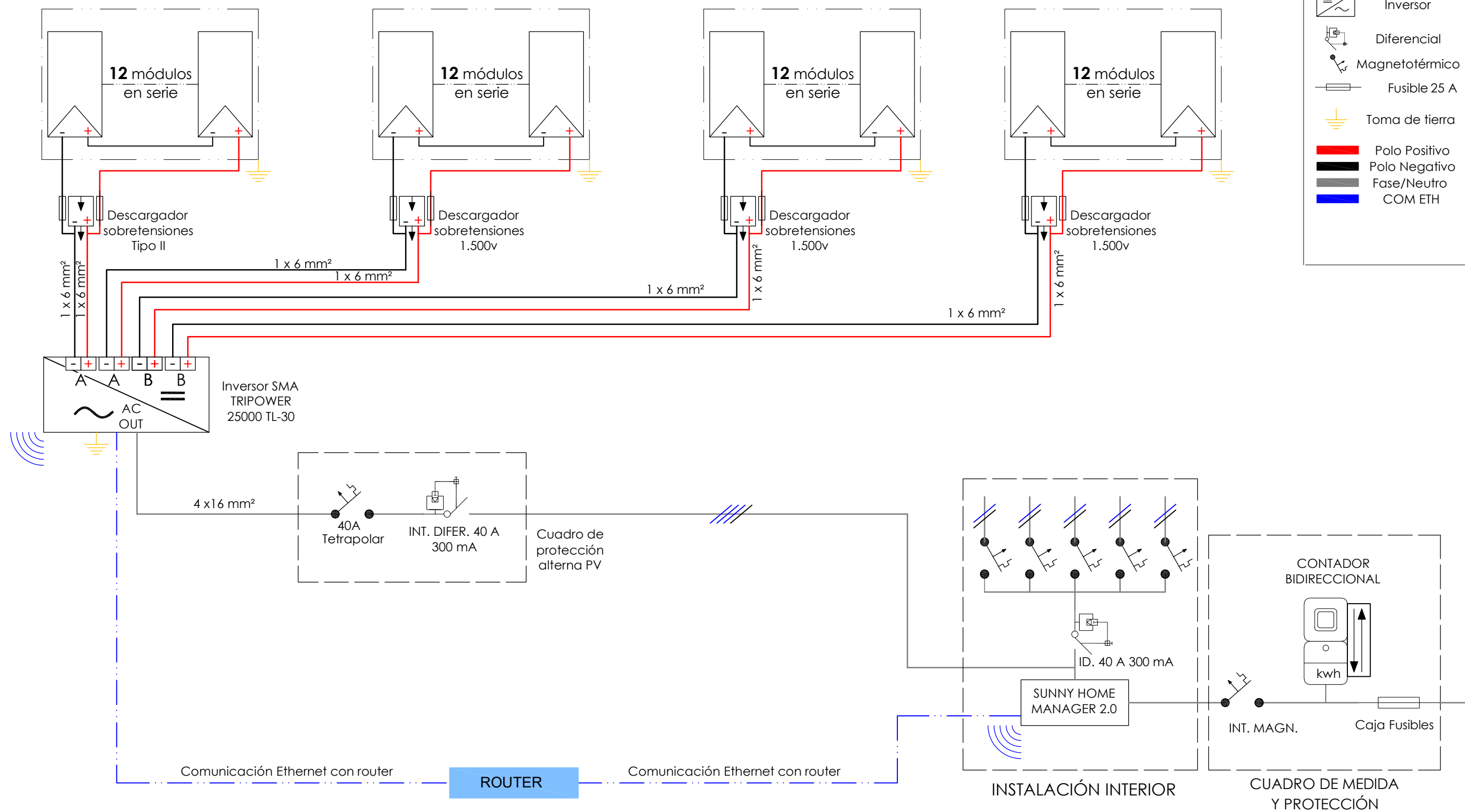


NOTA: CADA STRING
CORRESPONDE A UN COLOR

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10-JUN	JOSE G.S		
COMPR.	10-JUN	JOSE G.S		
FECHA	10-JUN	JOSE G.S		
ESCALA:	DESIGNACION IMPLANTACION			Nº PLANO
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

4.3 *Esquema unifilar*

Módulos LONGI LR5-72 HPH 535 W



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	10-JUN	JOSE G.S			
COMPR.	10-JUN	JOSE G.S			
APROBADO					
ESCALA:	DESIGNACIÓN			Nº PLANO	
S/E	ESQUEMA UNIFILAR				
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

5. PLIEGO DE CONDICIONES

5.1 Objeto del pliego

El presente Pliego de Condiciones Técnicas regula todos aquellos trabajos necesarios para la ejecución del “ PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN MODO AUTOCONSUMO PARA RIEGO DE OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN”, incluyendo los materiales, medios auxiliares así como la definición de la normativa legal a la que estén sujetos todos los procesos y las personas que intervienen en la obra y el establecimiento previo de unos criterios y medios con los que se puedan estimar y valorar las obras realizadas.

5.2 Situación de las obras

El proyecto está situado en Linares, provincia de Jaén.

5.3 Definición y atribuciones

Para una mejor comprensión de este Pliego de Condiciones y otros documentos relacionados con el Proyecto, se proporcionan las siguientes definiciones, destacando las principales responsabilidades de cada uno de ellos.

5.3.1 Técnico Superior

La función principal de éste es coordinar a todo el equipo técnico que pueda intervenir en la obra. Esta persona se encarga de realizar la interpretación técnica, económica y estética del proyecto, así como de proponer medidas necesarias para su desarrollo.

Además, es responsable de entregar oportunamente los documentos que forman parte del proyecto, desarrollando soluciones detalladas y requeridas a lo largo de la ejecución de la obra.

Para desempeñar este papel, se requiere un nivel académico de Ingeniero Superior o Arquitecto.

5.3.2 Técnico de Grado Medio

La responsabilidad principal de éste es dirigir el desarrollo de la ejecución material de la obra, con un enfoque en la organización, seguridad, control y eficiencia económica, siempre en conformidad con el marco legal vigente. Este profesional vela por el estricto cumplimiento del Proyecto y las instrucciones del Técnico Superior, además de llevar a cabo la medición de las unidades de obra dentro de los plazos establecidos.

Para ocupar este puesto, se requiere un nivel académico de Ingeniero Técnico o Arquitecto Técnico.

5.3.3 Contratista

Toda persona física, jurídica, pública o privada que, de acuerdo con la legislación vigente, se ocupa de la realización material de la obra o de una parte de ella por encargo directo de la Propiedad.

El Contratista está obligado a conocer toda la reglamentación vigente y a cumplir su estricto cumplimiento en todos los aspectos que le afecten.

Realizará la obra de acuerdo con el Proyecto y con las prescripciones, Órdenes y planos complementarios que la Dirección Técnica pueda ir dando a lo largo de las mismas.

El Contratista será el responsable ante los tribunales de los accidentes que por impericia y descuido sobrevengan en la ejecución de la obra o que pudiera causarle a terceros por descuido o inobservancia de la reglamentación vigente.

5.3.4 Promotor

Persona física o jurídica responsable de llevar a cabo la ejecución de la obra o instalación de acuerdo con los procedimientos legales establecidos.

De conformidad con lo estipulado en el Código Civil, el promotor tiene el derecho de renunciar en cualquier momento a la realización de las obras, aunque estará sujeto al pago de una posible indemnización.

Además, el promotor tiene la obligación de proporcionar los recursos necesarios para garantizar el adecuado avance de la ejecución, incluyendo el pago de las certificaciones de obra de acuerdo con las condiciones establecidas en el contrato correspondiente.

También debe facilitar al Técnico Superior Director una copia del contrato.

5.4 Libro de órdenes.

El Contratista deberá disponer de un Libro de Órdenes y Asistencia en la obra, donde los Técnicos Directores de la obra puedan registrar todas las órdenes que consideren necesarias, así como cualquier observación que deba quedar documentada, como incidencias o asistencias.

5.5 Ejecución del trabajo

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a normativas vigentes.

5.5.1 Generalidades

Como principio general, es esencial garantizar un grado mínimo de aislamiento eléctrico de Clase II tanto para los equipos (módulos e inversores) como para los materiales (conductores, cajas y armarios de conexión) en la instalación.

La instalación debe incorporar todos los elementos y características necesarios para mantener la calidad del suministro en todo momento.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no debe causar averías en la red, reducir las condiciones de seguridad o provocar alteraciones que superen los límites establecidos por la normativa aplicable. Además, estas instalaciones no deben crear condiciones de trabajo peligrosas para el personal encargado del mantenimiento y la operación de la red de distribución. Los materiales expuestos a condiciones climáticas, como la radiación solar y la humedad, deben estar debidamente protegidos.

Se deben incluir todos los elementos de seguridad necesarios y protecciones tanto para las personas como para la instalación fotovoltaica, garantizando la protección contra contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas y cumpliendo con todas las demás disposiciones establecidas por la legislación vigente

5.5.2 Módulo fotovoltaico

Todos los módulos fotovoltaicos deben cumplir con las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de Silicio Cristalino o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada. Además, deben estar certificados por un laboratorio de renombrado prestigio, lo cual debe acreditarse mediante la presentación del correspondiente certificado oficial.

Cada módulo debe llevar de manera claramente visible e indeleble el modelo, el nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie que pueda rastrearse hasta la fecha de fabricación.

Los módulos deben estar equipados con diodos de derivación para prevenir posibles daños en las células y sus circuitos debido a sombreados parciales, y deben tener un grado de protección IP65. En caso de que existan marcos laterales, estos deben estar fabricados de aluminio o acero inoxidable.

La estructura del módulo fotovoltaico se conectará a tierra.

El diseño de la instalación debe asegurar completamente la compatibilidad entre los diversos modelos de módulos que la componen y garantizar la ausencia de efectos

adversos en la instalación debido a esta diversidad. Además, los diferentes modelos se conectarán en ramas separadas del inversor..

En casos excepcionales en los que se utilicen módulos que no estén cualificados, se debe proporcionar una justificación adecuada y documentación detallada sobre las pruebas y ensayos realizados en laboratorios homologados para demostrar que cumplen con los requisitos de la norma UNE-EN 61215 para módulos de Silicio Cristalino o UNE-EN 61646.

5.5.3 Estructura soporte

La estructura de soporte debe ser capaz de soportar las sobrecargas debidas al viento y la nieve con los módulos instalados, de acuerdo con los estándares establecidos en el CTE (Código Técnico de la Edificación) conforme al Real Decreto 314/2006.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos deben permitir las expansiones térmicas necesarias sin transmitir cargas que puedan comprometer la integridad de los módulos, siguiendo las instrucciones proporcionadas por el fabricante..

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico deben ser suficientes en número, considerando el área de apoyo y la posición relativa de manera que no se generen flexiones en los módulos que superen las especificaciones establecidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se llevará a cabo considerando la orientación y el ángulo de inclinación especificados para el generador fotovoltaico, y además se tendrá en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, así como la posible necesidad de reemplazar elementos en el futuro.

La estructura se protegerá superficialmente contra los efectos de los agentes ambientales. La perforación de la estructura se llevará a cabo antes de realizar el proceso de galvanizado o protección, si es necesario. Se utilizará tornillería de acero inoxidable que cumpla con la Norma MV-106/1968.

Si la estructura está galvanizada, se permitirán tornillos galvanizados, a excepción de los utilizados para fijar los módulos a la estructura, que deberán ser de acero inoxidable. Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no proyectarán sombras sobre los módulos. En el caso de instalaciones integradas en la cubierta que funcionen como la propia cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre módulos cumplirán con las exigencias de las Normas Básicas de la Edificación y seguirán las técnicas convencionales de construcción de cubiertas.

5.5.4 Inversor

El inversor será del tipo apropiado para la conexión a la red eléctrica, trifásico a 400V, con una potencia de entrada variable que permita aprovechar al máximo la energía generada por el generador fotovoltaico a lo largo del día

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionará en isla o en modo aislado.

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica Compatibilidad Electromagnética (ambas certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de red, etc.

El inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

El inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

5.5.5 Sistema de monitorización

El sistema de monitorización, proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos. •
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia activa de salida del inversor.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.

- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y siempre que sea posible, en potencia mayores de 5 kW.
- Energía autoconsumida. La monitorización dispondrá de un sistema de alarma que alerte mediante correo electrónico de posibles fallos de la instalación.

5.5.6 Cableado

De acuerdo a recomendaciones del pliego de condiciones técnicas del IDAE, el cableado cumplirá los puntos siguientes:

- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC tendrán la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior del 2%, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.
- Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

5.5.7 Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

5.5.8 Conexión a red

Todas las instalaciones cumplirán con lo establecido en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red interior de baja tensión, así como en el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, que aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Además, se cumplirán rigurosamente las disposiciones contenidas en el R.D. 1955/2000, de 1 de diciembre, y las condiciones especificadas en el R.D. 900/2015, de 9 de octubre.

5.5.9 Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.

La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas se llevará a cabo de manera que no interfiera con la puesta a tierra de la empresa distribuidora de electricidad.

Cuando no se utilice un transformador de aislamiento para lograr el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico, se detallarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto en la sección continua como en la alterna, estarán conectadas a una única puesta a tierra. Esta conexión a tierra será independiente de la puesta a tierra del neutro de la empresa distribuidora, en conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

5.5.10 Armónicos y compatibilidad electromagnética

Todas las instalaciones cumplirán con lo establecido en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) en relación a la gestión de armónicos y la compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.5.11 Medidas de seguridad

La instalación fotovoltaica, sin importar la tensión a la que esté conectada a la red, deberá contar con un sistema de protecciones que asegure su desconexión en caso de fallos en la red o fallos internos en la instalación, con el objetivo de no interferir en el funcionamiento adecuado de las redes a las que estén conectadas.

5.6 Instalaciones eléctricas

Además de los materiales indicados en el presupuesto, la instalación eléctrica comprenderá de forma resumida los siguientes materiales:

- Soportes, tornillos, grapas y arandelas, en general todos los elementos de fijación y sustentación necesarios para el montaje e instalación.
- Acoplamientos elásticos en las juntas de dilatación y acometidas de máquinas o elementos en movimiento.
- Protecciones de redes, equipos y accesorios con pinturas o tratamientos electroquímicos para intemperie o instalación interior.
- Tratamiento y pintura de equipos, canalizaciones o accesorios de los mismos. Incluye también los rótulos empleados para la distinción de los mismos.
- Cajas de registro de distribución con las dimensiones, protección y cantidad necesarias para su correcta fijación, así como elementos de conexión necesarios para su unión de canalizaciones.

- Conectores, terminales de presión y canaletas.
- Relés, contactores y demás accesorios de maniobra y control incorporados dentro de los cuadros eléctricos aunque afecten a otras instalaciones

6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

6.1 Objeto del Estudio de Seguridad y Salud

El propósito de este estudio de Seguridad y Salud es, por ende, identificar todos los potenciales peligros y establecer las medidas preventivas correspondientes que deben ser implementadas para reducir o eliminar los riesgos presentes y, por consiguiente, los incidentes laborales y enfermedades profesionales.

Su objetivo principal es proporcionar las pautas fundamentales a las compañías subcontratadas con el fin de que puedan cumplir con sus responsabilidades en el ámbito de la prevención de riesgos laborales.

El Estudio de Seguridad y Salud se redacta teniendo en cuenta los posibles riesgos que puedan surgir durante el desarrollo de esta obra. Estos riesgos deben ser descritos minuciosamente en el respectivo Plan de Seguridad y Salud creado por la empresa contratista, el cual debe ser aprobado por la persona encargada antes de que comiencen las labores.

El encargado de elaborar un plan que analice y evalúe las precauciones establecidas en este estudio fundamental de seguridad y salud es el Contratista. El Contratista debe crear un plan de seguridad y salud acorde al método de ejecución del proyecto de construcción. Es fundamental que este plan no reduzca los niveles de protección establecidos en el estudio básico, pero tiene la capacidad de mejorarlos y añadir medidas complementarias si es necesario. Cada sugerencia adicional que el Contratista desee incorporar al plan de seguridad y salud en el trabajo debe respaldarse con una justificación técnica adecuada.

En el plan de seguridad y salud en el trabajo se llevará a cabo un análisis de la organización de la prevención y de los peligros, con el propósito de garantizar que las diversos puestos laborales en el proyecto no comprometan la seguridad ni el bienestar físico de los trabajadores.

El Director Facultativo tiene la responsabilidad de coordinar todos los aspectos vinculados con la seguridad y salud en la obra. Asimismo, es el Director Facultativo quien aprueba el plan de seguridad y salud antes del inicio de las obras.

El plan de seguridad y salud podría sufrir cambios a lo largo del desarrollo de la obra debido a eventualidades como accidentes o dificultades imprevistas. Tales ajustes deben ser efectuados por el Contratista y después recibir la aprobación del Director Facultativo.

Se aceptarán propuestas, sugerencias y alternativas provenientes del personal. Además, el plan de seguridad y salud debe estar disponible y accesible para todos los

trabajadores en la obra, de manera que puedan consultarlo cuando lo necesiten. Esto contribuirá a mejorar la conciencia y el compromiso de todos los involucrados con la seguridad y salud en el lugar de trabajo.

6.2 *Ámbito de aplicación*

Las actividades y trabajos necesarios a desarrollar en este Estudio serán todos los necesarios para la ejecución del proyecto de instalación de una instalación solar fotovoltaica de 25 kW conectada a red, ubicada en el término municipal de Linares. Se resumen a continuación los más significativos

- Montaje de la estructura metálica que servirá de soporte para los módulos fotovoltaicos.
- Montaje de los 48 módulos fotovoltaicos e inversor.
- Cableado y conexionado de toda la instalación.
- Pruebas y puesta en marcha de los distintos equipos y sistemas.

6.3 *Obligaciones*

6.3.1 *Obligaciones del director facultativo de obra*

El Director Facultativo debe supervisar la prevención y seguridad durante el avance de la obra. Su responsabilidad implica diseñar y coordinar las labores, ya sea secuencial o concurrentemente, garantizando la ejecución del plan de seguridad y salud. Además, debe analizar el tiempo requerido para ejecutar cada operación de manera segura y eficaz. Los principales objetivos del Director Facultativo son:

- Garantizar que, durante la realización de los trabajos, tanto los contratistas como los trabajadores cumplan con lo dispuesto en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Esto implica que deben desempeñar sus tareas de manera coherente y responsable en relación con las medidas de seguridad y salud en el trabajo
- La aprobación del plan de seguridad y salud antes del inicio de la obra, así como cualquier modificación que el Contratista realice en el mismo.
- Garantizar el cumplimiento del artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra que se refiere a la coordinación de actividades empresariales en materia de seguridad y salud laboral.

- Asegurar la correcta aplicación en los métodos de trabajo de manera que se analicen las distintas funciones y acciones de control.
- Limitar el acceso a las instalaciones de la obra solamente al personal autorizado para mantener la seguridad y evitar riesgos innecesarios. Si no existiera un coordinador específico para esta tarea, la Dirección Facultativa será la que la realice.

6.3.2 Obligaciones empresas subcontratadas

Las empresas subcontratadas deberán de cumplir unas obligaciones para mantener la seguridad y salud, estas medidas son:

- Toda empresa subcontratista deberá de entregar una carta informando a la empresa contratista, que conoce este plan de seguridad y salud y que lo cumplirán todo el periodo que dure la ejecución de la obra, para llevar a cabo este cumplimiento se nombrará a un responsable de la empresa que se encargará de supervisar que se cumplan todas las medidas preventivas.
- Por lo explicado en el punto anterior toda empresa subcontratista deberá nombrar a un responsable en la obra que se encargue del cumplimiento por parte de los profesionales de las medidas preventivas de este Plan, este nombramiento se deberá hacer antes del comienzo de la obra.
- Cada empresa subcontratista deberá acreditar la información y formación de todos sus operarios ante las medidas preventivas en seguridad y salud de acuerdo a los trabajos que ejecute cada uno.
- Antes del comiendo de los trabajos, cada empresa subcontratista deberá enviar una relación de los profesionales que intervendrán en la ejecución de la obra, así como TC-1 y el TC-2 del último mes, para poder verificar la vinculación de los profesionales con la empresa.

6.4 Libro de incidencias

En la oficina de obra es necesario contar con un libro de incidencias, con el objetivo de supervisar y gestionar el plan de seguridad y salud. Este registro debe incluir hojas duplicadas y será proporcionado por el Colegio Profesional del profesional colegiado responsable de firmar y coordinar el estudio básico de seguridad y salud. Este registro de

incidentes debe estar ubicado en las instalaciones de la obra y bajo la custodia del coordinador de seguridad y salud o de la Dirección Facultativa.

6.5 Paralizaciones en los trabajos

En caso de que se detecte algún incumplimiento en relación con las medidas establecidas en el plan de seguridad y salud, la Dirección Facultativa o el coordinador de seguridad y salud están obligados a comunicarlo al Contratista encargado de la obra. Si se registra dicho incumplimiento, debe quedar documentado en el libro de incidencias. Si el incumplimiento es de gravedad significativa y pone en riesgo la seguridad y salud de los trabajadores, existe la posibilidad de detener parcial o completamente la obra. Estas acciones se respaldan en los apartados 2 y 3 del artículo 21, así como en el artículo 44 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

6.6 Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.

El artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece principios generales que deben aplicarse durante la ejecución de obras para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, estas son las siguientes:

- Se deberá llevar a cabo un mantenimiento correcto de las instalaciones de la obra que garanticen el orden y la limpieza en la misma.
- Se debe seleccionar cuidadosamente la ubicación apropiada para cada zona y estación de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso. Además, se deben establecer rutas claras para la circulación y desplazamiento dentro de las instalaciones de la obra.
- Es esencial manejar y utilizar de manera adecuada las herramientas y materiales necesarios durante la realización de la obra para prevenir posibles accidentes originados por un uso incorrecto de los mismos..
- Para corregir o reducir posibles fallos que puedan representar un peligro para la seguridad y salud de los trabajadores, es necesario llevar a cabo un mantenimiento regular de los diversos materiales y herramientas requeridos durante la ejecución de la obra.
- En áreas seleccionadas para almacenamiento de materiales o sustancias potencialmente peligrosas, se requerirá el acondicionamiento y la restricción

adecuados de dichas zonas con el fin de prevenir posibles incidentes que pongan en riesgo la seguridad y el bienestar de los empleados.

- Se deberán recoger de manera regular los materiales o herramientas utilizados que presenten riesgos potenciales, con el fin de prevenir su acumulación en las instalaciones de la obra.
- Deberán ser transportados los residuos o escombros generados durante el transcurso de la obra para su correcta gestión.

6.7 *Propuestas de medidas preventivas para reducir los riesgos laborales*

En esta sección se presentará un catálogo de protecciones técnicas y medidas preventivas destinadas a la ejecución de distintas tareas a lo largo del proceso de ejecución de la obra. El objetivo es gestionar y minimizar los problemas que podrían comprometer la seguridad y el bienestar de los trabajadores.

6.7.1 *Protecciones personales*

6.7.1.1 *Protecciones de la cabeza*

Con el objetivo de prevenir lesiones en la cabeza de los trabajadores y visitantes durante la ejecución de la obra, se establece la obligación de utilizar cascos por parte de todo el personal presente en el lugar. Estos cascos deberán estar certificados con la marca CE y equipados con el aislamiento eléctrico necesario. Además, deberán mostrar claramente su función específica en su etiqueta.

Además de la obligación de usar casco, se requerirá el uso de protección auditiva, como tapones o cascos, en aquellos lugares donde los niveles de ruido superen los límites establecidos.

Deberán usar pantallas protectoras los trabajadores que desempeñen tareas de soldadura eléctrica.

En último lugar, los trabajadores que realicen tareas de corte con una radial deberán usar gafas protectoras para prevenir posibles proyecciones de partículas.

6.7.1.2 *Protecciones de cuerpo*

Se deberá de utilizar la ropa adecuada al trabajo que se esté realizando, además en trabajos a una altura superior de 3 metros, se deberá de utilizar cinturones de seguridad con el fin de evitar una posible caída.

6.7.1.3 Protecciones de las extremidades superiores

Para manipular materiales y objetos, es necesario el uso de guantes de cuero resistentes al corte.

En el caso de tareas eléctricas que supongan un riesgo para la seguridad del trabajador, se requiere el uso de guantes dieléctricos identificados con el símbolo de doble triángulo. Además, deben mostrar información como el fabricante, fecha de producción y su categoría.

Todas las herramientas utilizadas en tareas relacionadas con la electricidad deben cumplir con las normas de homologación de acuerdo con la norma UNE-EN-60900.

6.7.1.4 Trabajos en alturas

Como se mencionó anteriormente, para cualquier tarea que se realice a una altura superior a 3 metros, será obligatorio utilizar un cinturón o arnés de seguridad con el fin de prevenir posibles caídas. El uso del arnés de seguridad será necesario en situaciones en las que el trabajador deba desplazarse o movilizarse.

El cinturón de seguridad debe estar conectado a puntos de anclaje lo suficientemente robustos, como anclajes metálicos, techos u otras partes estructurales sólidas. No se debe sujetar el cinturón a objetos como máquinas o andamios, ya que esto podría comprometer la seguridad y la salud del trabajador. Además, es esencial asegurarse de que el cinturón de seguridad esté adecuadamente ajustado a la cintura y se mantenga en óptimas condiciones mediante un mantenimiento apropiado. En caso de deformaciones o roturas, se debe reemplazar el cinturón de seguridad de inmediato.

Cuando se realice una tarea de soldadura junto a un motor generador, transformador o rectificador, es esencial que estos componentes estén conectados a tierra de manera adecuada para prevenir cualquier posibilidad de contacto o derivación accidental.

6.7.2 Información Útil para Posibles Trabajos Posteriores

El contratista tiene la responsabilidad de incluir en el plan de seguridad y salud los detalles relativos a labores de preservación y cuidado de las diversas instalaciones en lo que respecta a la protección y bienestar de los empleados. Este reporte debe ser proporcionado a la compañía eléctrica.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1 Libros y manuales técnicos

La bibliografía manual utilizada en la realización del presente documento ha sido la siguiente:

- Guía técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
 - Guía – BT – 18: Instalaciones de puesta a tierra
 - Guía – BT – 19: Instalaciones interiores o receptoras.
 - Guía – BT – 22: Protección contra sobreintensidades.
 - Guía – BT – 23: Protección contra sobretensiones.
 - Guía – BT – 24: Protección contra los contactos directos e indirectos
 - Guía – BT – 40: Instalaciones generadoras de baja tensión.
- Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo (IDAE).
- Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. (IDAE).
- Centrales de energías renovables. Generación eléctrica con energías renovables. Edición: 2ª ed. Editorial: Madrid [etc.] : Pearson : UNED.

7.2 Páginas web de consulta

Las páginas web consultadas en la redacción del presente documento son éstas:

<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-tripower-15000tl-20000tl-25000tl>

<https://www.sma.de/es/productos/monitorizacion-y-control/sma-energy-meter#c399>

https://static.longi.com/L_Gi_LE_T_TMD_059_107_LR_5_72_HPH_535_555_M_3_5_35_and_15_V14_895e6db05e.pdf

<https://www.novotegra.com/es/sistemas-de-montaje/cubierta-de-chapa-trapezoidal>

<https://www.topcable.com/blog-electric-cable/topsolar-h1z2z2-k-la-maxima-certificacion-cpr-solar/>

<https://es.prysmiangroup.com/centro-de-productos/construction-and-infrastructures/General-Cable-Exzhellent-Compact-1000V-AS-RZ1-K-Cca-s1b-d1-a1>

<https://www.se.com/es/es/product/A9R84440/interruptor-diferencial-acti9-iid-4p-40a-300ma-ac/>

<https://www.se.com/es/es/product/A9F79440/interruptor-magnetot%C3%A9rmico-acti9-ic60n-4p-40-a-curva-c-6000-a-10-ka/>

7.3 *Softwares técnicos empleados*

Los programas informáticos que se han utilizado en el cálculo de la instalación fotovoltaica de este proyecto son:

- PVsyst 7.3
- SolarEdge Designer
- Sunny Design
- PVGIS