



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

GRADO EN INGENIERÍA TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN
UNA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA**

Autor:

Rico Hernansanz, Pedro

Tutor:

**Chamorro Camazón, César Rubén
Dpto. Ingeniería Energética y
Fluidomecánica**

Valladolid, mayo de 2023



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



RESUMEN

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es estudiar la viabilidad de la implantación de la energía solar fotovoltaica en una explotación agrícola para autoconsumo con compensación de excedentes.

Para realizar el estudio se han proporcionado los consumos y gastos económicos de la empresa en el lugar de la instalación durante un año. A partir de estos datos y conociendo la instalación existente, se hará una comparativa con la actual explotación viendo los ahorros y periodos de amortizaciones.

Se expondrá la tecnología usada y las características de los diferentes equipos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.

A grandes rasgos el contenido del documento se puede dividir en varias partes:

1. Introducción y presentación del proyecto
2. Descripción de los equipos escogidos
3. El diseño, dimensionamiento y descripción detallada de la planta proyectada.
4. Estudio de viabilidad y rentabilidad económica de la instalación

PALABRAS CLAVE

Energía solar fotovoltaica, autoconsumo, viabilidad económica, dimensionamiento, explotación agrícola.

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's Thesis is to study the feasibility of implementing photovoltaic solar energy in an agricultural farm for self-consumption with surplus compensation.

To carry out the study, the consumption and economic expenses of the company in the installation site have been provided for one year. Using this data and knowledge of the existing installation, a comparison will be made with the current operation, considering the savings and amortization periods.

The technology used and the characteristics of the different equipment necessary for the proper functioning of the plant will be presented.

Broadly speaking, the content of the document can be divided into several parts:

1. Introduction and project presentation
2. Description of the chosen equipment
3. Design, sizing, and detailed description of the projected plant
4. Feasibility and economic profitability study of the installation

KEY WORDS

Photovoltaic solar energy, self-consumption, economic feasibility, sizing, agricultural farm.





ÍNDICE

RESUMEN.....	3
PALABRAS CLAVE.....	3
ABSTRATC.....	3
KEY WORDS.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Agentes.....	11
1.1.1. Autor del encargo.....	11
1.2. Situación.....	12
1.3. Objeto.....	13
1.4. Normativa de aplicación.....	14
2. MEMORIA.....	15
2.1. Resumen de la configuración de la instalación fotovoltaica.....	17
2.2. Inclinación y orientación.....	18
2.3. Sombras y distancia entre módulos.....	18
2.4. Características de los equipos.....	19
2.4.1. Módulos Fotovoltaicos.....	19
2.4.2. Estructura de soporte.....	23
2.4.3. Inversor.....	24
2.5. Características de la instalación de baja tensión.....	28
2.5.1. Circuito de baja tensión Corriente Continua (CC).....	28
2.5.2. Circuito baja tensión Corriente Alterna (CA).....	29
2.5.3. Obra Civil.....	32
2.6. Armónicos y campos magnéticos.....	32
2.7. Monitorización y control.....	32
2.8. Inversión y amortización.....	34
2.9. Conclusiones.....	35
3. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	36
3.1. Introducción.....	36
3.1.1. Objeto.....	36
3.1.2. Justificación del estudio básico de seguridad y salud.....	36
3.1.3. Normas de seguridad y salud aplicables en la obra.....	37



3.2	Memoria descriptiva	44
3.2.1	Técnicas de seguridad aplicadas.....	44
3.2.2	Riesgos generales y su prevención.....	45
3.2.3	Condiciones de los locales.....	45
3.2.4	Iluminación.....	45
3.2.5	Ventilación	46
3.2.6	Temperatura y humedad	46
3.2.7	Ruido y vibraciones.....	46
3.2.8	Limpieza.....	47
3.2.9	Máquinas y equipos de trabajo	47
3.2.10	Riesgos específicos y su prevención	48
3.2.11	Primeros auxilios	50
3.2.12	Servicios higiénicos.....	50
3.3	Obligaciones del promotor	50
3.4	Coordinadores en materia de seguridad y salud.....	50
3.5	Plan de seguridad y salud en el trabajo.....	51
3.6	Obligaciones de contratistas y subcontratistas.....	51
3.7	Obligaciones de los trabajadores.....	52
3.8	Libro de incidencias.....	53
3.9	Paralización de los trabajos.....	54
3.10	Derechos de los trabajadores.....	54
3.11	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.	54
3.12	Conclusiones.....	54
4.	PLIEGO DE CONDICIONES	55
4.1	Calidad de los materiales	55
4.1.1	Generalidades.....	55
4.1.2	Conductores eléctricos	55
4.1.3	Conductores de neutro	55
4.1.4	Conductores de protección	56
4.1.5	Identificación de los conductores.....	56
4.1.6	Tubos protectores.....	56
4.2	Normas de ejecución de las instalaciones	57
4.2.1	Colocación de tubos.....	57



4.2.2	Cajas de empalme y derivación	60
4.2.3	Aparatos de mando y maniobra	61
4.2.4	Aparatos de protección.....	61
4.2.5	Instalaciones en cuartos de baño o aseo	68
4.2.6	Red equipotencial.....	70
4.2.7	Instalación de puesta a tierra.....	70
4.2.8	Alumbrado.....	72
4.3	Pruebas reglamentarias	74
4.3.1	Comprobación de la puesta a tierra.....	74
4.3.2	Resistencia de aislamiento	74
4.4	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	74
4.5	Certificados y documentación	75
4.6	Libro de órdenes.....	75
5.	GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS	76
5.1	Introducción	76
5.2	Normativa y legislación aplicable	76
5.3	Agentes intervinientes.....	77
5.3.1	Decálogo del responsable de los residuos de obra	77
5.3.2	Decálogo de los trabajadores a pie de obra.....	78
5.3.3	Obligaciones del poseedor de residuos.....	79
5.4	Descripción de los residuos de obras	80
5.4.1	Residuos asimilables a urbanos.....	80
5.4.2	Tierras y escombros.....	80
5.4.3	Residuos industriales inertes.....	81
5.5	Valoración de los residuos generados	81
5.6	Medidas para la prevención de residuos	85
5.7	Operaciones de reutilización, valoración o eliminación de los residuos.....	87
5.7.1	Generalidades.....	87
5.7.2	Hormigón y obra de fábrica.....	87
5.7.3	Madera	87
5.7.4	Metales.....	88
5.7.5	Residuos especiales	88
5.7.6	Embalajes y plásticos	89



5.8	Medidas para la separación de residuos.....	89
5.9	Manipulación de los residuos en la obra.....	90
5.10	Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de residuos.....	90
5.11	Coste previsto de la gestión de residuos.....	92
5.12	Conclusión.....	92
6.	MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....	93
7.	PLANOS.....	102
	ANEJOS:.....	107
1.	CLIMATOLOGÍA, AGUA Y RIEGO.....	107
1.1.	Ubicación y toma de datos.....	107
1.2.	Climatología.....	107
1.3.	Agua y Riego.....	109
2.	ESTUDIO DE PRODUCCIÓN.....	113
2.1.	Cálculo de inclinación y orientación.....	113
2.2.	Cálculo de producción.....	114
3.	ESTUDIO DE SOMBRAS.....	122
4.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	124
4.1.	Número máximo de módulos en serie.....	124
4.2.	Número máximo de Strings.....	125
4.3.	Cálculos Corriente Continua.....	128
4.4.	Cálculos Corriente Alterna.....	131
4.5.	Cálculos de Protecciones.....	133
5.	CÁLCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIONES.....	135
5.1.	Introducción.....	135
5.2.	Acciones Consideradas.....	136
5.3.	Tipología Placas Fotovoltaicas.....	137
5.4.	Descripción estructural.....	137
5.5.	Materiales utilizados en la estructura.....	139
5.6.	Distribución de cargas sobre la estructura.....	139
5.7.	Perfiles y elementos que componen la estructura.....	140
5.8.	Conexión de perfil portante.....	140
5.9.	Verificaciones.....	141



5.10. Características técnicas	143
6. ESTUDIO ECONÓMICO, AMORTIZACIONES Y VIABILIDAD	144
6.1. Precio de la Energía.....	144
6.2. Inversión.....	144
6.3. Resultados finales	144
7. FICHAS DE EQUIPOS Y CERTIFICACIONES	148
ÍNDICE DE TABLAS	160
ÍNDICE DE FIGURAS.....	161
REFERENCIAS	163





1. INTRODUCCIÓN

Este TFG tiene como objetivo definir las características e infraestructuras técnicas para la instalación de una planta solar fotovoltaica para autoconsumo con excedentes, de 98,6 kWp de potencia pico, instalada como un huerto solar sobre un terreno de la propiedad de la explotación agrícola, situada en el término municipal de Alcazarén (Valladolid).

Actualmente los precios de las fuentes de energía han sufrido un aumento muy considerable por lo cual se están buscando distintas opciones para intentar abaratar costes de producción. Este es un claro ejemplo donde estudiaremos a lo largo del proyecto la solución que se ha escogido para una empresa dedicada a la explotación agrícola donde los costes de la electricidad se han visto aumentados en un casi 50% a lo largo del último año. Se estudiará la producción en función de la temporada y viabilidad económica de cara al cliente.

La instalación constará de dos inversores de 50 kW de potencia de salida. El inversor contará con una potencia de entrada pico de 49,3 kWp, dada por la instalación de un total de 170 módulos fotovoltaicos de 580 Wp de potencia pico cada uno.

La instalación se ubicará sobre un terreno de la propiedad y se dispondrá sobre estructuras en el terreno que se especificará más adelante

Dada la potencia de la planta (menor a 100 kW), ésta se conectará a la red interna de baja tensión del cliente.

1.1. Agentes

1.1.1. Autor del encargo

El encargo del presente proyecto y estudio es para una empresa agrícola de la zona de Valladolid. Esta empresa tiene unas necesidades energéticas de 133 MWh anuales para el riego de la explotación. Se le ha propuesto una alternativa frente a este gasto a través de una planta fotovoltaica para el autoconsumo.

1.1.2. Autor del proyecto

El presente proyecto ha sido realizado por el estudiante del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad de Valladolid D. Pedro Rico Hernansanz con N.I.F. nº 12344069S

1.2. Situación

El lugar de la instalación será en un a tierra de la propiedad con uso agrícola en las siguientes coordenadas:

- Localización: Término Municipal de Alcazarén (Valladolid)
Polígono 15 Parcela 81 LOS SAUCES.
- Referencia Catastral: 47005A015000810000PE
- Coordenadas UTM Punto de conexión: (41° 23' 12", 4° 42' 16')

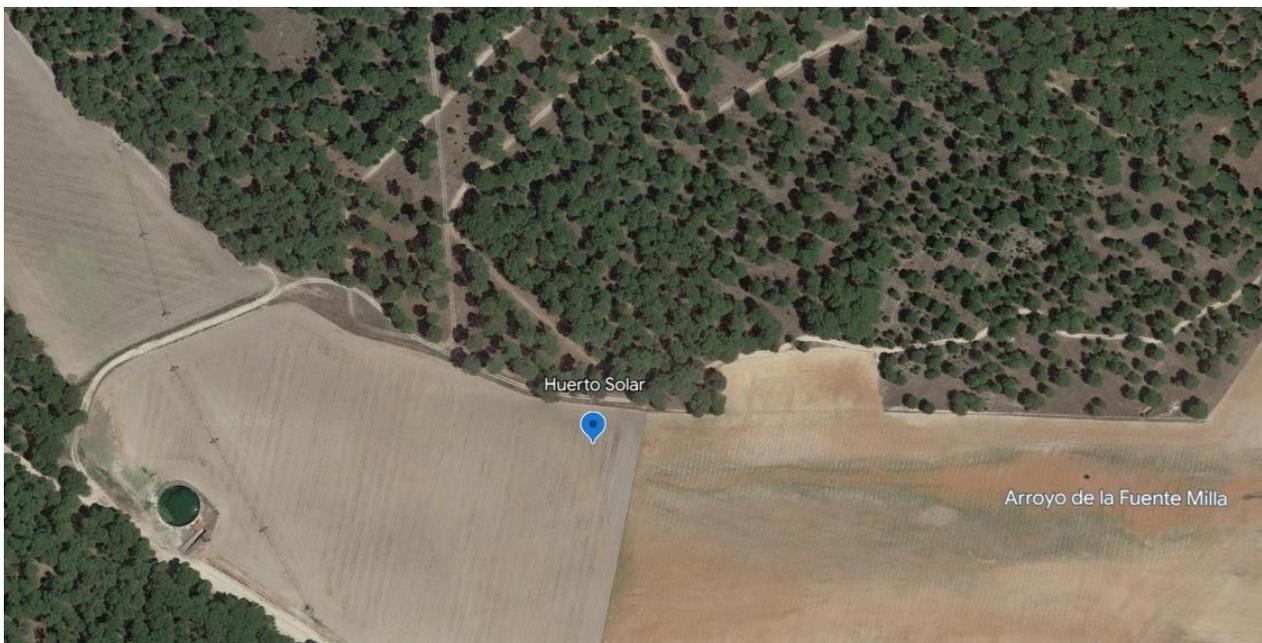


Figura 1: Emplazamiento

1.3. Objeto

El objeto de este Proyecto es la definición de la instalación solar fotovoltaica de potencia pico 98,6 kWp, para AUTOCONSUMO CON EXCEDENTES acogido a COMPENSACIÓN de la energía eléctrica generada, acogiéndose a la normativa vigente. [1]

Instalación PRÓXIMA en RED INTERIOR Conexión Red interior.	CON excedentes ACOGIDA a compensación Fuente renovable. Potencia de producción $\leq 100\text{kW}$. Si aplica, contrato único consumo-auxiliares. Contrato de compensación No hay otro régimen retributivo.	CONSUMIDOR Titular del suministro PRODUCTOR Titular de la instalación TITULAR INSTALACIÓN El inscrito en el registro de autoconsumo PROPIETARIO Puede ser diferente
---	---	---

Figura 2: Tarifa eléctrica

Se entenderá por AUTOCONSUMO el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción de energía eléctrica asociadas a un consumidor, en nuestro caso, los consumos asociados a la explotación agrícola sobre la que se dispondrá la instalación.

Para acogerse a esta modalidad ha de cumplir los siguientes requisitos:

- La fuente de energía tiene que ser renovable.
- La potencia de la instalación (o instalaciones asociadas) no debe ser mayor de 100 kW.
- El consumidor debe estar adherido a un solo contrato de suministro para el consumo con una comercializadora.
- El consumidor y el productor han firmado un contrato de compensación de excedentes tal y como se especifica en el RD 244/2019.
- El consumidor no puede obtener beneficio económico ya que no es una actividad retributiva. Esto quiere decir que únicamente se puede compensar la energía no consumida y el resultado de la factura nunca será negativo.



•

1.4. Normativa de aplicación

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por R.D. 842/2002 de 2 de agosto de 2002, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red (energía fotovoltaica) del IDAE (PTC-C Rev. octubre 2002).
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética para la protección de los consumidores.
- Guía técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 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.
- R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

- Normas UNE de aplicación.

- Ordenanzas Municipales.

- Normas particulares de la Compañía Suministradora de Energía Eléctrica

2. MEMORIA

Un sistema que convierte la energía solar en electricidad mediante paneles solares se conoce como instalación solar fotovoltaica. El efecto fotovoltaico, que describe la capacidad de un material semiconductor para producir una corriente eléctrica cuando se expone a la luz solar, es la base de este tipo de producción de energía.

Desde instalaciones residenciales o comerciales modestas hasta plantas de energía solar a gran escala para servicios públicos, las instalaciones solares fotovoltaicas vienen en una variedad de formas y tamaños. Utilizar la energía del sol como fuente de electricidad limpia y renovable es el objetivo principal de estas instalaciones.

Los principales componentes de estas instalaciones son los siguientes:

- a) Los paneles solares, también conocidos como módulos fotovoltaicos, son dispositivos con células fotovoltaicas que recogen la luz solar y la transforman en electricidad de corriente continua (CC). Se conectan múltiples celdas en serie o en paralelo para aumentar el voltaje o la corriente eléctrica, respectivamente, en los paneles.
- b) La estructura metálica que sujeta los paneles solares en su lugar y proporciona soporte se conoce como estructura de montaje. Puede ser el techo de un edificio, el suelo o una parte de la fachada o el techo del edificio.
- c) El inversor es el componente que transforma la corriente continua (CC) que producen los paneles solares en corriente alterna (CA), el tipo de electricidad que se utiliza en la mayoría de los sistemas eléctricos. El inversor cambia el voltaje y la frecuencia de la electricidad para que funcione con la red o para alimentar directamente los dispositivos eléctricos.
- d) En el sistema de montaje y seguridad se incluyen los cables, conectores y equipos de seguridad necesarios para conectar el inversor y los paneles solares. Para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema, se deben agregar componentes adicionales de protección contra sobrecargas, sobretensiones y cortocircuitos.
- e) La cantidad de electricidad producida por la instalación solar y la cantidad de energía extraída de la red eléctrica se miden mediante un contador de energía bidireccional. Como resultado, es posible realizar un seguimiento preciso de la producción y el consumo de energía y decidir cuánta electricidad se debe intercambiar con la red en caso de excedente.

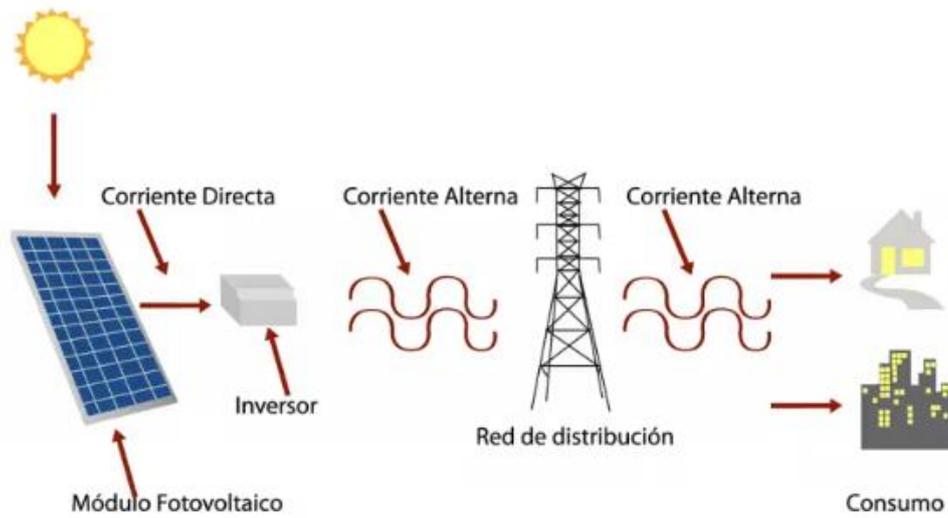


Figura 3: Esquema instalación fotovoltaica

Para el presente proyecto se ha escogido un sistema de producción sin almacenamiento. Se ha escogido este tipo de instalación debido a que los consumos se centran sobre todo los meses de verano, es decir, cuando se utiliza el riego en su mayor parte. Debido a esto, la implementación de un sistema de almacenamiento no es muy eficiente debido a que durante el año el consumo es casi nulo y la mejor opción en ese caso, es la venta de excedentes.

2.1. Resumen de la configuración de la instalación fotovoltaica

La instalación de 98,60 kWp estará comandada por dos inversores de 50 kW de potencia nominal de salida cada uno. La distribución de módulos fotovoltaicos se realizará de la siguiente manera:

INVERSORES: 2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1)
Potencia nominal por inversor: 50 kW

MPPT 1:

- Entrada A: 1 string de 15 módulos.

MPPT 2:

- Entrada B: 1 string de 14 módulos.

MPPT 3:

- Entrada C: 1 string de 14 módulos.

MPPT 4:

- Entrada D: 1 string de 14 módulos.

MPPT 5:

- Entrada E: 1 string de 14 módulos.

MPPT 6:

- Entrada F: 1 string de 14 módulos.

La salida de AC del inversor se dirigirá después a un cuadro de protecciones de alterna del que se extraerá la derivación que se conectará a la red.

En la tabla 1 se recoge el cuadro resumen de la instalación:

Tabla 1: Resumen de la instalación

Potencia Pico	98,6 kWp
Dimensiones del módulo	2384 x 1134 x 35 mm
Potencia del módulo	580 Wp
Número total de módulos	170
Inversores	SMA, STP 50-40/41 (CORE1)

2.2. Inclinación y orientación

Las placas solares son dispositivos fotovoltaicos que convierten la energía solar en electricidad. La mayor parte de la eficiencia de la producción solar fotovoltaica depende de diversos factores, incluyendo la inclinación y orientación de las placas solares como unos de los más importantes.

La inclinación se refiere al ángulo en el que se instala la placa solar en relación con el plano horizontal. La inclinación óptima de la placa solar varía según la latitud de la ubicación y la estación del año.

La orientación se refiere a la dirección en la que se instala la placa solar en relación al sol. La orientación óptima es hacia el sur en el hemisferio norte y hacia el norte en el hemisferio sur. La orientación hacia el este o el oeste también es posible, pero puede reducir la cantidad de energía solar capturada.

Otros factores que pueden afectar la inclinación y orientación de las placas solares incluyen la latitud de la ubicación, el clima y las sombras.

Por lo tanto, para este punto debemos tener en cuenta diversos factores que en nuestro caso van a venir dados por nuestro emplazamiento, latitud y demanda de energía prevista. En el Anejo 02 y Anejo 03 se procederá a la explicación de los datos tomados y los cálculos pertinentes realizados gracias a la aplicación PVGIS y PVSyst.

En nuestro caso se debe a una instalación sobre una estructura libre sobre el terreno disponible, por lo cual la inclinación y acimut seleccionados serán los óptimos para producir la máxima cantidad de energía disponible.

- Inclinación: 36°
- Acimut: -4°

2.3. Sombras y distancia entre módulos

Las sombras y las distancias entre los módulos fotovoltaicos son factores críticos que pueden afectar significativamente la eficiencia de un sistema de energía solar fotovoltaica.

En el caso de las sombras, incluso una sombra parcial en una célula solar puede provocar un efecto conocido como "efecto sombra", que afecta negativamente la corriente en todo el circuito, debido a la conexión en serie de los paneles solares. Por lo tanto, es importante evitar cualquier sombra en los módulos fotovoltaicos.

La distancia entre los módulos fotovoltaicos también es importante. Si los módulos están muy cercanos, puede haber una disminución en la ventilación, lo que puede elevar la

temperatura de los paneles solares y reducir su eficiencia. Además, los módulos demasiado cercanos pueden provocar sombras en los paneles ubicados detrás de ellos, lo que reduce la eficiencia del sistema. Por otro lado, si los módulos están muy alejados, se requiere un área mayor para la instalación de los paneles solares, lo que puede ser un problema en lugares con espacio limitado.

En el presente proyecto debido a las características de ubicación de la instalación no tendremos problemas de sombras a causa de edificios cercanos o semejantes, pero sí deberemos calcular la distancia entre las filas de módulos debido a que se realizarán varias filas en paralelo de módulos fotovoltaicos para aprovechar al máximo el terreno disponible y perjudicar lo menos posible al terreno agrícola explotable. Estos cálculos se detallan en el ANEJO 03.

2.4. Características de los equipos

2.4.1. Módulos Fotovoltaicos

Los valores de la energía media disponible de una cantidad de módulos fotovoltaicos con una orientación e inclinación determinada, junto con su rendimiento y su potencia nominal, son los parámetros determinantes de la producción eléctrica de los paneles.

Existen diferentes tecnologías de módulos fotovoltaicos, cada una con diferentes características y aplicaciones específicas. [2]

- Módulos de silicio monocristalino: Estos módulos están hechos de una sola pieza de silicio monocristalino, lo que les da una apariencia uniforme y una alta eficiencia. Son más costosos de producir que otros tipos de módulos, pero son muy eficientes y duraderos.

- Módulos de silicio policristalino: Estos módulos están hechos de múltiples piezas de silicio policristalino. Son menos eficientes que los módulos monocristalinos, pero son más económicos de producir y son muy comunes en la mayoría de las instalaciones solares.

- Módulos de película fina: Estos módulos están hechos de capas de material semiconductor muy delgado, como el telururo de cadmio o el silicio amorfo. Son menos eficientes que los módulos de silicio, pero son más económicos de producir y se pueden integrar en superficies flexibles, lo que les permite ser utilizados en una variedad de aplicaciones.

En cuanto a los cristales, los módulos fotovoltaicos pueden utilizar diferentes tipos de materiales para cubrir y proteger las células fotovoltaicas. Estos materiales incluyen vidrio templado, vidrio texturizado, vidrio antirreflectante, plásticos resistentes a los rayos UV y otros materiales similares. La selección del material de la cubierta dependerá de varios factores, como la eficiencia de conversión, la resistencia mecánica, la estabilidad térmica, la transmisión de luz y la durabilidad.

Estos serían los diferentes tipos comentados [3]:

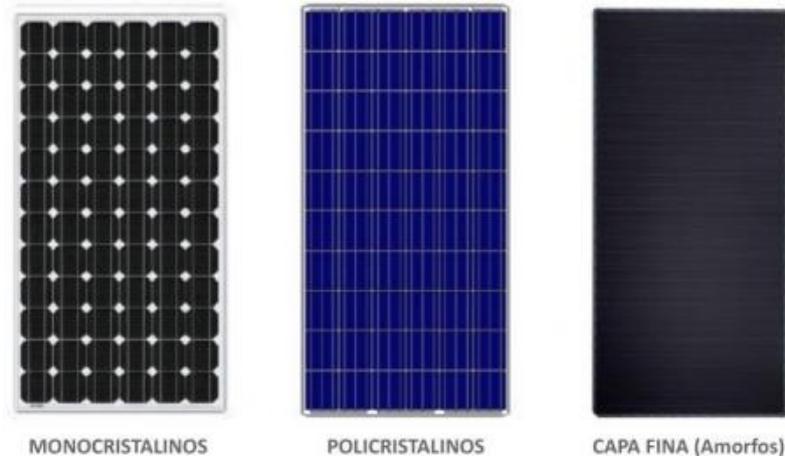


Figura 4: Tipos de paneles solares

Los factores que cambian entre los diferentes tipos de módulos fotovoltaicos y cristales incluyen la eficiencia de conversión, la vida útil, la densidad de potencia, el costo y la estética. La eficiencia de conversión es la cantidad de energía solar que se convierte en electricidad.

Los módulos monocristalinos suelen tener una eficiencia mayor que los policristalinos y los de película fina.

La vida útil se refiere al tiempo que un módulo puede generar electricidad sin degradarse significativamente.

La densidad de potencia se refiere a la cantidad de energía que puede producir un módulo por unidad de área.

El costo de producción y la estética también son factores importantes a considerar en la elección del tipo de módulo fotovoltaico y cristal.

La elección del tipo de módulo y cristal dependerá de las necesidades específicas de cada aplicación y de los objetivos de eficiencia, coste y durabilidad del proyecto

Los paneles se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la planta, como rige la legislación vigente.

Se instalarán paneles marca TRINA SOLAR modelo TSM-DE19R.W, o un equivalente similar, que presente las siguientes características: [4]

Vertex

BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-DE19R.W

POWER RANGE: 560-580 W

580 W

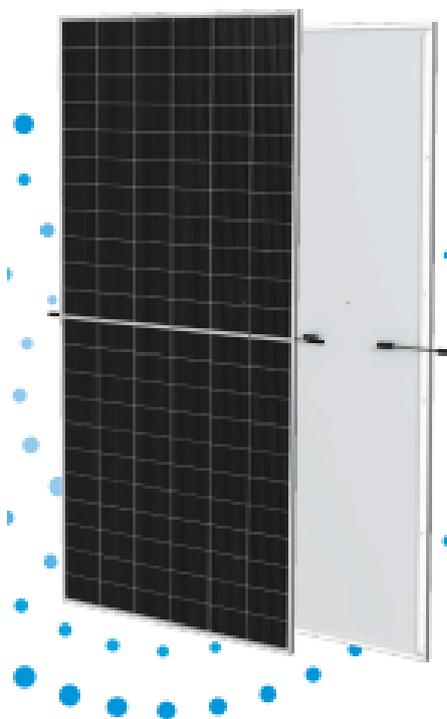
MAXIMUM POWER OUTPUT

0/+5 W

POSITIVE POWER TOLERANCE

21.5%

MAXIMUM EFFICIENCY



High power & efficiency

- Generates up to 580 W, 21.5 % module efficiency with high density interconnect technology
- Maximum energy harvest from rooftops



Easy design & installation on C&I rooftops

- Designed for high compatibility with mainstream inverters
- Mainstream rooftop mounting methods approved



Optimized system cost

- Lower cost of structure, cable and electrical equipment
- Reduced installation time and labor costs
- Shorter payback time



High reliability

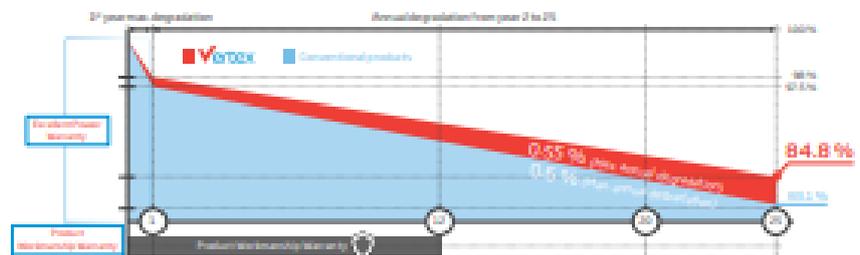
- Assembly in fully automated and state-of-the-art factories
- Beyond industry-standard hail test passed: 35 mm hail size
- Mechanical performance tested up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load

Vertex Warranty

2 %
1st year max. degradation

0.55 %
Max. annual degradation from year 2 to 25

12 Years
Product Workmanship Warranty



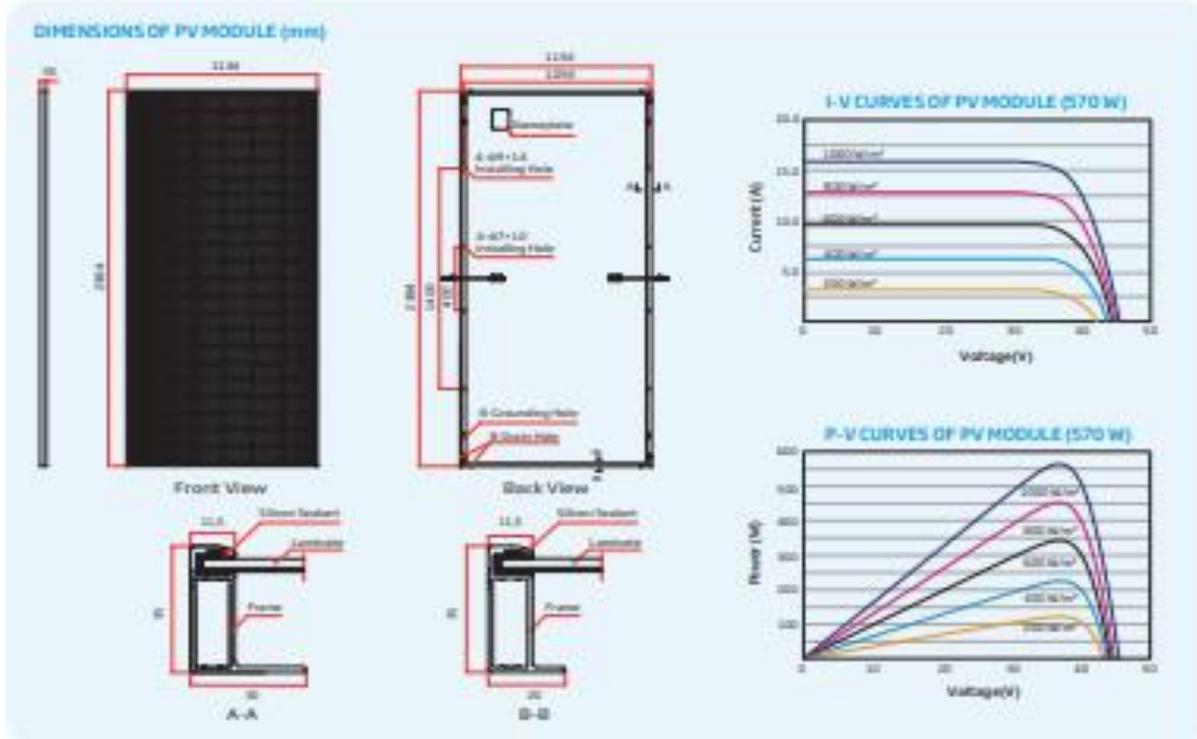
Comprehensive Product and System Certificates



ISO 9001:2015/ISO 14001:2015/ISO 14064:2014/ISO 45001:2018
 ISO 9000: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO 14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System

Trinasolar

Figura 5: Ficha técnica panel fotovoltaico escogido



ELECTRICAL DATA (STC)	TSM 660 107.0Wp	TSM 660 127.0Wp	TSM 570 127.0Wp	TSM 570 107.0Wp	TSM 660 107.0Wp
Peak Power Watts (P _{max}) (W)	560	560	570	570	560
Power Tolerance (P _{max}) (%)	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%
Maximum Power Voltage (V _{mp}) (V)	36.0	36.4	36.5	36.0	36.0
Maximum Power Current (I _{mp}) (A)	15.72	15.76	15.78	15.83	15.84
Open-Circuit Voltage (V _{oc}) (V)	45.0	45.6	45.8	45.3	45.0
Short-Circuit Current (I _{sc}) (A)	19.76	19.81	19.89	19.92	19.94
Module Efficiency (η) (%)	20.7	20.9	21.1	21.3	21.3

MECHANICAL DATA	
Cells/Cells	Monocrystalline
No. of cells	144 cells
Module Dimensions	2184 x 1100 x 30 mm
Weight	12.1 kg
Depth	3.2 mm, High T _g resin, All-Clashed Heat Strong/Bonded Glass
Encapsulant material	EVA/PCB
Backsheet	White
Frame	Stainless Steel/Aluminum Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cells	Photovoltaic Technology: Mono-crystalline, Laminated, 1440 Cells/Module, Frontal: 280/380 mm ²
Connector	TSM / MC4 EVOL [®]

ELECTRICAL DATA (NOCT)	TSM 660 107.0Wp	TSM 660 127.0Wp	TSM 570 127.0Wp	TSM 570 107.0Wp	TSM 660 107.0Wp
Maximum Power (P _{max}) (W)	420	420	430	430	420
Maximum Power Voltage (V _{mp}) (V)	35.1	35.3	35.5	35.0	35.0
Maximum Power Current (I _{mp}) (A)	12.06	12.10	12.13	12.17	12.10
Open-Circuit Voltage (V _{oc}) (V)	43.6	43.9	44.1	43.4	43.0
Short-Circuit Current (I _{sc}) (A)	17.70	17.74	17.77	17.82	17.84

TEMPERATURE RATINGS		MAXIMUM RATINGS	
NOCT (nominal operating temperature)	45 °C (±2 °C)	Operational Temperature	-40 to +85 °C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.54%/°C	Maximum System Voltage	1000VDC (MPE)
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.29%/°C	Max. Short-Circuit Current	62A
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.05%/°C		

NOCT is based on 1000W/m² irradiance, temperature 20 °C, and wind speed 1 m/s.

Maximum system voltage is dependent on the system configuration.



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
 © 2022 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. Version number: TSM_EU_3R_2022_A

www.trinasolar.com

Figura 6: Ficha técnica 2 panel fotovoltaico escogido

2.4.2. Estructura de soporte

La estructura de soporte de las placas es un punto muy importante a la hora de realizar una instalación fotovoltaica debido a que debe soportar los paneles y resistir a los diferentes problemas adversos como la climatología.

De forma general se pueden clasificar como estructuras sobre tejados inclinados, sobre cubiertas planas o directamente en el suelo.

En nuestro caso la planta se realizará directamente sobre el terreno proporcionado por la propiedad.

La elección de los tipos de soporte escogidos viene dada dependiendo de la aplicación. Caracterizando estos se pueden dividir en dos grupos:

- Con seguimiento, es decir la estructura tiene la capacidad de ir orientándose de manera que el sol se va desplazando durante el día, consiguiendo un resultado óptimo de aprovechamiento de energía. La principal ventaja es que el panel siempre se orienta hacia el sol maximizando la producción, pero tiene varios problemas como es su costo y su mantenimiento.
- Fijos, es decir los paneles se colocan sobre una estructura fija donde se ha realizado un estudio para su inclinación y orientación óptimas, intentando maximizar la producción de este en la medida de lo posible.

Para el proyecto se ha optado por una estructura fija al suelo con zapatas de la siguiente manera: [5]

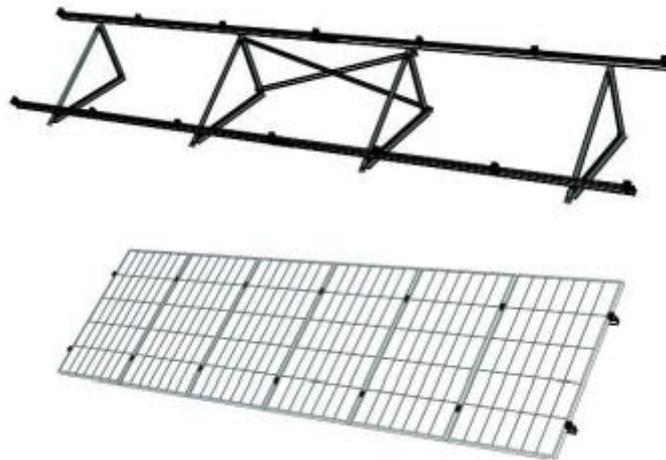


Figura 7: Estructura escogida

2.4.3. Inversor

Un inversor en una instalación fotovoltaica es un dispositivo eléctrico que convierte la corriente continua (DC) producida por los paneles solares en corriente alterna (AC) que se utiliza en el hogar o se alimenta a la red eléctrica.

La importancia del inversor en una instalación fotovoltaica radica en que, sin él, la energía producida por los paneles solares no se podría utilizar en el hogar o vender a la red eléctrica. Además, el inversor garantiza que la energía se produzca de manera eficiente y que la salida de energía cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos.

Existen diferentes tipos de inversores dependiendo del tipo de instalación fotovoltaica a instalar. Se puede distinguir entre inversores en cadena o de tipo string, microinversores y optimizadores de potencia o lo de tipo híbrido.

En el caso del presente proyecto se ha optado por uno de tipo string, pero comentaremos un poco cada tipo y porque se ha elegido el de tipo string para el proyecto [6].

- Inversores String:

El funcionamiento de estos inversores consiste en la conexión en serie de los paneles y se agrupan en ramales. Cada ramal se conecta a un único inversor, el cual es el encargado de convertir la corriente continua a corriente alterna. Actualmente son los inversores más usados a nivel mundial. Dan solución a todo tipo proyectos de pequeño, mediano y gran tamaño.

- Microinversores:

En este caso se instalan en cada placa solar de manera individual. Cada uno de ellos es un convertidor que convierte la energía in situ, que, en algunos casos, pueden venir integrados directamente en el panel solar o en la estructura metálica.

Son algo más eficientes que los inversores string, pero tiene varias desventajas como su mayor costo en grandes instalaciones y el propio coste de mantenimiento es mucho mayor. Son utilizados para zonas en las cuales algún panel puede tener una sombra o un rendimiento menor y que así no perjudique a toda la instalación.

- Optimizadores de Potencia:

Al igual que los microinversores se encuentran individualmente junto a cada panel solar pero la diferencia con estos es que siguen enviando energía a un inversor centralizado. Su funcionamiento se basa en fijar un voltaje modificando así su curva de Intensidad-Tensión, es decir, convierte corriente continua en corriente continua hasta que llega al inversor central y realiza la transformación a alterna.

Este tipo de inversores son algo más baratos que los microinversores, pero siguen siendo más caros que los de tipo string. Su uso es muy común para instalaciones en cubiertas con difícil acceso o diferentes orientaciones.



- Inversores Híbridos:

Este tipo de inversores se puede usar tanto para instalaciones conectadas a la red como para instalaciones aisladas. Se utilizan en sistemas de energía renovable que tienen una fuente de energía de respaldo, como un generador de combustible o una batería. Los inversores híbridos pueden cambiar automáticamente entre la fuente de energía principal y la de respaldo según sea necesario.

En el caso del presente proyecto se ha optado por un inversor de tipo String debido al tamaño de la instalación y diversos factores como:

- Todos los paneles tienen la misma orientación.
- La situación de los paneles es de fácil acceso y se conectarán en serie y por ramales.
- Importante ahorro económico debido a su tamaño y el mantenimiento necesario.

Para este proyecto se instalarán dos inversores de la marca SMA el modelo SUNNY TRIPOWER CORE1 de 50kW cada uno.

La ficha técnica es la siguiente: [7]

SUNNY TRIPOWER CORE1 STP 50-41



Económico

- Equipo de fácil montaje e instalación
- Sin necesidad de utilizar fusibles de CC
- Seccionador de CC integrado

Integración completa

- Acceso Wi-Fi integrado con cualquier dispositivo móvil
- 12 entradas de string directas reducen el esfuerzo de trabajo y material
- Función de protección contra arco voltaico (APCI)
- Protección contra sobretensión CA/CC (opcional)

Instalación rápida

- Rápida conexión a la red con una configuración y una puesta en marcha sencillas del inversor
- Acceso óptimo a las zonas de conexión

Máximo rendimiento

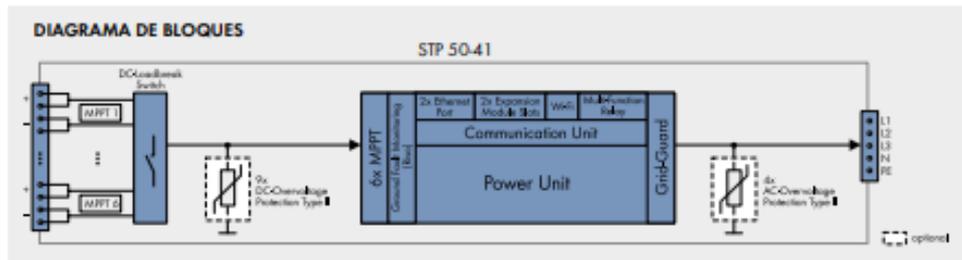
- Sobredimensionado de hasta el 150 % del generador fotovoltaico
- Aumento del rendimiento sin trabajo de montaje gracias a la gestión de sombras integrada SMA ShadeFix
- Diagnóstico de generadores I-V

SUNNY TRIPOWER CORE1

Stands on its own

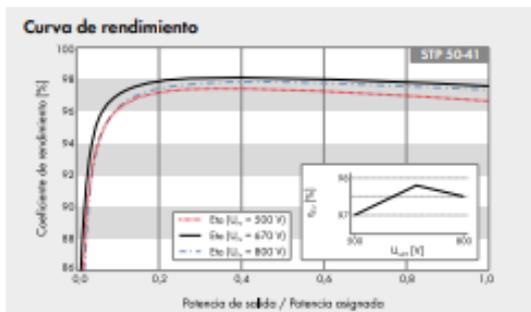
El Sunny Tripower CORE1 es el primer inversor de string de montaje independiente del mundo para sistemas descentralizados sobre tejados y espacios abiertos, así como en plazas de aparcamiento cubiertas. El CORE1 es la tercera generación de la familia de productos de éxito Sunny Tripower y revoluciona el mundo de los inversores comerciales con su concepto innovador. Los ingenieros de SMA buscaban combinar un diseño único con un método de instalación innovador para incrementar así claramente la velocidad de instalación y obtener un retorno de la inversión óptimo para todos los grupos destinatarios. Desde la entrega hasta la instalación, pasando por el funcionamiento, el Sunny Tripower CORE1 permite ahorrar grandes costes logísticos, de mano de obra, material y servicio técnico. Desde este momento, las instalaciones de energía fotovoltaica comerciales pueden convertirse en realidad de forma más rápida, segura y sencilla que antes.

Figura 8: Ficha técnica inversor escogido



Datos técnicos	Sunny Tripower CORE1	Datos técnicos	Sunny Tripower CORE1
Entrada [CC]		Rendimiento	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	75000 Wp STC	Rendimiento máx./europ. Rendimiento	98,1 % / 97,8 %
Tensión de entrada máx.	1000 V	Datos generales	
Rango de tensión del seguidor del MPP/tensión asignada de entrada	De 500 V a 800 V/ 670 V	Dimensiones [ancho x alto x fondo] sin pies y sin interruptor-seccionador de potencia de CC	569 mm/733 mm/621 mm (22.4 in/28.8 in/24.4 in)
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V	Peso	8.4 kg (18.5 lb)
Corriente máx. de entrada/por seguidor del MPP	120 A/20 A	Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)
Corriente del cortocircuito máx. por seguidor del MPP/por entrada de string	30A/30A	Emisión sonora (típica)	< 65 dB(A)
Número de entradas de seguidores del MPP independientes/Strings por entrada de seguidores del MPP	6/2	Autoconsumo (nocturno)	4.8 W
Salida [CA]		Topología/Principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	50000 W	Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Potencia máx. aparente de CA	50000 VA	Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Tensión nominal de CA	230 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V	Valor máximo permitido para la humedad relativa [sin condensación]	100 %
Rango de tensión de CA	De 202 V a 305 V	Equipamiento/Función/Accesorios	
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz/De 44 Hz a 55 Hz 60 Hz/De 54 Hz a 65 Hz	Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne rosado
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V	Patas	●
Corriente de salida máx./Corriente de salida de medición	72,5 A/72,5 A	Indicador led [estado/error/comunicación]	●
Fases de inyección/Conexión de CA	3 / 3(N)-PE	Pantalla de cristal líquido [LCD]	○
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de distorsión armónica	1/De 0 inductivo a 0 capacitivo < 3 %	Interfaz: Ethernet/WLAN/RS485	● [2 entradas] / ▲ / ○
Dispositivos de protección		Interfaz de datos: SMA Modbus/SunSpec Modbus/Speedwin, Webconnect	● / ● / ●
Dispositivo de desconexión en la entrada	●	Relé multifunción/Relays para módulos de amplificación	● / ● [2 entradas]
Vigilante de aislamiento/Monitorización de red	● / ●	Gestión de sombras SMA ShadeFix/Integrated Plant Control/Q on Demand 2d/7	● / ● / ●
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -	Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ●
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente ambiental	●	Garantía: 5/10/15/20 años	● / ○ / ○ / ○
Clase de protección (según IEC 62109-1)/Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I/CA: III; CC: II	Certificados y autorizaciones (otros a petición)	C10/11:2019, EN50549-1/-2, CE, VDE 0126-1-1, VDE AR-N 4110, VDE AR-N 4105:2018, NRS5097-2:2017 (A3), CEI 0-14/0-21:2020, VNR 2019, RD 1699/413, RD 661, TED/749/2020, AS 4777, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 60068-2-4, TCE Ecasuper, GPP, NBB 16149
Función de protección contra arco voltaico (AFCI) / Diagnóstico de generadores IV	● / ●	Modelo comercial	STP 50-41
Descargador de sobretensión de CC/CA (tipo 2, tipo 1/2)	○		

● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible ▲ Según la disponibilidad Datos en condiciones nominales. Versión: 01/2022



Accesorios

- SMA Sensor Module MD_SEN-40
- SMA IO-Module MD_IO-40
- SMA Módulo RS485 MD_485-40
- Universal Mounting System UMS_KIT-10
- AC Surge Protection Module K2 type 2, type 1/2 AC_SPD_K31-10, AC_SPD_KIT2_T1T2
- DC Surge Protection Module K2 type 2, type 1/2 DC_SPD_K24-10, DC_SPD_KIT5_T1T2

SMA-Solar.com

SMA Solar Technology

Figura 9: Ficha técnica 2 inversor escogido

2.5. Características de la instalación de baja tensión

2.5.1. Circuito de baja tensión Corriente Continua (CC)

Los paneles de cada string se conectarán en serie, uniéndose parcialmente en una caja de primer nivel en las que se integrarán los fusibles de protección de dicho string, así como la protección de sobretensiones de continua. Desde esta caja saldrá una línea hacia cada entrada MPPT del inversor.

Teniendo en cuenta que la instalación será considerada como local mojado, acorde al REBT, el cableado del mismo se realizará mediante canalizaciones aislantes con grado de resistencia a la corrosión equivalente a 5 y se emplearán cables de cobre con aislamiento 0,6/1kV. Todos los empalmes serán IP65.

2.5.1.1. Cuadros de primer nivel

Se instalarán cajas de primer nivel para la protección de las series.

La caja se ubicará de forma que se minimicen las tiradas de cable desde los strings fotovoltaicos hasta estas

2.5.1.2. Puesta a Tierra

La puesta a tierra de la instalación se realizará siguiendo el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se han utilizado las instrucciones técnicas complementarias ITC BT 18 y ITC BT 40.

En la parte de la instalación generadora que trabaja con corriente continua, la totalidad de los elementos metálicos deben estar conectados con tierra.

Se conectarán a tierra todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la parte de continua como de la de alterna. Se realizará de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la compañía eléctrica distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

La estructura soporte de los módulos fotovoltaicos se conectará a tierra con motivo de reducir el riesgo asociado a la acumulación de cargas estáticas. Con esta medida se consigue limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas. También permite a los interruptores diferenciales la detección de corrientes de fuga, así como propiciar el paso a tierra de las corrientes de defecto o descarga de origen atmosférico.

La puesta a tierra queda como sigue:

- La sección de los conductores de protección es la misma que la de los conductores activos o polares.
- Línea principal de tierra: enlazará el cuadro del inversor con el punto de puesta a tierra.

- Punto de puesta a tierra: punto situado en el suelo, en una pequeña arqueta, que sirve de unión entre la línea principal de tierra y la línea de enlace con tierra. Estará constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.), que permita la unión entre ambos tramos, de forma que pueda, mediante útiles apropiados, separarse estas, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.
- Línea de enlace con tierra: está formada por los conductores que unen los electrodos con el punto de puesta a tierra.

2.5.1.3. Protecciones

Los cuadros de primer nivel estarán protegidos contra contactos directos, de manera que los elementos activos deben ser inaccesibles. Para lograr este aislamiento se utilizarán cajas de conexión debidamente protegidas, que no permitan el acceso a su interior y cables de doble aislamiento.

Se colocarán además fusibles seccionadores, que son elementos de corte cuya función principal es la de aislar grupos concretos de la instalación, pudiendo así separar cada una de las ramas del resto del generador, facilitando labores de mantenimiento y aislamiento de partes defectuosas.

También se colocarán descargadores a tierra o varistores conectados a tierra, de esta forma será protegido para sobretensiones y sobreintensidades.

2.5.2. Circuito baja tensión Corriente Alterna (CA)

El circuito de Baja Tensión de Corriente alterna comprende desde la salida del inversor hasta la conexión con la red interna del punto de suministro.

2.5.2.1. Interconexión entre inversor y Cuadro de Protecciones

La salida del inversor ya dispone de conexión adecuada de cables de corriente alterna. La sección de estos será adecuada a la corriente a transportar y al modo de instalación, siguiendo siempre las secciones mínimas indicadas en la ITC-BT-19 y ITC-BT-40.

2.5.2.2. Cuadro de Protecciones

Se instalará un interruptor general magnetotérmico de accionamiento manual, tipo tetrapolar, con una intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la compañía eléctrica distribuidora en el punto de conexión.

También se dotará al sistema de protección diferencial para la protección frente a contactos indirectos, mediante la colocación de un interruptor automático diferencial tetrapolar, con objeto de proteger a las personas en caso de derivación de cualquier elemento de la instalación.

2.5.2.3. Distribución CA y sus Canalizaciones

El cableado, tanto el que sale como el que llega a los cuadros de protección se llevará bajo bandeja aislante. Se utilizarán canalizaciones para todos los tramos del cableado. Estas tendrán las secciones aconsejadas por la ITC-BT-21, tablas 2, 5, 7 y 9. Estas canalizaciones también deberán cumplir con la norma UNE-EN 50086, en cuanto a características mínimas.

Como circunstancia particular y siguiendo la ITC-BT-40, en tramo que une el cuadro de alterna con la interconexión con la red del suministro se permitirá una caída de tensión máxima de 1.5% por lo que la sección deberá adecuarse para tal fin.

2.5.2.4. Contadores de Energía

Se instalará un contador-registrador de energía bidireccional marca SMA modelo Energy Meter, para poder monitorizar la producción y los consumos de la instalación.

SMA ENERGY METER



Figura 10: Contador inteligente SMA

2.5.2.5. Puesta a tierra

La puesta a tierra de la instalación se realizará siguiendo el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se han utilizado las instrucciones técnicas complementarias ITC BT 18 y ITC BT 40.

La puesta a tierra queda como sigue:

- Derivaciones de la línea principal de tierra: correspondientes a los diferentes tramos procedentes de cada uno de los grupos de estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos hasta llegar al armario del inversor correspondiente. La sección de los conductores de protección es la misma que la de los conductores activos o polares.
- Línea principal de tierra: enlazará el cuadro de cada inversor con el punto de puesta a tierra.
- Línea de enlace con tierra: está formada por los conductores que unen los electrodos de tierra del edificio con el punto de puesta a tierra.

2.5.2.6. Circuito baja tensión Servicios Auxiliares

Al ser una instalación menor a 100 kW y por tanto alimentada desde la red del punto de suministro, no habrá un circuito diferenciado de servicios auxiliares.

2.5.2.7. Conexión a red

El funcionamiento de la instalación fotovoltaica no provocará en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que, de acuerdo con la disposición adicional única del RD que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de esta instalación no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

En el caso de que la línea de distribución se quede desconectada de la red, bien sea por trabajos de mantenimiento requeridos por la empresa distribuidora o por haber actuado alguna protección de la línea, la instalación fotovoltaica no mantendrá tensión en la línea de distribución (protección de no operación en modo isla contenida en el inversor).

Las condiciones de conexión a la red han sido fijadas en función de la potencia de la instalación fotovoltaica, con objeto de evitar efectos perjudiciales a los usuarios con cargas sensibles. En el circuito de generación hasta el equipo de medida no existe ningún elemento intercalado de generación distinto del fotovoltaico, ni de acumulación o de consumo.

En la conexión de la instalación fotovoltaica, la variación de tensión provocada por la conexión y desconexión de la instalación fotovoltaica no será superior al 5% y no deberá

provocar, en ningún usuario de los conectados a la red, la superación de los límites indicados en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. El factor de potencia de la energía suministrada a la empresa distribuidora será lo más próximo posible a la unidad.

2.5.3. Obra Civil

Para el presente proyecto se realizará un apartado de obra debido a las características de la instalación.

La ubicación de la instalación será al aire libre en un terreno por lo cual se va a proceder a realizar un perímetro cerrado para prohibir la entrada a toda persona ajena a la propiedad.

Para albergar los diferentes cuadros eléctricos, os inversores y toda la instalación se procederá a la ubicación de una caseta prefabricada sobre una solera de hormigón sobre el terreno de manera que proteja toda la instalación y cableado de posibles animales o personal no autorizado a la instalación.

2.6. Armónicos y campos magnéticos

La generación de armónicos y la compatibilidad electromagnética de esta instalación cumplen con lo dispuesto en el RD 1663/2000 en su artículo 13. Los niveles de emisión e inmunidad cumplen con la reglamentación vigente.

2.7. Monitorización y control

La monitorización y el sistema de control son fundamentales para maximizar la eficiencia y la producción de energía de una planta fotovoltaica. Al monitorizar el rendimiento de la planta, es posible detectar cualquier problema o falla en el sistema, lo que permite realizar reparaciones o mantenimiento de manera oportuna y reducir el tiempo de inactividad de la planta. Además, gracias a la monitorización permite realizar un seguimiento del rendimiento en tiempo real y hacer ajustes necesarios para mejorar la eficiencia y la producción de energía.

El sistema de control en una planta fotovoltaica ayuda a maximizar la eficiencia de la planta mediante la regulación de la producción de energía. Esto se logra a través del uso de controladores que ajustan la producción de energía en función de la demanda y de la capacidad de la red eléctrica. También se pueden utilizar sistemas de control para ajustar la orientación de los paneles solares para maximizar la captación de la radiación solar y, por lo tanto, aumentar la producción de energía.

En general, la monitorización y el sistema de control en una planta fotovoltaica son importantes para optimizar la producción de energía, reducir los costos de mantenimiento y aumentar la rentabilidad de la inversión.

En el caso de nuestra instalación se dispondrá de varios equipos para realizar este trabajo.

Para realizar una monitorización completa de la instalación, se ha escogido el equipo de la marca SMA, Data manager M Lite. Un equipo que monitoriza, controla y regula hasta cinco equipos en una única aplicación. Algunas de sus principales características son: [8]

- La parametrización a distancia ahorra tiempo y dinero
- Informes de eventos e informativos para un rápido análisis de errores
- Monitorización automática de los componentes fotovoltaicos mediante SMA Smart Connected
- Numerosas opciones para el control y regulación de la potencia activa y reactiva, como Zero Feed In o Q(U)
- Obtención del coeficiente de rendimiento basado en satélite para 24 meses



Figura 11: Sistema de control y monitorización SMA

2.8. Inversión y amortización

En el Anejo 6 del presente proyecto se especifica y se muestra una tabla con los resultados finales año tras año. Para este estudio se ha establecido un período de vida útil de mínimo 25 años, por tanto, teniendo esto en cuenta y la inversión realizada, nos quedaría de forma general lo siguiente en la tabla 2:

Tabla 2: Resumen económico general

Coste de la inversión:	92.835,45 €
Coste Anual sin instalación:	54.612,52 €
Coste Anual con instalación:	33.305,92 €
Amortización:	4,4
TIR:	23%
VAN:	264.689,24 €

Como se puede observar el coste de la inversión es elevado, pero en un período de 4 a 5 años la inversión ha sido pagada y la instalación genera beneficios.



2.9. Conclusiones

En conclusión, el proyecto de instalación fotovoltaica para la explotación agrícola ha demostrado ser viable tanto desde el punto de vista económico como técnico. Con una tasa interna de retorno (TIR) del 23%, un valor actual neto (VAN) de 264.689,24€ y una amortización de 4 a 5 años, el proyecto presenta un alto potencial de rentabilidad a largo plazo (estudio para 25 años)

Sobre todo, se debe comentar que la instalación fotovoltaica planteada es técnicamente viable debido a la disponibilidad de terreno de la propiedad, la ausencia de sombras y la buena localización y orientación dadas. Es decir, el hecho de que la instalación fotovoltaica sea técnicamente viable significa que se han considerado los desafíos técnicos y se ha diseñado una instalación eficiente y segura. Esto asegura que la instalación pueda operar de manera confiable y producir la cantidad esperada de energía, utilizando equipos y materiales de primera calidad.

Otro aspecto positivo es que la instalación fotovoltaica contribuirá a reducir la huella de carbono y proteger el medio ambiente al utilizar una fuente de energía limpia y renovable. Al mismo tiempo, la generación de energía propia reducirá la dependencia de la red eléctrica y aumentará la independencia energética, notando un importante ahorro económico a lo largo de los años (alrededor de unos 430.000 €)

En resumen, la instalación solar fotovoltaica proyectada para la explotación agrícola es una excelente inversión que combina rentabilidad económica, contribución al medio ambiente y mejora de la independencia energética. Todo esto hace que sea una opción muy atractiva para la empresa AGROLLANO S.L.

Valladolid, a 16 de Mayo de 2023

Pedro Rico Hernansanz

3. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

3.1 Introducción

Se elabora el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD, dado que en el proyecto de obras redactado y del que este documento forma parte, no se dan ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de Presidencia, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

3.1.1 Objeto

En el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con la legislación vigente, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios.
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo.
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención.
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo.
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra.
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos.

3.1.2 Justificación del estudio básico de seguridad y salud

Las condiciones para la redacción de un Estudio Básico de Seguridad y salud, según el RD1627/1997, son las siguientes:



- Que el presupuesto incluido en el proyecto sea inferior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).
- Que la duración estimada de la obra sea igual o inferior a 30 días laborables, empleándose no más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores, sea igual o inferior a 500.
- Que no se trate de obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas, ni presas.

No se da ninguna de las circunstancias o supuestos previstos en el apartado 1 del artículo 4 del R.D. 1627/1997, por lo que se redacta el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

3.1.3 Normas de seguridad y salud aplicables en la obra

Ley de Prevención de Riesgos Laborales

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 10 de noviembre de 1995

Completada por:

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificada por:

Ley de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social

Ley 50/1998, de 30 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

Modificación de los artículos 45, 47, 48 y 49 de la Ley 31/1995.

B.O.E.: 31 de diciembre de 1998

Completada por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal

Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 24 de febrero de 1999

Completada por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001



Completada por:

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de junio de 2003

Modificada por:

Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 13 de diciembre de 2003

Desarrollada por:

Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 2004

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completada por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificada por:

Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.



B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 1997

Completado por:

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.



B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración.

B.O.E.: 23 de marzo de 2010

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 4 de julio de 2015

Seguridad y Salud en los lugares de trabajo

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Manipulación de cargas

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y ampliación de su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos



Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 5 de abril de 2003

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 4 de julio de 2015

Utilización de equipos de trabajo

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 7 de agosto de 1997

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de noviembre de 2004

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 25 de octubre de 1997

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:



Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Disposición final tercera. Modificación de los artículos 13 y 18 del Real Decreto 1627/1997.

B.O.E.: 25 de agosto de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 12 de septiembre de 2007

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002

Modificado por:

Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03

Sentencia de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo.

B.O.E.: 5 de abril de 2004

Completado por:

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico

Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial.

B.O.E.: 19 de febrero de 1988

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

Texto consolidado

Modificado por:



Real Decreto por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos", del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo

Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

B.O.E.: 31 de diciembre de 2014

3.2 Memoria descriptiva

Es conveniente, antes de entrar en el desarrollo de la identificación y delimitación de los riesgos inherentes a las actividades a desarrollar en esta obra definir el concepto de condiciones de trabajo, entendiendo por tal el conjunto de elementos que confluyen e inciden en el trabajador durante su actividad laboral, diferenciándose entre condiciones técnicas, físicas, higiénicas y psicosociales.

Respecto a las condiciones técnicas, se puede señalar la influencia de las características de los locales de trabajo, de sus instalaciones, de las máquinas, herramientas y útiles empleados; las condiciones físicas se refieren a factores tales como la iluminación, ventilación, temperatura, ruido, vibraciones y humedad; las condiciones higiénicas quedan establecidas en función de los posibles contaminantes químicos, tales como polvos, humos o gases; las condiciones psicosociales vienen definidas por cuestiones tales como la insatisfacción laboral, la monotonía, la inestabilidad laboral, los ritmos y jornadas de trabajo, la carga física, las relaciones con los compañeros, con los mandos o con los clientes.

3.2.1 Técnicas de seguridad aplicadas

Se pretende con estas técnicas alcanzar los siguientes objetivos:

- Detectar e identificar los riesgos
- Establecer las causas de los accidentes
- Eliminar dichas causas mediante la prevención
- Evitar las consecuencias de los accidentes por medio de la protección

Se aplicarán unas técnicas de seguridad generales, aplicables a cualquier tipo de riesgo, diferenciando entre operativas, analíticas y organizativas, así como también unas técnicas de seguridad específicas, atendiendo al tipo de riesgo previsto.

Las técnicas operativas se aplicarán sobre el factor humano, mediante la formación, la información, la selección de los trabajadores, la orientación profesional y la actuación disciplinaria, y también sobre el factor técnico, intentando suprimir las causas técnicas de los accidentes al actuar sobre la señalización, normas de seguridad, resguardos de máquinas, protecciones personales, dispositivos de seguridad y mantenimiento preventivo. Se pretende con su aplicación eliminar los riesgos mediante la anulación de las causas.

Las técnicas analíticas están orientadas al análisis de los riesgos y a los daños que puedan causar o hayan causado, según se consideren anteriores o posteriores a los accidentes. Estas técnicas permiten detectar e identificar los riesgos y sus causas y, con ello, eliminar el riesgo antes de que se produzca.

Las técnicas organizativas constituyen las medidas concretas aplicadas por la empresa, que permiten considerar la seguridad como un todo armónico y planificado, señalando objetivos, aplicando las medidas y controlando los resultados.

Por su parte, las técnicas específicas se aplicarán a tres ámbitos distintos:

- Riesgos presentes en la actividad desarrollada
- Riesgos concretos de las diferentes profesiones u oficios que intervienen
- Riesgos definidos en función del ambiente de trabajo, como pueden ser los de incendio, los eléctricos o los derivados del transporte y manipulación de aparatos y equipos

3.2.2 Riesgos generales y su prevención

Para evitar los daños derivados de este tipo de trabajos, tanto en su forma de accidentes de trabajo como de enfermedades profesionales, se tendrán en cuenta tanto los riesgos relativos a las condiciones de seguridad como los relativos al ambiente de trabajo.

3.2.3 Condiciones de los locales

Los locales en los que se realizarán estos trabajos pueden ser dependencias descuidadas y sucias, sobre todo cuando se trata de salas de calderas de edificios existentes. Ha sido y sigue siendo tradición considerar el cuarto de calderas como un habitáculo oscuro, por estar situado normalmente en los sótanos y dotado de poca luz artificial, y sucio, por haberse utilizado ampliamente el carbón como combustible, depositándose las partículas en suspensión en el polvo producido durante su transporte por todos los rincones de dicha dependencia, y también por la falta de una adecuada limpieza periódica del mismo.

3.2.4 Iluminación

Deberá, por tanto, procederse a reforzar la iluminación artificial para, en primera instancia, evitar trabajar en condiciones deficientes que puedan dar lugar tanto a irritación y cansancio ocular como a fatiga o dolor de cabeza, incluso a deslumbramiento, al pasar bruscamente de un ambiente muy iluminado a otro de oscuridad, o viceversa. Un nivel de iluminación adecuado permitirá realizar con comodidad las tareas propias de la sustitución, el montaje y la puesta en marcha, como del posterior mantenimiento de la instalación. Se aconseja que el nivel de iluminación no sea inferior a 200 lux. Esta iluminación será además uniforme, sin contrastes ni deslumbramientos.

3.2.5 Ventilación

Debido a las emanaciones de polvo o de gases procedentes de combustión o de soldadura, debe renovarse el aire de estos ambientes de trabajo para evitar peligros para la salud. Esta ventilación podrá ser natural, practicando los huecos necesarios, o forzada, mediante la utilización de ventiladores o extractores. La renovación mínima que deberá asegurarse será de 30 m³/h de aire limpio por trabajador, evitándose en todo caso la exposición a corrientes de aire excesivas.

3.2.6 Temperatura y humedad

Los efectos generales debidos a unas condiciones térmicas deficientes sufridas por los trabajadores pueden ser fisiológicos, conductuales o psicológicos. Los primeros se pueden dar en forma de resfriados o de golpes de calor, como más característicos; los conductuales se refieren al aumento de la fatiga y al riesgo de cometer errores; los psicológicos se definen por la insatisfacción que implica ansiedad y desinterés.

Se consideran como efectos más peligrosos los siguientes:

- Golpe de calor: Aumento súbito de la temperatura corporal por exposición a una alta temperatura.
- Deshidratación: Pérdida abundante de agua, con los consiguientes efectos cardíacos y deterioro de la capacidad física y mental.
- Hipertermia: Aumento anormal de la temperatura intracorporal, acompañada de ausencia de sudoración.
- Hipotermia: Descenso de la temperatura corporal por debajo de lo normal, por congelación o exposición prolongada a temperaturas bajas.
- Síncope térmico: Pérdida momentánea del movimiento y la sensibilidad debida a una exposición al calor, por detención pasajera del corazón e insuficiencia circulatoria.

Se actuará bien sobre la fuente, aislando o apantallando con material aislante, bien sobre el individuo, dotándolo de ropa adecuada y procurando su aclimatación, reposición de agua e información de los síntomas. La temperatura ambiente deberá estar comprendida entre 12 y 25° C.

Por su parte, la humedad excesiva dificulta la evaporación del sudor y, por lo tanto, impide la autorregulación del cuerpo para mantener su temperatura. La humedad relativa del ambiente de trabajo deberá estar comprendida entre el 30 y el 70%

3.2.7 Ruido y vibraciones

Este contaminante físico puede causar en la persona daños físicos y psíquicos, llegando incluso a producir rotura del tímpano, pérdida de la capacidad auditiva de carácter reversible o no, dolores de cabeza, trastornos de memoria y molestias generales. Psíquicamente produce alteraciones de tipo nervioso que afectan a la conducta.

Se actuará bien sobre la fuente, sustituyendo el elemento perturbador o aislándolo, bien sobre el medio transmisor, recubriendo convenientemente techos y paredes con material absorbente o interponiendo pantallas y eliminando así las reverberaciones, bien sobre el trabajador, dotándolo de protecciones auditivas individuales o reduciendo los tiempos de exposición. El umbral de sensación dolorosa se sitúa en los 120 dB, produciéndose trastornos en el oído por la exposición frecuente y prolongada a un ruido de más de 80 dB.

3.2.8 Limpieza

Es inconcebible el ejercicio de la salud laboral y la prevención allí donde no existe limpieza. La retirada de los escombros, desechos y desperdicios, así como la limpieza del suelo y paredes, de las máquinas y de las instalaciones, se hace necesaria para evitar:

- Riesgos de accidente (deslizamientos, golpes o caídas)
- Posibles enfermedades por falta de higiene y salubridad

3.2.9 Máquinas y equipos de trabajo

Las instalaciones, máquinas y equipos utilizados deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica, al igual que las instalaciones y los aparatos a presión.

A su vez, incluyendo las herramientas manuales o sin motor, deberán estar bien proyectadas y construidas, teniendo en cuenta los principios de la ergonomía. Se mantendrán en buen estado de funcionamiento y se utilizarán exclusivamente para los trabajos que han sido diseñadas. Serán manejadas por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.

En todo accidente interviene tanto el factor técnico como el factor humano. La prevención eficaz y perdurable ha de orientarse a los factores técnicos, ya que las máquinas no sólo son origen de gran número de accidentes, sino que las lesiones causadas por ellas suelen ser graves. Un gran número de incapacidades, permanentes o temporales, están originadas en lesiones producidas por las máquinas.

Se consideran dos tipos de riesgos:

Riesgos mecánicos:

Son aquellos que acontecen mediante una acción violenta y agresiva, debida al contacto del trabajador con elementos móviles de la máquina y que causan lesiones de carácter traumático. Los riesgos a considerar serán, por tanto, aquellos que puedan provocar aplastamiento, atrapamiento, corte, punzonamiento, abrasión, proyección de partes de la máquina, golpes o choques.

Riesgos no mecánicos:

Son aquellos derivados del uso o aplicación de la energía. Se producen por descarga de la energía no mecánica que precisa la máquina, pudiendo distinguir entre contactos eléctricos; explosión debida a sobrepresión originada por cambios rápidos de presión o de temperatura; contactos con superficies calientes o frías; exposición a agentes físicos o químicos.

Existen dos tipos fundamentales de prevención para estos riesgos:

- Resguardos, defensas, guardas o protectores
- Dispositivos de seguridad

Los primeros tienen por finalidad evitar el contacto entre el cuerpo o miembros del operario y las partes peligrosas de las máquinas, aislando el punto de riesgo de forma positiva. Encierran los elementos peligrosos, de forma que el trabajador no pueda acceder a ellos, utilizándose con este fin pantallas, cubiertas o barandillas. Entre estos resguardos cabe mencionar los recubrimientos de poleas y transmisiones, las pantallas de diversos materiales, las barandillas, que no cubren la zona de peligro, pero la pone fuera del alcance del trabajador.

Los dispositivos de seguridad aportan una protección indirecta, al no aislar positivamente los puntos o partes peligrosas. Entre ellos pueden citarse los dispositivos automáticos.

3.2.10 Riesgos específicos y su prevención

Este tipo de riesgos hace referencia a los riesgos profesionales característicos de las actividades a desarrollar. En las instalaciones objeto del presente proyecto los riesgos serán de diversos tipos, debido a la variedad de oficios y profesiones que intervendrán. Entre los más destacables se encuentran los siguientes:

- Trabajos en altura: Caída de andamios o escaleras, provocando por lo general accidentes muy graves. Se incluye aquí la caída de materiales, objetos y herramientas.
- Maquinaria y herramientas: Además de los riesgos inherentes, atropellos, vuelcos, colisiones y contactos eléctricos.
- Ruidos y vibraciones: La exposición prolongada a un elevado ruido puede producir sordera. Las articulaciones y los músculos pueden verse afectados por las vibraciones producidas con herramientas neumáticas.
- Soldadura: Radiaciones internas de tipo visible e infrarroja, inhalación de gases tóxicos y humos, electrocución, quemaduras por contacto directo con las piezas metálicas.
- Incendios: Acción directa e indirecta del calor y toxicidad de los humos y de los gases desprendidos.
- Mantenimiento: Levantamiento, transporte y descarga de los materiales y equipos empleados, realizado manual o mecánicamente. Riesgos relativos al levantamiento y la descarga son la fatiga, lumbalgias, lesiones en la columna, hernias discales, golpes en extremidades inferiores, lesiones en las manos; riesgos por transporte o desplazamiento son las caídas, tanto del operario como del material transportado, con lesiones en extremidades inferiores.

Las medidas preventivas aplicables a algunos de estos riesgos ya se han mencionado anteriormente. Para las que no, podemos enumerar las siguientes:

- Los andamios deben ser fáciles de montar y desmontar, sin entrañar riesgos. No deben entorpecer el trabajo y tienen que cubrir toda la zona que deba ser protegida.
- Las escaleras deben situarse de forma estable, lejos de puertas y elementos móviles y estarán apoyadas en superficies sólidas y planas.
- Ante la posibilidad de una caída deben usarse protecciones individuales, tales como cinturón de seguridad, cascos y portaherramientas. Para la manipulación de tuberías y elementos mecánicos usar monos, guantes y botas apropiadas.
- Respecto a las soldaduras, se revisará periódicamente el estado de los cables y el aislamiento de la pinza, asegurando la existencia de toma de tierra y se utilizarán mascarillas homologadas, así como ropa, guantes y calzado de protección.
- El levantamiento y descarga de materiales y equipos debe hacerse con el adecuado entrenamiento y conocimiento de las técnicas de levantamiento y utilizando medios de protección personales, tales como cascos resistentes a impactos mecánicos con visera en el frente para la cabeza, guantes de cuero curtidos al cromo o similar, zapatos o botas con refuerzo metálico en la puntera y ropa de trabajo ligera, flexible y ajustada al cuerpo. Si se utilizan medios mecánicos, no se cargará con pesos superiores a los autorizados y se evitarán las maniobras bruscas.
- El transporte o desplazamiento de materiales, cuando sea manual, debe hacerse con las cargas próximas al cuerpo; los recorridos largos deben realizarse con descansos, en función del peso; no debe girarse nunca la cintura solamente, sino todo el cuerpo a la vez y cambiando los pies de orientación. Si se realiza con medios mecánicos, tomar las cargas correctamente y sin sacudidas, con apilamientos estables y resistentes en su caso, conservando la máxima visibilidad.

3.2.11 Primeros auxilios

Se dispondrá de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso. Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

3.2.12 Servicios higiénicos

Los trabajadores dispondrán de un espacio adecuado para colocar su ropa y sus objetos personales, así como de al menos un servicio higiénico dotado de lavabo con agua corriente y retrete con cisterna de descarga automática.

3.3 Obligaciones del promotor

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

3.4 Coordinadores en materia de seguridad y salud

La designación de los coordinadores en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el artículo 10 del R.D. 1627/1997.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

3.5 Plan de seguridad y salud en el trabajo

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como la personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la Dirección Facultativa.

3.6 Obligaciones de contratistas y subcontratistas

El contratista y subcontratista están obligados a:

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de accesos, y la determinación de vías, zonas de desplazamientos y circulación.
- Manipulación de distintos materiales y utilización de medios auxiliares.
- Mantenimiento, control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
- Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- Recogida de materiales peligrosos utilizados.
- Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- Cooperación entre todos los intervinientes en la obra
- Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud, y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente, o en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades del coordinador, Dirección Facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

3.7 Obligaciones de los trabajadores

Los trabajadores autónomos están obligados a:

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza
- Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros
- Recogida de materiales peligrosos utilizados.
- Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- Cooperación entre todos los intervinientes en la obra
- Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.
- Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

3.8 Libro de incidencias

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 h. una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.



3.9 Paralización de los trabajos

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajes, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

3.10 Derechos de los trabajadores

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

3.11 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del R.D. 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

3.12 Conclusiones.

Con lo anteriormente indicado se han expuesto las condiciones de seguridad y salud aplicables a la obra de referencia, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1627/1997, al cual habrán de acogerse cuantas dudas surjan en la realización de la misma.



4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 Calidad de los materiales

4.1.1 Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

4.1.2 Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

4.1.3 Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.



4.1.4 Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles.

En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atraviese partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

4.1.5 Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

4.1.6 Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:



- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

4.2 Normas de ejecución de las instalaciones

4.2.1 Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad que proporcionan a los conductores.

Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se desee una unión estanca.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.

Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2.



Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m.

El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán en los tubos después de colocados éstos.

Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos, o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta además las siguientes prescripciones:



Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, 0.50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

Los tubos se colocarán adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

Cuando los tubos se coloquen empotrados se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.



En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

4.2.2 Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.



Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y si el sistema adoptado es de tornillo de apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

4.2.3 Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarían la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

4.2.4 Aparatos de protección

Protección contra sobreintensidades



Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.



Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución, o tipo de conductores utilizados.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades se ajustarán a la norma IEC 60898-1. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.



El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.



También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.



El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.



Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- Vc: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- Is: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

4.2.5 Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0,05 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Está limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.



En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

4.2.6 Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc.

El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férricos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción MI-BT 017 para los conductores de protección.

4.2.7 Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.



Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se



efectuará siempre por derivaciones desde éste. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

4.2.8 Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse

aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.

Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

4.3 Pruebas reglamentarias

4.3.1 Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

4.3.2 Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

4.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.



4.5 Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

4.6 Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.



5. GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS

5.1 Introducción

En cumplimiento del "Real Decreto 105/2008. Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición", el presente estudio desarrolla los puntos siguientes:

- Normativa y legislación aplicable.
- Agentes intervinientes en la Gestión de RCD.
- Identificación de los residuos de construcción y demolición generados en la obra, codificados según la "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos".
- Estimación de la cantidad generada en volumen y peso.
- Medidas para la prevención de los residuos en la obra.
- Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos.
- Medidas para la separación de los residuos en obra.
- Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos.
- Valoración del coste previsto de la gestión de RCD.

5.2 Normativa y legislación aplicable

Para la resolución del problema ambiental que plantean los residuos procedentes de las obras, se aplicará lo dispuesto en la legislación española de las diferentes Órdenes, Leyes y Decretos que determinan la regulación y la gestión de dichos residuos, evitando



en todo lo posible el deterioro del Medio Ambiente. Entre otros, se mencionan los siguientes:

- Orden MAM/304/2002, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Real Decreto 105/2008, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley Residuos de la Comunidad correspondiente.
- Orden 2726/2009, de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad correspondiente.
- Ordenanza de Limpieza de los Espacios Públicos y Gestión de Residuos del organismo competente.

Todas estas Leyes, Órdenes y Normativas, así como las posteriores y otras, serán de aplicación en la realización de las obras.

5.3 Agentes intervinientes

5.3.1 Decálogo del responsable de los residuos de obra

La figura del responsable de los residuos en la obra es fundamental para una eficaz gestión de los mismos, puesto que está a su alcance tomar las decisiones para la mejor gestión de los residuos y las medidas preventivas para minimizar y reducir los residuos que se originan.

En síntesis, los principios que debe observar son los siguientes:

- En todo momento se cumplirán las normas y órdenes dictadas.
- Todo el personal de la obra conocerá sus responsabilidades acerca de la manipulación de los residuos de obra.
- Es necesario disponer de un directorio de compradores/vendedores potenciales de materiales usados o reciclados cercanos a la ubicación de la obra.



- Las iniciativas para reducir, reutilizar y reciclar los residuos en la obra han de ser coordinadas debidamente.
- Animar al personal de la obra a proponer ideas sobre cómo reducir, reutilizar y reciclar residuos.
- Facilitar la difusión, entre todo el personal de la obra, de las iniciativas e ideas que surgen en la propia obra para la mejor gestión de los residuos.
- Informar a los técnicos redactores del proyecto acerca de las posibilidades de aplicación de los residuos en la propia obra o en otra.
- Deberá seguirse un control administrativo de la información sobre el tratamiento de los residuos en la obra, y para ello se deben conservar los registros de los movimientos de los residuos dentro y fuera de ella.
- Los contenedores deberán estar etiquetados correctamente, de forma que los trabajadores obra conozcan dónde deben depositar los residuos.
- Siempre que sea posible, intentar reutilizar y reciclar los residuos de la propia obra antes de optar por usar materiales procedentes de otros solares.

5.3.2 Decálogo de los trabajadores a pie de obra

El personal de la obra es responsable de cumplir correctamente todas aquellas órdenes y normas que el responsable de la gestión de los residuos disponga. Pero, además, se puede servir de su experiencia práctica en la aplicación de esas prescripciones para mejorarlas o proponer otras nuevas. Los principios que deberán aplicar los trabajadores serán:

- Etiquetar de forma conveniente cada uno de los contenedores que se van a usar en función de las características de los residuos que se depositarán.
- Las etiquetas deben informar sobre qué materiales pueden, o no, almacenarse en cada recipiente. La información debe ser clara y comprensible.
- Las etiquetas deben ser de gran formato y resistentes al agua.
- Utilizar siempre el contenedor apropiado para cada residuo. Las etiquetas se colocan para facilitar la correcta separación de los mismos.



- Separar los residuos a medida que son generados para que no se mezclen con otros y resulten contaminados.
- No colocar residuos apilados y mal protegidos alrededor de la obra ya que, si se tropieza con ellos o quedan extendidos sin control, pueden ser causa de accidentes.
- Nunca sobrecargar los contenedores destinados al transporte. Son más difíciles de maniobrar y transportar, y dan lugar a que caigan residuos, que no acostumbran a ser recogidos del suelo.
- Los contenedores deberán salir de la obra perfectamente cubiertos. No se debe permitir que la abandonen sin estarlo porque pueden originar accidentes durante el transporte.
- Para una gestión más eficiente, se deben proponer ideas referidas a cómo reducir, reutilizar o reciclar los residuos producidos en la obra.
- Las buenas ideas deben comunicarse a los gestores de los residuos de la obra para que las apliquen y las compartan con el resto del personal.

5.3.3 Obligaciones del poseedor de residuos

La figura del poseedor de residuos en obra es fundamental para una correcta gestión de los residuos. Sus principales obligaciones serán las siguientes:

- Presentar al Promotor un Plan que refleje cómo llevará a cabo todas las operaciones en relación a la gestión de los residuos que se generarán. El Plan, una vez aprobado por la Dirección Facultativa, y aceptado por la Propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.
- En el caso de que el Poseedor de residuos no los gestione en obra deberá entregar los mismos a un Gestor Autorizado.
- Acreditar mediante documentación fehaciente, la entrega de los residuos generados, en el que en los mismos figurarán: la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia, el número de licencia, la cantidad de los residuos (expresada en tn o m³), el tipo de residuos entregados codificados con arreglo a la lista MAM/304/2002 y la identificación del Gestor de las operaciones de destino. Cuando dicho Gestor, únicamente realice operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en la documentación anteriormente

citada, deberá constar también la identificación del gestor de valoración o eliminación posterior al que se destinarán los residuos.

- Estará obligado, mientras los residuos se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla entre fracciones ya seleccionadas, que impida la posterior valorización o eliminación.
- Deberá separar en obra los residuos en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista supere las indicadas en el artículo 5.5. del Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Cuando por falta de espacio físico, no resulte viable en obra efectuar la citada separación en la obra, el poseedor podrá encomendar la separación de residuos a un Gestor en una instalación de tratamiento externa a la obra, obteniendo del mismo la documentación acreditativa de dicha operación.
- Sufragar los correspondientes costes de la gestión de los residuos, entregando al productor los certificados y demás documentación acreditativa a la gestión. Deberá mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

5.4 Descripción de los residuos de obras

5.4.1 Residuos asimilables a urbanos

Estos residuos son objeto de recogida domiciliaria para lo que se depositarán en los contenedores o se observarán las normas que en cada caso determine el Ayuntamiento, de conformidad con la normativa legal vigente.

5.4.2 Tierras y escombros

Existen puntos de vertido específicos para este tipo de materiales en los que se puede realizar el libramiento de tierras y escombros, previo abono de la tasa correspondiente (vertedero autorizado).

Está prohibida la evacuación de toda clase de residuos orgánicos mezclados con las tierras y escombros, y en general de todo aquello que pueda producir daños a terceros, al medio ambiente o a la higiene pública.

Los vehículos que efectúen el transporte de tierras y escombros lo harán en las debidas condiciones para evitar el vertido accidental de su contenido, adoptando las precauciones necesarias para impedir que se ensucie la vía pública (disponer de la

autorización como transportista de residuos no peligrosos por la Comunidad Autónoma pertinente).

5.4.3 Residuos industriales inertes

En el interior de las instalaciones se han debido separar y depositar cada tipo de residuo en contenedores en función de las posibilidades de recuperación y requisitos de gestión.

En el traslado al exterior se puede, para este tipo de residuos, solicitar la recogida y transporte o la autorización para el depósito en el centro de tratamiento correspondiente o entregarlos a gestores autorizados.

5.5 Valoración de los residuos generados

Este proyecto contempla la sustitución de una de las enfriadoras de agua existentes en la instalación. La mayor parte de los residuos estarán relacionados con el desmontaje de los equipos actuales (calderas, bombas, etc.), no peligrosos y generalmente, sin coste de tratamiento, y la obra civil (ladrillo, hormigón, etc.). Asimismo, los trabajos de conexionado hidráulico y eléctrico de los nuevos equipos producirán residuos tales como excedentes en las canalizaciones de acero, embalajes de plástico y cartón, etc.

Los residuos se almacenarán en la azotea. El punto de almacenaje será tal que se eviten movimientos innecesarios, no entorpezcan la marcha de la obra y no faciliten la gestión eficaz de los residuos.

Por las características de esta actuación, en la que no se producirán excavaciones o movimientos de tierras, no se generarán residuos de "Nivel I". Por tanto, la totalidad de los residuos generados se clasificarán como "Nivel II", según lo indicado en la Orden 2726/2009 por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid. En las siguientes tablas se recoge la identificación y valoración (tanto en peso como en volumen) de los residuos generados en la actuación objeto de este proyecto, codificados según la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002.

Material según "Decisión 2014/955/UE. Lista europea de residuos"	Código LER	Densidad aparente (t/m ³)	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I				
1 Tierras y pétreos de la excavación				
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	1,66	281,325	169,882
RCD de Nivel II				
RCD de naturaleza no pétreo				

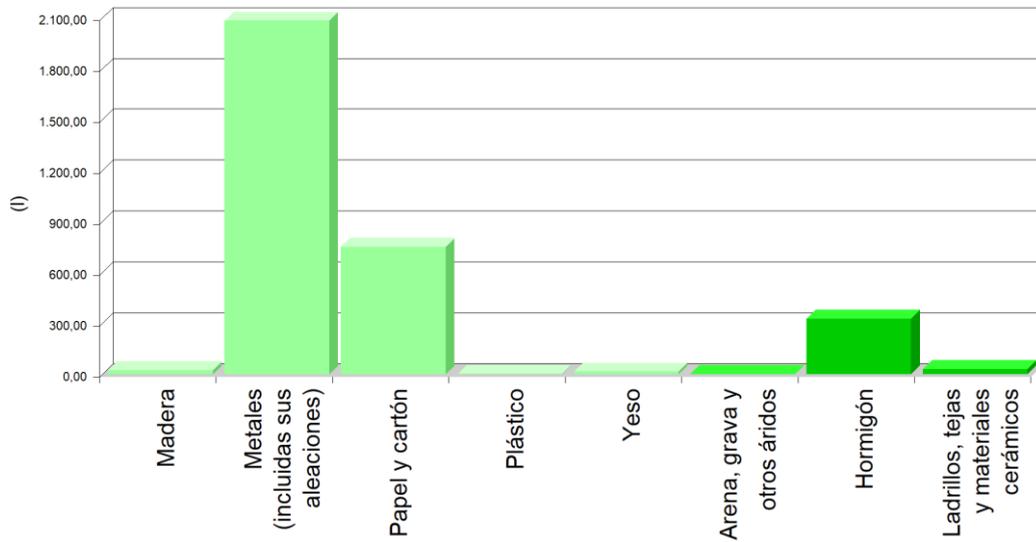
Material según "Decisión 2014/955/UE. Lista europea de residuos"	Código LER	Densidad aparente (t/m ³)	Peso (t)	Volumen (m ³)
1 Madera				
Madera.	17 02 01	1,10	0,026	0,024
2 Metales (incluidas sus aleaciones)				
Hierro y acero.	17 04 05	2,10	4,367	2,080
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.	17 04 11	1,50	0,006	0,004
3 Papel y cartón				
Envases de papel y cartón.	15 01 01	0,75	0,563	0,751
4 Plástico				
Plástico.	17 02 03	0,60	0,001	0,002
5 Vidrio				
Vidrio.	17 02 02	1,00	0,000	0,000
6 Yeso				
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	17 08 02	1,00	0,015	0,015
7 Basuras				
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	17 06 04	0,60	0,000	0,000
RCD de naturaleza pétreo				
1 Arena, grava y otros áridos				
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 08	1,50	0,001	0,001
2 Hormigón				
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	1,50	0,491	0,327
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos				
Ladrillos.	17 01 02	1,25	0,031	0,025
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	17 01 07	1,25	0,005	0,004

En la siguiente tabla, se exponen los valores del peso y el volumen de RCD, agrupados por niveles y apartados

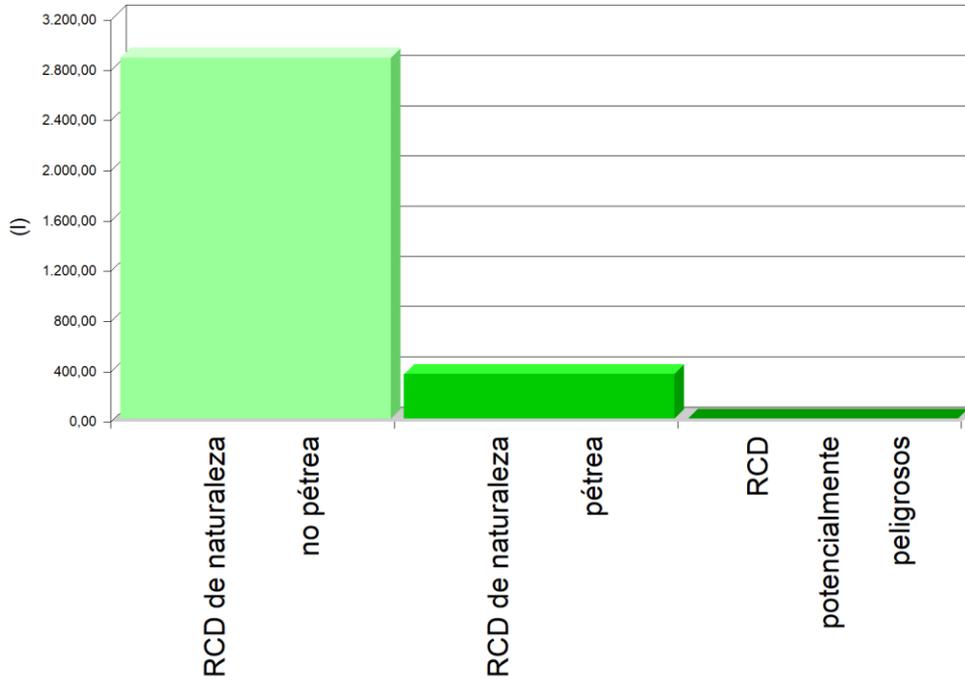
Material según "Decisión 2014/955/UE. Lista europea de residuos"	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I		
1 Tierras y pétreos de la excavación	281,325	169,882
RCD de Nivel II		
RCD de naturaleza no pétreo		

Material según "Decisión 2014/955/UE. Lista europea de residuos"	Peso (t)	Volumen (m ³)
1 Asfalto	0,000	0,000
2 Madera	0,026	0,024
3 Metales (incluidas sus aleaciones)	4,373	2,084
4 Papel y cartón	0,563	0,751
5 Plástico	0,001	0,002
6 Vidrio	0,000	0,000
7 Yeso	0,015	0,015
8 Basuras	0,000	0,000
RCD de naturaleza pétreo		
1 Arena, grava y otros áridos	0,001	0,001
2 Hormigón	0,491	0,327
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	0,036	0,029
4 Piedra	0,000	0,000

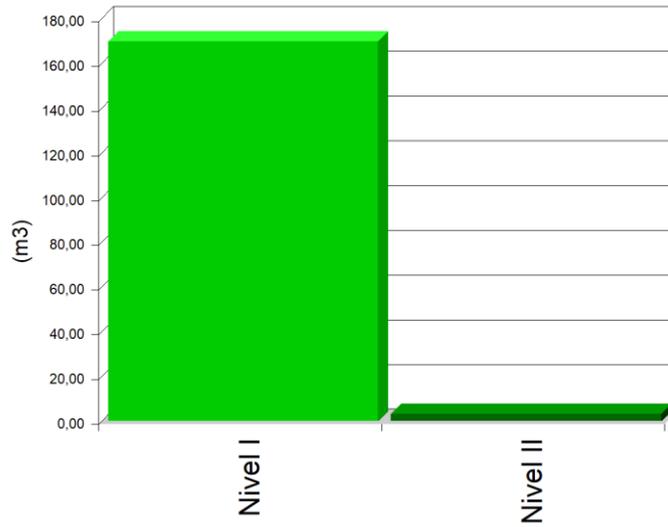
Volumen de RCD de Nivel II



Volumen de RCD de Nivel II



Volumen de RCD de Nivel I y Nivel II



5.6 Medidas para la prevención de residuos

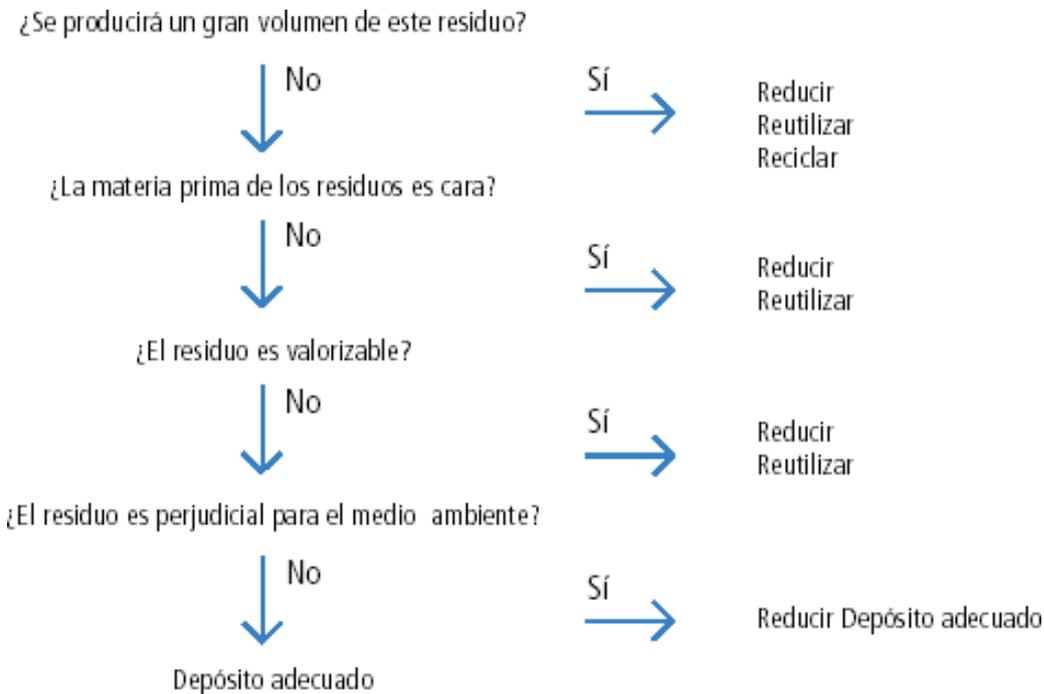
Como criterio general, se adoptarán las siguientes medidas para la planificación y optimización de la gestión de los residuos generados durante la demolición de la obra:

- Disponer de un directorio de compradores/vendedores potenciales de materiales usados o reciclados cercanos a la ubicación de la obra.
- Las iniciativas para reducir, reutilizar y reciclar los residuos en la obra han de ser coordinadas debidamente.
- Animar al personal de la obra a proponer ideas sobre cómo reducir, reutilizar y reciclar residuos.
- Facilitar la difusión, entre todo el personal de la obra, de las iniciativas e ideas que surgen en la propia obra para la mejor gestión de los residuos.
- Informar a los técnicos acerca de las posibilidades de aplicación de los residuos en la propia obra o en otra.
- Deberá seguirse un control administrativo de la información sobre el tratamiento de los residuos en la obra, y para ello se deben conservar los registros de los movimientos de los residuos dentro y fuera de ella.
- Siempre que sea posible, intentar reutilizar y reciclar los residuos de la propia obra antes de optar por usar materiales procedentes de otros solares.
- Etiquetar de forma conveniente cada uno de los contenedores que se van a usar en función de las características de los residuos que se depositarán. Las etiquetas deben informar sobre qué materiales pueden, o no, almacenarse en cada recipiente. La información debe ser clara y comprensible. Las etiquetas deben ser de gran formato y resistentes al agua.
- Utilizar siempre el contenedor apropiado para cada residuo. Las etiquetas se colocan para facilitar la correcta separación de los mismos.
- Separar los residuos a medida que son generados para que no se mezclen con otros y resulten contaminados.
- No colocar residuos apilados y mal protegidos alrededor de la obra ya que, si se tropieza con ellos o quedan extendidos sin control, pueden ser causa de accidentes.
- Nunca sobrecargar los contenedores destinados al transporte. Son más difíciles de maniobrar y transportar, y dan lugar a que caigan residuos, que no acostumbran a ser recogidos del suelo.
- Los contenedores deberán salir de la obra perfectamente cubiertos. No se debe permitir que la abandonen sin estarlo porque pueden originar accidentes durante el transporte.
- Los materiales sobrantes deben transferirse siempre a un transportista autorizado, inscrito en el registro oportuno. Si existieran dudas acerca de la legalidad del transportista, es preciso solicitarle la documentación que lo acredita, y, llegado el caso, comprobarla en el registro de la Administración.

En el caso de que se adopten otras medidas alternativas o complementarias para la planificación y optimización de la gestión de los residuos, se le comunicará a la Dirección Facultativa para su conocimiento y aprobación. Estas medidas no supondrán menoscabo alguno de la calidad de la obra, ni interferirán en el proceso de ejecución de esta.

Si se reducen los residuos que habitualmente genera la construcción, se disminuirá los gastos de gestión, se necesitará comprar menos materias primas y el balance medioambiental global será beneficioso. Si los residuos se reutilizan, reduciremos asimismo la cantidad de materias primas necesarias, y por lo tanto no malgastaremos inútilmente recursos naturales y energía, e incluso podremos conseguir mejoras económicas.

Las alternativas de acción para la mejora de la gestión ambiental de los residuos son diversas. Para obtener mejoras eficaces, es necesario definir una jerarquía de prioridades, con el fin de facilitar la adopción de estas decisiones, se propone seguir esta breve secuencia de cuestiones:



Para mejorar la gestión también es necesario prever y planificar de manera racional y eficiente las acciones que se llevarán a cabo.



5.7 Operaciones de reutilización, valoración o eliminación de los residuos

5.7.1 Generalidades

El desarrollo de las actividades de valorización de residuos de construcción y demolición requerirá autorización previa del órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente, en los términos establecidos por la legislación vigente en materia de residuos.

La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones que se vayan a realizar, y sin perjuicio de las autorizaciones o licencias exigidas por cualquier otra normativa aplicable a la actividad. Se otorgará por un plazo de tiempo determinado, y podrá ser renovada por periodos sucesivos.

La autorización sólo se concederá previa inspección de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y comprobación de la cualificación de los técnicos responsables de su dirección y de que está prevista la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.

Cada uno de los diversos residuos que se originan en la construcción y demolición podrá ser sometido a diferentes alternativas de gestión:

5.7.2 Hormigón y obra de fábrica

La alternativa más ventajosa es reciclarlo en la propia obra como árido en un hormigón nuevo o en rellenos de soleras y trasdosados de muros de contención.

Además de reciclar estos residuos para la obra de edificación, también pueden ser empleados en la formación del paisaje de las zonas ajardinadas comunes.

Para mejorar las posibilidades de reciclado se deberán separar los residuos de hormigón de los de albañilería y, sobre todo, de la madera, metales y plásticos. Recomendación prioritaria para los residuos de hormigón es que no se mezclen con yeso o placas de cartón-yeso, porque el contenido de sulfato de estos materiales inutilizaría tales residuos para su uso como materia prima de un hormigón nuevo. Asimismo, si se mezclan los residuos de hormigón con los de albañilería, disminuirán las prestaciones mecánicas del producto final y quizá resulte inútil como granulado para hormigón.

5.7.3 Madera

Se podrán reutilizar los medios auxiliares y los embalajes de madera. Los palets de madera pueden triturarse y convertirse en virutas para fabricar paneles aglomerados de madera o serrín. Y como último destino todavía quedaría la valorización energética.

Existen varias alternativas de valorización para los residuos de madera: desde la reutilización directa como elementos de arquitectónicos, a la valorización energética mediante su combustión controlada. Las más interesantes son las que consiguen reutilizarla o reciclarla, para lo cual es imprescindible almacenar correctamente los residuos de madera. Con un almacenaje por separado se logra evitar:

- La contaminación o los daños sufridos por el contacto con otros residuos.
- La pudrición de la madera, que puede convertir el residuo en no inerte. En particular debe ser protegida de la lluvia, para impedir que aumente su contenido de humedad y sea atacada por microorganismos.
- La mezcla con otros residuos inertes que reducirán su reciclabilidad.
- La inclusión de piezas metálicas en la madera (clavos, tornillos o grapas) dificulta la recuperación y transformación de los residuos de madera porque estas piezas son difíciles de extraer y podrían llegar a dañar la maquinaria de reciclado. Por lo tanto, lo primero será localizarlos para luego extraerlos.

5.7.4 Metales

Los residuos metálicos son los más fácilmente valorizables porque poseen un gran valor. Se pueden vender sin problemas porque poseen valor residual como chatarra.

Para reducir los residuos metálicos, hay que conseguir que los perfiles y barras de armaduras lleguen a la obra con el tamaño definitivo. Es conveniente que lleguen listas para colocar en obra, cortadas, dobladas y, preferiblemente, montadas. Así no se producirán residuos y facilitaremos además su puesta en obra.

Para facilitar el reciclado de los metales, en primer lugar es necesario almacenarlos correctamente, separando los metales de los restantes residuos. Esta separación selectiva debe completarse con otra separación que tenga en cuenta los diferentes tipos de metal. El metal no férrico debe separarse del metal férrico.

El objetivo prioritario sería reutilizarlos en la propia obra, o, de no ser así, almacenarlos en ella y prepararlos para ser reutilizados en otra. No obstante, en la práctica, la opción del reciclaje es la más viable: los metales se pueden vender a un recuperador de chatarra, y éste transportarlos a una planta de reciclaje, que los transformará en un nuevo producto.

5.7.5 Residuos especiales

Los residuos potencialmente peligrosos deben recibir una atención especial. Se tendrá que realizar la gestión más adecuada para ellos. Una de las primeras tareas a desarrollar consiste en identificar y recuperar los materiales contaminantes.

Estos residuos deben separarse y guardarse en un contenedor seguro o en una zona reservada, que pueda permanecer cerrada cuando no se utilice. Asimismo, los recipientes en los que se guarden deben estar etiquetados con claridad y perfectamente cerrados para impedir derrames o pérdidas por evaporación.

Es importante que los responsables de la ejecución de las instalaciones conozcan la legislación vigente sobre estos temas.

5.7.6 Embalajes y plásticos

En principio, la alternativa preferible es que el proveedor del material recoja sus propios embalajes. No obstante, si el embalaje permanece en la obra se pueden seguir las siguientes recomendaciones para reducir su impacto:

- No separar el embalaje hasta que se vaya a emplear el producto.
- Guardar los embalajes inmediatamente después de separarlos del producto. Si no se actúa así, se deterioran rápidamente, causan desorden en la obra y son difícilmente reciclables.
- Utilizar materiales que vengan envueltos en embalajes reciclados.

5.8 Medidas para la separación de residuos

Los residuos de demolición se separarán en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón: 80 tn.
- Ladrillos, tejas y materiales cerámicos: 40 tn.
- Metales (incluidas sus aleaciones): 2 tn.
- Madera: 1 tn.
- Vidrio: 1 tn.
- Plástico: 0,5 tn.
- Papel y cartón: 0,5 tn.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.

Si por falta de espacio físico en la obra no resulta técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y

demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre.

5.9 Manipulación de los residuos en la obra

Los residuos se almacenarán en el interior de la sala de calderas. El punto de almacenaje será tal que se eviten movimientos innecesarios, no entorpezcan la marcha de la obra y no faciliten la gestión eficaz de los residuos.

Es importante que los residuos se almacenen justo después de que se generen para que no se ensucien y se mezclen con otros sobrantes; de este modo facilitamos su posterior reciclaje.

Asimismo, se deberá prever un número suficiente de contenedores. A continuación, se propone una tabla sobre la manera más conveniente de almacenar las materias primas que llegan a la obra, cuya aplicación contribuirá a reducir la cantidad de residuos que se originan o el desperdicio de materiales.

5.10 Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de residuos

La gestión de residuos se realizará según Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición y Orden 2726/2009 por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid, realizándose su identificación con arreglo a la Orden MAM/304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales.

Es obligación del Contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad de los certificados de los contenedores empleados, así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas por la Comunidad de Madrid.

Se deberán cumplir las siguientes condiciones:



- El depósito temporal de los escombros se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1 m³, contenedores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.
- El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra, etc.) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
- Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15 cm a lo largo de todo su perímetro. En los mismos deberá figurar la siguiente información: Razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor / envase y el número de inscripción en el registro de transportistas de residuos, creado en el artículo 43 (Registros) de la Ley 5/2003 de Residuos de la Comunidad de Madrid. Esta información también deberá quedar reflejada en los sacos industriales y otros medios de contención y almacenaje de residuos.
- El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos al mismo. Los contenedores permanecerán cerrados, o cubiertos al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra a la que prestan servicio.
- En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.
- Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras, etc.), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición. En este último caso se deberá asegurar por parte del Contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados. La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.
- Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora, etc.) son centros con la autorización autonómica de la Consejería de Medio Ambiente, asimismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicha Consejería e inscritos en el registro pertinente. Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos.

- La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirán conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales. Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases, etc.) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.
- Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos.

5.11 Coste previsto de la gestión de residuos

El importe de ejecución material por la gestión de residuos asciende a la expresada cantidad de 377,89€

5.12 Conclusión

Tal como establece la legislación vigente y que ya se ha mencionado anteriormente, el presente Estudio de Gestión de Residuos forma parte del proyecto de construcción de las obras y además es el documento que servirá como base de partida para la posterior elaboración del Plan de Gestión de Residuos.

Este futuro Plan de Gestión de Residuos será elaborado por el Contratista adjudicatario de las Obras y además deberá ser estudiado, aprobado y supervisado en su ejecución, por la Dirección Técnica de las mismas.



6. MEDICIONES Y PRESUPUESTO



Capítulo nº 1 Obra Civil

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
----	----	-------------	----------	--------	---------

- 1.1 Ud** Caseta de hormigón prefabricado situada en la propia instalación para albergar los distintos cuadros eléctricos, inversores y toda la instalación de los diferentes agentes meteorológicos y posibles daños. Estructura prefabricada transportada hasta el lugar de instalación. Incluye transporte.

Total Ud : 1,000 3.499,99 € 3.499,99 €

- 1.2 M³** Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de foso de ascensor, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas en muros, escaleras y rampas, cambios de nivel, alambre de atar, y separadores.

Criterio de valoración económica: El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.

Incluye: Replanteo y trazado de la losa y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en la misma. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Conexionado, anclaje y emboquillado de las redes de instalaciones proyectadas. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

Total m³ : 9,000 238,19 € 2.143,71 €

- 1.3 M³** Excavación de zanjas para conducción de cable enterrado, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión.

Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.

Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.

Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Zanja conducción cable enterrado	1	250,000	0,500	0,800	100,000	
					100,000	100,000
						Total m³ : 100,000 25,15 € 2.515,00 €



Capítulo nº 1 Obra Civil

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
1.4	M ³	Excavación de zanjas para zapatas hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zapatas	170	0,400	1,650	0,350	39,270	
							39,270	39,270
		Total m³ :					28,66 €	1.125,48 €
1.5	M ³	Zapata de cimentación de hormigón en masa, realizada con hormigón HM-20/B/20/X0 fabricado en central y vertido desde camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el encofrado. Incluye: Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			170	0,400	1,650	0,350	39,270	
							39,270	39,270
		Total m³ :					80,21 €	3.149,85 €
1.6	M	Levantado de verja modular continua en vallado de parcela, con una altura menor de 2 m, con medios manuales y equipo de oxicorte, y carga manual sobre camión o contenedor. Criterio de valoración económica: El precio incluye el desmontaje de los accesorios y de los elementos de fijación, pero no incluye la demolición de la cimentación. Incluye: Levantado del elemento. Fragmentación de los escombros en piezas manejables. Retirada y acopio de escombros. Limpieza de los restos de obra. Carga manual del material levantado y restos de obra sobre camión o contenedor. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente desmontada según especificaciones de Proyecto.						
		Total m :					8,92 €	1.873,20 €
		Parcial nº 1 Obra Civil :						14.307,23 €



Capítulo nº 2 Instalación fotovoltaica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1.- Módulos Fovovoltaicos					
2.1.1	Ud	Módulo solar fotovoltaico marca TRINA SOLAR, modelo TSM-DE19R.W, o similar, de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 580 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 39,00 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 14,86 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,3 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 15,94 A, eficiencia 21,5%, 132 células, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2384x1134x35 mm, peso 29,1 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico.			
Total Ud :			170,000	228,09 €	38.775,30 €
2.2.- Inversores					
2.2.1	Ud	Inversor trifásico marca SMA, modelo SUNNY TRIPOWER CORE1, o similar,, potencia máxima de entrada 75 kW, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, rango de voltaje de entrada de 500 a 800 Vcc, potencia nominal de salida 50 kW, potencia máxima de salida 50 kVA, eficiencia máxima 98,1%, dimensiones 569x621x733 mm, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
Total Ud :			2,000	5.250,78 €	10.501,56 €
2.2.2	Ud	Suministro y montaje de contador inteligente trifásico marca SMA, modelo,ENERGY METER, o similar, de medida indirecta, para montaje en carril DIN.			
Total Ud :			2,000	237,09 €	474,18 €
2.2.3	Ud	Control y monitorización a través del sistema de la marca SMA, modelo DATA MANAGER M, o similar. •Gestión centralizada para plantas fotovoltaicas de gran tamaño descentralizadas gracias a datos obtenidos por satélite; posibilidad de solución clúster con varios Data Manager (aplicaciónmaestro-esclavo) •La parametrización a distancia ahorra tiempo y dinero •Posibilidades flexibles de integración para sistemas de almacenamiento •Comercialización directa con SMA SPOT •Monitorización automática de los componentes fotovoltaicos mediante SMA Smart Connected			
Total Ud :			1,000	1.022,73 €	1.022,73 €



Capítulo nº 2 Instalación fotovoltaica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.3.- Instalación eléctrica					
2.3.1	Ud	Instalación eléctrica completa de todos los elementos que componen la planta fotovoltaica, incluyendo el montaje, conexionado y puesta en marcha de los mismos. La partida incluye la mano de obra y los materiales necesarios para la realización de la instalación eléctrica según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y la documentación gráfica del proyecto o memoria técnica: cables, bandejas y/o tubos protectores, cajas de conexión, envolvente y aparataje eléctrica de los cuadros de protección y mando de corriente continua y de alterna, material auxiliar y accesorios de montaje.			
		Total Ud :	1,000	7.651,73 €	7.651,73 €
2.3.2	M	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.			
		Total m :	890,000	4,24 €	3.773,60 €
2.3.3	M	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.			
		Total m :	5,000	11,26 €	56,30 €
2.3.4	M	Cable unipolar XZ1 (S), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de aluminio clase 2 de 150 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (X) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.			
		Total m :	550,000	8,34 €	4.587,00 €



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Proyecto: Instalación fotovoltaica en explotación agrícola

Promotor: Universidad de Valladolid

Situación: Polígono 15 Parcela 81, Los Sauces, Alcazarén

Ingeniero en Tecnologías Industriales: Pedro Rico Hernansanz

Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 2 Instalación fotovoltaica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.4.- Estructura					
2.4.1	Ud	Suministro y montaje de estructura para los módulos fotovoltaicos. Sistema de montaje de la marca SOLARSTEM, modelo AF-Flat inclinado 36° para cualquier superficie fijado por cimentación de zapatas. Colocación del Módulo en vertical. Incluye: - Perfil aluminio 6082T6 PS250 57X40mm largo 1046mm. 2,000 - Perfil aluminio 6082T6 PS250 57X40mm largo 1572mm. 6,000 - Perfil aluminio 6082T6 PS250 57X40mm largo 2097mm. 4,000 - Perfil aluminio 6082T6 PS250 57X40mm largo 3148mm. 4,000 - Perfil aluminio 6082T6 PS250 57X40mm largo 6300mm. 58,000 - Conjunto riostra 40x3x2500mm con tornillos auto-perforantes 48,000 - Conjunto perno M10x250 + tuercas para fijar soportes a lastres. 348,000 - Soporte triangular estándar 35o dintel 1481mm para módulos en vertical de 72 116,000 celdas. - Conjunto brida extremo 50mm marco 34-35mm v2014 72,000 - Conjunto brida intermedia 50mm marco 34-35mm v2014 304,000 - Conjunto guía conexión perfiles serie PS 200mm. 90,000 - Transporte DDP (no incluye autodescarga) - Valladolid 1,000 - Anclaje químico 410ml sin estireno homologado CE			
		Total Ud :	1,000	10.895,93 €	10.895,93 €
		Parcial nº 2 Instalación fotovoltaica :			77.738,33 €



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Proyecto: Instalación fotovoltaica en explotación agrícola

Promotor: Universidad de Valladolid

Situación: Polígono 15 Parcela 81, Los Sauces, Alcazarén

Ingeniero en Tecnologías Industriales: Pedro Rico Hernansanz

Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 3 Gestión de residuos

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	M ³	<p>Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p>			
		Total m³ :	39,270	4,84 €	190,07 €
3.2	Ud	<p>Transporte de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.</p> <p>Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
		Total Ud :	1,000	187,82 €	187,82 €
		Parcial nº 3 Gestión de residuos :			377,89 €



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Proyecto: Instalación fotovoltaica en explotación agrícola

Promotor: Universidad de Valladolid

Situación: Polígono 15 Parcela 81, Los Sauces, Alcazarén

Ingeniero en Tecnologías Industriales: Pedro Rico Hernansanz

Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 4 Seguridad y salud

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Ud	Ejecución del Plan de Seguridad y Salud, previa aprobación por parte de la dirección facultativa del mencionado Plan, incluyendo en principio: instalaciones provisionales de obra y señalizaciones, protecciones personales, protecciones colectivas; todo ello cumpliendo la reglamentación vigente.			
			Total Ud :	1,000	412,00 €
					412,00 €
			Parcial nº 4 Seguridad y salud :		412,00 €



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Proyecto: Instalación fotovoltaica en explotación agrícola

Promotor: Universidad de Valladolid

Situación: Polígono 15 Parcela 81, Los Sauces, Alcazarén

Ingeniero en Tecnologías Industriales: Pedro Rico Hernansanz

Mediciones y Presupuesto

Presupuesto de ejecución material

1 Obra Civil	14.307,23 €
2 Instalación fotovoltaica	77.738,33 €
2.1.- Módulos Fotovoltáicos	38.775,30 €
2.2.- Inversores	11.998,47 €
2.3.- Instalación eléctrica	16.068,63 €
2.4.- Estructura	10.895,93 €
3 Gestión de residuos	377,89 €
4 Seguridad y salud	412,00 €
Total	92.835,45 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de NOVENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

7. PLANOS

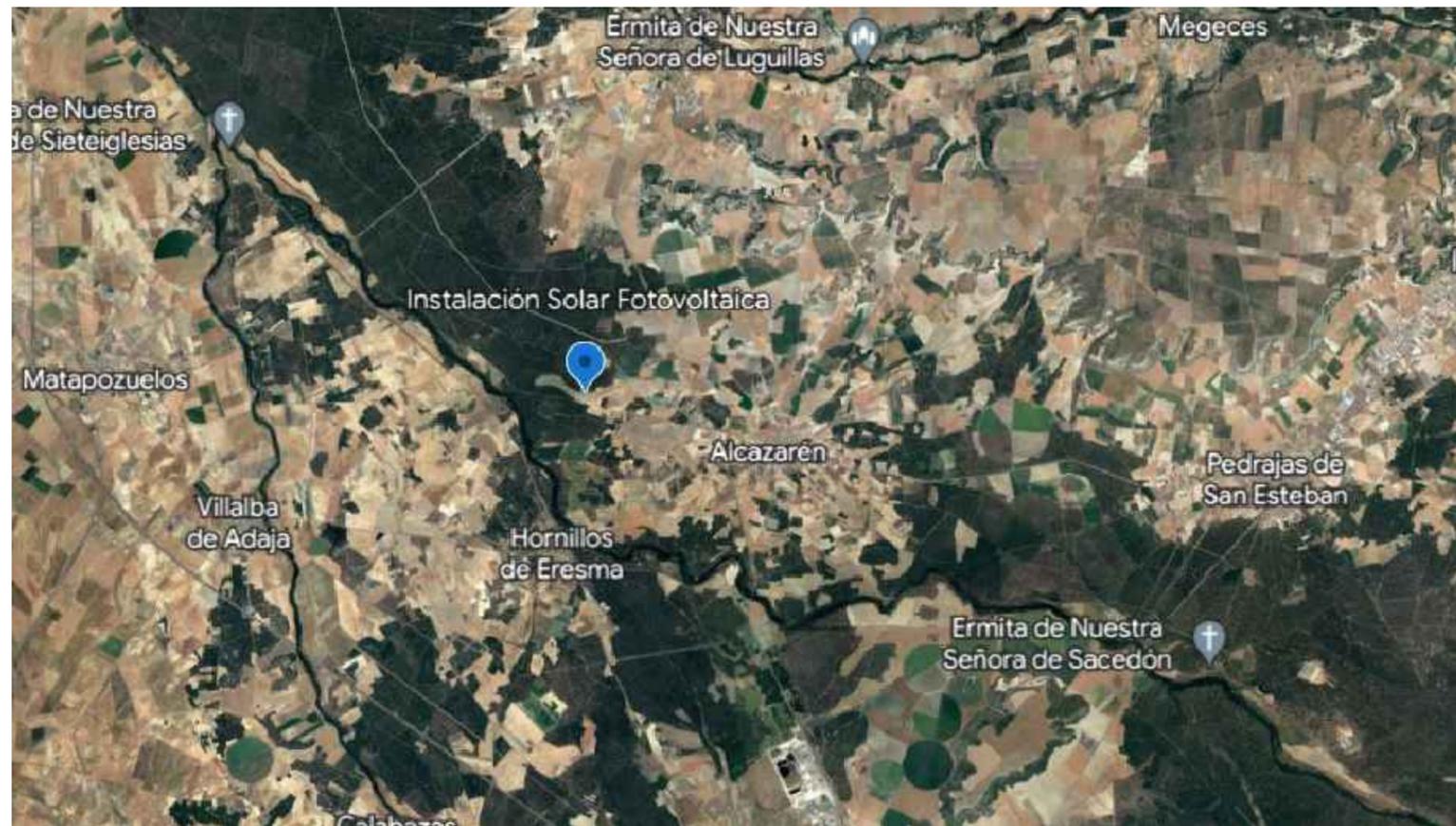
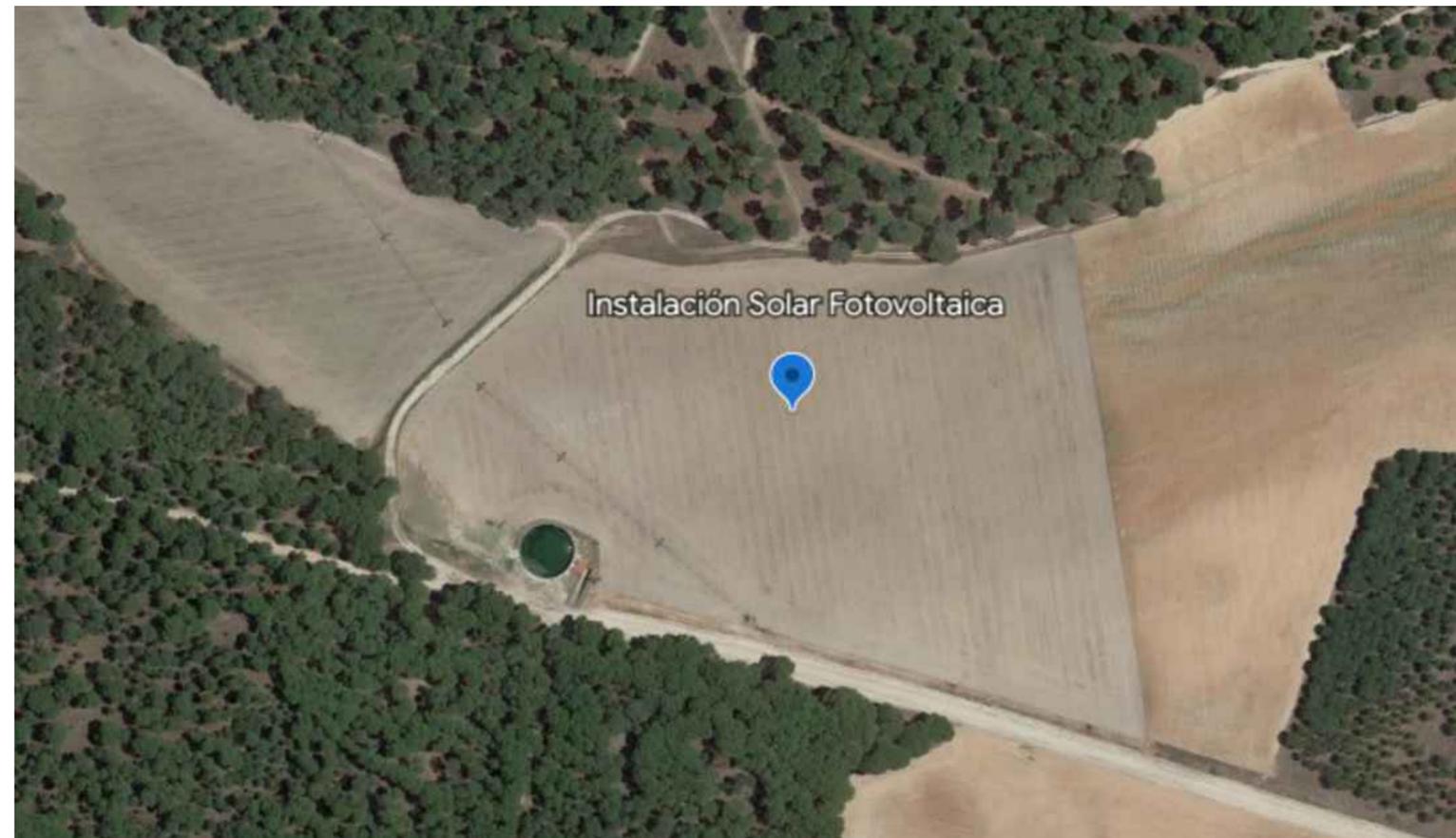
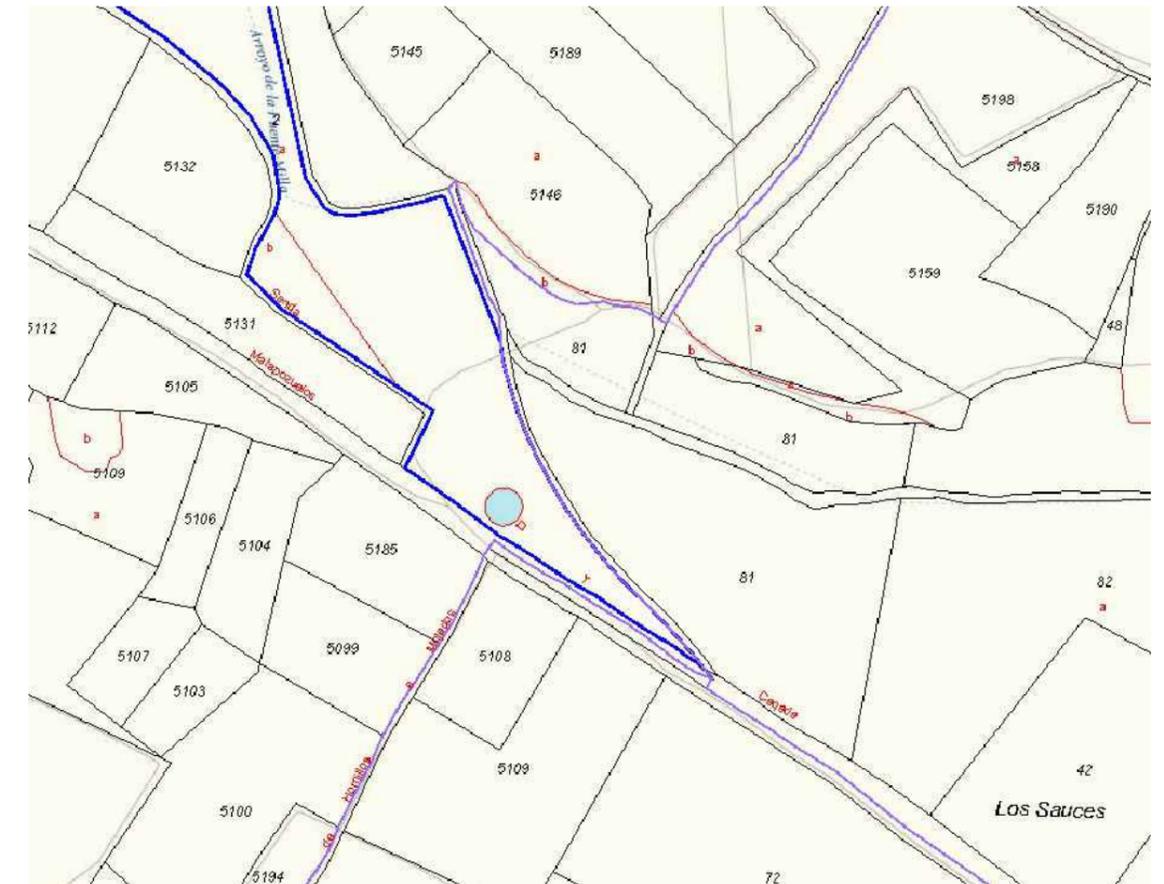


FOTO AÉREA



SITUACIÓN - SIGPAC



EMPLAZAMIENTO - CATASTRO

INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO EN EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA

P.00 LOCALIZACIÓN Y SITUACIÓN

E: S/E



Propiedad: AGROLLANO S.L.

Situación: C/ PRIMITIVO AGUADO, 28A
C.P.: 47420
ÍSCAR (VALLADOLID)

MAYO 2023



El Proyectista:
D. PEDRO RICO HERNANDEZ
D.N.I.: 12344069S



CUADRO GENERAL BAJA TENSION

LEYENDA:

- 170 módulos mrca TRINA SOLAR mod. TSM-DE19R.W de 580 Wp
- 2 uds. Inversor Trifásico marca SMA mod. STP 50-40

INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO EN EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA

P.01 PLANTA GENERAL

E: S/E



Propiedad: AGROLLANO S.L.

Situación: C/ PRIMITIVO AGUADO, 28A
C.P.: 47420

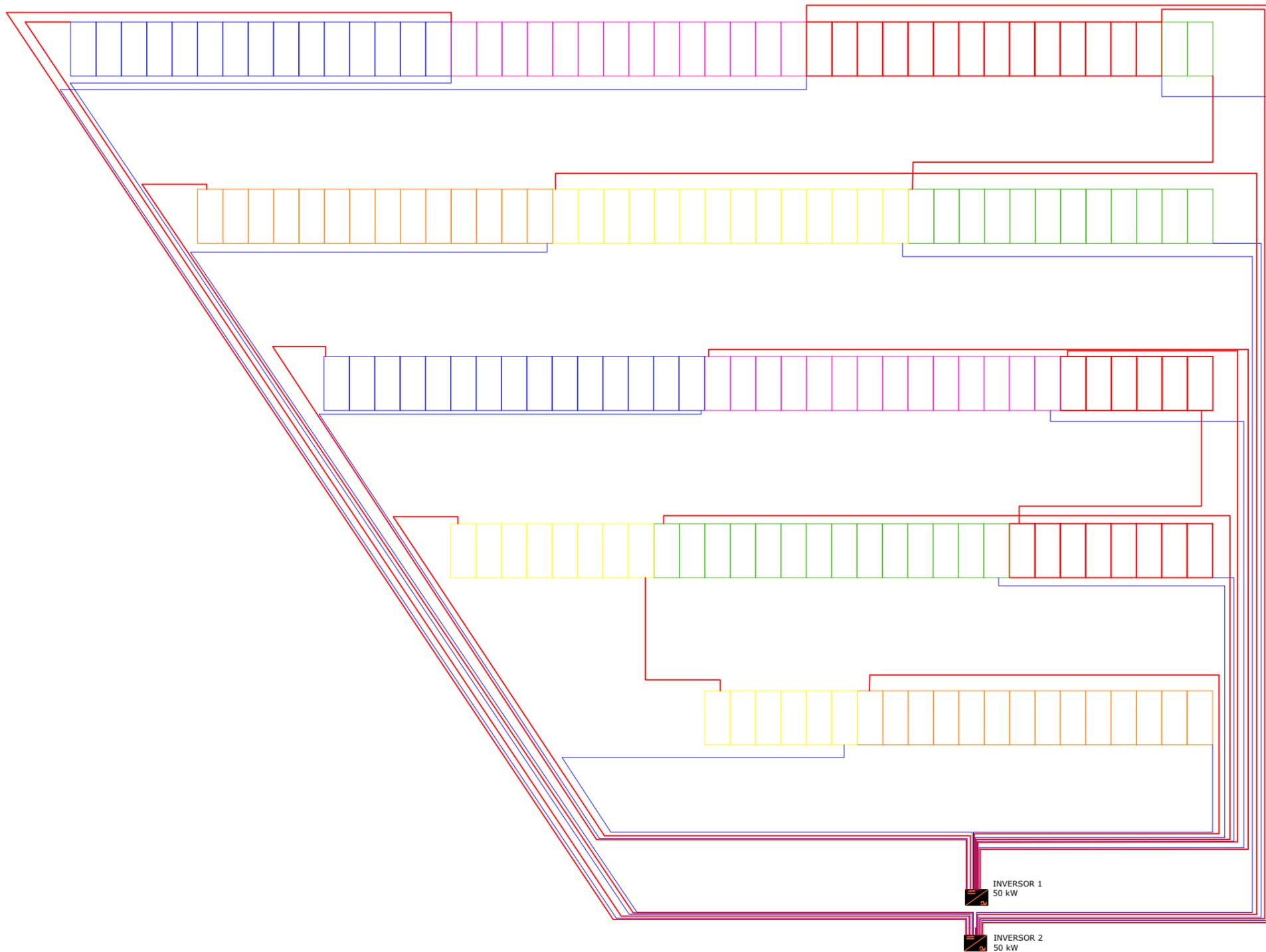
ÍSCAR (VALLADOLID)

MAYO 2023



El Proyectista:

D. PEDRO RICO HERNANSANZ
D.N.I.: 12344069S



STRING 1: - 15 PANELES
- 585 VOLTIOS
- 14,86 AMPERIOS

STRING 3: - 14 PANELES
- 545 VOLTIOS
- 14,86 AMPERIOS

STRING 5: - 14 PANELES
- 545 VOLTIOS
- 14,86 AMPERIOS

STRING 2: - 14 PANELES
- 545 VOLTIOS
- 14,86 AMPERIOS

STRING 4: - 14 PANELES
- 545 VOLTIOS
- 14,86 AMPERIOS

STRING 6: - 14 PANELES
- 545 VOLTIOS
- 14,86 AMPERIOS

INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO EN EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA

P.02 PLANTA STRINGS

E: S/E



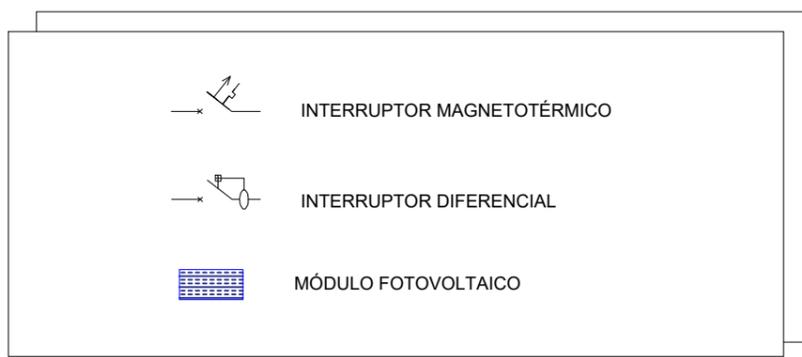
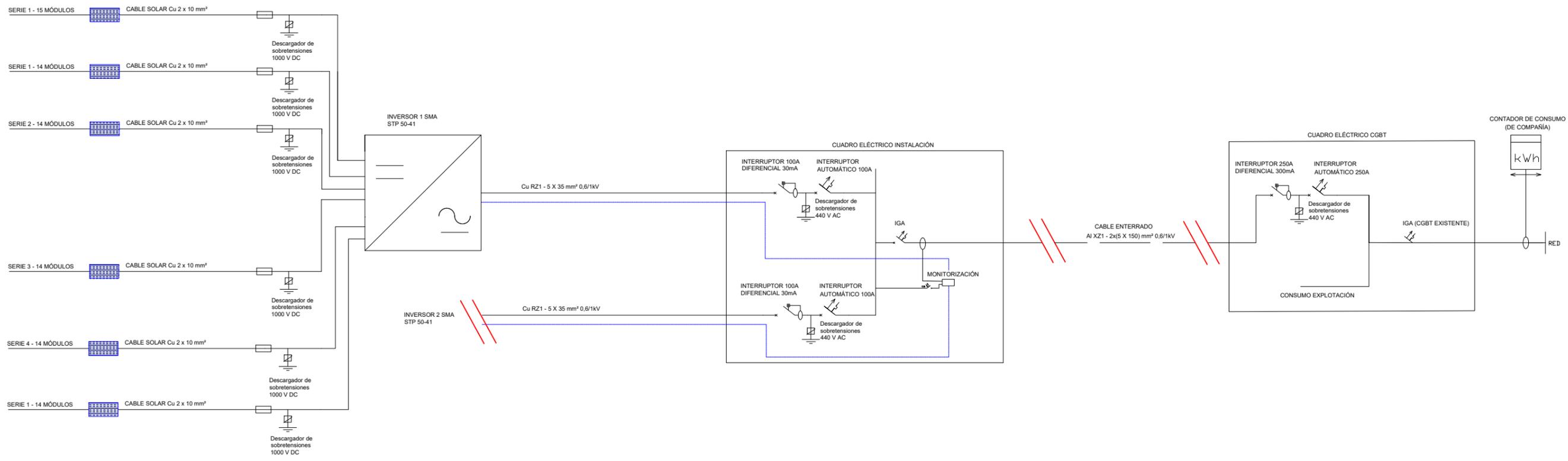
Propiedad: AGROLLANO S.L.

Situación: C/ PRIMITIVO AGUADO, 28A
C.P.: 47420
ÍSCAR (VALLADOLID)

MAYO 2023



El Proyectista:
D. PEDRO RICO HERNANDEZ
D.N.I.: 12344069S



INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO EN EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA

P.03 ESQUEMA UNIFILAR

E: S/E



Propiedad: AGROLLANO S.L.
 Situación: C/ PRIMITIVO AGUADO, 28A
 C.P.: 47420
 ÍSCAR (VALLADOLID)

MAYO 2023



El Proyectista:
 D. PEDRO RICO HERNANZANZ
 D.N.I: 12344069S

ANEJOS:

1. CLIMATOLOGÍA, AGUA Y RIEGO

1.1. Ubicación y toma de datos

La instalación solar se ubicará dentro del término municipal de Alcazarén como hemos comentado previamente en la memoria del presente proyecto y donde se detalla en el Plano de Situación adjunto.

Para la obtención de varios datos significativos como lo son las temperaturas, radiación solar de la ubicación, velocidad del viento o semejantes; se han obtenido través de la página climate-data.org, y las aplicaciones PVGIS y PVSyst.

La posición de la instalación proyectada será:

- Latitud: 41,39
- Longitud: -4,71

1.2. Climatología

El clima es suave, y generalmente cálido y templado. Los inviernos son más lluviosos que los veranos en Alcazarén. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Csa. La temperatura media anual es 12.7 °C

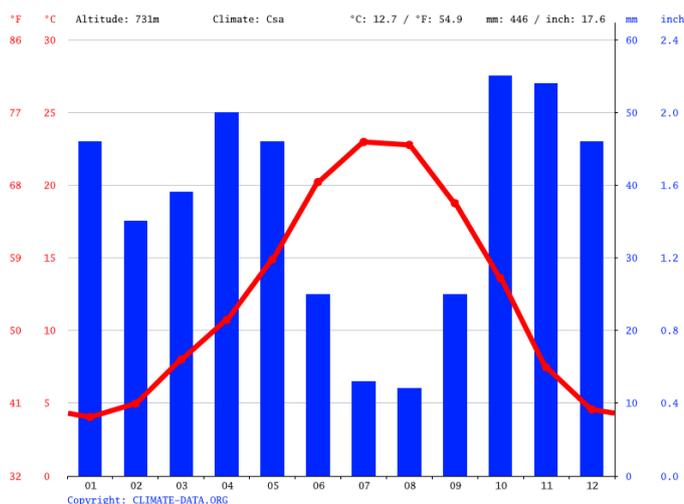


Figura 12: Diagrama climatología

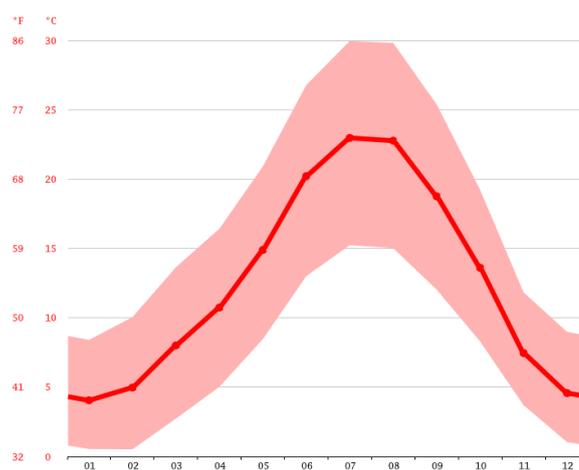


Figura 13: Diagrama 2 climatología

Como se puede apreciar en las gráficas [9] , las precipitaciones durante los meses de verano son bajas pero las temperaturas presentan un gran incremento.

Con una temperatura media de 23.0 °C, julio es el mes más caluroso del año. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en enero, cuando está alrededor de 4.1°C.

Los datos históricos del clima de Alcazarén tomados desde 1997 hasta 2021 son los siguientes: [10]

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	4.1	5	8	10.7	14.9	20.2	23	22.8	18.8	13.6	7.5	4.6
Temperatura min. (°C)	0.5	0.5	2.7	5	8.5	13	15.2	15	12	8.3	3.7	1
Temperatura máx. (°C)	8.4	10	13.6	16.4	20.9	26.8	29.9	29.8	25.4	19.2	11.8	9
Precipitación (mm)	46	35	39	50	46	25	13	12	25	55	54	46
Humedad(%)	81%	74%	65%	62%	55%	46%	39%	39%	48%	64%	77%	80%
Días lluviosos (días)	6	5	6	8	7	4	2	3	4	6	7	6
Horas de sol (horas)	4.6	5.8	7.5	8.7	10.8	12.4	12.8	11.9	10.3	7.8	5.2	4.6

Figura 14: Tabla de datos climatológicos

Como se puede observar la ubicación escogida presenta durante los meses de verano un aumento muy considerable de temperaturas y reduciendo las precipitaciones, pudiendo aprovechar al máximo estas estaciones para el mayor pico de producción de nuestra instalación.

Por lo tanto, nos vamos a centrar en los datos que nos proporcionan una mayor información como son las horas de sol y las trayectorias solares:

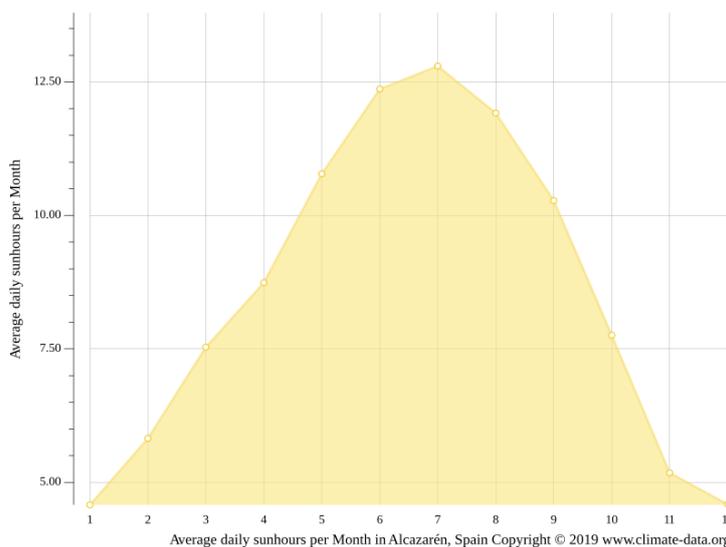


Figura 15: Tabla de horas solares diarias

En julio, es el mayor número de horas diarias de sol que se miden en Alcazarén en promedio. En julio hay una media de 12.8 horas de sol al día y un total de 396.71 horas de sol a lo largo de julio.

En enero, es el número más bajo de horas diarias de sol que se mide en Alcazarén en promedio diario. En enero hay una media de 4.59 horas de sol al día y un total de 142.3 horas de sol.

Con estos datos se cuentan alrededor de 3118.59 horas de sol durante todo el año. En promedio, hay 102.34 horas de sol al mes por lo que es una cifra muy buena de horas de radiación solar que se pueden aprovechar.

A esto se le puede aportar a mayor las trayectorias solares que se han obtenido haciendo una simulación de la planta solar en el programa PVsyst, que serían las siguientes:



PVsyst V7.3.2

Trayectorias solares en El Vertedero, (Lat. 41.3873° N, long. -4.7030° W, alt. 721 m) - Legal Time

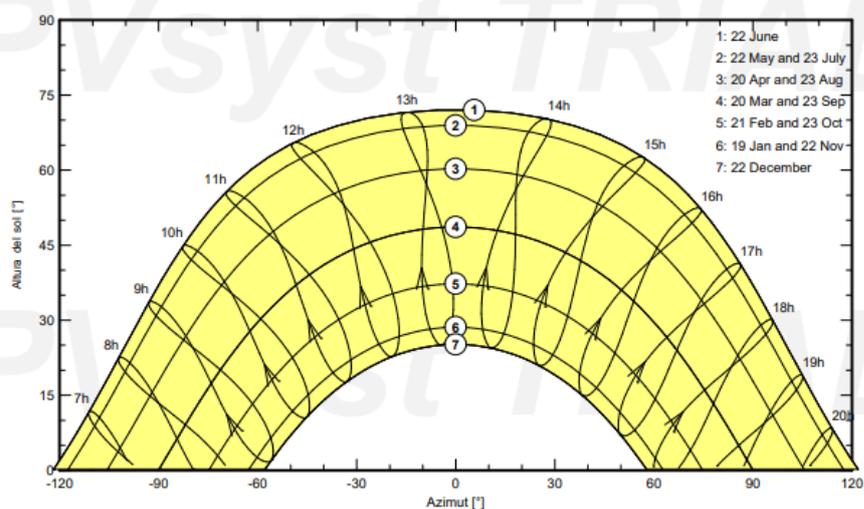


Figura 16: Trayectorias solares

1.3. Agua y Riego

Teniendo estos datos, vamos a recopilar todos los datos de lo que sería las temporadas 2021 y 2022 de cultivo para ver los consumos de la explotación.

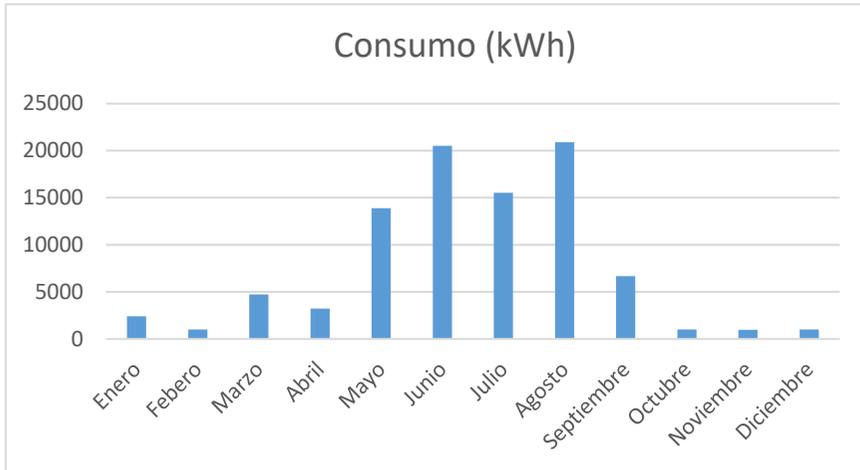
Estos datos han sido proporcionados a través de la empresa para la que se realiza el presente proyecto AGROLLANO S.L.

En la tabla 3 se va a reflejar los consumos (kWh) y el gasto económico mes a mes:

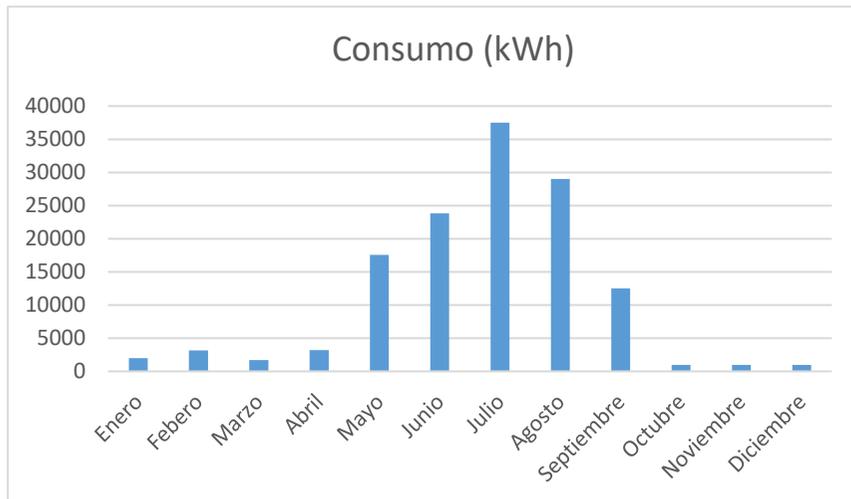
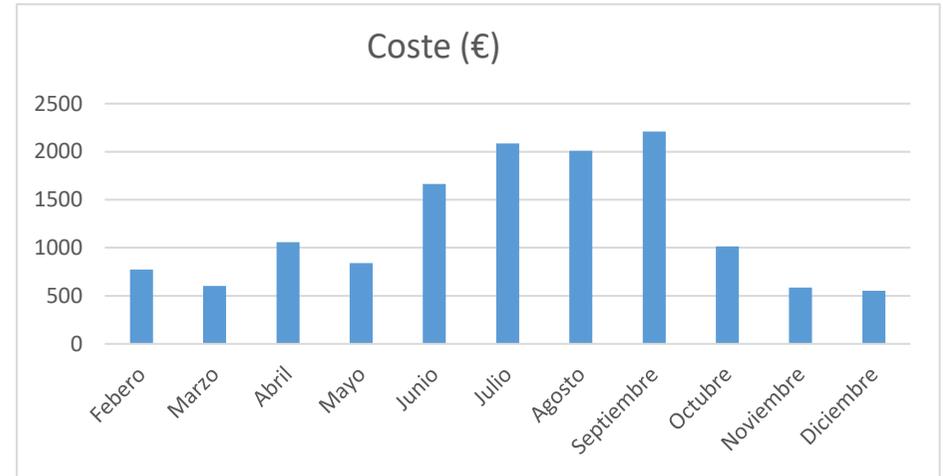


Tabla 3: Consumo eléctrico y gasto anual

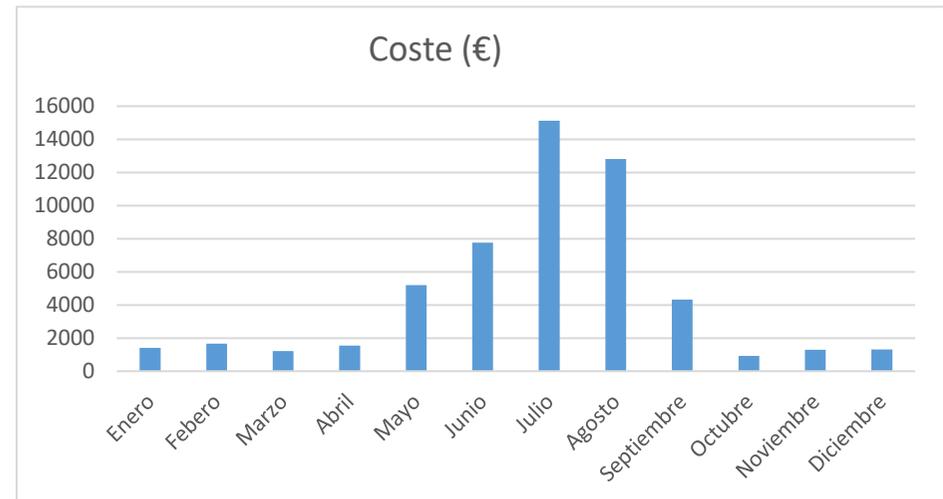
CONSUMO ELÉCTRICO RIEGO EL VERTEDERO																
Año		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total (kWh)	Total (€) CON IVA	Total (€) CON IVA
Coste (€)	2021	772,39	602,8	1056,44	841,08	1663,79	2086,73	2009,28	2211,09	1013,69	584,49	553,43	596,5	91789,8	13991,71	11053,45
Consumo (kWh)		2399,52	1008,48	4727,04	3212,96	13898,72	20535,08	15513,92	20883,44	6662,64	987,2	962,4	998,4			
Coste (€)	2022	1404,91	1667,99	1224,5	1545,5	5205,52	7769,94	15120,38	12811,41	4333,29	933,6	1285,08	1310,4	133389,2	54612,52	43143,89
Consumo (kWh)		1981,68	3158,16	1722,48	3208,8	17554,08	23808,08	37480,8	29022,48	12525,68	993,44	955,12	978,4			



TEMPORADA
2021



TEMPORADA
2022





Como podemos observar hay una gran diferencia entre el año 2021 y el año 2022 respecto al consumo y al gasto económico. En el consumo entran factores como el tipo de cultivo durante la temporada y las condiciones climatológicas durante todo el año debido a que se pueda depender en mayor o menor parte de del riego. Por ejemplo, un cultivo más de secano se necesitará un menor riego durante los meses de verano por lo cual el consumo eléctrico va a a ser menor en comparación con la siguiente temporada si es un cultivo de riego intensivo. Esto es lo que ha sucedido entre la temporada 2021 y 2022 como podemos observar, el año 2021 los diferentes cultivos fueron de tipo secano y de recolección más temprana, en cambio, el año 2022 fueron cultivos más intensivos y con temporadas de recolección y cosecha más tardías, de ahí el incremento en el consumo.

Respecto al gasto económico es uno de los factores más importantes debido al incremento del precio del kWh durante todo el 2022, alcanzando precios históricos. Uno de los aspectos más importantes para la realización de este proyecto es el estudio y viabilidad económica que se realizara en el Anejo correspondiente.

Con estos datos vamos a fijar el consumo de energía anual tomando como escenario el más perjudicial, que en este caso sería 2022 con un consumo de 133 MWh anuales.

2. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN

El estudio de producción es uno de los puntos más importantes del proyecto debido a que nos dará la información de la producción anual energética de nuestra planta y por consiguiente los diferentes ahorros energéticos que esto lleva consigo. Para este paso se han utilizado varias herramientas de simulación y la aplicación PVGIS proporcionada por el centro científico de la Unión Europea para la información sobre la radiación solar y el rendimiento fotovoltaico.

2.1. Cálculo de inclinación y orientación.

Una de las características más importantes de nuestra planta es la ubicación y por tanto lo que lleva consigo que es la inclinación de nuestros módulos fotovoltaicos y la orientación.

Para este paso hemos acudido al software PVGIS que proporciona la UE para una vez estableciendo nuestras coordenadas del emplazamiento calculemos la inclinación y orientación óptima para mayor rendimiento.

Introduciendo los datos del emplazamiento y de nuestra instalación:

Tabla 4: Datos PVGIS

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	41.392,-4.712
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH2
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	98.6
System loss [%]:	14

Tabla 5: Resultados PVGIS

Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	36 (opt)
Azimuth angle [°]:	-4 (opt)
Yearly PV energy production [kWh]:	150894.13
Yearly in-plane irradiation [kWh/m ²]:	1957.86
Year-to-year variability [kWh]:	4454.41

Tabla 6: Resultados 2 PVGIS

Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-2.71
Spectral effects [%]:	0.6
Temperature and low irradiance [%]:	-7.14
Total loss [%]:	-21.83

Podemos observar los datos que nos proporciona:

-Inclinación óptima: 36°

- Azimut óptimo: -4°

También nos realiza una simulación de la producción anual estimada que rondará unos **151 MWp** pero que más tarde calcularemos con el software PVSyst de manera más concreta.

2.2. Cálculo de producción.

Para el cálculo de la producción de la instalación he usado principalmente el programa para la simulación de instalaciones fotovoltaicas PVSyst.

Procederemos a introducir a la aplicación una vez que tenemos los datos de los módulos que se van a instalar con los respectivos inversores y con la inclinación y orientación adecuada.

Una vez que introducimos los datos de la ubicación vamos a obtener el informe mensual de varios valores claves para la planta:

Geographical Site		Situation	
El Vertedero		Latitude	41.39 °N
España		Longitude	-4.70 °W
		Altitude	721 m
		Time zone	UTC+1

Monthly Meteo Values													
Source	Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=59%												
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Horizontal global	53.7	79.7	131.7	162.0	200.8	217.8	232.9	205.6	152.3	103.5	62.6	46.9	1649.6 kWh/m ²
Horizontal diffuse	25.2	30.0	48.8	64.4	69.4	65.9	68.4	55.3	48.8	39.9	27.3	23.4	566.8 kWh/m ²
Extraterrestrial	125.1	156.5	232.4	286.5	340.7	348.2	351.5	315.5	249.8	194.2	133.8	111.6	2845.8 kWh/m ²
Clearness Index	0.429	0.509	0.567	0.566	0.589	0.625	0.663	0.652	0.610	0.533	0.468	0.421	0.580 ratio
Ambient Temper.	3.9	5.1	8.3	10.7	14.9	19.8	22.6	22.3	18.0	13.2	7.2	4.4	12.5 °C
Wind Velocity	2.5	2.6	3.0	2.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.2	2.2	2.5	2.2	2.5 m/s

Figura 17: Datos PVSyst

Como podemos observar nos aporta información como la irradiación por superficie que utilizará para el cálculo de la producción anual.

Los resultados principales que nos proporciona el programa son los siguientes:

Tabla 7: Resultados PVsyst

Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EfrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	53.7	25.16	3.93	92.1	90.7	8400	1982	669	7488	1313
February	79.7	31.47	5.08	121.1	119.4	10947	3158	1165	9471	1993
March	131.5	47.19	8.32	170.2	166.8	15044	1722	783	13830	939
April	162.1	64.31	10.70	176.5	172.5	15412	3208	1585	13379	1623
May	200.8	69.44	14.91	194.5	189.4	16619	17554	7601	8527	9953
June	217.8	63.32	19.80	200.2	194.9	16768	23808	9920	6345	13888
July	232.5	67.88	22.65	219.6	213.9	18183	37481	14476	3165	23005
August	205.6	55.56	22.36	217.0	211.9	17987	29022	11667	5791	17355
September	152.3	47.44	18.02	185.8	182.0	15727	12526	5301	9964	7225
October	103.5	41.77	13.19	147.7	145.3	12897	993	417	12111	576
November	62.6	27.13	7.15	104.9	103.5	9462	955	344	8843	611
December	47.0	24.33	4.43	82.2	81.0	7515	950	313	6986	637
Year	1649.2	565.00	12.59	1911.9	1871.2	164962	133360	54242	105900	79118

Results summary

Produced Energy	160.14 MWh/year	Specific production	1624 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	84.95 %
Used Energy	133.36 MWh/year			Solar Fraction SF	40.67 %

Figura 18: Resultados PVsyst

Como podemos observar nos da la producción anual del sistema que será un total de 164 MWh/anuales teniendo un consumo de 133 MWh/anuales.

La energía incidente efectiva sería:

Tabla 6: Energía Incidente Efectiva

Energía incidente efectiva (Transp., IAM, sombreados)

	GlobHor	GlobInc	GlobIAM	GlobEff	DiffEff
	kWh/m ²				
January	53.7	92.1	90.7	90.7	17.96
February	79.7	121.1	119.4	119.4	21.13
March	131.5	170.2	166.8	166.8	29.78
April	162.1	176.5	172.5	172.5	39.53
May	200.8	194.5	189.4	189.4	40.08
June	217.8	200.2	194.9	194.9	34.57
July	232.5	219.6	213.9	213.9	35.16
August	205.6	217.0	211.9	211.9	30.18
September	152.3	185.8	182.0	182.0	29.08
October	103.5	147.7	145.3	145.3	27.21
November	62.6	104.9	103.5	103.5	19.11
December	47.0	82.2	81.0	81.0	17.23
Year	1649.2	1911.9	1871.2	1871.2	341.03

Si vamos a la producción necesaria mes a mes y producida en la tabla 8:

Tabla 8: Uso de la energía y necesidades

Uso de energía y necesidades del usuario

	E_Avail	E_User	E_Grid	SolFrac	PR
	kWh	kWh	kWh	ratio	ratio
January	8162	1982	7488	0.337	0.898
February	10640	3158	9471	0.369	0.890
March	14617	1722	13830	0.455	0.871
April	14967	3208	13379	0.494	0.860
May	16131	17554	8527	0.433	0.841
June	16268	23808	6345	0.417	0.824
July	17644	37481	3165	0.386	0.815
August	17461	29022	5791	0.402	0.816
September	15269	12526	9964	0.423	0.833
October	12533	993	12111	0.420	0.860
November	9191	955	8843	0.360	0.888
December	7303	950	6986	0.329	0.900
Year	160187	133360	105900	0.407	0.849

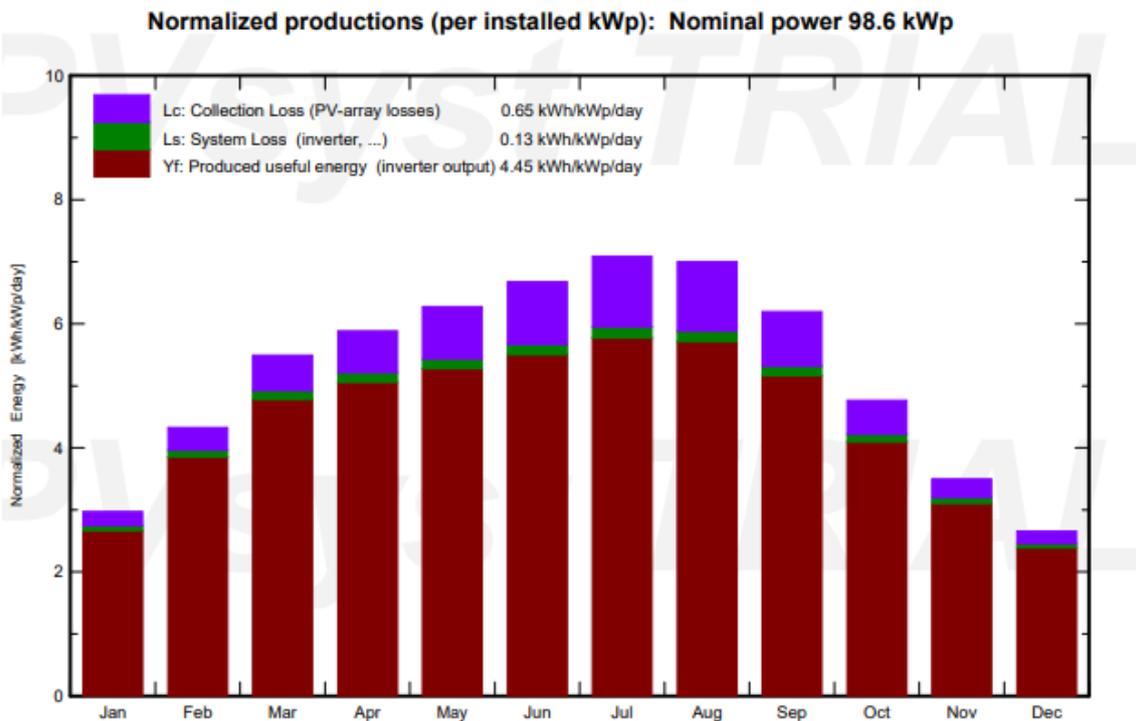


Figura 19: Producción mes a mes

El programa nos realiza una simulación hora a hora de la energía producida viendo durante los meses cuales son las horas pico de producción de nuestra planta.

Como vemos en la tabla 9:

Tabla 9: Simulación Horaria

Monthly Hourly sums for E_Grid [kWh]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H
January	0	0	0	0	0	0	0	0	0	331	745	963	1062
February	0	0	0	0	0	0	0	0	0	475	893	1239	1341
March	0	0	0	0	0	0	0	0	330	881	1335	1701	1807
April	0	0	0	0	0	0	0	15	523	1052	1462	1686	1781
May	0	0	0	0	0	0	0	0	136	626	983	1172	1288
June	0	0	0	0	0	0	0	0	2	402	773	915	1051
July	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	277	491	675
August	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	599	874	1025
September	0	0	0	0	0	0	0	0	163	690	1134	1330	1457
October	0	0	0	0	0	0	0	0	431	960	1332	1675	1799
November	0	0	0	0	0	0	0	0	15	646	1059	1268	1389
December	0	0	0	0	0	0	0	0	0	357	746	1053	1177
Year	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	13	1600	6591	11339	14367	15852

	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
January	1144	1211	1063	751	225	0	0	0	0	0	0
February	1525	1427	1176	909	479	12	0	0	0	0	0
March	1899	1884	1621	1345	820	210	0	0	0	0	0
April	1806	1711	1445	1119	636	146	0	0	0	0	0
May	1297	1165	974	670	220	0	0	0	0	0	0
June	1091	935	724	423	31	0	0	0	0	0	0
July	699	580	360	75	0	0	0	0	0	0	0
August	1062	972	743	358	0	0	0	0	0	0	0
September	1473	1422	1173	829	298	0	0	0	0	0	0
October	1715	1541	1356	923	382	0	0	0	0	0	0
November	1453	1243	1021	704	49	0	0	0	0	0	0
December	1282	1043	843	490	0	0	0	0	0	0	0
Year	16443	15134	12500	8596	3140	367	-2	-3	-4	-4	-4

Un aspecto muy importante son las pérdidas acumuladas del sistema (módulos y conexiones, inversores, pérdidas por calor...) Como vemos en las tablas 8 y 9:

Tabla 10: Pérdidas del sistema

Pérdidas detalladas del sistema

	ModQual	MisLoss	OhmLoss	EArrMPP	InvLoss
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	-32.322	181.7	69.6	8400	243.2
February	-42.179	237.1	106.0	10947	310.4
March	-58.020	326.1	160.2	15044	430.6
April	-59.441	334.1	164.4	15412	447.9
May	-64.119	360.4	182.6	16619	491.4
June	-64.721	363.8	191.8	16768	503.0
July	-70.204	394.6	213.9	18183	541.3
August	-69.476	390.5	219.4	17987	528.8
September	-60.723	341.3	184.7	15727	461.8
October	-49.719	279.5	131.4	12897	369.1
November	-36.436	204.8	85.7	9462	275.7
December	-28.897	162.4	56.8	7515	217.0
Year	-636.257	3576.4	1766.5	164962	4820.1

Tabla 11: Pérdidas del inversor

Pérdidas detalladas del inversor

	EOutInv	EffInvR	InvLoss	IL_Oper	IL_Pmin	IL_Pmax	IL_Vmin	IL_Vmax	IL_I_max
	kWh	%	kWh						
January	8157	97.1	243.2	238.0	0.425	0.000	0.000	0.000	0.000
February	10636	97.2	310.4	306.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
March	14613	97.1	430.6	426.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
April	14964	97.1	447.9	444.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
May	16128	97.0	491.4	488.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
June	16265	97.0	503.0	499.8	0.399	0.000	0.000	0.000	0.000
July	17641	97.0	541.3	538.0	0.386	0.000	0.000	0.000	0.000
August	17458	97.1	528.8	525.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
September	15266	97.1	461.8	458.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
October	12528	97.1	369.1	364.4	0.416	0.000	0.000	0.000	0.000
November	9186	97.1	275.7	271.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
December	7298	97.1	217.0	212.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Year	160142	97.1	4820.1	4773.0	1.626	0.000	0.000	0.000	0.000

Representando esto en un diagrama:

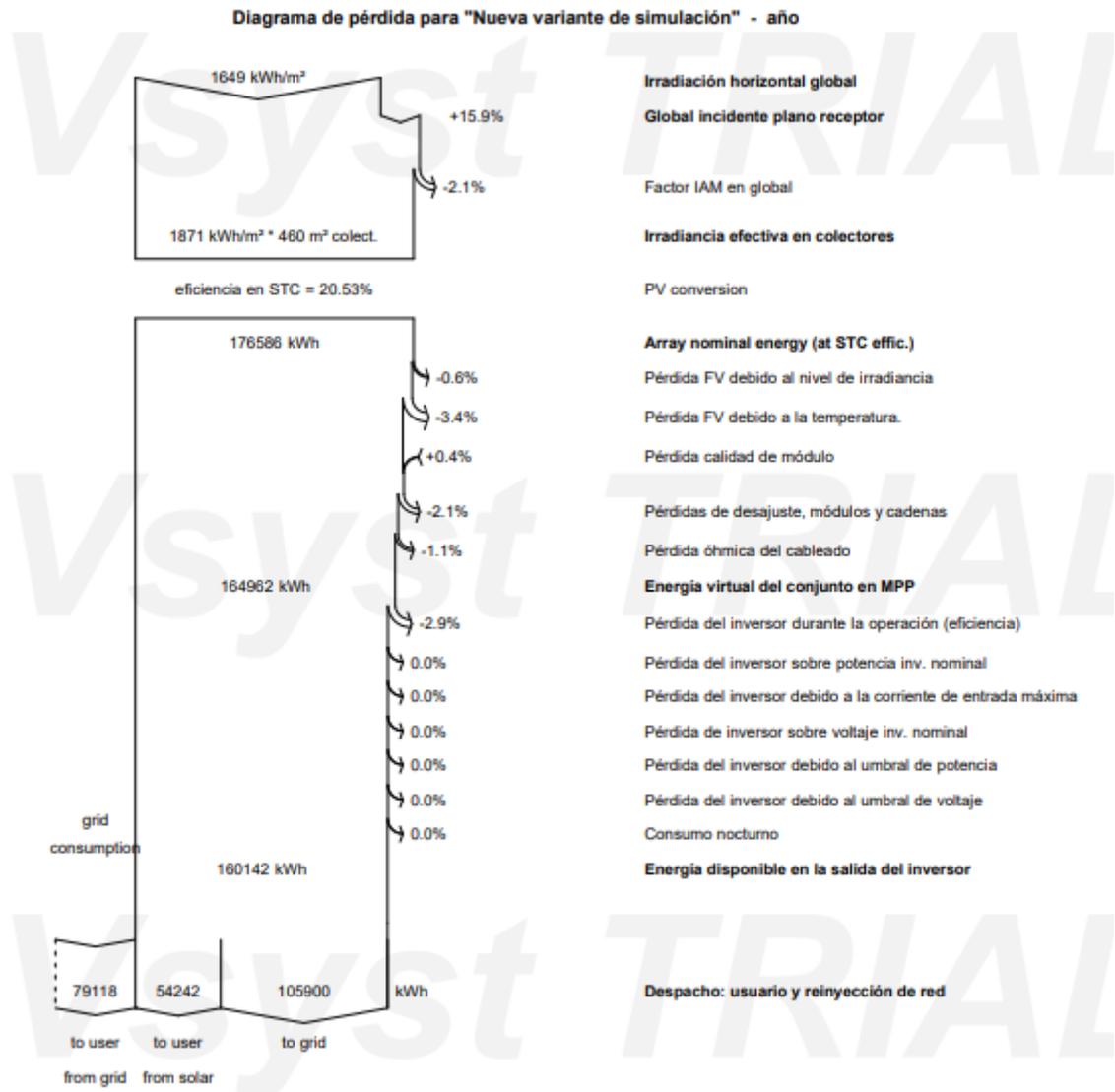


Figura 20: Diagrama de pérdidas

Si comparamos la producción con las pérdidas gráficamente:

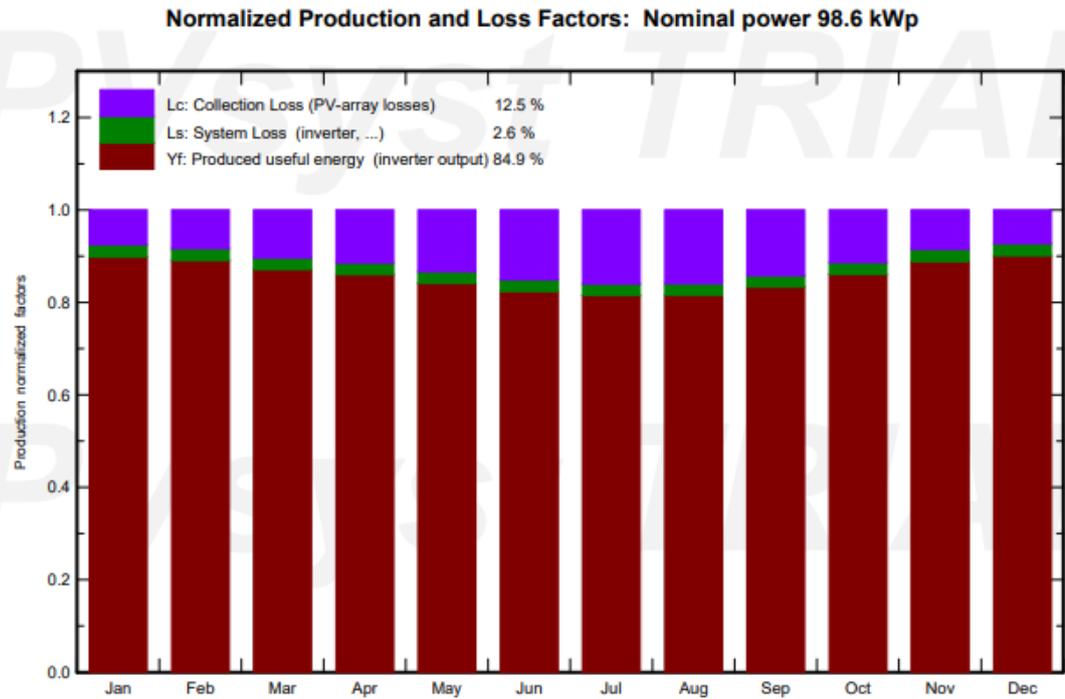


Figura 21: Comparación Producción-Pérdidas

Teniendo estos resultados se puede ver los kW diarios y la inyección a la red mes a mes:

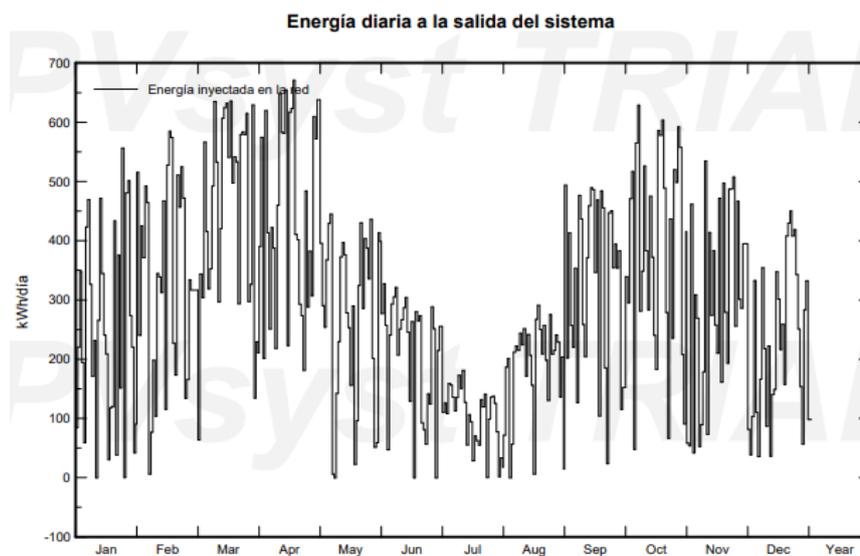


Figura 22: Energía diaria del sistema



Mediante el estudio de la producción se puede observar los meses en los que la energía inyectada a la red será nula debido a la alta demanda de los meses durante la campaña de verano (meses más secos por lo tanto mayor uso del riego para la explotación). Al igual otros meses se verterá a red de manera que más adelante en el estudio económico se estudiará la rentabilidad de la instalación y el ahorro económico final.

3. ESTUDIO DE SOMBRAS

Con la intención de evitar el sombreado entre módulos fotovoltaicos, se determina la distancia mínima a establecer entre ellos, a partir del cálculo propuesto en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Esta distancia se obtiene de la siguiente expresión:

$$d_{\min} \geq \frac{h}{\tan(61^\circ - L)}$$

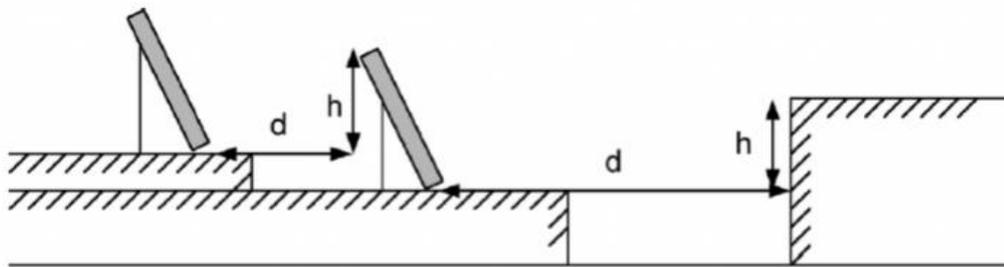


Figura 23: Estudio de sombras

Siendo:

d_{\min} = Distancia mínima entre módulos.

h = Altura de la estructura.

L = Latitud.

La altura de la estructura vendrá determinada por la altura del panel, la inclinación y el resguardo que debe de quedar con el terreno.

$$h = r + a * \text{sen}\alpha$$

Siendo:

h = Altura de la estructura.

r = Resguardo.

a = longitud de la configuración de módulos.

α = máxima inclinación de la configuración de módulos.

Se opta por una configuración de módulos de una filas en disposición vertical. Por lo tanto:

$$h = 0,30 + (2,384) * \text{sen}(36^\circ) = 1,70 \text{ m}$$

La distancia mínima entre series de módulos será:

$$d_{\min} \geq \frac{1,70}{\tan(61^\circ - 41,39^\circ)} = 4,77 \text{ m}$$

Por lo tanto, la distancia mínima entre ejes de seguidores será de 5 m.

En la superficie de instalación los módulos no presentarán ninguna sombra a mayores debido a que su alrededor no hay ningún tipo de obstáculo o edificio. Las únicas pérdidas por sombras que pudiera haber serían por la sombra entre módulos, pero según los cálculos dejando una distancia de 5 metros la instalación no presentaría problema.

Realizando un estudio exclusivo de sombras en la aplicación Sunny Design podemos observar estas sombras. Nos da un porcentaje de pérdidas por sombras por módulo como lo siguiente:

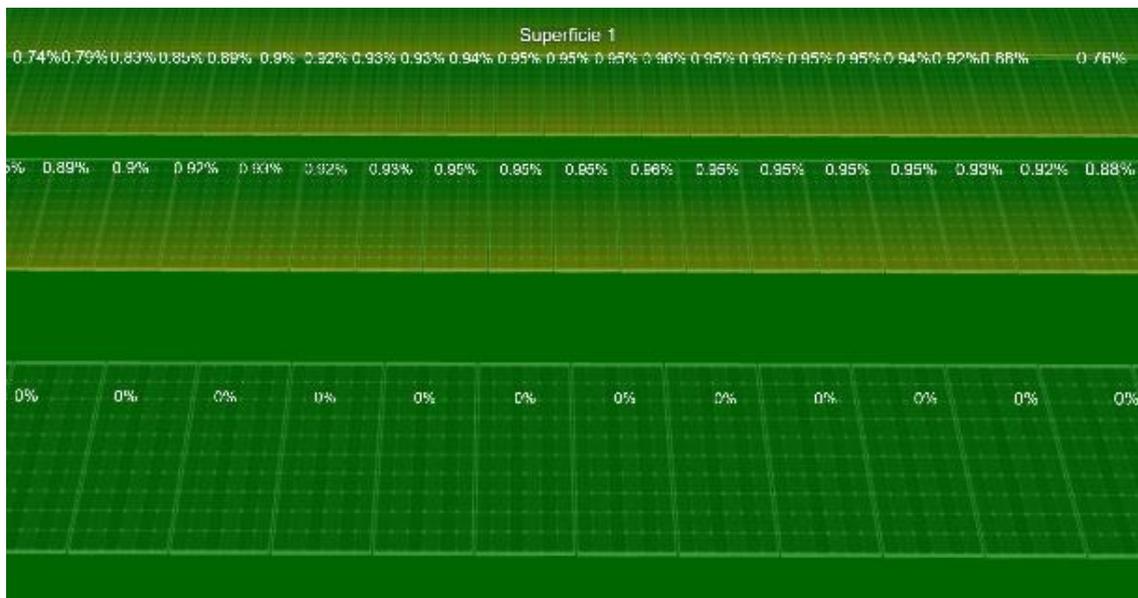


Figura 24: Simulación 3D pérdidas por sombras

En esta aplicación se ha recreado la planta con un modelo 3D, dándonos así un resultado gráfico más intuitivo donde se puede observar que las pérdidas por sombras son nulas, no sobrepasando ninguna del 1%.

4. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

4.1. Número máximo de módulos en serie.

El número máximo de módulos en serie depende de la siguiente expresión:

$$N_{\text{máx. mód. serie}} = \frac{V_{\text{máx DC}}}{V_{\text{OC. mod. mín}}}$$

Siendo:

$N_{\text{máx. mód. serie}}$ = Número máximo de módulos a instalar en serie.

$V_{\text{máx. DC}}$ = Tensión de alimentación máxima DC.

$V_{\text{OC mód. mín.}}$ = Tensión a circuito abierto de los módulos a la temperatura mínima.

La tensión a circuito abierto de los módulos está medida a 25 °C, por lo que partiendo del coeficiente de variación de la tensión con la temperatura habrá que obtener dicho valor para la temperatura mínima alcanzada en el módulo, que es la más desfavorable.

De este modo,

$$V_{\text{OC mod. mín}} = V_{\text{OC mod.}} * (1 + (T_{\text{mín mod}} - 25) * \beta * V_{\text{OC}})$$

Siendo:

$V_{\text{OC mód. mín.}}$ = Tensión a circuito abierto de los módulos a la temperatura mínima.

$V_{\text{OC mód.}}$ = Tensión a circuito abierto de los módulos a 25 °C.

$T_{\text{mín mód.}}$ = Temperatura mínima del módulo fotovoltaico.

$B * V_{\text{oc}}$ = Variación de la tensión del módulo con la temperatura.

Por lo tanto:

$$V_{\text{OC mod. mín}} = 46,3 * (1 + (-40 - 25) * -\frac{0,25}{100}) = 53,83 \text{ V}$$

Por lo que, el número máximo de módulos que podremos conectar en serie, será de:

$$N_{\text{máx. mód. serie}} = \frac{1500}{53} = 27,8 = 27 \text{ **módulos**}$$

4.2. Número máximo de Strings.

El número máximo de Strings o ramas en paralelo, depende de la siguiente expresión:

$$N_{\text{máx. Strings}} = \frac{\sum I_{\text{cc máx. inv}}}{I_{\text{cc mod. máx}}}$$

Siendo:

$N_{\text{máx. Strings}}$ = Número máximo de Strings.

$\sum ICC_{\text{máx. inv.}}$ = Suma de las intensidades de cortocircuito de los inversores. ICC

$mód. máx.$ = Intensidad de cortocircuito del módulo a temperatura máxima.

La intensidad de cortocircuito de los módulos está medida a 25°C, por lo que partiendo del coeficiente de variación de la intensidad con la temperatura habrá que obtener dicho valor para la temperatura máxima obtenida en el módulo fotovoltaico, que es la más desfavorable.

De este modo,

$$I_{\text{cc mod. máx}} = I_{\text{cc mod.}} * (1 + (T_{\text{máx mod}} - 25) * \alpha_{\text{Icc}})$$

Siendo:

$ICC_{\text{mód. máx.}}$ = Intensidad de cortocircuito del módulo a temperatura máxima.

$ICC_{\text{mód.}}$ = Intensidad de cortocircuito del módulo a 25 °C.

$T_{\text{máx. mod.}}$ = Temperatura máxima del módulo fotovoltaico.

α_{Icc} = Variación de la corriente con la temperatura.

Por lo tanto,

$$I_{\text{cc mod. máx}} = 15,94 * (1 + (85 - 25) * \frac{0,04}{100}) = 16,32\text{A}$$

Por lo que, el número máximo de Strings a instalar, es el siguiente:

$$N_{\text{máx. Strings}} = \frac{180}{16,32} = 11,02 = 11 \text{ strings}$$

Con la ayuda de la aplicación Sunny Design se ha establecido la cantidad de módulos a conectar y los diferentes strings, comprobando que cumple con las características del inversor y verifica así los cálculos anteriores, viendo esto en la tabla :

Tabla 12: Resultados Strings

	Entrada A:	Entrada B:	Entrada C:
Número de strings:	1	1	1
Módulos fotovoltaicos:	15	14	14
Potencia pico (de entrada):	8,70 kWp	8,12 kWp	8,12 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 552 V	✓ 515 V	✓ 515 V
Tensión mín.:	523 V	488 V	488 V
Tensión de CC (Inversor): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 742 V	✓ 693 V	✓ 693 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	✓ 15,1 A	✓ 15,1 A	✓ 15,1 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 16,1 A	✓ 16,1 A	✓ 16,1 A
	Entrada D:	Entrada E:	Entrada F:
Número de strings:	1	1	1
Módulos fotovoltaicos:	14	14	14
Potencia pico (de entrada):	8,12 kWp	8,12 kWp	8,12 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 515 V	✓ 515 V	✓ 515 V
Tensión mín.:	488 V	488 V	488 V
Tensión de CC (Inversor): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 693 V	✓ 693 V	✓ 693 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	✓ 15,1 A	✓ 15,1 A	✓ 15,1 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 16,1 A	✓ 16,1 A	✓ 16,1 A

Como se ve, cumple con todas las especificaciones del fabricante de los módulos y de los dos inversores seleccionados (cabe recordar que serán dos inversores de 50kWp cada uno, por lo tanto, serán dos instalaciones como la de la imagen adjunta).

Para calcular la sección de cable y las pérdidas de tensión tanto de la parte de continua como de alterna utilizamos las siguientes fórmulas.

Tabla 13: Fórmulas cálculos eléctricos

<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de corriente continua • Intensidad de corriente alterna monofásica 	$I = \frac{P}{V \cos \varphi}$ <p>(Ecuación 1)</p>	<p>I: Intensidad en amperios [A]. P: Potencia en vatios [W]. V: Tensión en voltios [V]. Cos φ: Factor de potencia. (Cos $\varphi = 1$ para corriente continua).</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de corriente alterna trifásica 	$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi}$ <p>(Ecuación 2)</p>	<p>I: Intensidad en amperios [A]. P: Potencia en vatios [W]. V: Tensión entre fases en voltios [V]. Cos φ: Factor de potencia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Caída de tensión y sección en corriente continua • Caída de tensión y sección en alterna monofásica 	$e = \frac{2 L I \cos \varphi}{K S}$ <p>(Ecuación 3)</p> $S = \frac{2 L I \cos \varphi}{K e}$ <p>(Ecuación 4)</p>	<p>e: Caída de tensión en voltios [V]. L: Longitud de la línea en metros [m]. I: Intensidad de la línea en amperios [A]. Cos φ: Factor de potencia. (Cos $\varphi = 1$ para corriente continua). K: Conductividad (56 para Cu). S: Sección del conductor en milímetros cuadrados [mm²].</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Caída de tensión y sección en corriente alterna trifásica 	$e = \frac{\sqrt{3} L I \cos \varphi}{K S}$ <p>(Ecuación 5)</p> $S = \frac{\sqrt{3} L I \cos \varphi}{K e}$ <p>(Ecuación 6)</p>	<p>e: Caída de tensión en voltios [V]. L: Longitud de la línea en metros [m]. I: Intensidad de la línea en amperios [A]. Cos φ: Factor de potencia. K: Conductividad (56 para Cu). S: Sección del conductor en milímetros cuadrados [mm²].</p>

A continuación, se van a justificar la sección del cable utilizado en la parte de corriente continua y en alterna, teniendo en cuenta que el porcentaje de caída de tensión en corriente continua no debe superar el 1,5% mientras que en corriente alterna debe ser inferior al 2%.

4.3. Cálculos Corriente Continua.

Para el cálculo de la caída de tensión y sección del cable de cada una de las series que van desde los módulos hasta el inversor utilizamos la fórmula descrita anteriormente y los datos del panel que se va a instalar. Resumiendo esto en la tabla 14:

Tabla 14: Strings

Datos Módulo						
TRINA SOLAR Vertex S TSM-DE19R.W					580	Wp
<u>Módulo</u>				<u>Módulos</u>	<u>Total de salida</u>	
<u>Imp (A)</u>	<u>Isc (A)</u>	<u>Vmp (V)</u>	<u>Voc (V)</u>	<u>Serie</u>	<u>Imp (A)</u>	<u>Vmp(V)</u>
14,86	15,94	39	46,3	15	14,86	585
14,86	15,94	39	46,3	14	14,86	546
14,86	15,94	39	46,3	14	14,86	546
14,86	15,94	39	46,3	14	14,86	546
14,86	15,94	39	46,3	14	14,86	546
14,86	15,94	39	46,3	14	14,86	546

Sección Cable DC

Para los tramos de continua entre los módulos fotovoltaicos y el inversor se utilizará cable solar, llevando por cada serie un cable negativo y uno positivo. Atendiendo a los criterios de máxima intensidad y máxima pérdida de tensión, determinamos que la sección de los conductores de corriente continua será de 10mm².

Para esta sección del conductor se cumple lo establecido en la ITC-BT 40 y en la ITC-BT 19 Intensidades admisibles (A) al aire 40°C nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento XPLE.

Se debe comprobar que la intensidad de cálculo es menor que la intensidad máxima admitida por el conductor (Tabla 1 ITC-BT-19) con un factor de corrección (K) por temperatura (Tabla 7 ITCBT-06).

$$I_{\text{máx}} \times K \geq I_{\text{cal}}$$

En condiciones normales la intensidad de cada cadena será próxima a la intensidad de cortocircuito (11,66 A), por lo tanto, la Intensidad de cálculo para el circuito de DC de cada entrada es:

$$I_{\text{cal}} = 1,25 \times 14,86 = 19,925 \text{ A}$$

Siendo I_{cal} la intensidad de cortocircuito del módulo en condiciones estándar con un incremento del 25% según ITC-BT-40.

Así, para cables unipolares por canal protector, la instalación sería del tipo B1 según la ITC-BT-19, con lo que, para una sección instalada de 10 mm² con cable con aislamiento termofijo de polietileno de cadena cruzada (2xXLPE), y su intensidad máxima admisible sería de 60 A.

Según Tabla 7 de ITC-BT-06, para cables aislados con polietileno reticulado se tendría un factor de corrección de 0,9 a una temperatura de 50 °C, por lo que la intensidad máxima admisible del conductor de 10 mm² instalado será de 60 x 0,9 = **54 A**, superior a la intensidad de servicio de la línea, definida en **19,92 A**.

Se ha escogido de esta sección debido a las largas distancias de cables entre módulos fotovoltaicos e inversores, por lo que la caída de tensión sería mayor y no cumpliría con la normativa reglamentaria. Calculándolo según normativa como se ve en la tabla 15:

Tabla 15: Intensidad máxima según ITC-BT-06

			F.Co- rrección	Imáx sección (ITC-BT-19)	I (A)	Sección	Tipo
Ical (Intensidad de cortocircuito del módulo A)	19,925	Intensidad Máxima minorada (ITC-BT-06)	0,9	60	54	10	B1

Se realiza el cálculo de la caída de tensión para cada tramo como se ven en las tablas 16 y 17:

Módulos-Inversor1:

Tabla 16: Conexiones String-Inversor 1

Caída de Tensión Circuito DC: De módulos fotovoltaicos a Inversor 2										
String	Longitud (m)	Potencia (kw)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Conductor			I _{max} (ITC-BT-19)	Caída de Tensión (V)	Caída de Tensión (%)
					Material	K	mm ²			
1	150	8,69	14,86	585	Cu	56	10	54	7,96	1,36%
2	120	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	6,37	1,17%
3	100	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	5,31	0,97%
4	100	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	5,31	0,97%
5	80	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	4,25	0,78%
6	80	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	4,25	0,78%

Módulos-Inversor 2

Tabla 17: Conexiones String-INversor 2

Caída de Tensión Circuito DC: De módulos fotovoltaicos a Inversor 2										
String	Longitud (m)	Potencia (kw)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Conductor			I _{max} (ITC-BT-19)	Caída de Tensión (V)	Caída de Tensión (%)
					Material	K	mm ²			
1	80	8,69	14,86	585	Cu	56	10	54	4,25	0,73%
2	80	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	4,25	0,78%
3	60	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	3,18	0,58%
4	60	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	3,18	0,58%
5	40	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	2,12	0,39%
6	40	8,11	14,86	546	Cu	56	10	54	2,12	0,39%

El porcentaje de caída de tensión no supera en ningún tramo el 1,5%, por lo que se comprueba satisfactoriamente el dimensionamiento de 10 mm² de sección para los seis strings.

4.4. Cálculos Corriente Alterna.

Este circuito discurre desde la salida del inversor trifásico, hasta el punto de conexión con la Red de Distribución de Baja Tensión propuesto a la empresa distribuidora.

Para la elección del cableado, se seguirán las normativas de referencia UNE 20 4100-5-523 y la ITC-BT- 07.

Este circuito de alterna es trifásico. De la salida del inversor SMA saldrán 4 conductores (3 fases+neutro+tierra) y transportará como máximo una potencia de 50 kW (potencia nominal de la instalación de autoconsumo).

Sección Cable AC Tramo Inversor Fotovoltaico – Caja de Protección y Medida

Para el cálculo de la sección del conductor en CA, se calcula la intensidad máxima del circuito.

La potencia máxima que puede entregar el inversor fotovoltaico es su potencia nominal, 50 kW y será la potencia que utilizaremos de cálculo como se recoge en la tabla 18:

Tabla 18: Datos inversor

Datos Inversor Trifásico			
Modelo	Potencia Nominal (kW)	Voltaje Salida (V)	Intensidad (A)
SMA, modelo STP 50-41	50	400	85,01

Así, para la obtención del cableado del tramo que va desde la salida del inversor de la instalación fotovoltaica hasta el cuadro de protección y medida frontera, aplicaremos el criterio de intensidad máxima admisible. Además, la sección obtenida deberá cumplir la condición de pérdida de carga (no sobrepasar una caída de tensión del 2%).

En cuanto al criterio de la intensidad máxima, siguiendo la tabla del ITC-19 y teniendo en cuenta que el tipo de montaje sería de clase B2 (cables multiconductores montados sobre la pared), dado que la intensidad de cálculo es de 85,01 A y que el aislante es del tipo XLPE, seleccionaremos la sección de 35 mm², con una intensidad admisible de 110 A que, además, teniendo en cuenta la pequeña distancia que este cableado ha de cubrir, cumplirá el criterio de la pérdida de carga.

Según Tabla 7 de ITC-BT-06, para cables aislados con polietileno reticulado se tendría un factor de corrección de 0,9 a una temperatura de 50 °C, por lo que la intensidad máxima admisible del conductor de 35 mm² instalado será de 110 x 0,9 = **99 A**, superior a la intensidad de servicio de la línea, definida en **85,01 A**.

Tabla 19: Resultados Inversor-Caja de protección

Datos Trifásico									
	Distancia (m)	Potencia (kW)	Intensidad (A)	Intensidad Máx (A)	Sección del Cable (mm ²)	Conductor		Caída de tensión V	Caída de tensión %
						Material	K		
Inversor-Caja de Protección y Medida	5	50	85,01	106,26 (I x1.25)	35	Cu	56,0	0,20	0,16%

Los conductores a instalar serán tipo RZ1 0,6/1kV, libre de halógenos de sección de 35 mm²:

- Cu RZ1 0,6/1 kV 5 x 35 mm² + TT 35 mm²

Sección Cable AC Tramo Caja de Protección y Medida – Cuadro General y Transformador

Este tramo irá desde La caja de protecciones situada en una caseta prefabricada en la planta hasta el cuadro General de la propiedad situado en otro punto.

Se calculará de la misma manera que el anterior, la penalización mayor en este punto es la distancia hasta la conexión. Esta conducción se realizará por línea enterrada.

Según Tabla 7 de ITC-BT-06, para cables aislados con polietileno reticulado se tendría un factor de corrección de 0,9 a una temperatura de 50 °C, por lo que la intensidad máxima admisible del conductor de 300 mm² instalado será de 300 x 0,9 = **270 A**, superior a la intensidad de servicio de la línea, definida en **170,01 A**.

Tabla 20: Conexión Inversor-Caja de protección

Datos Trifásico									
	Distancia (m)	Potencia (kW)	Intensidad (A)	Intensidad Máx (A)	Sección del Cable (mm ²)	Conductor		Caída de tensión V	Caída de tensión %
						Material	K		
Inversor-Cuadro General	225	100	170,01	212,51 (I x1.25)	300	Cu	56	6,70	1,67%

Los conductores a instalar según los cálculos serían tipo RZ1 0,6/1kV, libre de halógenos de sección de 300 mm²:

- Cu RZ1 0,6/1 kV 5 x 300 mm² + TT 300 mm²

Pero en vez de cobre, debido a su elevado coste, se utilizará cable de aluminio especial para Huertos Solares de tipo XZ1 0,6/1 kV libre de halógenos de sección de 150 mm²:

- Al XZ1 0,6/1 kV 2 x (5 x 150 mm²)

4.5. Cálculos de Protecciones.

4.5.1. Protecciones de Corriente Continua

Se instalarán en cada string los siguientes elementos en la parte de la instalación de corriente continua:

- Fusibles de 15A especiales para instalaciones fotovoltaicas.
- Portafusibles.
- Descargador de sobretensiones (1000V CC).

4.5.2. Protecciones de Corriente Alterna

Cuadro de Baja Tensión de la Planta.

Dado que se construirá una caseta en la planta para albergar los inversores y el cuadro de la instalación, el cuadro general de baja tensión será el punto de conexión de la planta fotovoltaica, conectada ésta aguas abajo del interruptor general de baja tensión, será este punto el considerado como nudo de potencia infinita y en el que se dimensionará el poder de corte que protegerá todo el sistema ante cortocircuitos, así como contactos directos.

Se instalará un interruptor diferencial de 100 A y 300 mA de sensibilidad para dotar al sistema de protección contra contactos indirectos y un interruptor automático magneto-térmico de 100 A con poder de corte de 25 kA.

Según la ITC -BT-22, se debe tener en cuenta los siguientes valores de Intensidad como se recoge en la tabla 21:

Tabla 21: Comprobación elección protecciones

	I_b (A)	I_n (A)	I_z (A)	1,45 x I_z (A)	I_b ≤ I_n ≤ I_z
Cuadro	85,01	100	110	159,5	VERDA- DERO

Donde:

I_b: corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas

I_n: Corriente asignada del dispositivo de protección.

I_z: corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado.

Cuadro General de Baja Tensión.

Aguas abajo se instalará un cuadro conectado a la instalación actual, la cual protegerá la instalación actual de posibles fallos en el cable enterrado que irá desde caseta de la planta hasta el cuadro general de la instalación actual del cliente para el riego.

Se instalará un interruptor diferencial de 250 A y 300 mA de sensibilidad para dotar al sistema de protección contra contactos indirectos y un interruptor automático magneto-térmico de 250 A con poder de corte de 25 kA.

Según la ITC -BT-22, se debe tener en cuenta los siguientes valores de Intensidad como se recoge en la tabla 22:

Tabla 22: Comprobación elección protecciones 2

	I_b (A)	I_n (A)	I_z (A)	1,45 x I_z (A)	I_b ≤ I_n ≤ I_z
Cuadro	170,01	250	423	613,35	VERDADERO

5. CÁLCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIONES

En este apartado vamos a proceder a verificar que la estructura cumple con los requisitos técnicos según el CTE y con las especificaciones de los módulos seleccionados. Para esto vamos a realizar un cálculo estructural:

5.1. Introducción

Las condiciones de contorno de la estructura son las siguientes: —

- Entorno Suburbano: Categoría III
- Altura de placas 3 m.
- Inclinación 35°.
- Zona de carga de viento A
- Velocidad básica del viento = 26m/s



Figura 25: Mapa de vientos España

Para el dimensionamiento de la estructura de soporte se han contemplado las normativas reflejadas al final de este Anejo.

5.2. Acciones Consideradas

5.2.1. Acción del Viento

La acción del viento, que en general su efecto produce una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática del viento (q_e), puede ser obtenida a través de la siguiente expresión:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

q_b : es la presión dinámica del viento. $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 0.423 \text{ KN/m}^2$

ρ : densidad del aire, 1.25 Kg/m^3

C_e : *Coficiente de Exposicion*

C_p : *Coficiente de presiones*

Respecto al coeficiente de exposición, éste depende de la aspereza del terreno y de la altura donde se construirá la estructura.

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

Donde:

$q_p(z)$: Presion correspondiente a la velocidad de pico

$I_v(z)$: Intensidad de las turbulencias

$v_m(z)$: Velocidad media

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

De las expresiones anteriores sacamos el valor del Coeficiente de exposición:

$$C_e = 1.28$$

Para realizar el estudio de cargas transmitidas a la estructura, se han considerado los coeficientes de presión neta expuestos en el Eurocódigo 1 (ver apartado 10-Verificaciones).

5.2.2. Carga permanente

Se considera una carga muerta de: 0.12 KN/m^2 de módulo

5.2.3. Acción de la nieve

Se considera una sobrecarga de nieve de: 0.40 KN/m^2

5.3. Tipología Placas Fotovoltaicas

Las placas fotovoltaicas utilizadas en esta instalación tienen las siguientes dimensiones:

- L1= 2384 mm (largo de la placa)
- L2= 1134 mm (ancho de la placa)
- e= 35 mm (espesor de la placa)
- Peso unitario = 29,1 kg/ud.

Las placas irán colocadas en posición VERTICAL sobre los perfiles portantes, y adosadas respecto la superficie de la cubierta.

5.4. Descripción estructural

El sistema AF-FLAT incorpora estructuras de soporte inclinadas (triángulos a 35°). Las placas PV irán fijadas a los soportes mediante un perfil portante, de sección PS250.

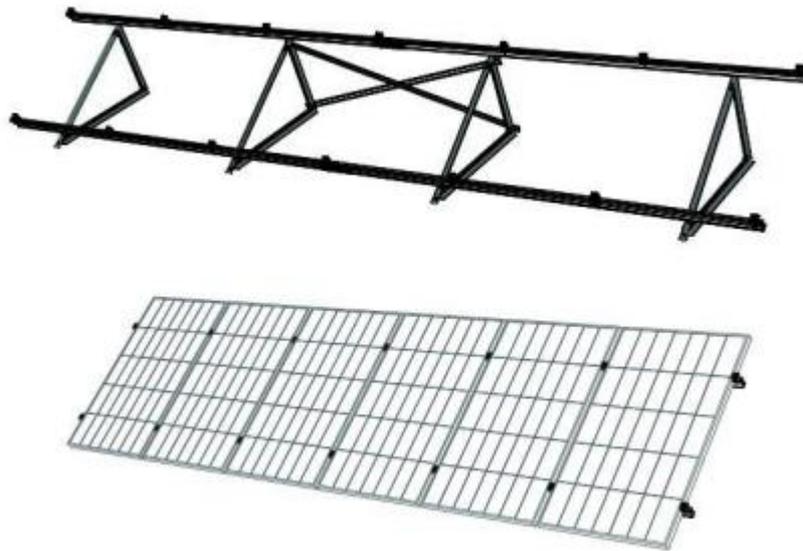


Figura 26: Estructura escogida

Los soportes irán con una cimentación superficial.

Las placas PV se encuentran fijadas a los perfiles portantes PS250, a través de bridas de conexión de placas TIPO BS (Brida Extremo) y BD (Brida intermedia).



Figura 27: Detalles brida de fijación

Para el posicionamiento de las bridas se debe seguir las recomendaciones del fabricante. de la placa PV.

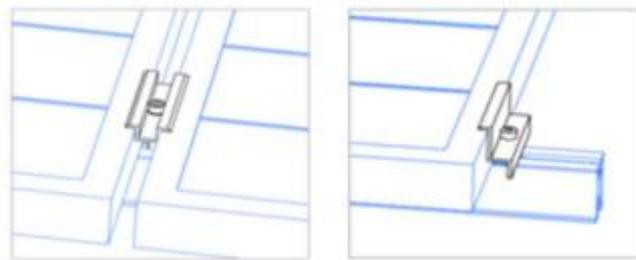


Figura 28: Detalles bridas de fijación placas

5.4.1. Colocación Riostras

En cada fila se deberá disponer un par de riostras por cada GRUPO de 6 soportes. Es decir que debemos dividir el total de la fila en grupos de 6 soportes y cada uno de estos grupos debe llevar al menos un par de riostras. En todas las filas de placas debe haber como MÍNIMO un par de riostras.

Tenemos filas de 3/4/5/6 y 7 soportes, el número de pares de riostras necesarios a colocar por fila de placas será de:

$$N_{PR} = \frac{3}{6} = 0.5 ; \text{ como } N_{PR} < 1, \text{ entonces necesitamos 1 par de riostras.}$$

$$N_{PR} = \frac{4}{6} = 0.67 ; \text{ como } N_{PR} < 1, \text{ entonces necesitamos 1 par de riostras.}$$

$$N_{PR} = \frac{5}{6} = 0.84 ; \text{ como } N_{PR} < 1, \text{ entonces necesitamos 1 par de riostras.}$$

$$N_{PR} = \frac{6}{6} = 1 ; \text{ como } N_{PR} = 1, \text{ entonces necesitamos 1 par de riostras.}$$

$$N_{PR} = \frac{7}{6} = 1.17 ; \text{ como } N_{PR} > 1, \text{ entonces necesitamos 2 par de riostras.}$$

N_{PR} = número de pares de riostras necesarios por fila

Para distribuir estas riostras en las filas, se aconseja colocar un conjunto de riostras (en forma de cruz de San Andrés) en el centro de cada grupo de 6 soportes, si alguno de los grupos es inferior a 6 soportes se debe usar el mismo criterio.

Se certifica que la estructura ofertada cumple los requisitos de integridad estructural. Se adjuntan los listados de cálculo en el anexo correspondiente.

5.5. Materiales utilizados en la estructura

- Perfiles PS y Bidas : Aluminio 6082 – T6
- Tornillos de conexión y autotaladrantes: Inox. A2-70 Soportes SOLARSTEM: Aluminio 6082 – T6 Riostras: Aluminio 6082 – T6
- Tornillos de conexión, pernos y autotaladrantes: Inox. A2-70
- Pletina soporte : Inox. 304

5.6. Distribución de cargas sobre la estructura

5.6.1. Cargas transmitidas los perfiles portantes de placas PV

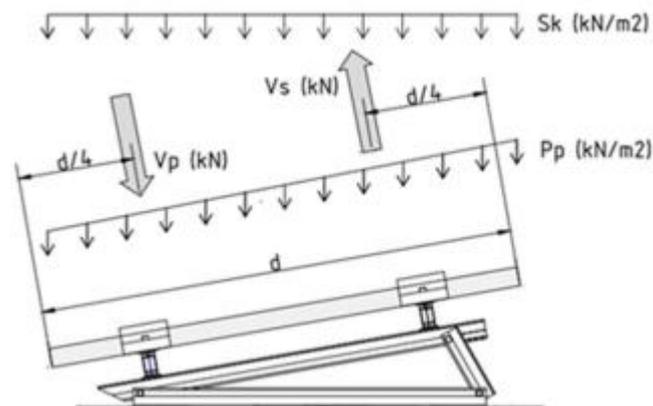


Figura 29: Esquema de cargas transmitidas

5.6.2. Cargas transmitidas a las estructuras de soporte

La carga de viento transmitida a las estructuras de soporte depende exclusivamente de los siguientes factores:

- Presión estática de viento.
- Coeficiente de exposición.
- Coeficiente eólico de presión y succión
- Área de las placas PV.
- Separación entre soportes.

5.7. Perfiles y elementos que componen la estructura

La estructura en su conjunto está compuesta por los siguientes elementos:

- Perfil PS de placas PV: PS250
- Soporte SOLARSTEM: Angulo 40X40X5,3
- Riostras: Pasamano de 40 mm x 3 mm x long. 2m
- Fijación placa fotovoltaica: Bridas estándar T-SLOT
- Fijaciones a la cubierta: Conjunto perno M10x250 mm

Las características geométricas del perfil portante han sido incorporadas al final de este informe técnico.

5.8. Conexión de perfil portante

En el caso de tramos largos en los que deban empalmarse dos o más trozos del mismo perfil para conseguir el largo necesario, debe garantizarse la unión adecuada entre los mismos.

Para este caso se utiliza la **Guía aluminio conexión perfiles serie PS** la cual garantiza la adecuada transmisión de los esfuerzos.

Los empalmes **NUNCA** deben realizarse en los centros de los tramos libres de los perfiles, sino a un $1/3$ de la distancia entre fijaciones.

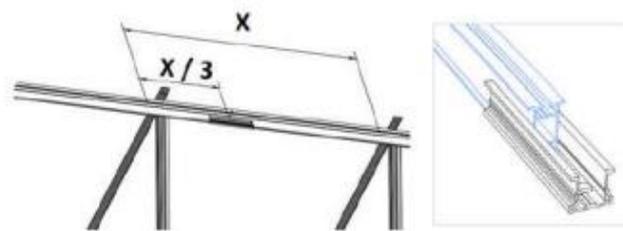


Figura 30: Conexión lineal entre portantes

Para la resolución de estos cálculos se ha empleado:

- Código Técnico de la Edificación, Seguridad Estructural (SE).
- Eurocódigo 9. Proyecto de Estructuras de Aluminio. UNE-ENV 1999-1-1.
- Eurocódigo 1, parte 2-4: Acciones en Estructuras: Acciones del Viento. UNEENV 1991-2-4.
- Norma Tecnológica de la Edificación, Estructuras. Cargas de viento (NTE ECV).

5.9. Verificaciones

PRESIÓN DEL VIENTO

Inclinación de la Placa: 36°
 Cp (presión): 1,4
 Cp (succión): -1,8
 Altura sobre terreno: 3

Zona urbana en general, industrial o forestal con cobertura de vegetación uniforme o con obstáculos aislados

Zona de viento: 3

Ce (exposición): 1,28
 Presión de viento: 0,758 KN/m²
 Succión de viento: -0,974 KN/m²

CARGA DE NIEVE:

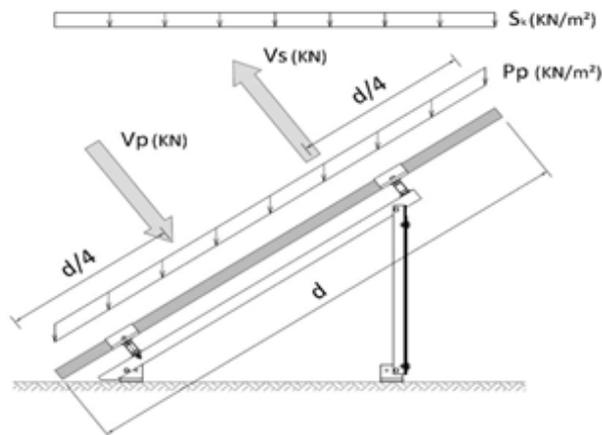
Sk: 0,4 KN/m²
 Coeficiente de forma μ (3.5.3 CTE): 0,83

PESO PROPIO:

Peso propio de la placa: 0,11 KN/m²

COMBINACIONES DE LAS ACCIONES:

ELU	
1	I / 1,35Pp+1,5Sk+0,9Vp
2	S / 1,35Pp+1,5Sk+0,9Vp
3	I / 1,35Pp+1,5Vp+0,75Sk
4	S / 1,35Pp+1,5Vp+0,75Sk
5	I / 0,8Pp+1,5Vs
6	S / 0,8Pp+1,5Vs
ELS	
7	I / Pp+N+0,6Vp
8	S / Pp+N+0,6Vp
9	I / Pp+Vp+0,5Sk
10	S / Pp+Vp+0,5Sk
11	I / 0,9Pp+Vs
12	S / 0,9Pp+Vs



GEOMETRÍA

Separación máxima entre soportes: 1792 mm
 Medida corta de la placa: 2384 mm
 Medida larga de la placa: 1134 mm

Flecha máxima admisible:
 Posición del módulo:
 Tipo de soporte:
 Longitud del dintel:
 Longitud de la espalda:

L/200 mm
 VERTICAL mm
 1,07,0013-30 mm
 1481 mm
 818 mm

DATOS TÉCNICOS

COMPONENTES

PERFIL PORTANTE **1.01.0005-0**
 PS250
 Mb,Rdy = 1,88 KN m
 Mb,Rdz = 0,73 KN m 0,74 **CORRECTO**
 flim= 8,96 mm

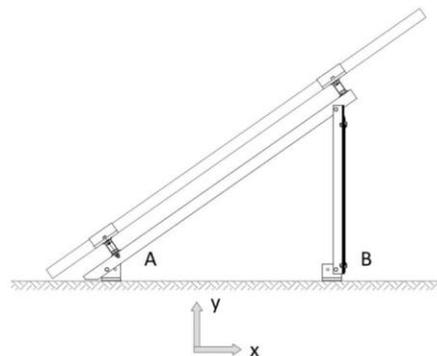
DINTEL **1.01.0019-0**
 Nc,Rd= 65,23 KN
 Mu,Rdz = 0,45 KN-m 0,77 **CORRECTO**
 Mv,Rdz = 0,39 KN-m
 flim= 13,12 mm

ESPALDA **1.01.0030-0**
 Nb,Rd= 65,23 KN 0,05 **CORRECTO**

UNIONES
 Ncortante= 9,50 KN 0,78 **CORRECTO**

REACCIONES EN LOS SOPORTES POR COMBINACIONES

	RAy (KN)	RBy (KN)	RAx (KN)	RBx (KN)
1	2,80	2,90	-1,28	-0,78
2	2,58	3,12	-1,22	-0,84
3	3,27	2,40	-2,14	-0,65
4	1,64	4,03	-1,70	-1,08
5	-0,61	-4,10	2,52	1,11
6	-2,70	-2,01	3,08	0,54



Los soportes se han contado cada 1.8m. Cada soporte debera llevar una zapata de hormigón en masa de 40x165x35cm.

5.10. Características técnicas

Perfil portante:

PERFIL PS250

Material: Aleación de Aluminio Mg Si – 6082

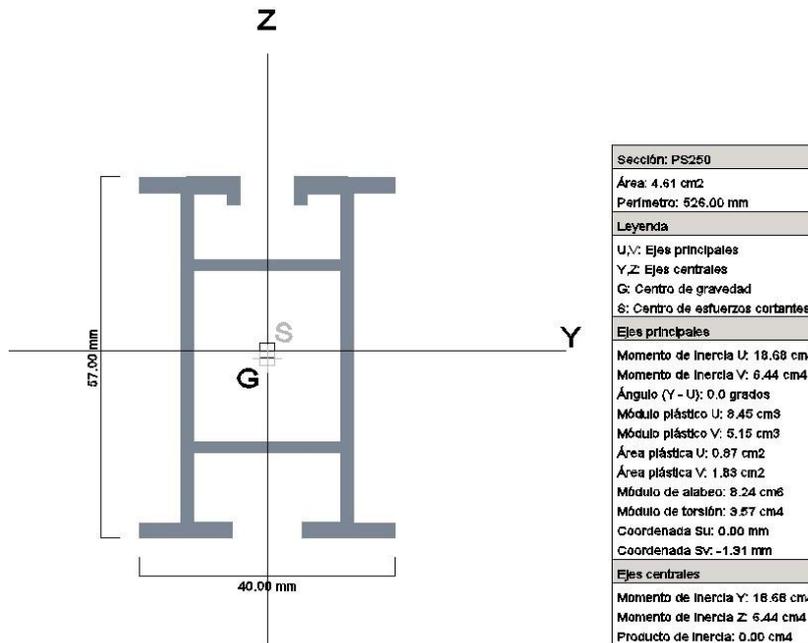


Figura 31: Detalle perfil estructural

6. ESTUDIO ECONÓMICO, AMORTIZACIONES Y VIABILIDAD

En este apartado vamos a analizar la repercusión económica de la instalación, tanto su inversión, como su amortización y tasa de retorno.

6.1. Precio de la Energía

Como previamente hemos obtenido, la compañía suministradora nos ha aportado los diferentes datos de consumo y gasto económico de todo un año de la explotación.

Con los datos obtenidos nos queda lo siguiente valores recogidos en la tabla 23 :

Tabla 23: Resultados precios temporadas 21-22

	2021		2022
Total:	11.053,45 €	Total:	43.143,89 €
Total con IVA:	13.991,71 €	Total con IVA:	54.612,52 €
Precio medio €/kWh:	0,15243208	Precio medio €/kWh:	0,32344366
Venta Excedente:	0,05	Venta Excedente:	0,05

Como podemos observar el precio de la energía eléctrica a lo largo del año 2022 se ha visto aumentada en casi un 50% y es por lo tanto que se ha optado por la instalación de una planta solar fotovoltaica, para reducir el consumo con la compañía eléctrica y así conseguir un importante ahorro económico.

Para el precio del excedente se ha fijado un precio estimado realizando una aproximación respecto años anteriores.

6.2. Inversión

La estimación de la instalación proyectada va a tener un valor total de unos 92.835,45€ como se especifica en el presupuesto detallado dentro del proyecto.

6.3. Resultados finales

Teniendo en cuenta el precio medio de la energía, el consumo energético estimado en el año estudiado, la generación estimada de la instalación, así como su coste; se puede calcular el ahorro anual y total, amortización, tasa interna de retorno y el valor actual neto (no se ha tenido en cuenta el IVA para realizar los cálculos) de la instalación proyectada.

Primero vamos a definir los diferentes valores que vamos a obtener, necesarios a la hora de realizar un estudio económico.

- TIR o Tasa Interna de Retorno: es la tasa de interés o rentabilidad que nos ofrece una inversión, en otras palabras, el porcentaje de pérdidas o ganancias que conllevará la instalación proyectada.[10] Que se calcularía:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

F_t son los **flujos de dinero** en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

Figura 32: Cálculo de TIR

- VAN o Valor Actualizado Neto: básicamente consiste en ir actualizando los cobros y pagos de la propia inversión para conocer en el momento que se puede dar por muerta la instalación cuánto dinero se va a ganar (O ahorrar). [11]

Se calcularía:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + k)} + \frac{F_2}{(1 + k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + k)^n}$$

Figura 33: Cálculo de VAN

- Período de Amortización: hace referencia al número de años hasta que se consiga pagar la inversión con unos beneficios anuales, propios de la instalación proyectada. Esto se conseguirá cuando los flujos de caja pasen a ser positivos.

Teniendo todo esto vamos a recoger los resultados la tabla 24:

Tabla 24: Resumen estudio económico

Año	Coste eléctrico Actual	Producción Solar (kWh)	Ahorro por Autoconsumo	Venta red/excedentes	Mantenimiento	Ahorro TOTAL	Flujpo de Caja	Resultado acumulado
							-92.835,45 €	
1	54.612,52 €	160186,00	17.506,60 €	5300,00	-1.500,00 €	21.306,60 €	21.306,60 €	-71.528,85 €
2	54.885,58 €	160025,81	17.489,09 €	5294,70	-1.507,50 €	21.276,29 €	21.276,29 €	-50.252,56 €
3	55.160,01 €	159865,79	17.471,60 €	5289,41	-1.515,04 €	21.245,97 €	21.245,97 €	-29.006,58 €
4	55.435,81 €	159705,92	17.454,13 €	5284,12	-1.522,61 €	21.215,64 €	21.215,64 €	-7.790,95 €
5	55.712,99 €	159546,22	17.436,68 €	5278,83	-1.530,23 €	21.185,28 €	21.185,28 €	13.394,34 €
6	55.991,55 €	159386,67	17.419,24 €	5273,55	-1.537,88 €	21.154,92 €	21.154,92 €	34.549,25 €
7	56.271,51 €	159227,28	17.401,82 €	5268,28	-1.545,57 €	21.124,54 €	21.124,54 €	55.673,79 €
8	56.552,87 €	159068,06	17.384,42 €	5263,01	-1.553,29 €	21.094,14 €	21.094,14 €	76.767,93 €
9	56.835,63 €	158908,99	17.367,04 €	5257,75	-1.561,06 €	21.063,72 €	21.063,72 €	97.831,65 €
10	57.119,81 €	158750,08	17.349,67 €	5252,49	-1.568,87 €	21.033,29 €	21.033,29 €	118.864,95 €
11	57.405,41 €	158591,33	17.332,32 €	5247,24	-1.576,71 €	21.002,85 €	21.002,85 €	139.867,79 €
12	57.692,44 €	158432,74	17.314,99 €	5241,99	-1.584,59 €	20.972,38 €	20.972,38 €	160.840,18 €
13	57.980,90 €	158274,31	17.297,67 €	5236,75	-1.592,52 €	20.941,90 €	20.941,90 €	181.782,08 €
14	58.270,81 €	158116,03	17.280,37 €	5231,51	-1.600,48 €	20.911,41 €	20.911,41 €	202.693,49 €
15	58.562,16 €	157957,91	17.263,09 €	5226,28	-1.608,48 €	20.880,89 €	20.880,89 €	223.574,38 €
16	58.854,97 €	157799,96	17.245,83 €	5221,05	-1.616,52 €	20.850,36 €	20.850,36 €	244.424,74 €
17	59.149,24 €	157642,16	17.228,59 €	5215,83	-1.624,61 €	20.819,81 €	20.819,81 €	265.244,55 €
18	59.444,99 €	157484,51	17.211,36 €	5210,62	-1.632,73 €	20.789,24 €	20.789,24 €	286.033,80 €
19	59.742,22 €	157327,03	17.194,15 €	5205,41	-1.640,89 €	20.758,66 €	20.758,66 €	306.792,46 €
20	60.040,93 €	157169,70	17.176,95 €	5200,20	-1.649,10 €	20.728,05 €	20.728,05 €	327.520,51 €
21	60.341,13 €	157012,53	17.159,77 €	5195,00	-1.657,34 €	20.697,43 €	20.697,43 €	348.217,94 €
22	60.642,84 €	156855,52	17.142,61 €	5189,81	-1.665,63 €	20.666,79 €	20.666,79 €	368.884,73 €
23	60.946,05 €	156698,67	17.125,47 €	5184,62	-1.673,96 €	20.636,13 €	20.636,13 €	389.520,86 €
24	61.250,78 €	156541,97	17.108,35 €	5179,43	-1.682,33 €	20.605,45 €	20.605,45 €	410.126,31 €
25	61.557,04 €	156385,42	17.091,24 €	5174,25	-1.690,74 €	20.574,75 €	20.574,75 €	430.701,07 €
							TIR:	23%
							Amortización:	4,4
							VAN:	264.689,24 €

Tabla 25: Evolución de precios

Porcentaje Evolución Precios	
Coste Anual Eléctrico:	0,50%
Producción Solar:	-0,10%
Ahorro Autoconsumo:	-0,10%
Venta red Excedentes:	-0,10%
Mantenimiento:	0,50%



Como se puede observar, económicamente la opción es un proyecto totalmente viable debido a que en apenas 4 años la instalación se ha amortizado, consiguiendo un ahorro anual de unos 21.300€ y consiguiendo un valor acumulado de unos 264.689,24 €.

7. FICHAS DE EQUIPOS Y CERTIFICACIONES

Vertex

BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-DE19R.W
POWER RANGE: 560-580 W

580 W
MAXIMUM POWER OUTPUT

0/+5 W
POSITIVE POWER TOLERANCE

21.5%
MAXIMUM EFFICIENCY



High power & efficiency

- Generates up to 580 W, 21.5 % module efficiency with high density interconnect technology
- Maximum energy harvest from rooftops



Easy design & installation on C&I rooftops

- Designed for high compatibility with mainstream inverters
- Mainstream rooftop mounting methods approved



Optimized system cost

- Lower cost of structure, cable and electrical equipment
- Reduced installation time and labor costs
- Shorter payback time



High reliability

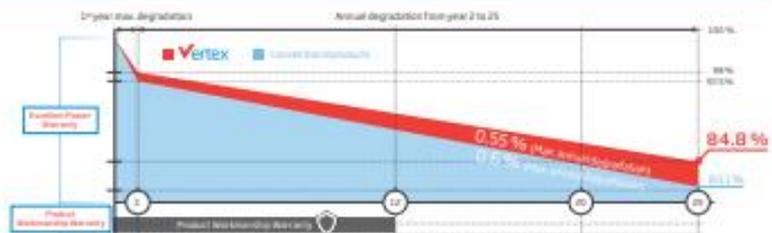
- Assembly in fully automated and state-of-the-art factories
- Beyond industry-standard hail test passed: 35 mm hail size
- Mechanical performance tested up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load

Vertex Warranty

2 %
1st year max. degradation

0.55 %
Max. annual degradation from year 2 to 25

12 Years
Product Workmanship Warranty



Comprehensive Product and System Certificates

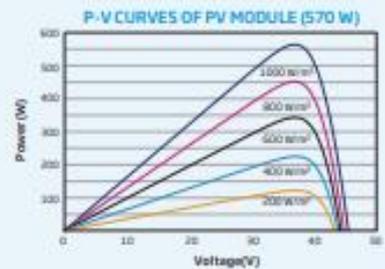
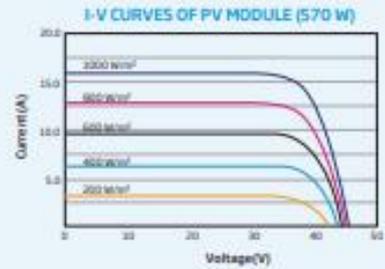
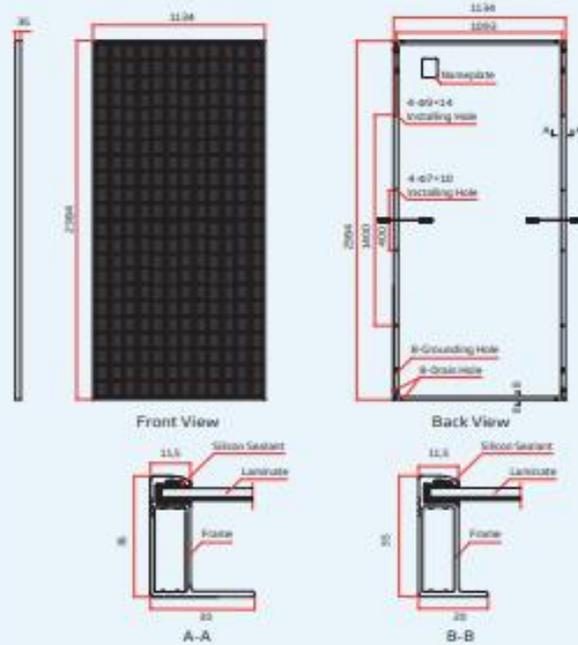


IEC61215/IEC61790/IEC61701/IEC62716
ISO 9001: Quality Management System
ISO 14001: Environmental Management System
ISO 4054: Greenhouse Gases Emissions Verification
ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System

Trinasolar



DIMENSIONS OF PV MODULE (mm)



ELECTRICAL DATA (STC)	TSM 560 12.210.12	TSM 565 12.170.12	TSM 570 12.130.12	TSM 575 12.090.12	TSM 580 12.050.12
Peak Power Watts-Prise (W) ¹	560	565	570	575	580
Power Tolerance-Prise (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Maximum Power Voltage-Vmp (V)	38.0	39.2	39.5	39.8	39.0
Maximum Power Current-Imp (A)	14.72	14.75	14.79	14.83	14.85
Open Circuit Voltage-Voc (V)	45.3	45.5	45.8	46.1	45.3
Short Circuit Current-Isc (A)	15.76	15.81	15.85	15.90	15.94
Module Efficiency-ηm (%)	20.7	20.9	21.1	21.2	21.5

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25 °C Air Mass 1.5. ¹Measuring tolerance ± 0.1%

ELECTRICAL DATA (NOCT)	TSM 560 12.210.12	TSM 565 12.170.12	TSM 570 12.130.12	TSM 575 12.090.12	TSM 580 12.050.12
Maximum Power-Prise (W)	423	428	431	435	439
Maximum Power Voltage-Vmp (V)	25.1	25.2	25.5	25.8	25.9
Maximum Power Current-Imp (A)	12.05	12.30	12.13	12.17	12.20
Open Circuit Voltage-Voc (V)	42.5	42.9	43.1	43.4	43.5
Short Circuit Current-Isc (A)	12.70	12.74	12.77	12.80	12.84

NOCT: Irradiance of 800 W/m², Ambient Temperature 20 °C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2984 x 1134 x 35 mm
Weight	25.1 kg
Class	3.2 mm, High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POC
Backsheet	White
Frame	35mm Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0 mm², Landscape: 1400/1400 mm, Portrait: 200/250 mm*
Connector	TS4 /MC4 EV02*

*Optional extra only.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43 °C (±2 °C)
Temperature Coefficient of Prise	-0.34%/K
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/K
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/K

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (B.C)
Max Series Fuse Rating	30A

WARRANTY

12 Year product workmanship warranty
25 Year power warranty
2% First year degradation
0.55% Annual power degradation

(Please refer to the applicable local warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box	35 pieces
Modules per 40' container	620 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
© 2022 Trina Solar Limited, All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. Version number: TSM_EU_EN_2022_A

www.trinasolar.com

SUNNY TRIPOWER CORE1 STP 50-41



**AHORA también
con función de protección contra
arco voltaico
y diagnóstico de generadores I-V**

Económico

- Equipo de fácil montaje e instalación
- Sin necesidad de utilizar fusibles de CC
- Seccionador de CC integrado

Integración completa

- Acceso Wi-Fi integrado con cualquier dispositivo móvil
- 12 entradas de string directas reducen el esfuerzo de trabajo y material
- Función de protección contra arco voltaico (APCI)
- Protección contra sobretensión CA/CC (opcional)

Instalación rápida

- Rápida conexión a la red con una configuración y una puesta en marcha sencillas del inversor
- Acceso óptimo a las zonas de conexión

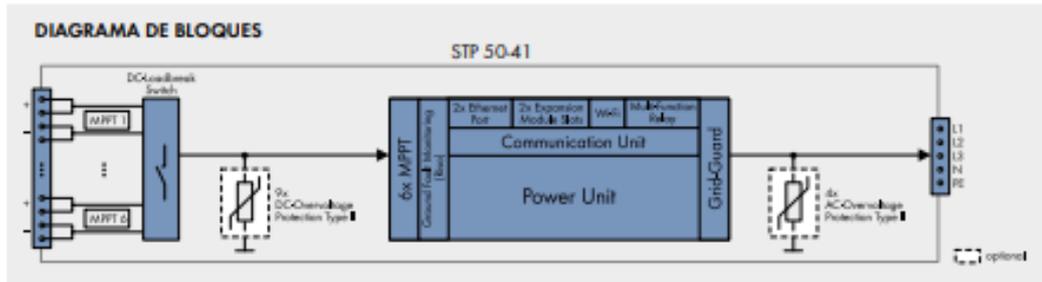
Máximo rendimiento

- Sobredimensionado de hasta el 150 % del generador fotovoltaico
- Aumento del rendimiento sin trabajo de montaje gracias a la gestión de sombras integrada SMA ShadeFix
- Diagnóstico de generadores I-V

SUNNY TRIPOWER CORE1

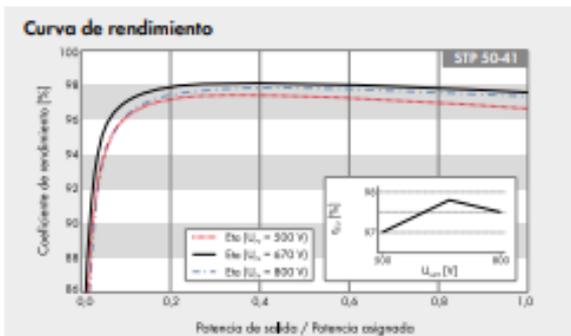
Stands on its own

El Sunny Tripower CORE1 es el primer inversor de string de montaje independiente del mundo para sistemas descentralizados sobre tejados y espacios abiertos, así como en plazas de aparcamiento cubiertas. El CORE1 es la tercera generación de la familia de productos de éxito Sunny Tripower y revoluciona el mundo de los inversores comerciales con su concepto innovador. Los ingenieros de SMA buscaban combinar un diseño único con un método de instalación innovador para incrementar así claramente la velocidad de instalación y obtener un retorno de la inversión óptimo para todos los grupos destinatarios. Desde la entrega hasta la instalación, pasando por el funcionamiento, el Sunny Tripower CORE1 permite ahorrar grandes costes logísticos, de mano de obra, material y servicio técnico. Desde este momento, las instalaciones de energía fotovoltaica comerciales pueden convertirse en realidad de forma más rápida, segura y sencilla que antes.



Datos técnicos	Sunny Tripower CORE1	Datos técnicos	Sunny Tripower CORE1
Entrada (CC)		Rendimiento	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	75000 Wp STC	Rendimiento máx./europ. Rendimiento	98,1 % / 97,8 %
Tensión de entrada máx.	1000 V	Datos generales	
Rango de tensión del seguidor del MPPT/tensión asignada de entrada	De 500 V a 800 V/ 670 V	Dimensiones (ancho x alto x fondo) sin pies y sin interruptor-seccionador de potencia de CC	569 mm/733 mm/621 mm (22.4 in/28.8 in/24.4 in)
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V	Peso	84 kg (185 lb)
Corriente máx. de entrada/por seguidor del MPPT	120 A/20 A	Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)
Corriente del cortocircuito máx. por seguidor del MPPT/por entrada de string	30A/30A	Emitión sonora (típica)	< 65 dB(A)
Número de entradas de seguidores del MPPT independientes/Strings por entrada de seguidores del MPPT	6/2	Autoconsumo (nocturno)	4,8 W
Salida (CA)		Topología/Principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	50000 W	Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Potencia máx. aparente de CA	50000 VA	Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Tensión nominal de CA	220 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V	Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %
Rango de tensión de CA	De 202 V a 305 V	Equipamiento/Función/Accesorios	
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz/De 44 Hz a 55 Hz 60 Hz/De 54 Hz a 65 Hz	Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne rosado
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V	Patas	●
Corriente de salida máx./Corriente de salida de medición	72,5 A/72,5 A	Indicador led (estado/error/comunicación)	●
Fases de inyección/Conexión de CA	3 / 3(N)/PE	Pantalla de cristal líquido (LCD)	○
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/De 0 inductivo a 0 capacitivo	Interfaz: Ethernet/WLAN/RS485	● (2 entradas) / ● / ○
THD	< 3 %	Interfaz de datos: SMA Modbus/SunSpec Modbus/Speedwin, Webconnect	● / ● / ●
Dispositivos de protección		Relé multifunción/Ranuras para módulos de ampliación	● / ● (2 entradas)
Dispositivo de desconexión en la entrada	●	Gestión de sombras SMA ShadeFix/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Vigilante de aislamiento/Monitoreización de red	● / ●	Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ●
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -	Garantía: 5/10/15/20 años	● / ○ / ○ / ○
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	Certificados y autorizaciones (otros a petición)	C10/11:2019, EN50549-1/-2, CE, VDE 0126-1-1, VDE AEN 4110, VDE AEN 4105:2018, NRS0972-1:2017 (A3), CEI 0-16/0-21:2020, VDE 2019, ED 1699/413, RD 661, TED/749/2020, AS 4777, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 60068-2-x, TOR Eazusuper, GPP, NBR 16149
Clase de protección (según IEC 62109-1)/Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I/CA: III; CC: II	Modelo comercial	STP 50-41
Función de protección contra arco voltaico (AFCI) / Diagnóstico de generadores IV	● / ●		
Descargador de sobretensión de CC/CA (tipo 2, tipo 1/2)	○		

● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible ▲ Según la disponibilidad Datos en condiciones normales. Versión: 01/2022



Accesorios

- SMA Sensor Module MD.SEN-40
- SMA ID-Module MD.ID-40
- SMA Módulo RS485 MD.485-40
- Universal Mounting System UMS_KIT-10
- AC Surge Protection Module K2 type 2, type 1/2 AC_SPD_K01-10, AC_SPD_K02_1112
- DC Surge Protection Module K2 type 2, type 1/2 DC_SPD_K04-10, DC_SPD_K05_1112



SMA ENERGY METER



Sencillo

- Rápida instalación con el sistema plug & play
- Visualización gráfica de los valores de medición actuales en Sunny Portal y la interfaz web local

Flexible

- Formato de carcasa compacta que ahorra espacio en el montaje sobre carril DIN en la red de distribución de la casa
- Uso flexible en aplicaciones de > 63 A mediante transformadores de corriente externos

- Modo de uso universal, independiente de los contadores de energía existentes

Potente

- Registro trifásico rápido y bidireccional de los valores de medición para gestionar la energía de manera eficaz*
- Perfecta coordinación con los equipos de SMA para una actividad de regulación estable

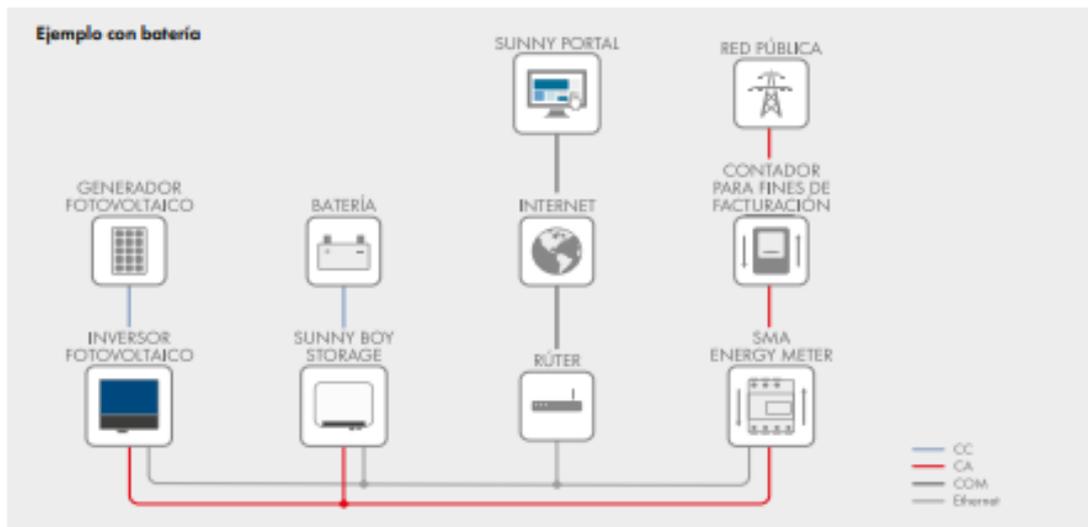
SMA ENERGY METER

Registro universal de los valores de medición para una gestión inteligente de la energía

Esta potente solución de medición garantiza una gestión inteligente de la energía en plantas fotovoltaicas con equipos de SMA. El SMA Energy Meter determina los valores de medición eléctricos de forma precisa para cada conductor de fase y en forma de valores soldados, y los comunica a través de ethernet en la red local. Esto permite transmitir todos los datos de inyección a red y consumo de red, e incluso los relativos a la generación de energía fotovoltaica de otros inversores fotovoltaicos, con una precisión y frecuencia elevadas a los sistemas de SMA.

La combinación con el SMA Energy Meter supone en todos los casos una configuración de sistema perfectamente coordinada, la cual garantiza un mejor rendimiento y estabilidad para un ahorro de costes máximo y la optimización del autoconsumo.

* También se puede utilizar en sistemas monofásicos.



Datos técnicos	SMA Energy Meter
Comunicación	
Conexión con el rúter local	A través de cable ethernet (10/100 Mbit/s, conector RJ45)
Entradas (tensión y corriente)	
Tensión nominal	230 V/400 V
Frecuencia	50 Hz/±5 %
Corriente nominal/límite por cada conductor de fase	5 A/63 A (>63 A combinado con transformadores de corriente externos)
Corriente de arranque	<25 mA
Sección de conexión	De 10 mm ² a 16 mm ² ¹⁾ (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 +60 °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)	IP2X
Valor máximo permitido para la humedad relativa del aire (sin condensación)	De 5 % a 90 % ²⁾
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 del carril 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	2 leds
Autoconsumo	<3 W
Exactitud de medición, ciclo de medición	1 %, 1000 ms
Equipamiento	
Garantía	2 años
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	www.SMA-Solar.com
Actualizado: enero de 2019	
1) sección de 1,5 mm ² a 25 mm ²	
2) 95 % solo enmendado hasta 30 años al año	
Modelo comercial	EMETER-20

SMA DATA MANAGER M LITE / SMA DATA MANAGER M



Sencillo y rápido

- Integración de equipos sencilla
- Puesta en marcha centralizada de todos los componentes integrados

Flexible y con visión de futuro

- Ampliación flexible en todo momento
- Acceso al mercado energético del futuro a partir de ennexOS

Funcional

- Cumplimiento de los requisitos internacionales de integración de redes
- Combinación de sistemas de baterías, equipos generadores y movilidad eléctrica

Fiable y cómodo

- Posibilidad de monitorización remota y parametrización
- Análisis detallados, mensajes de error e informes a través del Sunny Portal

SMA DATA MANAGER M LITE / SMA DATA MANAGER M

Un sistema. Múltiples posibilidades. Para adaptarse a las necesidades individuales.

En combinación con el Sunny Portal powered by ennexOS, el Data Manager M se encarga de la supervisión, el control y la regulación de la potencia apta para la red en plantas fotovoltaicas descentralizadas. Gracias a las posibilidades de ampliación flexibles que presenta, el Data Manager M ya está equipado para encajar en los modelos comerciales del mercado energético del futuro. Ya sea como variante económica Lite para plantas más pequeñas con hasta 5 equipos y 30 kVA o como solución ampliada para hasta 50 equipos y 2,5 MVA de potencia instalada del inversor en modo de regulación o 7,5 MVA en modo de control o para la pura supervisión - el Data Manager es la interfaz profesional de sistemas para empresas suministradoras de energía, comercializadores directos, técnicos de servicio y operadores de planta.

Las interfaces de usuario personalizadas y las funciones de asistencia intuitivas simplifican su manejo, parametrización y puesta en marcha. Ambas variantes son ampliables por módulos para incorporar muchas otras funciones e interfaces.

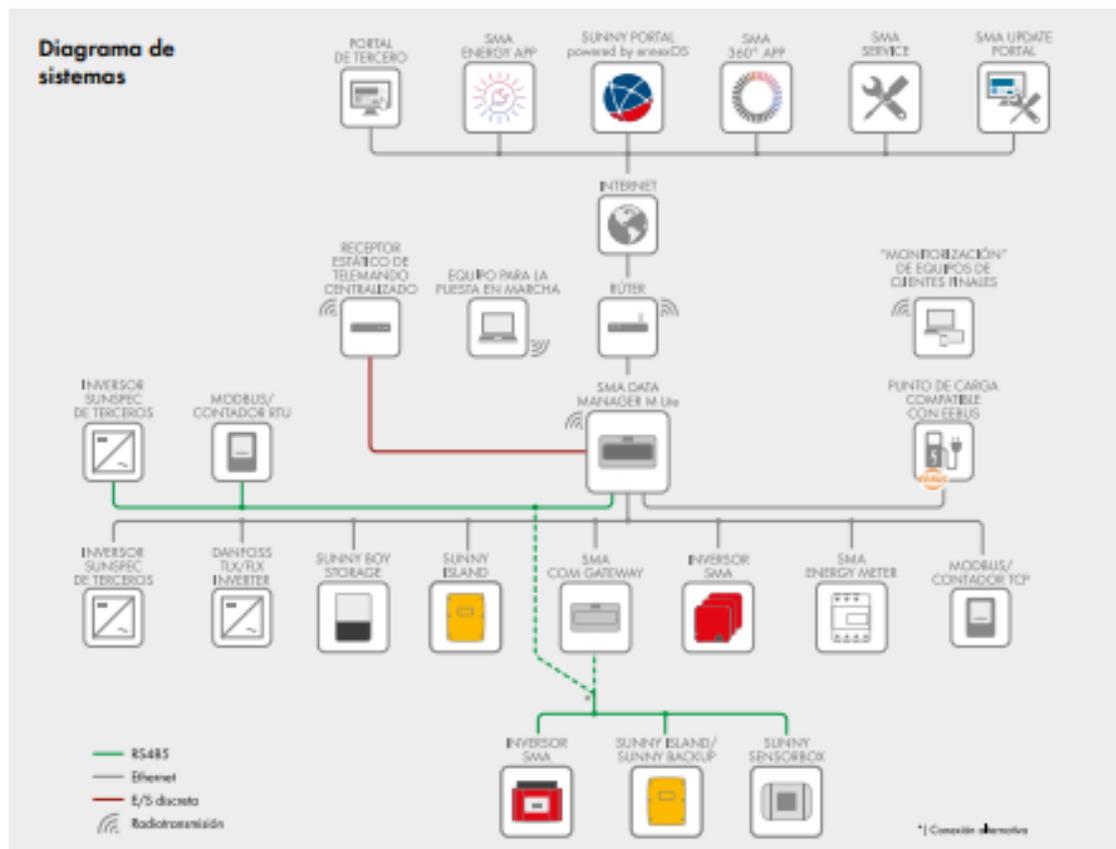
SMA DATA MANAGER M Lite

Monitoree y controle fácilmente aplicaciones fotovoltaicas, sistemas de baterías y movilidad eléctrica.

El Data Manager M Lite monitoriza, controla y regula hasta cinco equipos en una única aplicación con un máximo de 30 kVA cumpliendo todos los requisitos actuales de los operadores de red para regular la potencia activa y reactiva. Basándonos en las necesidades de nuestros clientes, desarrollamos continuamente posibilidades personalizadas de ampliación de software. Las actualizaciones automáticas de firmware hacen que el equipo cumpla en todo momento con las normas de seguridad y funcionamiento más actuales.

Resumen de las ventajas:

- La parametrización a distancia ahorra tiempo y dinero
- Informes de eventos e informativos para un rápido análisis de errores
- Monitorización automática de los componentes fotovoltaicos mediante SMA Smart Connected
- Numerosas opciones para el control y la regulación de la potencia activa y reactiva, como Zero Feed In o Q(U)
- Compatible con la aplicación 360* (para instaladores) y la aplicación Energy (para clientes finales)
- Ampliación para EEBUS, compatible con movilidad eléctrica (p. ej., con el sistema de carga connect para Audi e-tron)
- Obtención del coeficiente de rendimiento basado en satélite para 24 meses



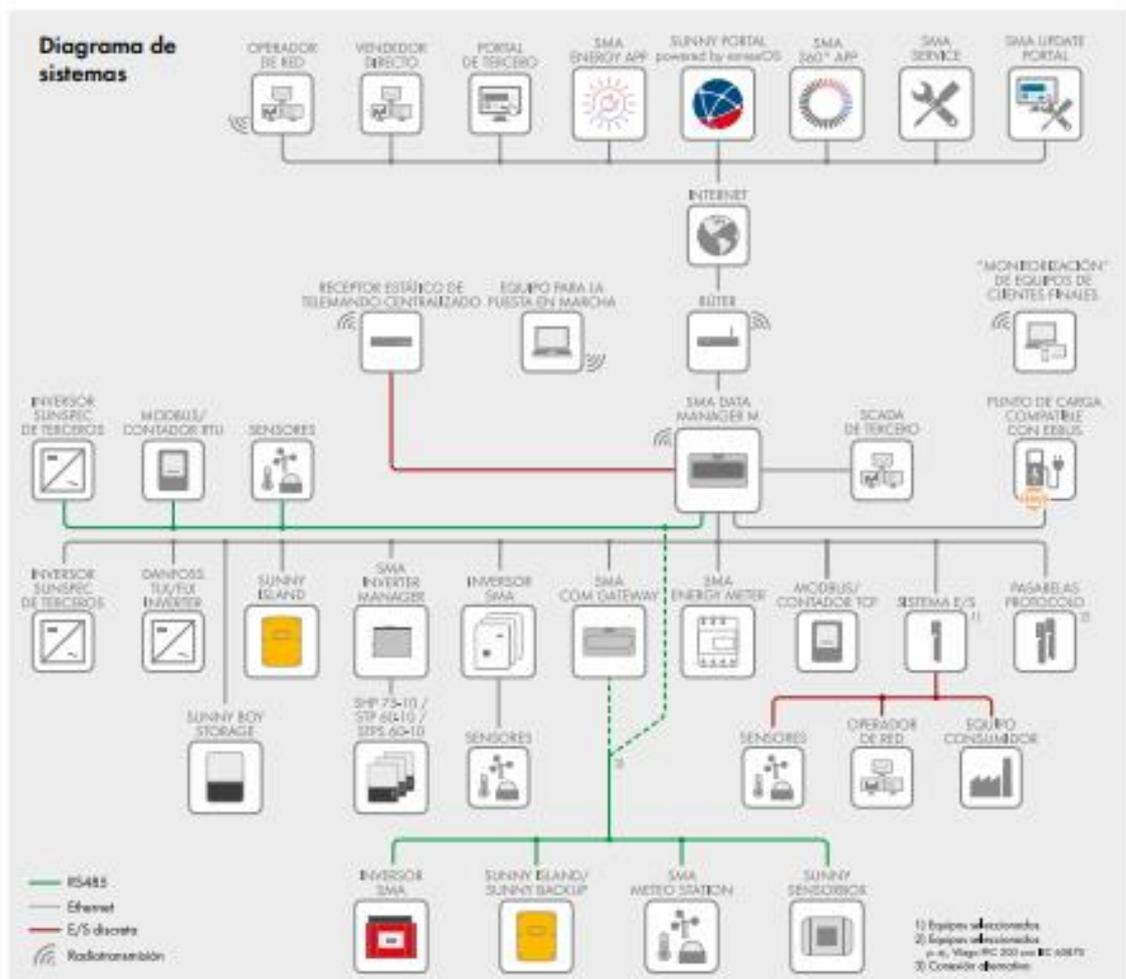
SMA DATA MANAGER M

Control y monitorización profesional de sistemas energéticos descentralizados hasta el rango de los megavatios.

El Data Manager M es la solución de monitorización y control para plantas descentralizadas de gran tamaño con hasta 50 equipos y una potencia de inversor instalada de 2,5 MVA en modo de regulación o 7,5 MVA en modo de control o monitorización pura. Gracias a las interfaces RS485 y Ethernet, así como a los sistemas de entrada y salida analógicos y digitales, los usuarios disponen de muy diversas posibilidades de conexión. El Data Manager M es la interfaz profesional de sistemas para empresas suministradoras de energía, comercializadores directos, técnicos de servicio y operadores de planta.

Resumen de las ventajas:

- Gestión centralizada para plantas fotovoltaicas de gran tamaño descentralizadas gracias a datos obtenidos por satélite; posibilidad de solución clúster con varias Data Manager (aplicación maestro-esclavo)
- La parametrización a distancia ahorra tiempo y dinero
- Posibilidades flexibles de integración para sistemas de almacenamiento
- Comercialización directa con SMA SPOT
- Monitorización automática de los componentes fotovoltaicos mediante SMA Smart Connected





La tecnología de carga inteligente de SMA hace posible una movilidad eléctrica ecológica y económica: el Data Manager M Lite procura que el vehículo eléctrico se cargue preferentemente cuando la planta fotovoltaica genera suficiente energía fotovoltaica o la corriente de la red es realmente económica.

Si se combina con un punto de carga compatible con EEBUS, el SMA Data Manager M Lite planifica el proceso de carga de los vehículos eléctricos de forma automática y adaptándolo al máximo a las necesidades individuales de los usuarios. Con la aplicación Energy y el Sunny Portal para la monitorización de plantas tendrá siempre la energía de su hogar bajo control y detectará nuevas posibilidades de ahorro energético.

Datos técnicos	SMA DATA MANAGER M Lite	SMA DATA MANAGER M
Datos maestros		
Número de equipos compatibles en total, de los cuales:	5	50
Número máximo de inversores fotovoltaicos compatibles	5	50
Número máximo de inversores fotovoltaicos compatibles a través del Modbus Sunspec (p.ej. SMA CORE2)	5	20
Número máximo de inversores de batería compatibles	1	50
Número máximo de contadores de energía compatibles (electricidad y gas), generadores de contadores de energía, sistemas de E/S, sensores	5	50
Potencia nominal de la planta máxima de los inversores fotovoltaicos (potencia nominal de CA)	30 kVA	2,5 MVA (Modo de regulación) 7,5 MVA (Modo de control o para monitorización)
Potencia nominal de la planta máxima de los inversores de batería (potencia nominal de CA)		
Registro de datos automático para generadores virtuales de contadores de energía (inversor fotovoltaico, planta de cogeneración, contador de gas, generador diésel, central hidroeléctrica)	●	●
Conexiones		
Suministro de tensión	Conexión de 2 polos, MINI COMBICON	
RS485	Conexión de 6 polos, MINI COMBICON	
Red (LAN)	2 x RJ45, conmutados, 10BASE-T/100BASE-T	
USB (para actualizaciones de producto)	1 x USB 2.0, tipo A	
Punto de acceso WLAN para la puesta en marcha y el acceso a la interfaz de usuario	▲	
Suministro de tensión		
Suministro de tensión	Fuente de alimentación externa (disponible como accesorio)	
Tensión de entrada	De 10 V a 30 V CC	
Consumo de potencia	Tipo 4 W	
Condiciones ambientales durante el funcionamiento		
Entorno	Clase 3K7 limitada según IEC60721-3-3	
Temperatura ambiente	De -20 °C a +60 °C	
Rango permitido para la humedad relativa del aire (sin condensación)	Del 5 % al 95 %	
Altitud de funcionamiento máxima sobre el nivel del mar	De 0 m a 3000 m (±70 kPa)	
Tipo de protección según IEC 60529	IP20 (NEMA 1)	
Datos generales		
Dimensiones (ancho/altura/fondo)	161,1 mm/89,7 mm/67,2 mm	
Peso	220 g	
Lugar de montaje	Interiores	
Tipo de montaje	Montaje en carril DIN/montaje mural	
Indicación de estado	LED para estado del sistema y de la comunicación	
Equipamiento		
Garantía	2 años	
Certificados y autorizaciones (otras a petición)	www.SMA-Solar.com	
Accesorios (opcional)		
Fuente de alimentación para carril DIN	Entrada: 100 V a 240 V CA/45 Hz a 65 Hz; salida: 24 V	
Fuente de alimentación enchufable	●	
Sistema de E/S de Moxa Europe GmbH	iologik E1214 [6DI/6 salidas de relé], con el número de pedido de SMA: 124179-00.01 iologik E1241 [4AO], con el número de pedido de SMA: eIO-E1241 iologik E1242 [4AI/4DI/4DIO], con el número de pedido de SMA: eIO-E1242 iologik E1260 [6 PT-100], con el número de pedido de SMA: eIO-E1260	
Sistema de E/S de WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG	WAGO I/O-SYSTEM 750 [8DI, 8DO, 4AI, 4AO, 2 PT-100], con el número de pedido de SMA: 115214-00.01	
Comunicación/protocolos		
FTP/SSH (cada día/cada hora)	● / -	● / ●
Acceso a través de WLAN a la red del cliente	-	-
SMA Data2+/SMA Data	● / ●	● / ●
Etherlynx para Danloss para TUX y FLX		●
Cliente: Modbus/RTU, Modbus/TCP (también Sunspec)		●
Servidor: Modbus/TCP		●

Datos técnicos	SMA DATA MANAGER M Lite	SMA DATA MANAGER M
Puesta en marcha		
Asistente para la puesta en marcha local de equipos conectados		●
Asistente para la parametrización de productos de SMA conectados vía Speedwire		●
Parametrización remota de equipos de SMA con el Sunny Portal		●
Actualizaciones		
Autoactualización y equipos Speedwire conectados por USB		●
Autoactualización y equipos Speedwire conectados a través del SMA Update Portal		●
Gestión de red		
Regulación y control de otros SMA Data Manager (maestro/esclavo)	–	●
Configuración libre de un contador de la conexión a la red (medición del punto de conexión a la red)	●	●
Comercialización directa a través de SMA SPOT (Alemania)	–	●
Numerosas opciones para el control y la regulación de la potencia activa y reactiva		●
Especificaciones manuales o transmitidas a través de Modbus		●
Especificaciones a través de entradas digitales y analógicas	vía sistemas de E/S externos	
Control y regulación de la potencia activa (entradas digitales)		●
Regulación de la potencia activa (PF)	en el inversor de SMA	
Control y regulación de la potencia reactiva (Q(U))		●
Parada rápida mediante la entrada digital		●
Parametrización		
Parametrización remota de productos de SMA conectados a través del Sunny Portal		●
Ajuste de parámetros entre equipos de SMA conectados vía Speedwire (en local y remoto)		●
Gestión de la energía		
Regulación del autoconsumo con sistemas de baterías (en combinación con S852.5, S853.7-6.0, Sunny Island)	●	●
Regulación del autoconsumo con sistemas de baterías (en combinación con STPS60-10)	–	●
Bloqueo de carga máxima (Peak Load Shaving) (en combinación con S853.7-6.0)	●	●
Bloqueo de carga máxima (Peak Load Shaving) (en combinación con STPS60-10)	–	●
Optimización de sistemas de baterías con tarifa de corriente por tiempo de uso (en combinación con S853.7-6.0)	●	●
Optimización de sistemas de baterías con tarifa de corriente por tiempo de uso (en combinación con STPS60-10)	–	●
EEBUS, compatible con movilidad eléctrica (p. ej., con el sistema de carga connect para Audi e-tron)	○	○
Comutación a partir de valores límite de las salidas digitales (se necesita hardware adicional)	●	●
Monitorización de plantas y equipos		
Amplia visualización de valores energéticos y de potencia, estados y eventos		●
Sunny Portal powered by ennexOS en combinación con el SMA Data Manager M		
Parametrización		
Parametrización remota de Data Manager y equipos adecuados conectados		●
Monitorización de plantas y equipos, análisis		
Amplia visualización de valores energéticos y de potencia, estados y eventos		●
Monitorización de energía de múltiples plantas en una cuenta de usuario		●
Visualización del balance energético (diversos equipos generadores, consumo de la red e inyección a red)		●
Registro de datos manual para generadores virtuales de contadores de energía (inversor fotovoltaico, planta de cogeneración, contador de gas, generador diésel, central hidroeléctrica)		●
Evaluación del valor medido de todos los canales de datos de equipos y plantas		●
Comparación de inversiones automática con aviso		●
Datos meteorológicos basados en satélite para la valoración del rendimiento (para países seleccionados)	durante los primeros 24 meses	●
Generación de informes		
Aviso en caso de errores de comunicación entre el portal y la planta		●
Informes preconfigurados por email		●
Servicio técnico		
SMA Smart Connected		●
Asistencia remota mediante el servicio técnico de SMA		●
Comercialización directa a través de SMA SPOT (Alemania)	–	●
Uso de la aplicación SMA 360*		●
Uso de la aplicación Energy (a partir del 31/2020)		●
API de monitorización de SMA		○
Modelo comercial	EDMM-10.A	EDMM-10

● Equipamiento de serie ○ Opcional – No disponible ▲ Según la disponibilidad Actualizado: 1/2022

SOLARSTEM

SISTEMAS PARA CUBIERTAS PLANAS

AF·FLAT AF·FLAT2



- Sistemas para cubiertas planas que admiten sobrecarga para lastres o terreno.
- Con los módulos colocados en vertical se utiliza el sistema **AF-FLAT** con perfiles portantes.
- Con los módulos colocados en horizontal se puede utilizar el **AF-FLAT2** sin perfiles portantes.





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de la instalación	17
Tabla 2: Resumen económico general	34
Tabla 3: Consumo eléctrico y gasto anual.....	110
Tabla 4: Datos PVGIS	113
Tabla 5: Resultados PVGIS.....	113
Tabla 6: Resultados 2 PVGIS.....	114
Tabla 7: Resultados PVSyst.....	115
Tabla 8: Uso de la energía y necesidades.....	116
Tabla 9: Simulación Horaria	117
Tabla 10: Pérdidas del sistema.....	118
Tabla 11: Pérdidas del inversor	118
Tabla 12: Resultados Strings	126
Tabla 13: Fórmulas cálculos eléctricos.....	127
Tabla 14: Strings	128
Tabla 15: Intensidad máxima según ITC-BT-06	129
Tabla 16: Conexiones String-Inversor 1.....	130
Tabla 17: Conexiones String-INversor 2	130
Tabla 18: Datos inversor.....	131
Tabla 19: Resultados Inversor-Caja de protección.....	132
Tabla 20: Conexión Inversor-Caja de protección	132
Tabla 21: Comprobación elección protecciones	133
Tabla 22: Comprobación elección protecciones 2	134
Tabla 23: Resultados precios temporadas 21-22	144
Tabla 24: Resumen estudio económico.....	146
Tabla 25: Evolución de precios.....	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Emplazamiento.....	12
Figura 2: Tarifa eléctrica.....	13
Figura 3: Esquema instalación fotovoltaica	16
Figura 4: Tipos de paneles solares	20
Figura 5: Ficha técnica panel fotovoltaico escogido	21
Figura 6: Ficha técnica 2 panel fotovoltaico escogido	22
Figura 7: Estructura escogida	23
Figura 8: Ficha técnica inversor escogido.....	26
Figura 9: Ficha técnica 2 inversor escogido.....	27
Figura 10: Contador inteligente SMA.....	30
Figura 11: Sistema de control y monitorización SMA	33
Figura 12: Diagrama climatología.....	107
Figura 13: Diagrama 2 climatología.....	107
Figura 14: Tabla de datos climatológicos	108
Figura 15: Tabla de horas solares diarias	108
Figura 16: Trayectorias solares.....	109
Figura 17: Datos PVSyst.....	114
Figura 18: Resultados PVSyst	115
Figura 19: Producción mes a mes.....	116
Figura 20: Diagrama de pérdidas	119
Figura 21: Comparación Producción-Pérdidas	120
Figura 22: Energía diaria del sistema	120
Figura 23: Estudio de sombras	122
Figura 24: Simulación 3D pérdidas por sombras.....	123
Figura 25: Mapa de vientos España	135
Figura 26: Estructura escogida	137
Figura 27: Detalles brida de fijación.....	138
Figura 28: Detalles bridas de fijación placas	138
Figura 29: Esquema de cargas transmitidas.....	139
Figura 30: Conexión lineal entre portantes.....	140
Figura 31: Detalle perfil estructural	143
Figura 32: Cálculo de TIR	145
Figura 33: Cálculo de VAN	145



REFERENCIAS

[1]

[Página web comunidad de Madrid] Recuperado el 28/04/2023 de:
https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/novedades_y_aspectos_mas_relevantes_de_la_nueva_normativa_de_autoconsumo.pdf

[2]

[Página web energías renovables] Recuperado el 28/04/2023 de:
<https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>

[3]

[Página web IDE - Gestión de Expedientes Iberdrola]. Recuperado el 28/04/2023 de:
<https://www.i-de.es/gestiones-online-soporte/accesos-gestiones-online/instaladores-promotores-ingenierias>

[4]

[Página web Trina Solar] Recuperado el 28/04/2023 de:
<https://www.trinasolar.com/es/product/VERTEX-DE19R>

[5]

[Página web Solarstem] Recuperado el 28/04/2023 de:
<https://solarstem.com/sistemas-de-montaje/estructura-fotovoltaica-huertas-solares/>

[6]

[Página web información SotySolar] Recuperado el 28/04/2023 de:
<https://sotysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos>

[7]

[Página web SMA] Recuperado el 28/04/2023 de:
<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-tripower-core1>

[8]

[Página web SMA] Recuperado el 28/04/2023 de:
<https://www.sma.de/en/products/monitoring-control/sma-energy-meter>

[9]

[Página Web CLIMATE-DATA.ORG] Recuperado el 28/04/2023 de:
<https://es.climate-data.org/europe/espana/castilla-y-leon/alcazaren-99697/>



[10]

[Página Web Economía] Recuperado el 28/04/2023 de:

<https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

[11]

[Página Web Economía] Recuperado el 28/04/2023 de:

<https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

Consultas complementarias:

Fraile Mora. "CIRCUITOS ELÉCTRICOS" Editorial Ibergarceta Publicaciones S.L