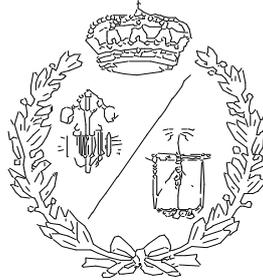


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Máster

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA
SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA
RED. (Design and Installation of a
photovoltaic solar plant connected to the
grid)**

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERIA INDUSTRIAL**

Autor: Alberto Martín Fuentes

Julio-2022

TÍTULO	Diseño e instalación de una planta solar fotovoltaica conectada a la red.		
AUTOR	Alberto Martín Fuentes		
DIRECTOR / PONENTE	Delfín Silio Salcines		
TITULACIÓN	<i>Máster universitario en Ingeniería Industrial</i>	FECHA	13/07/2022

PALABRAS CLAVE

Fotovoltaica, renovable, energía, planta solar, PVSYST, módulo fotovoltaico, inversor, irradiación,

KEY WORDS

Photovoltaic, renewable, energy, solar plant, PVSYST, photovoltaic module, inverter, irradiation,

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las energías renovables son la apuesta del futuro. La razón fundamental es su menor impacto ambiental respecto a las energías no renovables utilizadas tradicionalmente. Por otro lado, se trata de un recurso natural inagotable. Por tanto, una manera idónea de llevar a cabo esta transición energética es la concienciación del uso de estas energías limpias, como la solar fotovoltaica.

De ahí surge la realización de este proyecto para la instalación de una planta solar fotovoltaica conectada a la red que produzca energía eléctrica para su posterior comercialización.

PROBLEM STATEMENT

Renewable energies are the bet of the future. The fundamental reason is its lower environmental impact compared to non-renewable energies traditionally used. On the other hand, it is an inexhaustible natural resource. Therefore, an ideal way to carry out this energy transition is to raise awareness of the use of these clean energies, such as photovoltaic solar energy.

Hence the realization of this project for the installation of a photovoltaic solar plant connected to the network that produces electrical energy for its subsequent commercialization.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es apostar por las energías limpias a través del diseño e instalación de una planta solar fotovoltaica fija sobre suelo, con una potencia nominal instalada de 1,39 MW (1.393.920 Wp) y conectada a la red de distribución eléctrica.

El presente proyecto abarca desde la captación de energía solar a través de los módulos fotovoltaicos hasta la conexión a la red de la electricidad producida tras el centro de transformación.

PROJECT DESCRIPTION

The purpose of the project is to bet on clean energy through the design and installation of a fixed photovoltaic solar plant on the ground, with a nominal installed power of 1.39 MW (1,393,920 Wp) and connected to the electricity distribution network.

This project ranges from capturing solar energy through photovoltaic modules to connecting the electricity produced after the transformation center to the grid.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

Tras los diferentes cálculos de producción realizados y el análisis económico realizado se llega a la conclusión que la inversión realizada para la instalación de la planta solar fotovoltaica se trata rentabilidad interesante tanto desde el punto de vista social como económico.

El presupuesto de ejecución de material para contrato (PEC) será de 1.453.074,26 €.

CONCLUSIONS/BUDGET

After the different calculations of production and the economic analysis carried out, it is concluded that the investment made for the installation of the photovoltaic solar plant is an interesting return from both a social and economic point of view.

The material execution budget for the contract will be 1.453.074,26 €.

ÍNDICE

DOCUMENTO I: MEMORIA DESCRIPTIVA Y ANEXOS

DOCUMENTO II: PLANOS

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO IV: MEDICIONES Y PRESUPUESTO

ÍNDICE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Evolución histórica generación eléctrica España [Fuente Wikipedia]</i>	12
<i>Ilustración 2 Evolución potencia instalada solar fotovoltaica España 2010-2019 [Fuente Real Eléctrica Española]</i>	13
<i>Ilustración 3 Evolución potencia instalada solar fotovoltaica España 2018-2022 [Fuente Real Eléctrica Española]</i>	14
<i>Ilustración 4 Ubicación planta solar fotovoltaica [Fuente Google Maps]</i>	16
<i>Ilustración 5 Mapa irradiación anual Cantabria [Fuente Herramienta PVGYS]</i>	17
<i>Ilustración 6 Mapa líneas eléctricas Norte España [Real Eléctrica Española]</i>	18
<i>Ilustración 7 Leyenda Mapa líneas eléctricas España</i>	18
<i>Ilustración 8 Distancia autopista-planta solar [Fuente Google Maps]</i>	19
<i>Ilustración 9 Diagrama ilustrando efecto fotoeléctrico [Fuente Wikipedia]</i>	21
<i>Ilustración 10 Diagrama efecto fotovoltaico [Fuente Wikipedia]</i>	22
<i>Ilustración 11 Esquema simplificado planta [Fuente Elaboración propia]</i>	27
<i>Ilustración 12 Colocación paneles String [Fuente PVSYST]</i>	30
<i>Ilustración 13 Forma estructura soporte módulos [Fuente fabricante Norland]</i>	32
<i>Ilustración 14 Perfil estructura metálica [Fuente Elaboración propia]</i>	32
<i>Ilustración 15 Esquema resumen estación de potencia [Fuente Ficha técnica fabricante Power Electronics]</i>	34
<i>Ilustración 16 Dibujo estación de potencia [Fuente ficha técnica fabricante Power Electronics]</i>	35
<i>Ilustración 17 Esquema cálculo separación paneles [Fuente calculadora Monsolar]</i> ..	65
<i>Ilustración 18 Resultados cálculo separación paneles [Fuente calculadora Moonsolar]</i>	65

ÍNDICE TABLAS

<i>Tabla 1 Resumen opciones paneles-inversor [Fuente Elaboración propia]</i>	24
<i>Tabla 2 Precio paneles e inversores [Fuente Elaboración propia]</i>	25
<i>Tabla 3 Resumen opciones rendimiento económico [Fuente Elaboración propia]</i>	26
<i>Tabla 4 Características de la planta fotovoltaica [Fuente Elaboración propia]</i>	28
<i>Tabla 5 Características técnicas panel fotovoltaico [Fuente ficha técnica CS3W-440P Canadian Solar]</i>	29
<i>Tabla 6 Características técnicas estructura [Fuente Elaboración propia]</i>	31
<i>Tabla 7 Características StringBox [Fuente ficha técnica Ingecon Sun StringBox]</i>	34
<i>Tabla 8 Características caja protección y desconexión CC [Fuente Elaboración propia]</i>	36
<i>Tabla 9 Características técnicas del inversor [Fuente ficha técnica fabricante Power Electronics]</i>	37
<i>Tabla 10 Características técnicas del transformador [Fuente ficha técnica fabricante Power Electronics]</i>	39
<i>Tabla 11 Características punto de conexión [Fuente Elaboración propia]</i>	42
<i>Tabla 12 Dimensionado cableado tramo 2 [Fuente Elaboración propia en Anexo de cálculos]</i>	44
<i>Tabla 13 Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales [Fuente ITC-BT-21 del REBT]</i>	44
<i>Tabla 14 Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas [Fuente ITC-BT-21 del REBT]</i>	45
<i>Tabla 15 Resumen actuaciones mantenimiento [Fuente Elaboración propia]</i>	53
<i>Tabla 16 Resumen datos análisis económico [Fuente Elaboración propia]</i>	54
<i>Tabla 17 Análisis de flujos para la planta [Fuente Elaboración propia]</i>	56

<i>Tabla 18 Resumen diferentes opciones sistema [Fuente Elaboración propia]</i>	62
<i>Tabla 19 Valores inclinación paneles [Fuente Elaboración propia]</i>	64
<i>Tabla 20 Intensidad máxima admisible para cables con conductores de cobre en instalación enterrada [Fuente ITC-BT-07 del REBT]</i>	82
<i>Tabla 21 Factor de corrección para agrupaciones de cables [Fuente ITC-BT-07 del REBT]</i>	83
<i>Tabla 22 Cálculos caída de tensión tramo 1 [Fuente Elaboración propia]</i>	91
<i>Tabla 23 Cálculos caída de tensión tramo 1 [Fuente Elaboración propia]</i>	95
<i>Tabla 24 Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno [Fuente ITC-BT-18 del REBT]</i>	96
<i>Tabla 25 Tabla intensidad convencional de fusión [Fuente UNE-HD 60634-4-43]</i>	99
<i>Tabla 26 Diámetros exteriores mínimos de Iso tubos en función del número y sección de los conductores [Fuente ITC-BT-21 del REBT]</i>	101
<i>Tabla 27 Diámetros exteriores mínimos para tubos en función del número y sección del conductor enterrados [Fuente ITC-BT-21 del REBT]</i>	101
<i>Tabla 28 Datos del proyecto [Fuente Elaboración propia]</i>	103
<i>Tabla 29 Riesgos replanteo, movimientos de tierras y canalizaciones [Fuente Elaboración propia]</i>	105
<i>Tabla 30 Riesgos cimentaciones [Fuente Elaboración propia]</i>	106
<i>Tabla 31 Riesgos vallado perimetral y estructuras de módulos [Fuente Elaboración propia]</i>	106
<i>Tabla 32 Riesgos módulos, estación de potencia, cableado y conexiones [Fuente Elaboración propia]</i>	107
<i>Tabla 33 Riesgos cableado, alumbrado y servicios auxiliares [Fuente Elaboración propia]</i>	108
<i>Tabla 34 Resumen residuos generados [Fuente Elaboración propia]</i>	123

ÍNDICE TABLAS PVSYST

<i>Tabla PVSYST 1 Valores Albedo [Fuente PVSYST]</i>	57
<i>Tabla PVSYST 2 Condiciones de diseño [Fuente PVSYST]</i>	58
<i>Tabla PVSYST 3 Otras limitaciones [Fuente PVSYST]</i>	58
<i>Tabla PVSYST 4 Preferencias [Fuente PVSYST]</i>	59
<i>Tabla PVSYST 5 Mapa interactivo [Fuente PVSYST]</i>	59
<i>Tabla PVSYST 6 Coordenadas geográficas e importación de datos meteo mensuales [Fuente PVSYST]</i>	60
<i>Tabla PVSYST 7 Meteo mensual PVGIS TMY [Fuente PVSYST]</i>	60
<i>Tabla PVSYST 8 Recorridos solares [Fuente PVSYST]</i>	61
<i>Tabla PVSYST 9 Ángulo plano inclinado fijo [Fuente PVSYST]</i>	62
<i>Tabla PVSYST 10 Definición sistema [Fuente PVSYST]</i>	63
<i>Tabla PVSYST 12 Sombreados paneles [Fuente PVSYST]</i>	63
<i>Tabla PVSYST 13 Definición de sombreados lejanos en las coordenadas [Fuente PVSYST]</i>	66
<i>Tabla PVSYST 14 Sumatorio Consumos Auxiliares [Fuente PVSYST]</i>	66

ÍNDICE ECUACIONES

<i>Ecuación 1 Fórmula cálculo del VAN.....</i>	<i>54</i>
<i>Ecuación 2 Fórmula cálculo del TIR.....</i>	<i>55</i>
<i>Ecuación 3 Fórmula distancia entre paneles.....</i>	<i>64</i>
<i>Ecuación 4 Fórmula coeficiente k.....</i>	<i>64</i>
<i>Ecuación 5 Fórmula altura vertical panel.....</i>	<i>64</i>
<i>Ecuación 6 Fórmula número máximo módulos conectados en serie.....</i>	<i>77</i>
<i>Ecuación 7 Fórmula Tensión circuito abierto en función T.....</i>	<i>77</i>
<i>Ecuación 8 Fórmula Número cadenas máximas inversor.....</i>	<i>78</i>
<i>Ecuación 9 Fórmula Temperatura de la célula.....</i>	<i>78</i>
<i>Ecuación 10 Fórmula Intensidad cortocircuito máxima.....</i>	<i>78</i>
<i>Ecuación 11 Fórmula número cadenas inversor en función Potencia.....</i>	<i>79</i>
<i>Ecuación 12 Fórmula tensión máxima string.....</i>	<i>80</i>
<i>Ecuación 13 Fórmula caída tensión máxima permitida.....</i>	<i>80</i>
<i>Ecuación 14 Fórmula mínima sección cable en CC criterio caída tensión.....</i>	<i>81</i>
<i>Ecuación 15 Fórmula Intensidad máxima con factor de corrección por agrupaciones.....</i>	<i>83</i>
<i>Ecuación 16 Fórmula intensidad máxima admisible.....</i>	<i>83</i>
<i>Ecuación 17 Fórmula sección mínima conducto criterio cortocircuito.....</i>	<i>83</i>
<i>Ecuación 18 Fórmula intensidad máxima Strings en paralelo.....</i>	<i>92</i>
<i>Ecuación 19 Fórmula máxima resistencia de puesta a tierra.....</i>	<i>96</i>
<i>Ecuación 20 Fórmula resistencia de pica enterrada verticalmente.....</i>	<i>97</i>
<i>Ecuación 21 Fórmula resistencia total picas verticales.....</i>	<i>97</i>
<i>Ecuación 22 Fórmula resistencia conductor enterrado horizontalmente.....</i>	<i>97</i>
<i>Ecuación 23 Fórmula Resistencias en paralelo picas y conductor.....</i>	<i>98</i>
<i>Ecuación 24 Fórmula Intensidad asignada protecciones.....</i>	<i>98</i>
<i>Ecuación 25 Fórmula intensidad efectiva y permanente protecciones.....</i>	<i>98</i>
<i>Ecuación 26 Fórmula intensidad convencional de fusión.....</i>	<i>99</i>

DOCUMENTO I: MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA	12
1. Antecedentes	12
2. Objeto del proyecto y alcance	14
3. Localización y servicios	16
4. Normativa aplicable.....	20
5. Descripción del efecto fotoeléctrico.....	21
6. Justificación de las opciones elegidas	22
7. Descripción de los elementos del proyecto.....	27
7.1. Características generales.....	27
7.2. Módulos fotovoltaicos	28
7.3. Estructura metálica soporte	30
7.4. StringBox.....	32
7.5. Estación de potencia.....	34
7.5.1. Caja protección y desconexión CC.....	36
7.5.2. Inversor	36
7.5.3. Skid de MT.....	38
7.5.4. Equipos auxiliares	40
7.6. Punto de conexión a red.....	42
7.7. Cableado.....	42
7.8. Canalizaciones.....	44
7.9. Puestas a tierra.....	45
7.10. Caseta de mantenimiento	45
8. Mantenimiento de la planta	46
8.1. Introducción	46
8.2. Tipos de mantenimiento	46
8.3. Objetivo	47
8.4. Plan predictivo.....	47
8.5. Plan preventivo	49
8.6. Resumen tabla actuaciones.....	52
9. Informe económico.....	54
ANEXO I CÁLCULOS PVSYSY	57
1. Introducción.....	57
2. Configuración del proyecto	57
3. Parámetros sitio geográfico	59

4.	Definición de sistema de red	62
5.	Sombreados lejanos y cercanos paneles	63
6.	Informe simulación PVSYST Opción 1	67
7.	Resumen Opción 2.....	75
8.	Resumen Opción 3.....	75
9.	Resumen Opción 4.....	76
ANEXO II CÁLCULOS ELÉCTRICOS		77
1.	Introducción	77
2.	Dimensionado del sistema fotovoltaico.....	77
3.	Cableado eléctrico.....	79
4.	Instalación puesta a tierra	96
5.	Protecciones sobreintensidades	98
6.	Canalizaciones eléctricas.....	100
ANEXO III Estudio Seguridad y Salud		103
1.	Introducción	103
2.	Objetivo estudio básico de Seguridad y Salud	103
3.	Datos del proyecto.....	103
4.	Descripción de la obra	104
5.	Identificación de riesgos y prevención de los mismos.....	104
6.	Medidas técnicas de prevención.....	108
7.	Otras actividades	119
8.	Duración de los distintos trabajos	119
9.	Coordinador de seguridad y salud.....	119
10.	Presupuesto de seguridad y salud	119
11.	Trabajos posteriores a la finalización de las obras	120
12.	Normativa de obligado cumplimiento	120
ANEXO IV Gestión de residuos		122
1.	Introducción.....	122
2.	Descripción de los residuos generados	123
3.	Medidas prevención de residuos	124
4.	Operaciones con los residuos	124
5.	Planos para colocación de residuos.....	125
6.	Prescripciones y presupuesto de la gestión de residuos	125
ANEXO V FICHAS TÉCNICAS ELEMENTOS		126
1.	Módulo fotovoltaico	127
2.	Estructura soporte	129

3. StringBox	130
4. Estación de potencia.....	132
5. Cableado.....	143

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Antecedentes

La energía es uno de los elementos estratégicos más importante con los que cada país debe contar y actualmente una gran parte del origen de esta energía proviene de fuentes de energía con combustibles fósiles.

En España la evolución de la demanda eléctrica y por tanto de la generación eléctrica ha ido creciendo continuamente desde 1960, esto se debe a que a medida que la tecnología se ha ido desarrollando y evolucionando se necesita más energía eléctrica.

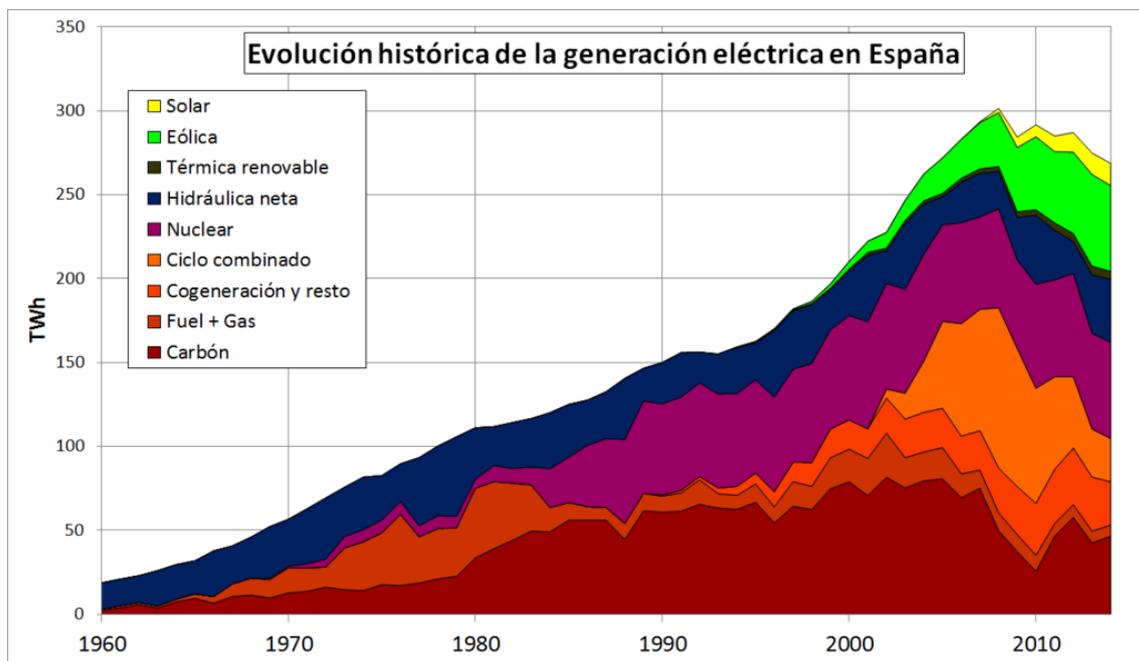


Ilustración 1 Evolución histórica generación eléctrica España [Fuente Wikipedia]

Durante los años 50-60 el suministro de la electricidad en España se consiguió fundamentalmente con generación eléctrica mediante la construcción de presas a lo largo de toda España. Como aporte complementario a dicha generación de la electricidad con la energía hidráulica, se generaba electricidad mediante la generación con carbón en centrales térmicas. En la zona astur-leonesa, la cual es rica en carbón, se impulsó la minería para poder satisfacer las necesidades de dichas centrales.

A medida que pasan los años y España se va desarrollando la demanda de electricidad es cada vez mayor y con la entrada de España en el sistema económico internacional se abren las puertas a la importación del petróleo y el gas-oil.

Sin embargo, en el año 1973 hay una grave crisis de los precios del petróleo que se disparan y por tanto España tiene que decidir hacia dónde poner rumbo. Esta crisis hace ver a los países la necesidad de diversificación de las fuentes de generación eléctrica.

Finalmente, España decide por el carbón y por la incipiente energía nuclear. Se puede observar como en el año 1990 más del 70% de la generación eléctrica es a través del carbón y la energía nuclear.

Con la llegada del nuevo milenio y cada vez con más conciencia del medio ambiente aparecen nuevas tecnologías más limpias, con menos peligro y más eficientes. Estas fuentes de generación eléctrica son el ciclo combinado y cogeneración que llegan a ser un 25% de la producción eléctrica.

Además, también se impulsa desde las administraciones a principios de los años 2000 a las energías renovables, siendo la eólica la más destacada en esta primera fase. Esto se debe a que fue la más desarrollada y eficiente tecnológicamente.

La llegada de estas tecnologías renovables y ciclos combinados hacen que se reduzcan las centrales térmicas de carbón que perjudican gravemente el medio ambiente.

La energía fotovoltaica tiene un gran impulso a partir de 2010 dónde se impulsan diferentes campañas y ayudas que facilitan la instalación de estas plantas, además de evolucionar tecnológicamente siendo cada vez más eficientes. Se espera que, en esta década que acabamos de empezar, crezca de forma muy notable siendo una de las principales, incluso la principal fuente de generación eléctrica. Esto se debe a que tiene poco impacto medioambiental y el coste de utilización es muy bajo ya que el “combustible” es una fuente inagotable como es el sol.

Se prevé que las fuentes renovables sean muy importantes y las principales fuentes de generación eléctrica en España debido a que España tiene una orografía y unas condiciones ambientales muy buenas para la energía solar y eólica.

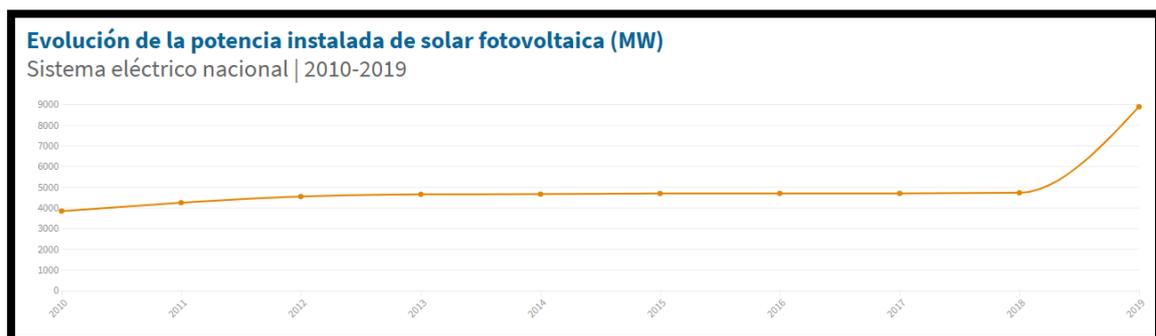


Ilustración 2 Evolución potencia instalada solar fotovoltaica España 2010-2019 [Fuente Real Eléctrica Española]

En los últimos 5 años (2018-2022) la potencia solar fotovoltaica instalada en España casi se ha cuadruplicado pasando de 4.767 MW a finales de 2018 a los actuales 16.175 MW en junio de 2022 y por tanto la capacidad de producir electricidad mediante esta fuente de energía y se estima que la tendencia continúe siendo creciente.

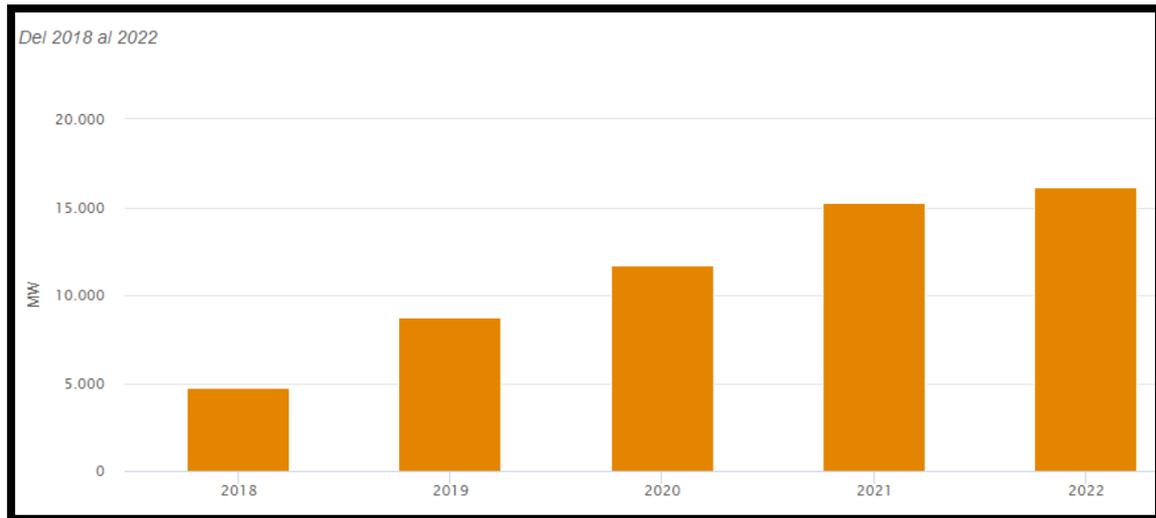


Ilustración 3 Evolución potencia instalada solar fotovoltaica España 2018-2022 [Fuente Real Eléctrica Española]

Este gran impulso a la energía solar fotovoltaica viene ayudado por las diferentes reformas legislativas como la eliminación del denominado “impuesto al sol” o la eliminación de diferentes trabas burocráticas que dificultaban en enorme medida la instalación de dichas instalaciones.

Otro de los elementos clave para dicho aumento sin duda ha sido las múltiples ayudas y subvenciones que se han recibido los últimos años amparados por fondos europeos.

Con la subida de la electricidad casi a diario desde 2020 cuando marcaba 40,4 €/MWh hasta los 195,81 €/MWh de hoy en día en 2022, es decir un aumento de casi 400%, unido a la subida escalofriante del diesel en el primer semestre de 2022 la apuesta por la generación eléctrica mediante la solar fotovoltaica debe ser una obligación para un país como España que cuenta con los mejores valores de irradiación de Europa.

Cabe recordar que España, junto al resto de los países europeos, tiene el objetivo de que en el año 2030 el 32 por ciento de la energía final consumida provenga de renovables.

2. Objeto del proyecto y alcance

El objeto del proyecto es apostar por las energías limpias a través del diseño e instalación de una planta solar fotovoltaica fija sobre suelo, con una potencia nominal instalada de 1,39 MW (1.393.920 Wp) y conectada a la red de distribución eléctrica. Esta potencia viene definida en el artículo 3 del Real Decreto 413/2014 en el que indica que será el valor menor entre la potencia máxima del inversor y el de la suma de las potencias máximas unitarias de cada uno de los módulos fotovoltaicos.

En los documentos de este proyecto se definen los aspectos básicos, técnicos y de diseño de un sistema para la producción y posterior venta de energía eléctrica de origen solar fotovoltaico sobre una estructura fija.

En este tipo de proyectos la vida útil estimada ronda los 30 años, una vez pasado este ciclo se analizará el estado de la instalación y se valorará el poder aumentar su vida útil.

El presente documento abarca desde la captación de energía solar a través de los módulos fotovoltaicos hasta la conexión a la red de la electricidad producida tras el centro de transformación. Esto incluye, los módulos fotovoltaicos, estructura soporte, cajas de agrupamiento, cableado, inversor, protecciones de CC y CA, celdas de MT, etc.

El alcance del presente documento incluye:

- Descripción de la ubicación de la planta y el porqué de dicha localización.
- Justificación de la opción elegida.
- Descripción de todos los elementos que forman la planta, desde los módulos fotovoltaicos hasta el centro de transformación.
- Cuantificación de la energía eléctrica que se espera producir al año.
- Informe de viabilidad económica.
- Planos
- Mediciones y presupuesto.

Como se adjunta en el informe de viabilidad económica, el presente proyecto arroja una inversión atractiva en la zona. Esto se debe al ser una zona perfecta en Cantabria para la instalación de este tipo de plantas para la producción eléctrica, debido a bajos costes de instalación y una irradiación anual adecuada.

Por tanto, gracias a la propia remuneración económica de la energía producida, valorada a precio del mercado eléctrico nacional, constituye una rentabilidad interesante tanto desde el punto de vista social como económico.

3. Localización y servicios

La planta solar fotovoltaica se instalará en el término municipal de Valdeolea (Cantabria) en las siguientes parcelas cerca de la localidad de Mataporquera. Las referencias catastrales de las parcelas son:

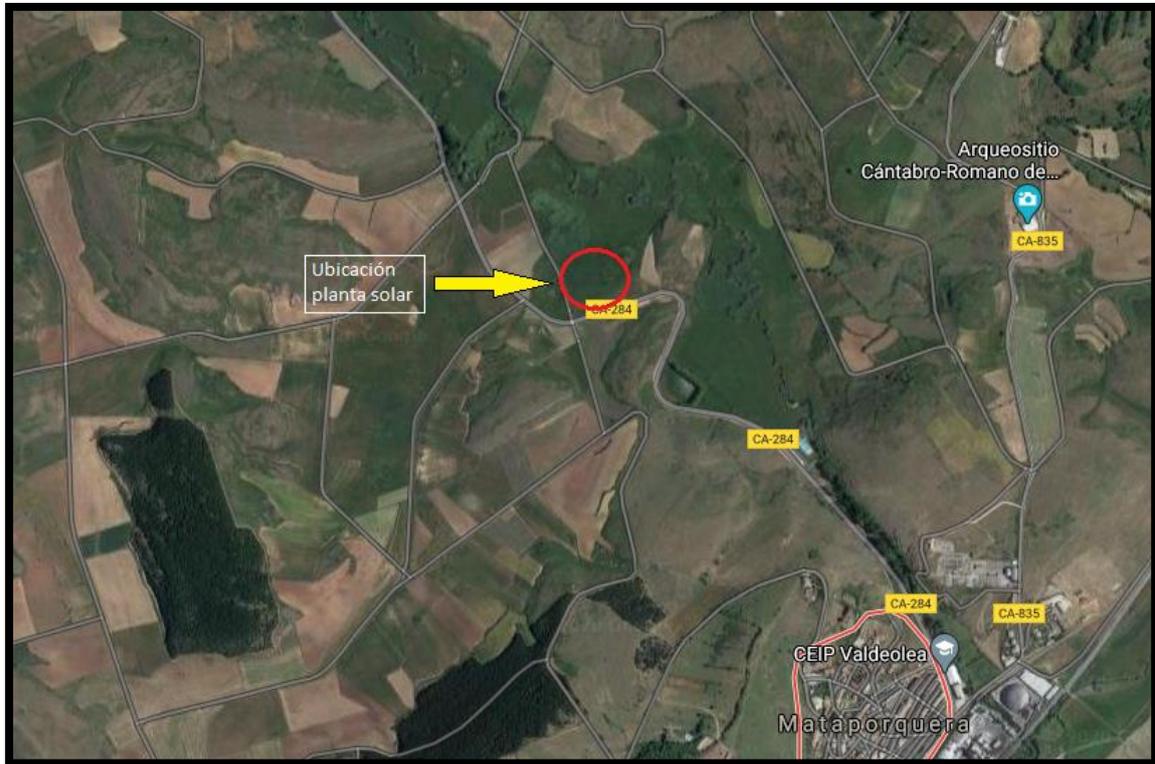


Ilustración 4 Ubicación planta solar fotovoltaica [Fuente Google Maps]

- Polígono 714 Parcela 393 C.P. MATAPORQUERA-BARRIOP RODILLAS. VALDEOLEA (CANTABRIA) 28.816 m²
- Polígono 714 Parcela 394 C.P. MATAPORQUERA-BARRIOP RODILLAS. VALDEOLEA (CANTABRIA) 9.691 m²

Para decidir la localización de la planta solar fotovoltaica se han tenido en cuenta cuatro factores importantes:

1.- Zona con mayor irradiación en Cantabria

Se trata del principal factor a tener en cuenta debido a que el nivel de irradiación a lo largo del año marcará la cantidad de energía que se pueda generar por lo que deberemos maximizar este factor. La cantidad de energía que produzca la planta marcará la rentabilidad de dicha instalación.

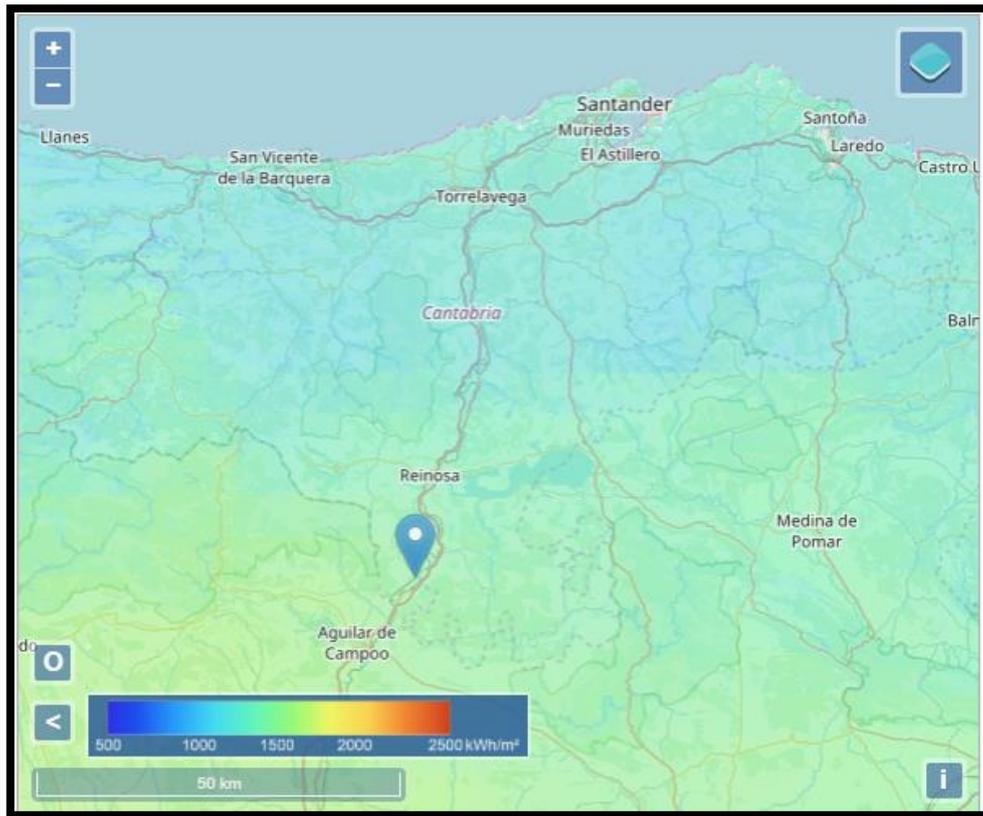


Ilustración 5 Mapa irradiación anual Cantabria [Fuente Herramienta PVGYS]

Como se puede observar gracias a la herramienta PVGYS en el mapa de irradiación en el sur de Cantabria se dan los mayores niveles de irradiación global, lo que indica que la planta solar debe estar ubicada en esa zona.

2.- Cercanía a subestación eléctrica y línea de tensión

Un factor a tener en cuenta, con el objetivo de reducir costes, es la cercanía a una subestación eléctrica y línea de MT de cara a poder evacuar la energía eléctrica producida por la planta solar fotovoltaica de la manera más rápida y económica.

Si se cuenta con dicha línea de tensión cercana se podrá conectar directamente sin necesidad de tener que incluir la construcción de dicha línea con los diferentes problemas que lleva asociados como incremento muy significativo de costes como de plazo de ejecución debido a diferentes problemas de permisos.

Además, si se debe implantar una línea de MT nueva se pueden encontrar problemas medioambientales o de licencias que incluso podrían paralizar la instalación fotovoltaica en esa zona.



Ilustración 6 Mapa líneas eléctricas Norte España [Real Eléctrica Española]

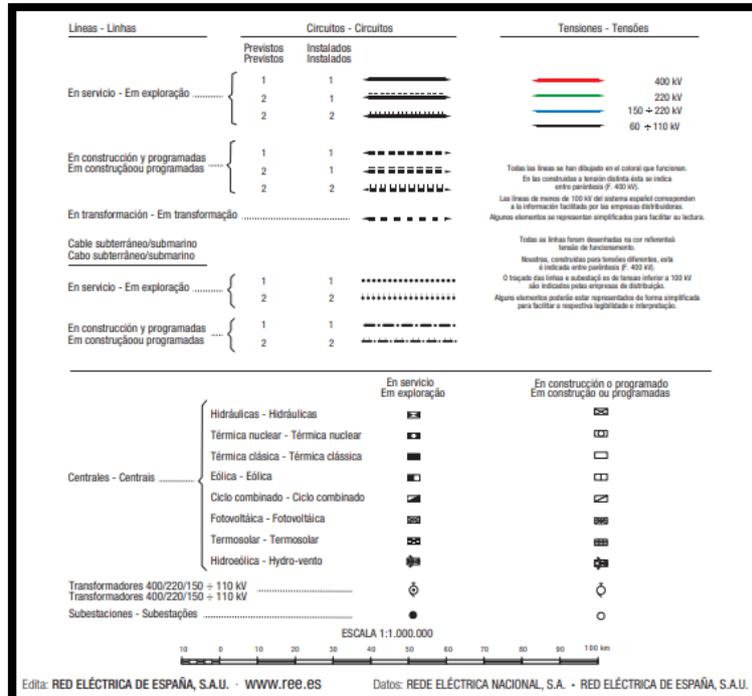


Ilustración 7 Leyenda Mapa líneas eléctricas España

Como podemos observar en el siguiente mapa de la Red Eléctrica de España (REE) muy próxima a nuestro emplazamiento se encuentra la subestación de Mataporquera y

podremos conectarnos a la línea de eléctrica de evacuación que pasa junto a la parcela sin elevados costes económicos ni retrasos en plazos.

3.- Tipo de terreno

La parcela se trata de un terreno rústico que no está aprovechado en la actualidad. Además, es un terreno llano, libre de posibles sombras y con una orientación hacia el sur lo que le hace que tenga las características perfectas para la instalación de la planta.

4.- Facilidad de acceso a las instalaciones

Un último factor a tener en cuenta a la hora de elegir la localización de una planta solar de estas dimensiones es la facilidad de acceso. Esta planta de aproximadamente 1,39 MW necesita más de 3000 paneles solares, cableados, estructuras soportes, cajas de strings, el inversor, etc., y dicho material debe ser trasladado mediante camiones. Por tanto, se necesitan carreteras anchas y que los recorridos no sean demasiado largos.

Con la elección de la localización en la parte norte de Mataporquera conseguimos que el acceso sea mediante la autovía Cantabria-Meseta (A-67) y tras tomar la salida de Mataporquera, se deberá coger la carretera comarcal CA-284 durante 3,1 km.

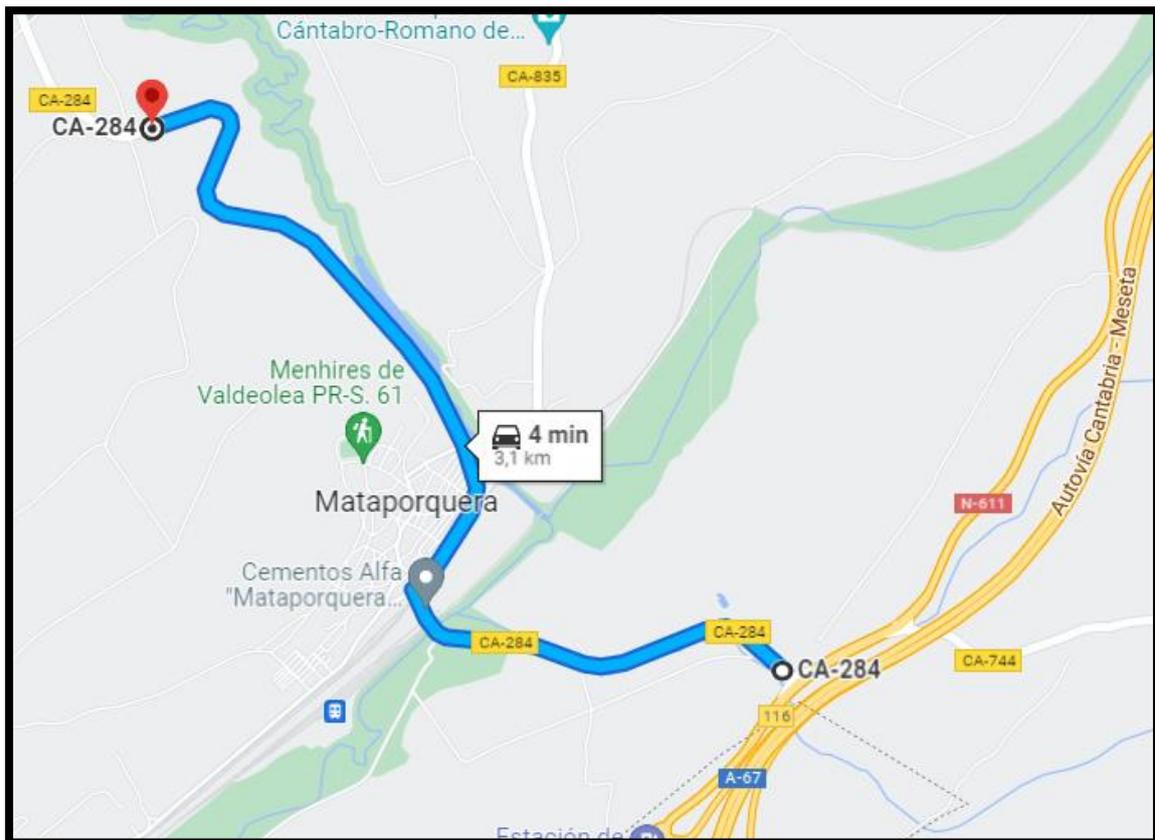


Ilustración 8 Distancia autopista-planta solar [Fuente Google Maps]

4. Normativa aplicable

A la hora de realizar el diseño y la instalación de la planta solar fotovoltaica se aplicarán la siguiente normativa y reglamentos vigentes tanto de obligado cumplimiento como recomendaciones.

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, por el que se regula el Sistema Eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica (B.O.E. de 18 de marzo de 2008).
- Real Decreto 1047/2013 de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Resolución del 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Norma UNE-EN 62466:2011 sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.

-
- Normas UNE de obligado cumplimiento y recomendaciones UNESA.

5. Descripción del efecto fotoeléctrico

El objetivo de una planta solar fotovoltaica es convertir la luz solar en electricidad y para ello se emplea una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico podemos definirlo como la emisión de electrones por un material al incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, principalmente).

Dicho efecto fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887. Sin embargo, la explicación teórica del efecto le corresponde a Albert Einstein con su publicación del artículo *Heurística de la generación y conversión de la luz* en 1905. Por esta demostración recibió el premio Nobel en 1921.

Esto ocurre cuando los fotones (partículas muy pequeñas que componen la luz, sin masa, pero con energía) inciden sobre un electrón del átomo del metal. Si el fotón tiene suficiente energía, dicha energía se la cede al electrón y lo libera de la atracción del átomo, haciendo que el electrón quede libre por el metal o fuera de él. Los electrones y huecos que se generan al iluminar un material se mueven por su interior de forma aleatoria y liberando la energía adquirida del fotón.

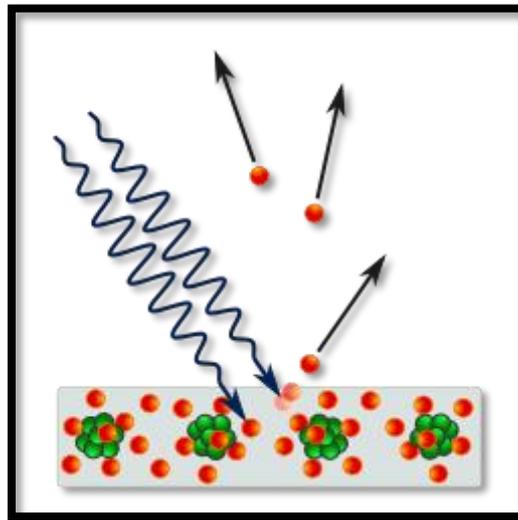


Ilustración 9 Diagrama ilustrando efecto fotoeléctrico [Fuente Wikipedia]

Una de las principales aplicaciones del efecto fotoeléctrico es el efecto fotovoltaico, que es el que se producirá en la planta solar. El efecto fotovoltaico o conversión fotovoltaica, es un proceso del proceso fotoeléctrico en el que se consigue generar corriente eléctrica en un celda o panel solar.

El funcionamiento del efecto fotovoltaico se puede observar en la imagen siguiente:

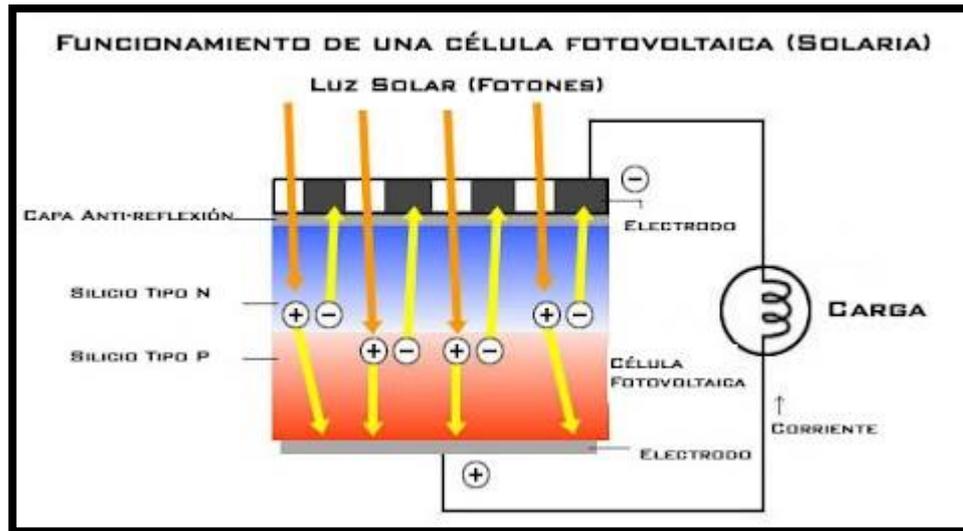


Ilustración 10 Diagrama efecto fotovoltaico [Fuente Wikipedia]

Con la unión de dos elementos semiconductores (en este caso Silicio Tipo N y Silicio Tipo P) se origina una diferencia de potencial. Los fotones ceden la energía de la radiación solar a los electrones de los semiconductores, liberándolos de la red cristalina a la que se encuentran unidos. A continuación, la diferencia de potencial entre los semiconductores provoca un flujo de electrones fotogenerados que originan una diferencia de potencial en la célula. La unión de diferentes células y sus contactos originan una corriente eléctrica.

Una célula fotovoltaica tan solo tiene la capacidad de generar energía eléctrica cuando hay una radiación solar incidente sobre ella, y su generación dependerá de la intensidad de dicha radiación y su longitud de onda. En caso, que no haya radiación no podrá generar energía eléctrica.

6. Justificación de las opciones elegidas

A la hora de diseñar la planta solar, se deben valorar las diferentes opciones que se encuentran en el mercado en cuanto a paneles solares e inversores.

Para ello se describirán las principales características de cada uno y posteriormente se realizará un estudio inicial de cara a elegir la opción más favorable tanto técnica como económicamente.

Los paneles que se utilizarán deberán ser de gran potencia al tratarse de una huerta solar y el objetivo es producir la mayor energía eléctrica posible. A la hora de valorar el tipo de paneles fotovoltaicos que se utilizarán en la planta se debe elegir entre dos tipos (monocristalinos y policristalinos) debido a que los paneles amorfos no son competitivos en este tipo de instalaciones.

- Paneles monocristalinos:
 - Formados por células monocristalinas y fabricados con silicio de muy alta pureza.
 - Color negro y bordes redondeados.
 - Alta eficiencia (puede alcanzar valores del 20%).
 - Larga vida útil (pueden llegar hasta los 50 años de funcionamiento).
 - Alto precio.
 - Buen rendimiento a altas temperaturas.

- Paneles policristalinos:
 - En el proceso de producción el silicio se funde y se introduce en moldes que forman las células. El proceso es parecido que en los paneles monocristalinos pero con menos fases de cristalización.
 - Color azulado.
 - Eficiencia media (puede alcanzar valores del 16%).
 - Larga vida útil (pueden llegar hasta los 50 años de funcionamiento).
 - Bajo precio.
 - Efecto negativo a altas temperaturas.

Otro de los elementos clave en una instalación fotovoltaica es el tipo de inversor. Este dispositivo es el que se encarga de transformar la corriente continua producida en las células solares a corriente alterna que se verá a la red mediante una serie de circuitería electrónica.

La potencia nominal del inversor o suma de inversores seleccionados será la que marque el número de paneles fotovoltaicos necesarios en la planta para conseguir que el inversor trabaje a su máximo rendimiento.

En cuanto a la elección del inversor, y sabiendo que nuestro objetivo es que la planta sea de 1.390 KWp instalados, se debe elegir si instalar un inversor de mayor potencia o por el contrario 3 más pequeños.

Las principales ventajas de la instalación de un solo inversor son un bajo coste y su facilidad de instalación. Además, al disponer de varios módulos diferentes dentro del inversor, en caso de avería en uno de ellos, el resto de los módulos pueden funcionar correctamente evitando unas pérdidas mucho mayores.

En el caso de 3 inversores de menor tamaño, el rendimiento de ellos será un poco mayor respecto a único inversor, y por tanto la producción de energía por la planta también. Sin embargo, tienen un mayor coste de instalación y de mantenimiento.

De cara a elegir la mejor combinación de diseño realizaremos un estudio previo con el programa PVSYST planteando las 4 siguientes opciones en términos generales:

- 1ª opción: 1 inversor FreeSun FS1390 HES + 3.168 paneles policristalinos CS3W-440P.
- 2ª opción: 1 inversor FreeSun FS1390 HES + 3.168 paneles monocristalinos CS3W-440MS.
- 3ª opción: 3 inversores FreeSun FS0460 HES + 3.164 paneles policristalinos CS3W-440P.
- 4ª opción: 3 inversores FreeSun FS0460 HES + 3.164 paneles policristalinos CS3W-440P.

Tras realizar la simulación en el PVSYST, obtenemos los siguientes resultados:

Opción	Paneles	Inversor	Energía producida (MWh/año)
1	3.168 paneles policristalinos CS3W-440P	1 inversor FreeSun FS1390 HES	2.028
2	3.168 paneles monocristalinos CS3W-440MS.	1 inversor FreeSun FS1390 HES	2.039
3	3.164 paneles policristalinos CS3W-440P	3 inversores FreeSun FS0460 HES	2.032
4	3.164 paneles monocristalinos CS3W-440MS.	3 inversores FreeSun FS0460 HES	2.044

Tabla 1 Resumen opciones paneles-inversor [Fuente Elaboración propia]

De cara a poder valorar económicamente el valor de dicha energía eléctrica producida se coge como precio de venta de la energía de 0,07€/kWh.

La cantidad de energía eléctrica producida por la planta no es el único factor a valorar en el estudio de las 4 opciones posibles. Se debe tener en cuenta también el coste de inversión de los diferentes elementos del sistema. En este caso se valorarán los paneles y los inversores que son los elementos diferentes con los que cuentan las 4 opciones. El resto de los elementos de la planta se puede considerar que será prácticamente el mismo precio para todas las opciones y se establecerá con un valor K. Para poder comparar los diferentes valores se calculará las ganancias que se obtendrían en 10 años en función del valor K, que al ser común para todos no influye, y así se podrá saber cuál sería la opción económicamente más viable.

Elemento	Potencia	Precio
Panel policristalino CS3W-440P	440 Wp	108,40 €
Panel monocristalino CS3W-440MS.	440 Wp	112,80 €
Inversor FreeSun FS1390 HES	1.390 kWp	341.200,00 €
Inversor FreeSun FS0460 HES	460 kWp	185.062,50€

Tabla 2 Precio paneles e inversores [Fuente Elaboración propia]

La tabla resumen con todos los datos recabados sería la siguiente:

Opción	Elementos	Potencia instalada	Coste instalación	Producción del sistema anual	Precio venta energía anual	Ganancias aproximadas 10 años	Total 10 años
1	1 inversor FreeSun FS1390 HES	1.393.920 Wp	684.611 € + K	2.028 MWh/año	141.960,00 €	1.419.600 €	734.989 € - K
	3.168 paneles policristalinos CS3W-440P						
2	1 inversor FreeSun FS1390 HES	1.393.920 Wp	698.550 € + K	2.039 MWh/año	142.730,00 €	1.427.300 €	728.750 € - K
	3.168 paneles monocristalinos CS3W-440MS.						
3	3 inversores FreeSun FS0460 HES	1.392.160 Wp	898.165 € + K	2.032 MWh/año	142.240,00 €	1.422.400 €	524.235 € - K
	3.164 paneles policristalinos CS3W-440P						
4	3 inversores FreeSun FS0460 HES	1.392.160 Wp	912.085 € + K	2.044 MWh/año	143.080,00 €	1.430.800 €	518.715 € - K
	3.164 paneles monocristalinos CS3W-440MS.						

Tabla 3 Resumen opciones rendimiento económico [Fuente Elaboración propia]

En ella se puede observar que las mejores soluciones son las 1 y 2 consistentes en paneles solares con un solo inversor de mayor potencia. Entre las opciones 1 y 2 la diferencia es bastante escasa (solo 6.000 € tras 10 años de funcionamiento) debido a que en el precio de los paneles no hay mucha diferencia y que debido a las condiciones climáticas en la zona los paneles monocristalinos no pueden justificar su mayor inversión respecto a los policristalinos.

Debido a esto y sabiendo que los paneles policristalinos trabajan muy bien es las condiciones climáticas que se dan en Mataporquera se elige esta combinación 1 consistente en 3.168 paneles policristalinos CS3W-440P y 1 inversor FreeSun FS1390 HES.

A continuación, se describirá cada uno de los elementos que componen la planta.

7. Descripción de los elementos del proyecto

Una vez elegida la opción más favorable de las estudiadas, en este caso la opción 1 (1 inversor 1390kW + paneles policristalinos), se definirán todos los elementos que forman la planta solar fotovoltaica.

7.1. Características generales

La planta solar fotovoltaica diseñada poseerá una potencia nominal de 1,39MW (1.393.920 Wp). La energía captada por los paneles solares fotovoltaicos será transportada hasta la estación de potencia. En la estación de potencia gracias al inversor se convertirá la corriente continua que se ha producido en los paneles a corriente alterna en baja tensión. Dicha corriente alterna de baja tensión se transformará en media tensión para ser evacuada a la red de distribución mediante una línea de enlace.

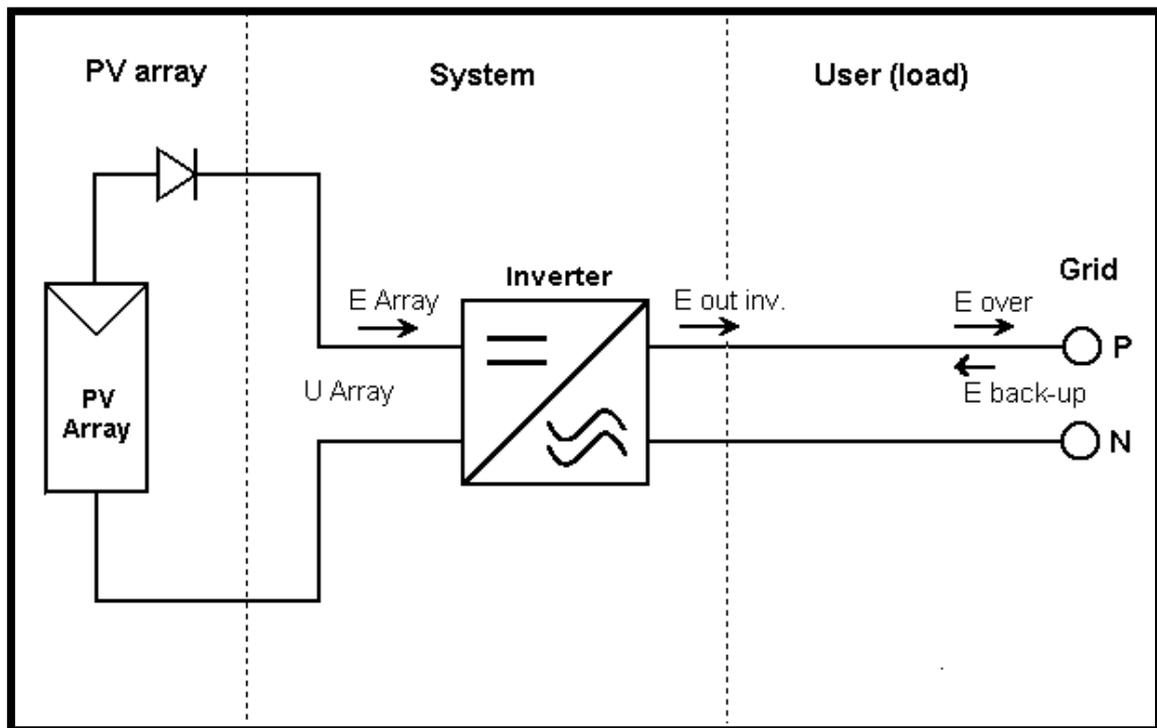


Ilustración 11 Esquema simplificado planta [Fuente Elaboración propia]

El resumen de las características generales de la planta sería el siguiente:

Características de la planta fotovoltaica	
Potencia nominal	1.391,28 kW
Potencia pico	1.391,28 kW

Paneles fotovoltaicos	Canadian Solar HIKU CS3W-440P 1000V SE Si-poly
Número de paneles	3.168
Tipo de estructura	Estructura fija sobre suelo
Inversor	Inversor Freesun FS1390 HES 360V
Transformador de potencia	Dyn 11, 1.250 kVA, aceite

Tabla 4 Características de la planta fotovoltaica [Fuente Elaboración propia]

7.2. Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos son una agrupación de células fotovoltaicas y son el elemento principal de la planta al ser los encargados de transformar la radiación solar en energía eléctrica.

Como se indicó anteriormente para realizar el proyecto se ha decidido elegir el panel fotovoltaico HIKU CS3W-440P 1000V SE Si-poly de la compañía Canadian Solar. Se trata de un panel formado por células policristalinas de silicio.

En la planta se instalarán un total de 3.168 paneles con una potencia pico teórica individual de 440Wp y logrando, por tanto, una potencia pico instalada de la planta de 1.393,920 kWp.

Estos paneles elegidos cuentan con varias ventajas como:

- 24% más de potencia que módulos convencionales.
- Hasta un 4,5% menos de LCOE (coste normalizado de la energía) y hasta un 2,7% menos de coste de sistema.
- Bajo NMOT (Temperatura nominal de funcionamiento del módulo) y bajo coeficiente de temperatura (Pmax)
- Mejor tolerancia al sombreado que módulos similares.
- Alta resistencia a los impactos de las microfisuras.
- Menor corriente interna y menor temperatura de punto caliente que módulos convencionales.
- Alta carga de nieve (5400 Pa)
- Alta carga de viento (3600 Pa)

- 25 años de garantía de salida de potencia lineal.
- 12 años de garantía de producto.
- Eficiencia del módulo de 19,9%.

En cuanto a características eléctricas de los paneles las principales serían las siguientes:

Características técnicas panel policristalino CS3W-440P	
Potencia del módulo (Wp)	440 Wp
Tensión máxima (Vmax)	40,30 V
Tensión en circuito abierto (Voc)	48,70 V
Intensidad máxima (Imax)	10,92 A
Intensidad de cortocircuito (Isc)	11,40 A
Coeficiente de temperatura para Voc	-146mV/°C
Coeficiente de temperatura para Isc	5,7 mA/°C
Coeficiente de temperatura para Pmax	-0,36 W/°C

Tabla 5 Características técnicas panel fotovoltaico [Fuente ficha técnica CS3W-440P Canadian Solar]

Los paneles CS3W-440P tienen unas dimensiones de 2.108x1.048x40 mm.

Estos paneles seleccionados irán posicionados con el mismo ángulo de inclinación y orientación durante todo el año e irán colocados sobre una estructura metálica fija al suelo.

Como se indica en el anexo I correspondientes a los cálculos energéticos los paneles contarán con una orientación Sur con ángulo azimut de 0°. En cuanto al ángulo de inclinación se ha seleccionado un ángulo de 35°.

Por otro lado, los paneles irán agrupados en Strings de 18 módulos en serie cada una de ellas, formando un total de 176 Strings. Cada String irá sujeta en una estructura de la siguiente forma:

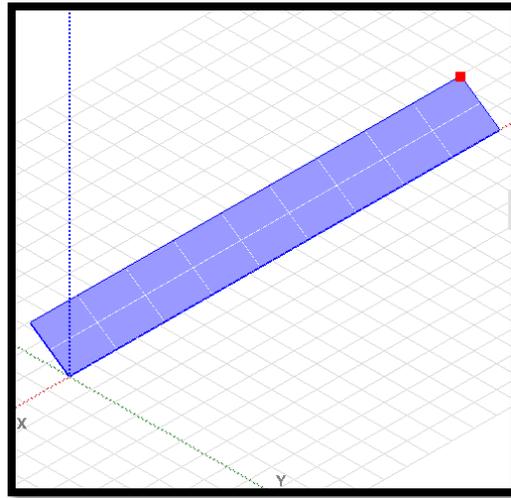


Ilustración 12 Colocación paneles String [Fuente PVSYST]

Cada una de las String va conectada en paralelo a una StringBox que agrupará a 16 de ellas, por lo que tendremos en total 11 StringBox en la planta fotovoltaica. Dichas Stringbox se definirán más adelante.

7.3. Estructura metálica soporte

Para colocar los paneles solares es necesario la instalación de una estructura soporte que los sujete y coloque en la orientación e inclinación óptima.

La estructura seleccionada está fabricada de acero galvanizado y será de tipo monoposte. Este tipo se adapta perfectamente a las características del proyecto ya que los paneles tendrán una longitud máxima de 2,10 m. La estructura monoposte posee un punto de apoyo que funciona como pilar y se fijan al suelo mediante tornillos roscados en zapata de hormigón armado. Se utiliza un tirante y poseen un travesaño donde se apoyan las correas sobre las que se colocan los módulos, que a su vez se fijan a la estructura mediante uniones atornilladas.

Cada estructura sujetará a un String, que está compuesto por 18 paneles fotovoltaicos y éstos irán distribuidos de forma horizontal con 2 de alto y 9 de largo.

Las principales características de la estructura serían las siguientes:

Características técnicas estructura	
Tipo de estructura	Monoposte acero galvanizado
Fijación al terreno	Zapata hormigón
Orientación de módulos	Horizontal
Fijación de los módulos	Uniones atornilladas

Orientación estructura	Sur 0° Azimut
Ángulo de inclinación	35°
Distancia entre filas	4 m
Paso entre filas	5 m
Longitud de la estructura	19 m
Distancia panel al suelo	0,5 m

Tabla 6 Características técnicas estructura [Fuente Elaboración propia]

El tipo de estructura elegido monoposte se trata de uno de los más utilizados en este tipo de plantas dónde además las mesas de paneles no son de grandes dimensiones y proporciona numerosas ventajas como pueden ser:

- Versatilidad adaptándose a cualquier tipo de superficie.
- Posibilidad de anclaje al suelo mediante tornillos unidos a zapata de hormigón.
- Facilidad de montaje y simplicidad.
- Reducción de tiempo de ejecución.

Aunque dichas estructuras sean monoposte y a priori pueda parecer que no tengan una gran estabilidad, esto no es así debido a que se unen varias sucesiones en cada una de las estructuras completas. Por tanto, la estructura cumple todas las hipótesis de carga contempladas en la normativa vigente (cargas permanentes como su propio peso y el de los paneles, y sobrecargas de viento, de sismo y de nieve) asegurando la estabilidad y resistencia del conjunto.

El tipo de cimientos que tendrán será mediante zapata de hormigón unida mediante tornillos roscados al poste de la estructura. Dichas zapatas tendrán unas dimensiones de 0,5mx0,5mx0,3m

Dentro de las estructuras monoposte se ha elegido la estructura fija STI-F3 ya que cuenta además de las antes descritas con grandes ventajas respecto a otros fabricantes acordes a las necesidades de este proyecto:

- Capacidad para lograr un ángulo de 35° que es el deseado en este proyecto.
- 100% uniones atornilladas lo que supone evitar realizar soldadoras, cortes o taladras en obra.
- Posibilidad de estructura hecha a medida en función del tipo de módulo elegido y dimensiones necesarias.
- Compatibilidad con todo tipo de módulos.

- Optimización de dimensiones y pesos de componentes para evitar uso de maquinaria pesada en su manipulación.
- Disposición de utillajes de montaje que facilitan el ensamblaje sin necesidad de comprobaciones métricas.

La estructura seleccionada STI-F3 será de la siguiente forma:



Ilustración 13 Forma estructura soporte módulos [Fuente fabricante Norland]

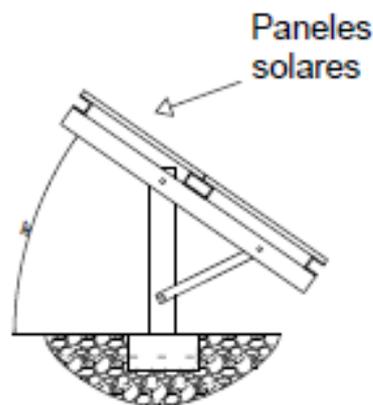


Ilustración 14 Perfil estructura metálica [Fuente Elaboración propia]

7.4. StringBox

Como se indicó anteriormente los módulos fotovoltaicos van agrupados en Strings o cadenas de 18 módulos en serie y éstas String van conectadas a la StringBox teniendo cada StringBox un total de 16 Strings conectadas en paralelo.

Las StringBox son cajas de conexión formadas por un armario y un conjunto de protecciones de la parte de CC con el fin de obtener un grado de protección adecuado.

Estas cajas se encuentran cercanas a los paneles fotovoltaicos, deben tener un grado de protección IP 65 y tienen una triple función:

- Protegen a los equipos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos que pudieran aparecer en los circuitos.
- Agrupación de los diferentes conductores con el fin de que a la llegada del inversor lleguen los mínimos conductores posibles, siempre cumpliendo los criterios de intensidad máxima admisible y de caída de tensión.
- Posibilidad de aislar un conjunto de cadenas conectados ya sea por labores mantenimiento o por alguna avería.

A cada StringBox llegan dos conductores de cada String (uno positivo y otro negativo). Por tanto, llegan un total 32 conductores y a la salida solo salen dos conductores (uno positivo y otro negativo) que irán conectados al inversor. Estos cables de salida tendrán una mayor sección como se ha calculado en el Anexo II correspondientes a los cálculos eléctricos.

Para este proyecto se ha seleccionado la Ingecon Sun StringBox M 16B que se adapta perfectamente a las necesidades del presente proyecto. Permite la conexión de hasta 32 entradas y una tensión máxima de 1000V. Además, cumple con el grado de protección IP65 necesario para este tipo de cajas de conexión en exteriores.

La Ingecon Sun StringBox M garantiza una máxima protección al disponer de Fusibles de CC, bases de portafusibles, interruptor seccionador de corte en carga para permitir aperturas manuales y descargador a tierra de sobretensiones de CC.

Concretamente en el presente proyecto se instalarán de 11 Ingecon Sun StringBox M cada una de ellas con los siguientes elementos:

Características StringBox	
Modelo	Ingecon Sun StringBox M 16B
Número de entradas	16
Número de salidas	1
Armario	Armario IP65 1000x750x320 mm
Fusibles CC	32 ud Fusibles 12 A 1000V
Bases portafusibles	32 ud Base portafusibles 10x85 1000V
Seccionador de corte en carga	Interruptor-seccionador bipolar 200A 1000V

Descargador de sobretensión	Descargador 1000V 30kA
-----------------------------	------------------------

Tabla 7 Características StringBox [Fuente ficha técnica Ingecon Sun StringBox]

7.5. Estación de potencia

La estación de potencia de la planta fotovoltaica estará ubicada en la parte media de la parcela hacia el costado derecho con unas dimensiones de 10690x3200x2530mm. Dicha estación de potencia estará formada por una cabina de protección y desconexión de CC, un inversor modular, y un skid de MT (Centro de transformación junto a la apartamentada de MT correspondiente, etc). Por tanto, en la estación de potencia gracias a estos elementos, se recogerá y protegerá la energía captada por los módulos fotovoltaicos, posteriormente se convertirá en AC y por último se transformará para poder ser transportada a la tensión asignada por la red.

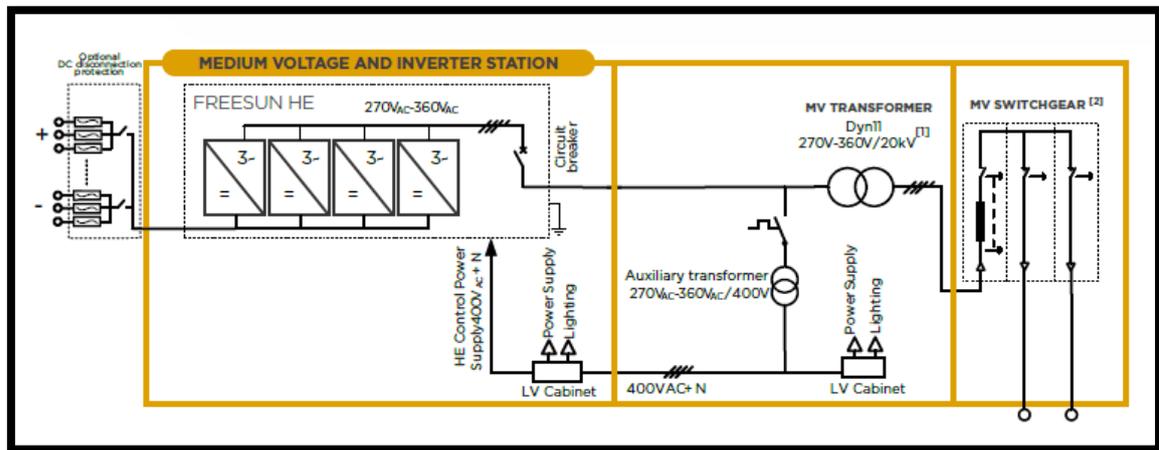


Ilustración 15 Esquema resumen estación de potencia [Fuente Ficha técnica fabricante Power Electronics]

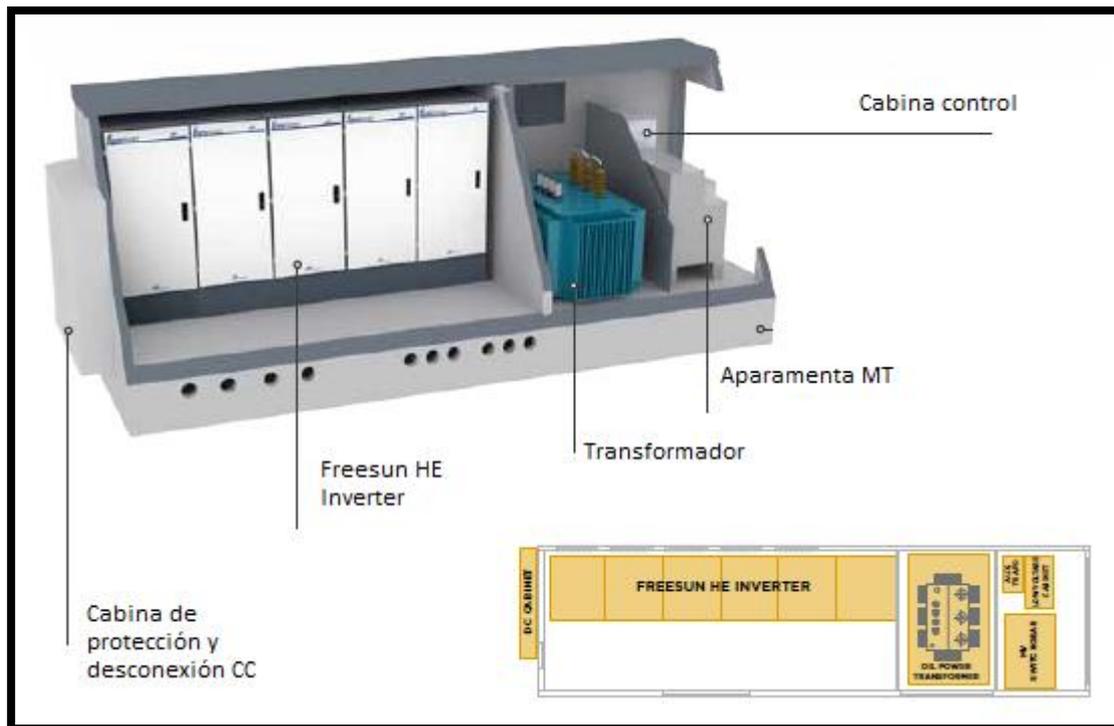


Ilustración 16 Dibujo estación de potencia [Fuente ficha técnica fabricante Power Electronics]

El cuarto del inversor será de 6080x3200x2530 mm mientras que de la parte del transformador y la skid de MT será de 4600x3200x2530 mm.

Esta estructura está recubierta de hormigón prefabricado siendo las rejillas y puertas metálicas y dentro cuenta además de con los elementos antes definidos, con una rejilla de tierra interna, luz interior, placas de suelo y rejillas para el inversor, red de ventilación, elementos de seguridad (guantes, botiquín, banco), carro portamódulos, etc. Además, cuenta con diferentes agujeros para introducir los cables de conexión que llegan desde las StringBox y los que salen del transformador a la red.

Su envolvente asegura una protección de IP54, cumpliendo la normativa vigente en este tipo de instalaciones y pudiendo trabajar a temperaturas desde -20° C hasta 50° C.

La estructura deberá estar sobre una zapata de hormigón de dimensiones 12000x4520x200 mm que asegure una nivelación del terreno total.

Dentro de la estación de potencia se podrá encontrar dos extintores (uno de CO2 de 5kg y otro ABC de 6kg) para poder ser utilizado en caso de necesidad. Los extintores de CO2 son necesarios en presencia de conductores sometidos a tensión debido a que el CO2 no es conductor de la electricidad y se muestra muy eficiente.

7.5.1. Caja protección y desconexión CC

La caja de protección y desconexión se encuentra integrada en la estación de potencia y recibirá las 11 entradas del cableado proveniente de las StringBox.

En cuanto a composición es muy parecida a las StringBox pero con mayores valores en los elementos. Estará formada por los siguientes elementos:

Características Caja protección y desconexión CC	
Ubicación	Integrada junto a estación potencia
Número de entradas	11
Número de salidas	1
Armario	Armario IP65 1200x2000x900 mm
Fusibles + base CC	22 ud Fusibles 200 A 1000V
Embarrado	Embarrado de pletina de cobre anchura 60mm y espesor 10mm
Descargador de sobretensión	Descargador 1000V 40kA
Contactador	22 ud Contactador 200A

Tabla 8 Características caja protección y desconexión CC [Fuente Elaboración propia]

El embarrado que dispone dicha caja de protección se encarga de agrupar las salidas desde los interruptores seccionadores y dar salida al conductor hacia el inversor.

7.5.2. Inversor

El inversor es un elemento principal dentro de la planta fotovoltaica debido a que es el encargado de convertir la corriente continua que llega desde los paneles fotovoltaicos en la corriente alterna que se verterá en la red.

El módulo seleccionado para el presente proyecto es un único inversor Freesun FS1390 HES 360V de Power Electronics con una potencia nominal de 1.390 kW. Este inversor tiene la particularidad de ser un inversor FS1390 HE integrado junto con un cuadro de seccionamiento y protección de CC y un skid de MT (centro de transformación).

Las características técnicas del inversor Freesun FS1390 HES son las siguientes:

Características técnicas del inversor	
Dimensiones	5260x1020x2080 mm
Potencia máxima CC	1.668 kW

Potencia nominal	1.390 kW
Rango tensión CC max	820 V
Rango tensión CC min	565 V
Tensión máxima	1.000 V
Intensidad máxima (Imax)	2.500 A
Tensión de salida CA	360 V

Tabla 9 Características técnicas del inversor [Fuente ficha técnica fabricante Power Electronics]

Se ha elegido este inversor de la marca Power Electronics porque presenta numerosas ventajas respecto a sus competidores:

- Sistema maestro esclavo modular automático: El inversor consta de 10 módulos independientes, cada uno de ellos con su propio tablero de control, etapa de potencia y sistema de enfriamiento siendo acoplado por los buses de CC y AC. Esto hace que si alguno de los módulos tiene un problema no afecte a los demás y la potencia del módulo averiado se enviará al módulo contiguo. Todos los módulos trabajan en paralelo comandados por un maestro que es el principal gobernador del sistema, siendo el responsable del seguimiento del MPPT, secuencia de sincronización, protección general, etc. Cada noche de forma automática el sistema detecta cuál de los módulos ha producido menos energía y éste será el maestro al día siguiente lo que supone un desgaste homogéneo del sistema.
- Los inversores modulares permiten que, en condiciones de bajas radiaciones, algunos de las unidades puedan estar apagadas de forma automática y por tanto lograr unos niveles de eficiencia mayores.
- Eficiente sistema de enfriamiento: El inversor cuenta con un enfriamiento independiente de cada módulo logrando por tanto el mínimo consumo energético.
- Totalmente sellado: El ventilador interno mueve el aire limpio a través de la superficie de disipación. Esto ofrece una máxima protección para la electrónica sin el riesgo de que se obstruyan los filtros de polvo y asegurando un grado de protección que cumple la normativa.
- Fácil de instalar: Su diseño modular permite aislar los diferentes módulos y componentes sin esfuerzo lo que supone un ahorro de tiempo y costes.

-
- Amplitud de ventana máxima potencia MPPT: El uso de las últimas técnicas de modulación y las aplicaciones de control de motores permite obtener la ventana de máxima potencia MPPT más amplia del mercado.
 - Capacidad reactiva precisa y flexible: El inversor está limitado por la corriente de salida a 50°, sin importar si es reactiva o activa. Durante la noche, el inversor permite poder cambiar el modo de compensación de energía.
 - Filtros armónicos: La topología del inversor proporciona a la red corrientes senoidales con bajo contenido en armónicos (<3% de la potencia nominal)
 - Soporte dinámico de la red: El inversor incluye las últimas funciones interactivas de las empresas de servicios públicos de los principales países productores de energía fotovoltaica (LVRT, FRS, Anti-islanding, OVRT...)
 - o LVRT (Cortes de menor voltaje de la red): El inversor resiste cualquier perfil de caída de voltaje requerido por la interconexión local, solucionándolo mediante la alimentación con potencia reactiva completamente.
 - o FRS (Sistemas de regulación de la frecuencia): El inversor contiene algoritmos que reducen la potencia activa a lo largo de una curva característica preestablecida que asegura la estabilización de la red. Esta funcionalidad permite controlar la inyección de potencia activa en redes eléctricas alimentadas por generadores diésel.

Además de lo citado anteriormente el inversor actúa como un controlador permanente del aislamiento de la planta fotovoltaica, ya que permite la desconexión y conexión automática de la instalación fotovoltaica cuando hay una pérdida de éste.

7.5.3. Skid de MT

El Skid de MT está formado por el transformador, las celdas de protección y seccionamiento del skid de MT y el cuadro de baja tensión de los servicios auxiliares.

Transformador

El transformador es fundamental en una planta fotovoltaica debido a que se encarga de elevar la tensión que sale del inversor para adaptarla a la red que será evacuada.

El transformador se encontrará junto al inversor como se ha indicado anteriormente y tiene las siguientes características:

Características técnicas del transformador	
Dimensiones	1655x1135x1355 mm
Potencia nominal CA	1.250 kVA
Voltaje en BT	360 V
Voltaje en MT	20.000 V
Tipo de conexión	Dyn11
Refrigerante	Aceite
Frecuencia red	50 Hz
Celdas de protección	Esquema 2L1P, celda aislada en SF6

Tabla 10 Características técnicas del transformador [Fuente ficha técnica fabricante Power Electronics]

El transformador seleccionado será de la marca Power Electronics y se adquiere junto al inversor en el conjunto llamado Freesun FS1390 HES 360V.

Se encargará de elevar la tensión de 360 V a 20 kV y tendrá una potencia de 1.250 kVA. Esta potencia es menor que la potencia nominal del inversor y de la planta fotovoltaica debido a las peculiaridades de una planta fotovoltaica donde cada mediodía ocurre un pico de potencia. Durante esas horas de pico que se puedan dar en verano el transformador sufrirá una sobrecarga que ocasionará una elevación de su temperatura interna por encima de la de régimen normal, pero como al ser momentáneo y no continuado en el tiempo esto no conlleva desperfectos en el transformador. De esta forma se genera un ahorro de coste en la adquisición del transformador.

El transformador cuenta con numerosos aparatos de control para evitar que pueda trabajar a límites peligrosos para la instalación.

Celdas protección y seccionamiento skid MT

Las celdas de protección y seccionamiento constan de un armario con los elementos necesarios para proteger el transformador de potencia y distribuir la energía hacia la línea de enlace de MT.

Siguiendo las indicaciones del fabricante del transformador las celdas de protección a instalar serán celdas aisladas en gas SF6. Dicho gas garantiza todas las funciones de corte y aislamiento en MT y AT.

El esquema de las celdas será 2L1P, es decir 2 celdas de línea y 1 de protección. Las celdas de línea se utilizan para la maniobra de entrada o salida de los cables que forman el circuito de la alimentación a los centros de transformación mientras que las celdas de

protección se utilizan para la ejecución de maniobras de la conexión y desconexión del transformador o para su protección, realizándose esta última mediante fusibles limitadores.

Las celdas de línea elegidas serán modulares. Estas celdas están dotadas de un interruptor-seccionador de tres posiciones, y permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de MT. El interruptor-seccionador tendrá una tensión de aislamiento de 24kV y una intensidad asignada de 400 A mientras que el seccionador de PaT deberá tener un poder de cierre sobre cortocircuito de 2,5kA.

La celda de protección será modular. Además de disponer de un interruptor-seccionador de tres posiciones como las de línea también dispondrá de una protección con fusibles. El interruptor-seccionador tendrá una tensión de aislamiento de 24kV y una intensidad asignada de 400 A mientras que el seccionador de PaT deberá tener un poder de cierre sobre cortocircuito de 2,5kA.

7.5.4. Equipos auxiliares

Además de los elementos principales de una planta fotovoltaica, es necesario disponer de una serie de equipos complementarios que garanticen el correcto funcionamiento de la planta. Estos equipos se encontrarán dentro de la estación de potencia ya que el propio fabricante de la estación da la posibilidad de que se puedan tener los circuitos de dichos equipos ya diseñados y estarán alimentados mediante un transformador auxiliar de baja potencia de 10KVA Yyn0 que también incluye el fabricante de la estación de potencia. Además, dispondrán de un cuadro de baja tensión integrado en la estación de potencia y sus respectivas protecciones.

Iluminación

En la planta es necesario disponer de diversas fuentes de alimentación tanto en la caseta de mantenimiento como por la planta para facilitar las diferentes operaciones que se deban realizar. Se instalarán 8 focos proyectores LED de 50W en el exterior y una pantalla LED 600x300 mm de 24W para la caseta de mantenimiento.

Fuerza

Es necesario que en la planta haya instalado un circuito de fuerza con sus protecciones y diferentes tomas de corriente para que puedan ser utilizadas en caso de necesitar enchufar cualquier aparato para labores de mantenimiento, reparación, etc.

Sistema de monitorización

En una planta fotovoltaica es necesario poder recabar todos los datos de lo que está ocurriendo en la planta para poder tener una visión real de su funcionamiento. Por tanto, se instalará un sistema SCADA encargado de controlar, supervisar y adquirir datos en tiempo real de todo el funcionamiento de la planta. Dicho sistema consistirá en un módulo de adquisición de datos mediante entradas y salidas digitales y analógicas y una interfaz gráfica de ordenador.

Dicho programa permite incluso ver que cadenas de módulos están produciendo menos electricidad y por tanto permite el poder anticiparse a diversos problemas de funcionamiento de la planta.

Equipos de seguridad y alarma

La seguridad es básica en este tipo de instalaciones para evitar que pueda haber actos vandálicos o robos por parte de personas o incluso de accidentes con diferentes animales que ocasionen daños en la planta. Dentro de la planta hay equipos que son muy caros y son un reclamo para los ladrones.

Uno de los métodos de seguridad que dispondrá la planta será un vallado perimetral de la parcela con una vaya de 2 metros de altura de enrejado plastificado verde de 17x50mm. Este vallado no ocasiona un gran perjuicio tanto visual como ambiental a la zona.

Además, la planta dispondrá de un sistema de CCTV con su grabador asociado que permitirá que queden grabadas durante 48 horas todo el perímetro de la planta. Las cámaras se ubicarán en distintos puntos consiguiendo una visión total del perímetro y evitando los puntos muertos.

Otro de los elementos para detectar los posibles robos son los detectores fotoeléctricos que emiten una alarma cuando detectan una presencia.

Por último, la planta también dispondrá de una central receptora de alarmas (CRA) que reciba todas las alarmas que puedan detectar los equipos y poder activar los protocolos de seguridad.

Equipos de acceso internet

Dentro de la estación de potencia es necesario instalar un router Wifi que permita poder enviar los datos obtenidos en la planta y por tanto poder observarlos en tiempo real en remoto. Además, es necesario instalar dicho circuito para que el resto de los equipos tengan la posibilidad de conectarse a internet en caso de ser necesario.

Estación meteorológica

En la planta habrá una estación meteorológica para la toma de datos ambientales. Estará equipada con los principales aparatos de medida:

- Piranómetro: Aparato encargado de medir radiación solar sobre una superficie plana.
- Pluviómetro: Aparato encargado de medir la precipitación.
- Sensores de Temperatura.
- Anemómetro: Aparato encargado de medir la velocidad del viento.

La toma de estos datos permite poder analizar los datos y comprobar las previsiones calculadas de rendimiento.

7.6. Punto de conexión a red

Una planta solar fotovoltaica de estas características debe gestionar con la Red Eléctrica Española los procedimientos de acceso y conexión a la red. En el caso que se presenta, junto a la planta hay un punto de conexión óptimo que enlaza directamente con la línea que llega hasta la subestación de Mataporquera.

El punto de conexión con la red se encuentra a 250 m de la planta por lo que tras la salida de la energía eléctrica de la estación de potencia se deberá transportar hasta dicho punto. Dicho punto, el cuál opera una de las principales compañías distribuidoras de electricidad de España tiene las siguientes características:

Características puntos de conexión	
Tensión nominal	20 kV
Distancia a la planta	250 m
Potencia pico planta	1.393.920 Wp
Tensión salida planta	20 kV

Tabla 11 Características punto de conexión [Fuente Elaboración propia]

La conexión a dicho punto se realizará mediante línea de evacuación aérea de 20kV desde la salida de las celdas de MT. El diseño de esta línea de evacuación necesitará un proyecto a parte.

7.7. Cableado

Los conductores son los encargados de unir unos equipos con otros para permitir el funcionamiento de la planta fotovoltaica. En la parte de CC tenemos dos tramos diferentes donde se instalarán conductores de diferentes secciones. Para el cálculo de

la sección de cada uno de los conductores se han utilizado los tres criterios básicos que indica la normativa (criterio de caída de tensión, criterio de máxima tensión admisible y criterio de intensidad de cortocircuito) como se puede ver en el anexo II correspondientes a los cálculos eléctricos. El cable que se utilizará es PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO que se trata de un cable especial para instalaciones fotovoltaicas en exterior y presenta las siguientes características:

- Cable termoestable.
- No propagación de la llama.
- Libre de halógenos.
- Baja opacidad de humos
- Nula emisión de gases corrosivos.
- Resistencia a la absorción del agua AD7
- Resistencia al frío.
- Cable flexible.
- Resistencia a los rayos ultravioleta.
- Resistencia a agentes químicos, grasas, aceites y abrasión.
- Resistencia a los golpes Shore A <85.
- Tensión continua máxima 1,8/1,8 kV.

Tras los cálculos realizados en el tramo uno (desde los paneles a las StringBox) se utilizará el cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO con una sección de 10 mm² en todas las Strings. En la String 64, 70 y 166 es dónde se presenta una caída de tensión mayor con un 0,24%.

Para los conductores que unen las StringBox y el inversor se utilizará el cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO con una sección de 120 mm² para los circuitos de menos longitud y una sección de 185 mm² para los circuitos más alejados:

Circuito	Sección (mm ²)	Longitud (m)
StringBox1-Inversor	185	198
StringBox2-Inversor	185	175
StringBox3-Inversor	185	135
StringBox4-Inversor	185	150
StringBox5-Inversor	120	98
StringBox6-Inversor	185	139

StringBox7-Inversor	120	64
StringBox8-Inversor	120	111
StringBox9-Inversor	120	66
StringBox10-Inversor	120	37
StringBox11-Inversor	120	40

Tabla 12 Dimensionado cableado tramo 2 [Fuente Elaboración propia en Anexo de cálculos]

La mayor caída de tensión se obtiene entre la StringBox1 y el inversor con un valor de 0,93%. Esto hace que el tramo más desfavorable de la instalación se dé entre la cadena 1 y el inversor con una caída total del 1,15%. Este valor es menor del 1,5% por lo que el dimensionado del cableado cumple con lo indicado en la ITC-BT-40 para instalaciones generadoras de baja tensión del Reglamento Eléctrico de Baja Tensión.

En la parte de la estación de potencia, el cableado entre inversor, transformador y equipos auxiliares viene ya proporcionado y dimensionado por el fabricante por lo que no es necesario calcularlo, ya que cumple con la reglamentación correspondiente.

7.8. Canalizaciones

Cada uno de los cableados de la instalación tanto los enterrados como superficiales deberá ir canalizado siguiendo las recomendaciones del REBT en su ITC-BT-21.

Dichas canalizaciones deben ser estancas, utilizándose para terminales y conexiones dispositivos que garanticen el grado de protección IPX1.

El trazado de dichas canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales.

Para las canalizaciones superficiales de los conductores entre los paneles y que se situarán debajo de las estructuras fotovoltaicas se realizará mediante tubos corrugados de diámetro de 20 mm y con las siguientes características:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la flama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 13 Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales [Fuente ITC-BT-21 del REBT]

Las canalizaciones enterradas se darán en el resto de la instalación de CC. La profundidad de dichas canalizaciones será de 0,7m con una anchura mínima de 0,35m

dónde solo haya un conductor y hasta 1,40m en los casos de más conductores, Dicha ubicación queda definida en los planos anexos a la presente memoria.

Los diámetros de los tubos corrugados utilizados en las canalizaciones quedan definidos en el anexo II Cálculos eléctricos, y éstos serán de 63 mm, 75 mm, 160 mm y 180 mm en función de los conductores que contenga y la sección de los mismos.

Las características mínimas de estos tubos deben ser las siguientes:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos D \geq 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media

Tabla 14 Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas [Fuente ITC-BT-21 del REBT]

7.9. Puestas a tierra

En una planta fotovoltaica es indispensable que la instalación esté puesta a tierra y cumpla con las indicaciones de la ITC-BT-18 del REBT para poder limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Todas las masas de la instalación deben ir conectadas a tierra, y ésta debe ser única e independiente de la del neutro de la empresa distribuidora y de la del transformador.

La puesta a tierra consiste en una unión metálica entre determinados elementos metálicos de la instalación y un electrodo o grupo de electrodos que se encuentren enterrados en el suelo.

Tras los cálculos realizados, la puesta a tierra de la instalación consistirá en 4 picas de cobre de metros enterradas de forma vertical y con una separación de al menos 8 metros entre ellas, y un conductor de cobre desnudo enterrado horizontalmente de 50 metros de largo y con una sección de 35 mm².

Para la instalación a tierra del transformador se instalará la indicada por el fabricante.

7.10. Caseta de mantenimiento

Junto a la estación de potencia se instalará una caseta prefabricada de mantenimiento. Dicha caseta tiene la función de poder guardar los diferentes elementos necesarios para

el mantenimiento de la planta. Tendrá unas dimensiones de 4mx6mx3m y será de panel sándwich.

8. Mantenimiento de la planta

8.1. Introducción

Asegurar un mantenimiento adecuado de la planta permitirá alargar su vida útil y lograr un máximo rendimiento el mayor tiempo posible. Por tanto, este proyecto no sólo abarca la instalación de la planta sino asegurar su rendimiento durante su vida útil a través del mantenimiento.

Hay determinadas tareas de mantenimiento que de no llevarse a cabo conducirán a una reducción de la eficacia del sistema mientras que la omisión de otras puede suponer que se originen averías o deterioros de los elementos.

Se debe desarrollar un plan de mantenimiento acorde al tipo y configuración de la instalación. Los principales aspectos a valorar serán la ubicación, las condiciones ambientales, las dimensiones y los tipos de estructuras.

Dentro del mantenimiento se puede distinguir entre tres tipos diferentes de mantenimiento:

8.2. Tipos de mantenimiento

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo son una serie de acciones y técnicas que se aplican con el objetivo de predecir posibles fallos y defectos de maquinaria en las etapas incipientes para evitar que estos fallos puedan propagarse y por tanto dar lugar a grandes averías.

Para ello se suelen realizar ensayos no destructivos y monitorización de los datos que permitan subsanar los problemas antes que ocurra el fallo.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos programando las intervenciones en el momento más oportuno. Tiene un carácter periódico, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ninguna señal de que pueda tener un problema o mal funcionamiento.

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el mantenimiento del sistema que se realiza una vez que ya haya ocurrido un problema o fallo de alguna de las partes del sistema con el objetivo de solventar este problema. Nuestro objetivo es que solo se realice cuando sea

imposible predecir o prevenir dicho fracaso y por tanto este mantenimiento sea la única opción.

Estas averías suelen llevar gastos imprevistos e importantes por lo que es importante estudiar qué fue lo que produjo dicha avería para así evitar que se pueda repetir en el futuro.

Por tanto, llevar a cabo un mantenimiento tanto preventivo como predictivo hace que se disminuya de forma considerable los mantenimientos correctivos y por tanto aumentar la vida útil de los distintos elementos del sistema y disminuir los costes de mantenimiento.

8.3. Objetivo

El principal objetivo será centrarse en un mantenimiento preventivo y predictivo, y reducir en la medida de lo posible los mantenimientos correctivos del sistema.

Un mantenimiento preventivo y predictivo de la planta solar fotovoltaica nos permitirá poder extender la vida útil de la instalación logrando un máximo rendimiento el mayor tiempo posible (alta eficiencia + alta disponibilidad) a la vez que reducir los costes de las actuaciones que se llevan a cabo como mantenimientos correctivos.

Con el fin de que cada elemento del sistema esté en óptimo estado de operación y a altos niveles de eficiencia se llevará a cabo un análisis cuidadoso del flujo de datos monitoreado y una planificación periódica de revisiones para así poder predecir posibles fallos y corregirlos desde el principio.

Con este mantenimiento también nos permite conocer en todo momento que acciones se deben de tomar y reducir los tiempos de parada de partes de la planta.

Cuando se produzcan averías imposibles de predecir o prevenir (partes correctivos) el objetivo será repararlas con la mayor celeridad dejando el sistema con el mismo funcionamiento que había antes de la avería.

Además, tener un buen sistema de mantenimiento preventivo facilitará la posible extensión de garantía de muchos de los elementos de la instalación.

8.4. Plan predictivo

Los trabajos de mantenimiento predictivos y supervisión del parque fotovoltaico consistirán en el seguimiento diario de las contingencias del parque a través de un sistema de monitorización y control del mismo.

Las actuaciones que se llevarán a cabo serán controlar y supervisar las operaciones de arranques y paradas de los diferentes sistemas, principalmente el inversor, vigilancia de

la correcta ejecución de las operaciones de producción, analizar cualquier tipo de señal o parámetros que nos pueda manifestar la planta para adelantarnos a una posible avería y, en resumen, los diferentes trabajos necesarios para mantener la operación de la planta con una alta disponibilidad y efectividad, consiguiendo optimizar al máximo la instalación.

Para poder hacer un buen seguimiento de cómo está funcionando la planta a través de la monitorización deberemos tener en cuenta y controlar los siguientes parámetros:

Datos en CC desde los módulos a entrada del inversor

Obteniendo los datos de potencia, intensidad y tensión podemos identificar fallos que se puedan estar produciendo en los paneles o en el resto del sistema. Por ejemplo, podemos utilizar la gráfica I/V para poder verificar que están trabajando los paneles en su punto de óptimo funcionamiento y si éste no es el adecuado poder contabilizar las pérdidas. Cuando los valores no coinciden entre los diferentes grupos es síntoma de que está ocurriendo un problema.

Datos en CA a la salida del inversor

Es importante registrar y analizar los diferentes valores de intensidad, potencia, rendimiento, y tensión a la salida del inversor para poder comprobar que éste está funcionando en su punto de trabajo óptimo y no se están produciendo pérdidas en la inversión.

Horas funcionamiento inversor

Es importante analizar las horas de funcionamiento del inversor para así poder comprobar que se enciende y apaga a las horas que debe (encendido al principio del día comprobando que no ha habido ningún fallo durante la noche).

Condiciones ambientales

Tener una recogida datos de la radiación solar que llega diariamente al parque nos permite tener una predicción bastante realista de la producción que vaya a tener la planta en el futuro. También es importante controlar valores como temperatura ambiente, temperatura del módulo fotovoltaico o del viento que hay en la planta para saber a qué temperaturas se obtienen mayores rendimientos del sistema. El viento puede hacer el papel de refrigerante evitando que pueda haber sobrecalentamiento en los diferentes elementos del sistema.

Lectura de contadores BT

El fin de una planta solar fotovoltaica es producir electricidad, por lo que será importante tener un control de los diferentes parámetros que podemos observar en los contadores para poder hacer una visión global de lo que estamos produciendo y comprobar que estos valores son correctos.

8.5. Plan preventivo

El plan preventivo incluirá al menos una visita trimestral en la que se realizará un informe técnico de cada visita en el cual quedarán reflejados todos los controles, verificaciones y acciones que han sido realizadas y si se ha apreciado alguna incidencia.

Las actividades a grandes rasgos que se van a llevar a cabo en los diferentes elementos que componen el total de la planta constará principalmente de:

- Actividades enfocadas a minimizar pérdidas de energía y extracostes que pueden aparecer por correctivos.
- Comprobaciones de funcionamiento
- Limpieza de equipos y módulos.
- Sustitución periódica de equipos (filtros, ventiladores, ...).
- Inspección visual para comprobar que no hay defectos externos.

Las medidas que se van a tomar para llevar a cabo el mantenimiento preventivo dividiéndolo por las diferentes zonas será:

Módulos fotovoltaicos

En el caso de los módulos fotovoltaicos hay dos factores primordialmente que tener en cuenta, que sería mantener limpia la parte expuesta a los rayos solares y asegurarse que no haya ningún obstáculo que les pueda dar sombra (árboles, hierba, etc.)

Las pérdidas producidas por la suciedad que se pueda quedar adherida pueden llegar a ser de un 5% por lo que tendría un gran impacto económico.

En los paneles se deberán llevar a cabo las siguientes actuaciones:

- Inspección visual del módulo verificando que no hay no tiene ningún desperfecto (ausencia de golpes o deformaciones, correcto estado del EVA, correcto estado de la caja de conexión, ausencia de oxidaciones en circuitos y marcos, ausencia de humedad en el interior del circuito, etc.)
- Limpieza periódica del módulo para evitar que pueda quedar suciedad pegada en el panel y esto repercute negativamente en la producción y rendimiento del panel. Para evitar posibles ralladuras o abrasiones de la superficie en el limpiado

hay que seguir las indicaciones del fabricante tanto en los medios utilizados como en la dureza del agua.

- Se llevará a cabo un control de conexiones y cableado haciendo hincapié en la comprobación de los terminales de los cables y de la estanqueidad de las cajas de terminales.

Estructura fija

El mantenimiento de las estructuras es muy importante puesto que son las que soportan los módulos, las actividades que se deben llevar a cabo son:

- Comprobación visual del estado de la estructura comprobando que no existen oxidaciones, grietas, etc.
- Comprobación del estado de fijación de la estructura y el correcto apriete de la tornillería.
- Verificar que la puesta a tierra de la estructura es la correcta.

StringBox (cajas de string)

Las cajas de agrupamiento o StringBox son puntos críticos de la instalación debido a que se acumulan grandes tensiones en CC y gran cantidad de cables. Para garantizar la seguridad de los operarios a la hora de llevar a cabo el mantenimiento se deben seguir las normas básicas de seguridad en trabajos de baja tensión. Hay varios niveles de cajas de agrupamiento, teniendo al tratarse de cuadros eléctricos un mismo procedimiento de mantenimiento independientemente del nivel.

Las actividades que se deben llevar a cabo para el mantenimiento serán:

- Inspección visual para comprobar la correcta fijación del armario, la ausencia de golpes o deformaciones, la estanqueidad y ausencia de humedades, y limpieza de la suciedad.
- Comprobación del correcto estado de las advertencias de peligro interiores y exteriores.
- Comprobar el correcto estado de fusibles y la llegada de tensión y su intensidad en los bornes.
- Comprobar correcto estado de apriete de las conexiones del cableado eléctrico.
- Comprobar la puesta a tierra de los elementos metálicos del cuadro.
- Comprobación de diferenciales, interruptores magnetotérmicos, setas de emergencia y luces e indicadores del cuadro.
- Análisis termográfico del cuadro para comprobar que no existen calentamientos excesivos en algunas zonas.

Cableado de la planta

El cableado de la planta normalmente necesita poco mantenimiento, por tanto, únicamente se debe hacer una inspección visual de su aislamiento y cubierta para comprobar que no se encuentra ningún cable roto además de visualizar los empalmes entre diferentes cables.

Inversor

El inversor es uno de los elementos más importante del sistema debido a que transforma la corriente continua que viene de los paneles fotovoltaicos en alterna.

Por tanto, llevaremos a cabo un mantenimiento preventivo exhaustivo para evitar que haya paradas y para que esté funcionando al máximo rendimiento. Este inversor se encontrará en el interior de una caseta por lo que está resguardado a las inclemencias climáticas.

Las actividades que se deben llevar a cabo son:

- Limpieza de los sistemas de refrigeración para evitar posibles calentamientos del inversor (rejillas, filtro, etc.)
- Limpieza del disipador de calor en la parte de potencia.
- Limpieza, revisión y tomar medidas del inversor y sus dispositivos de protección.
- Inspección visual de fusibles seccionadores existentes.
- Revisión de la señalización y funcionamiento de la monitorización de aislamiento.
- Verificar el envejecimiento de los descargadores y demás elementos del inversor.
- Comprobación de diferenciales, interruptores magnetotérmicos, setas de emergencia y luces e indicadores del cuadro.
- Revisar tensiones de mando y auxiliares.
- Control de la temperatura de los elementos del inversor y comprobar el funcionamiento del circuito de seguridad.

Transformador

Favorecer el funcionamiento del transformador supondrá tener un mejor rendimiento del resto de las instalaciones conectadas a red en media tensión. Para llevar a cabo el mantenimiento preventivo del transformador se deben realizar las siguientes actividades:

- Limpieza general del centro.
 - Inspección visual verificando que no hay desperfectos ni humedad.
 - Comprobar la correcta señalización y seguridad del local de transformación.
-

- Comprobar la existencia de elementos de seguridad en perfecto estado (banqueta aislante, guantes aislantes, extintor acorde a las características del local, elementos de maniobra, listado de las reglas de oro, etc.)
- Verificar el estado de la envolvente metálica y limpiarlo.
- Comprobación el estado de las celdas de media tensión.
- Comprobación del cableado en el centro de transformación (estado de las conexiones, puesta a tierra, pares de apriete, etc.)
- Comprobar todos los aparatos de baja tensión en el centro de transformación (fusibles, interruptores, conexiones, etc.)
- Revisar que no hay pérdidas de aceite en el transformador de potencia, ruidos extraños ni sobrecalentamiento.
- Visualizar el estado del transformador de potencia asegurándose que no existe ningún desperfecto y que tiene la señalización adecuada.
- Verificar la puesta a tierra de la instalación.
- Comprobar la nivelación y anclaje del transformador.

Otros

Además del mantenimiento a las instalaciones antes descritas también se deberá realizar un mantenimiento preventivo a la estación meteorológica (muy importante puesto que estos datos luego se utilizan para analizar la producción de la planta), y al alumbrado de la planta mediante una inspección visual de las luminarias ubicadas en toda la planta.

Es importante tener un control sobre la vegetación para evitar que su crecimiento pudiera dar sombra a los módulos fotovoltaicos y por tanto que no estén funcionando a su máximo rendimiento, y un control de plagas de roedores para evitar que puedan ocasionar desperfectos en los cableados de la instalación.

8.6. Resumen tabla actuaciones

ACTUACIÓN	PERIODICIDAD		
	T	SM	A
Módulos fotovoltaicos			
Limpieza de la superficie del módulo (depende de las características de la instalación y su ubicación)	X		
Revisión e inspección visual de posibles degradaciones en los paneles, cristal de protección, marco del módulo, etc.		X	
Verificación y control de la uniformidad de la temperatura en el panel		X	
Comprobar la correcta fijación, conexión, estado y adherencia de los cables a los terminales de los paneles		X	
Comprobación de ausencia de sulfatación en contactos, oxidaciones en los circuitos y soldadura de los módulos			X
Control características eléctricas del módulo			X

Estructura fija soporte			
Comprobación de posibles degradaciones (grietas, deformaciones, oxidación, etc)		X	
Comprobación del estado de fijación de la estructura y su correcto apriete		X	
Cajas de agrupamiento (cajas Srings)			
Inspección visual comprobando correcta fijación del armario, la ausencia de desperfectos, la estanqueidad y ausencia de humedades, y limpieza de la suciedad.		X	
Revisión de la envolvente		X	
Revisión de las medidas de señalización de seguridad		X	
Reapriete de las conexiones del cableado		X	
Comprobar el correcto estado de fusibles y la llega de V e I en los bornes		X	
Comprobación de diferenciales, interruptores magnetotérmicos, setas de emergencia y demás elementos del cuadro		X	
Análisis termográfico			X
Cableado de la planta			
Inspección visual del estado de los cableados y sus conexiones entre diferentes cables		X	
Inversores			
Limpieza de todo el equipo del inversor y del sistema de refrigeración		X	
Revisión de la señalización de seguridad y funcionamiento de la monitorización de aislamiento		X	
Verificar que no hay humedades ni ruidos extraños		X	
Comprobación de los varistores		X	
Comprobación de diferenciales, interruptores magnetotérmicos, setas de emergencia y luces e indicadores del cuadro		X	
Revisar tensiones de salida y entrada		X	
Transformadores			
Limpieza general del centro de transformación		X	
Inspección visual verificando que no existen desperfectos ni humedad		X	
Comprobar las señalizaciones y elementos de seguridad		X	
Comprobación estado de las celdas de MT		X	
Comprobación del cableado en el centro de transformación (estado de las conexiones, puesta a tierra, pares de apriete, etc.)		X	
Comprobación de los elementos de baja tensión		X	
Revisar que no hay pérdidas de aceite en el transformador de potencia, ruidos extraños ni sobrecalentamiento		X	
Verificar la puesta a tierra de la instalación		X	
Verificar el buen funcionamiento de los aparatos de medida		X	
Otros			
Verificar funcionamiento aparatos de medición de la estación meteorológico		X	
Limpieza y desbroce de la vegetación (en función de las características del terreno)		X	
Limpieza de la instalación			X
Verificar el alumbrado de la planta			X
Verificar sistema antiplagas de roedores			X

Tabla 15 Resumen actuaciones mantenimiento [Fuente Elaboración propia]

9. Informe económico

Se realiza un informe económico para calcular el VAN y el TIR y por tanto valorar el rendimiento de la inversión en la planta. Actualmente las plantas fotovoltaicas tienen un mínimo de 20 años de vida útil por lo que calcularemos la viabilidad económica durante ese periodo.

Este tipo de instalaciones necesitan una alta inversión que se recupera con el tiempo y a partir del año 10 empieza a dar ganancia. Para realizar dicho cálculo debemos considerar por una parte el precio de la inversión, el precio medio de venta de la energía y el precio de mantenimiento anual de la instalación. Además, se tendrá en cuenta una degradación de los paneles de un 0,15% anual.

Dicho precio de mantenimiento engloba cualquier tipo de mantenimiento correctivo que se necesita hacer durante el año.

Presupuesto de ejecución	1.200.887,82 €
Importe mantenimiento anual	10.000 €
Precio de la energía	0,07€/kWh
Años estudio	20 años
Tasa de descuento	0,06

Tabla 16 Resumen datos análisis económico [Fuente Elaboración propia]

Para calcular el VAN (valor actual neto) se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Ecuación 1 Fórmula cálculo del VAN

Donde:

- I_0 : Inversión inicial
- F_t : Flujos de caja futuros (CashFlow)
- k : Tipo de interés mínimo esperado
- t : año

La fórmula para calcular la tasa interna de retorno (TIR) es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Ecuación 2 Fórmula cálculo del TIR

Donde se despejaría el TIR y en función del resultado que nos dé nos indica si es aceptable o no el proyecto.

- Si $TIR > k$ el proyecto es aceptable.
- Si $TIR = k$ el proyecto ni gana ni pierde por lo que se deberían ver otros factores externos.
- Si $TIR < k$ el proyecto genera pérdidas.

La tabla con los análisis de flujo sería la siguiente:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Energía producida anualmente[MWh/año] (degradación 0,15% anual)		2028,00	2024,96	2021,92	2018,89	2015,86	2012,84	2009,82	2006,80	2003,79	2000,79	1997,78	1994,79	1991,80	1988,81	1985,82	1982,85	1979,87	1976,90	1973,94	1970,98
Precio venta energía anual (precio medio venta energía 0,07€/kWh)		141.960,00 €	141.747,06 €	141.534,44 €	141.322,14 €	141.110,15 €	140.898,49 €	140.687,14 €	140.476,11 €	140.265,40 €	140.055,00 €	139.844,92 €	139.635,15 €	139.425,70 €	139.216,56 €	139.007,73 €	138.799,22 €	138.591,02 €	138.383,14 €	138.175,56 €	137.968,30 €
Gastos mantenimiento anual		10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
Inversión inicial	1.200.887,82																				
Cash Flow	-1.200.887,82	131.960,00 €	131.747,06 €	131.534,44 €	131.322,14 €	131.110,15 €	130.898,49 €	130.687,14 €	130.476,11 €	130.265,40 €	130.055,00 €	129.844,92 €	129.635,15 €	129.425,70 €	129.216,56 €	129.007,73 €	128.799,22 €	128.591,02 €	128.383,14 €	128.175,56 €	127.968,30 €
Saldo	-1.200.887,82	-1.068.927,82 €	-937.180,76 €	-805.646,32 €	-674.324,18 €	-543.214,03 €	-412.315,54 €	-281.628,40 €	-151.152,29 €	-20.886,89 €	109.168,11 €	239.013,02 €	368.648,17 €	498.073,87 €	627.290,43 €	756.298,16 €	885.097,38 €	1.013.688,40 €	1.142.071,54 €	1.270.247,10 €	1.398.215,40 €

Tabla 17 Análisis de flujos para la planta [Fuente Elaboración propia]

Se puede observar que en cuanto a análisis de flujos a partir del año 10 ya se recuperaría la inversión y empezaría a haber ganancias.

Utilizando la Ecuación 1 se calculará el VAN para 20 años con una tasa de descuento de 0,08 y se obtiene:

$$\text{VAN} = 1.141.896,42\text{€}$$

Al ser este valor positivo indica que la inversión en el proyecto es rentable y por tanto se recomienda la realización de dicho proyecto.

Aplicando la Ecuación 2 se calculará el TIR y se obtendrá el siguiente valor:

$$\text{TIR} = 8,89\%$$

Como el TIR es mayor que la tasa de descuento indica que el proyecto es rentable, siendo la rentabilidad mayor que el coste del capital que se ha invertido.

Tras el análisis económico realizado se concluye que es rentable la instalación de la planta solar fotovoltaica y por tanto el presente proyecto.

ANEXO I CÁLCULOS PVSYSY

1. Introducción

De cara a poder realizar la simulación en el programa PVSYSY de las 4 opciones planteadas se deben fijar diferentes parámetros y su localización. La mayoría de los parámetros los compartirán las 4 opciones y en la definición del sistema es dónde encontraremos la diferencia.

2. Configuración del proyecto

La ubicación de la planta fotovoltaica será en una parcela de terreno rústico en las afueras. Dicha parcela es de césped y tierra por lo que el valor de albedo lo definiremos como 0,20.

The screenshot shows the 'Configuración del proyecto' window with the 'Albedo' tab selected. The 'Valores mensuales' section shows 12 input boxes, all containing '0.20'. The 'Establecer un valor común' section shows a 'Valor común' input box with '0.20' and a checked 'Establecer' button. The 'Valores habituales para albedo' section contains a table with the following data:

Situación	Albedo
Situación urbana	0.14 - 0.22
Césped	0.15 - 0.25
Hierba fresca	0.26
Nieve fresca	0.82
Nieve húmeda	0.55 - 0.75
Asfalto seco	0.09 - 0.15
Asfalto mojado	0.18
Concreto	0.25 - 0.35
Tejas rojas	0.33
Aluminio	0.85
Nuevo acero galvanizado	0.35
Acero galvanizado muy su	0.08

Tabla PVSYSY 1 Valores Albedo [Fuente PVSYSY]

El resto de las configuraciones del proyecto se dejarán con los valores predeterminados ya que se adecúan a las necesidades requeridas en la planta.

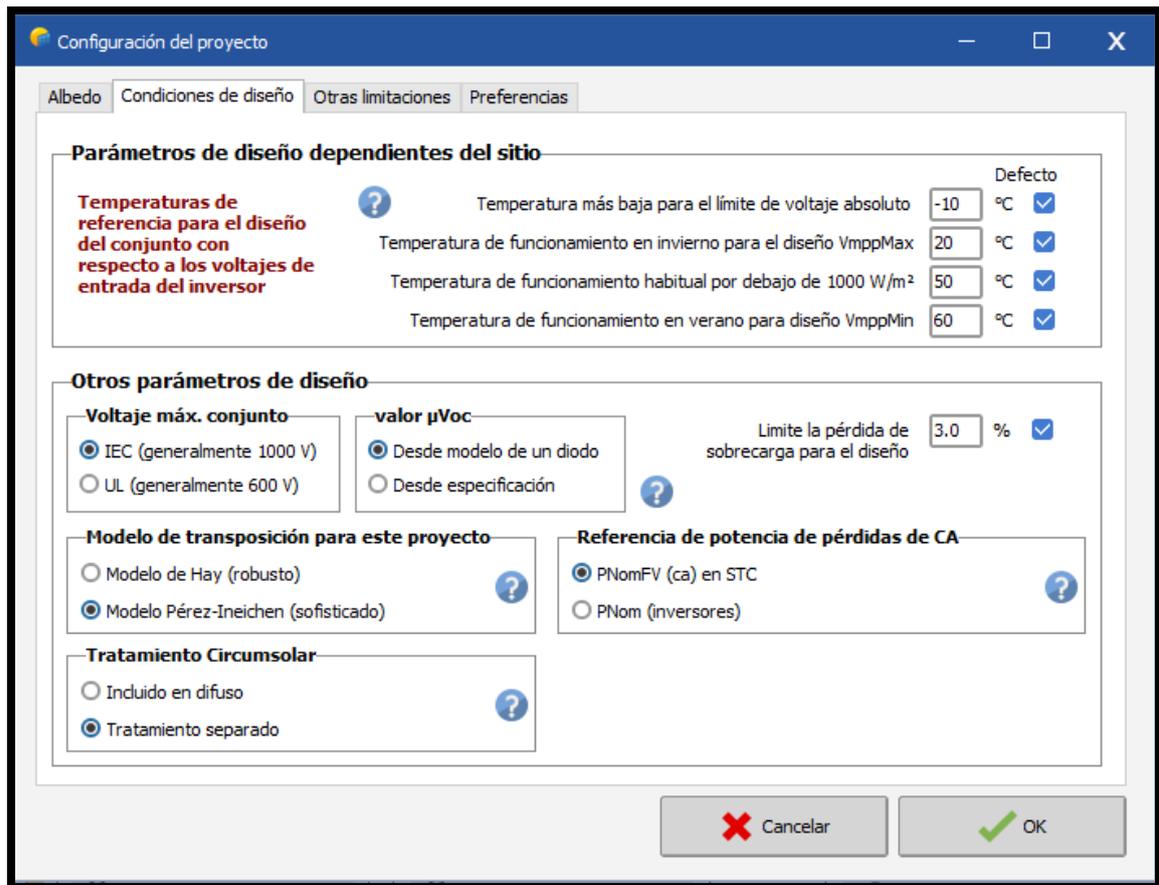


Tabla PVSYST 2 Condiciones de diseño [Fuente PVSYST]

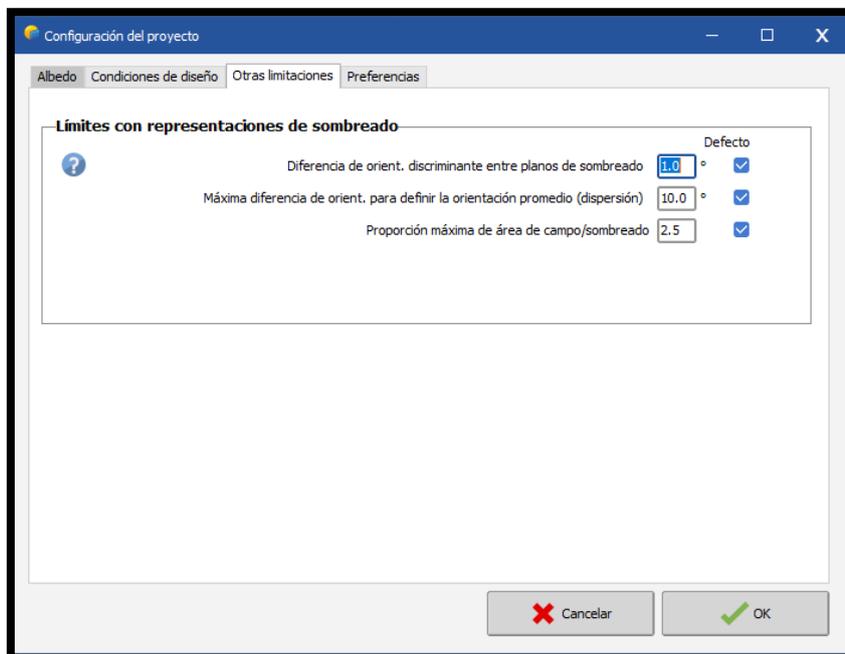


Tabla PVSYST 3 Otras limitaciones [Fuente PVSYST]

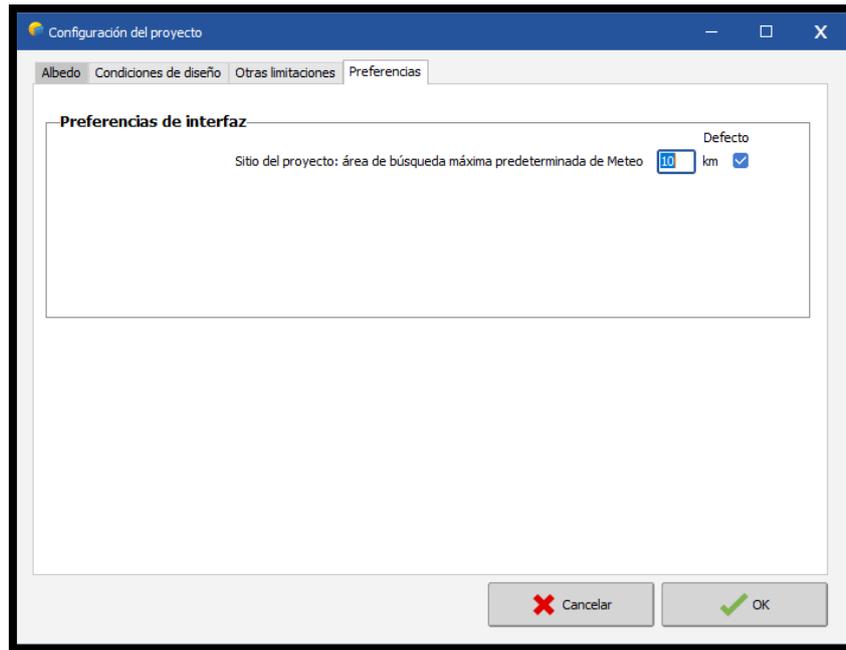


Tabla PVSYST 4 Preferencias [Fuente PVSYST]

3. Parámetros sitio geográfico

Una vez definido la configuración del proyecto se debe introducir la localización del proyecto al programa. Como se indicó anteriormente la localización será a las afueras de Mataporquera.

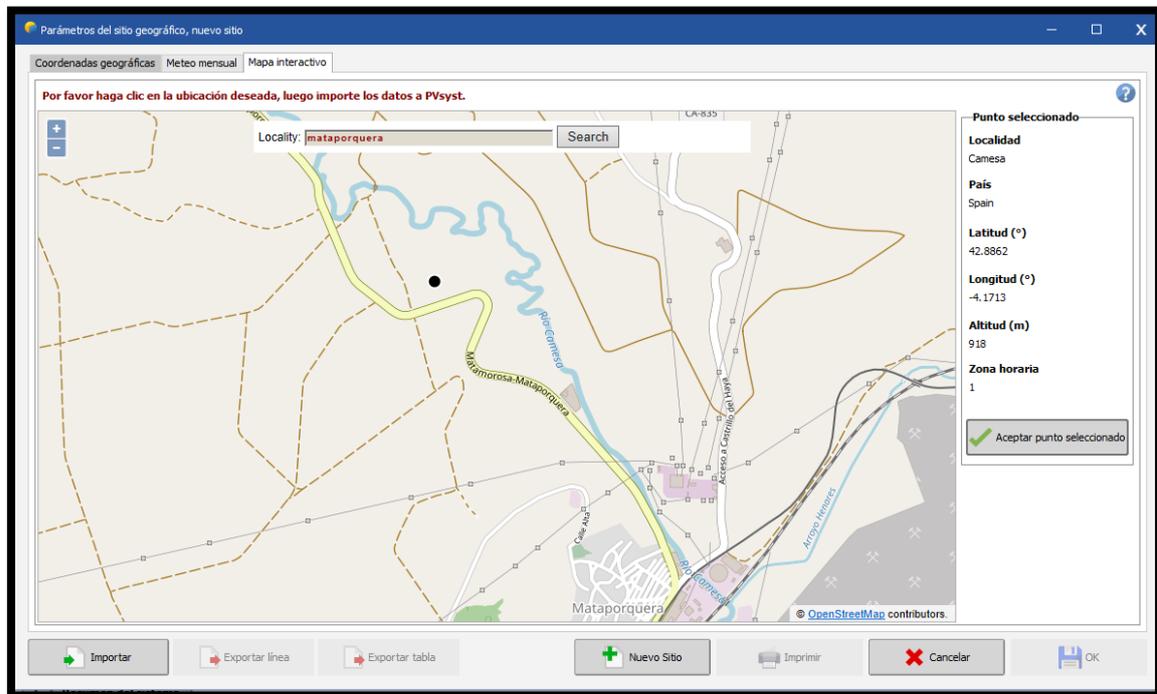


Tabla PVSYST 5 Mapa interactivo [Fuente PVSYST]

Con la ubicación y sus coordenadas geográficas introducidas se debe importar los datos de meteo mensuales. Para ello se utilizará la herramienta PVGIS TMY.

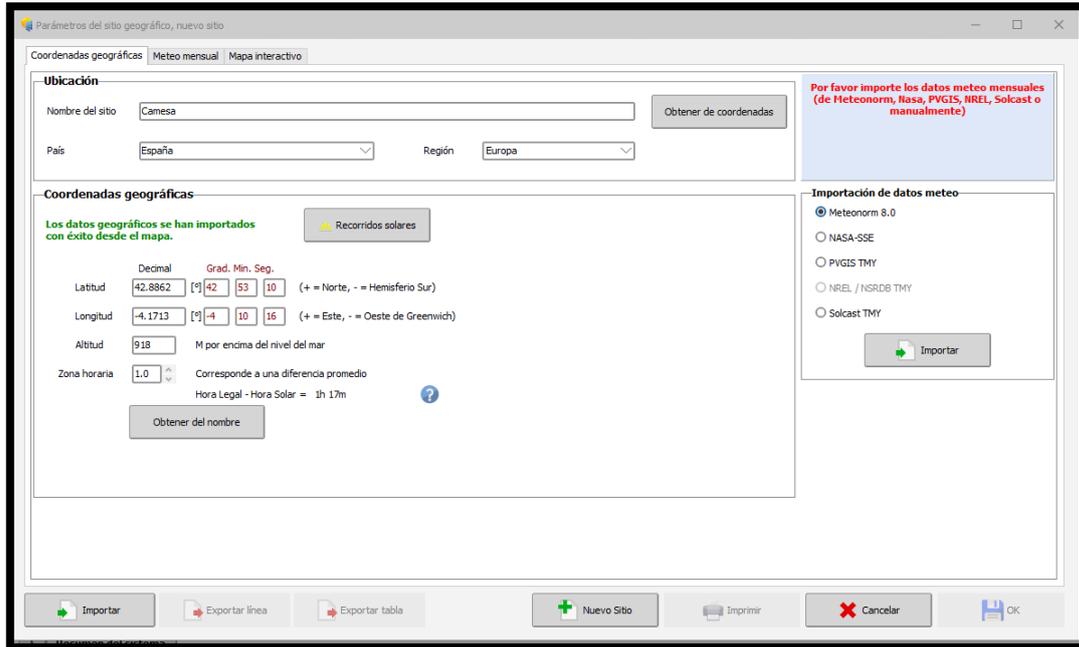


Tabla PVSYST 6 Coordenadas geográficas e importación de datos meteo mensuales [Fuente PVSYST]

Dicha herramienta nos muestra la irradiación horizontal global de cada mes, la irradiación difusa horizontal, temperaturas medias, velocidad del viento y humedad relativo entre otros datos. Todos estos valores serán los necesarios para las posteriores simulaciones del sistema.

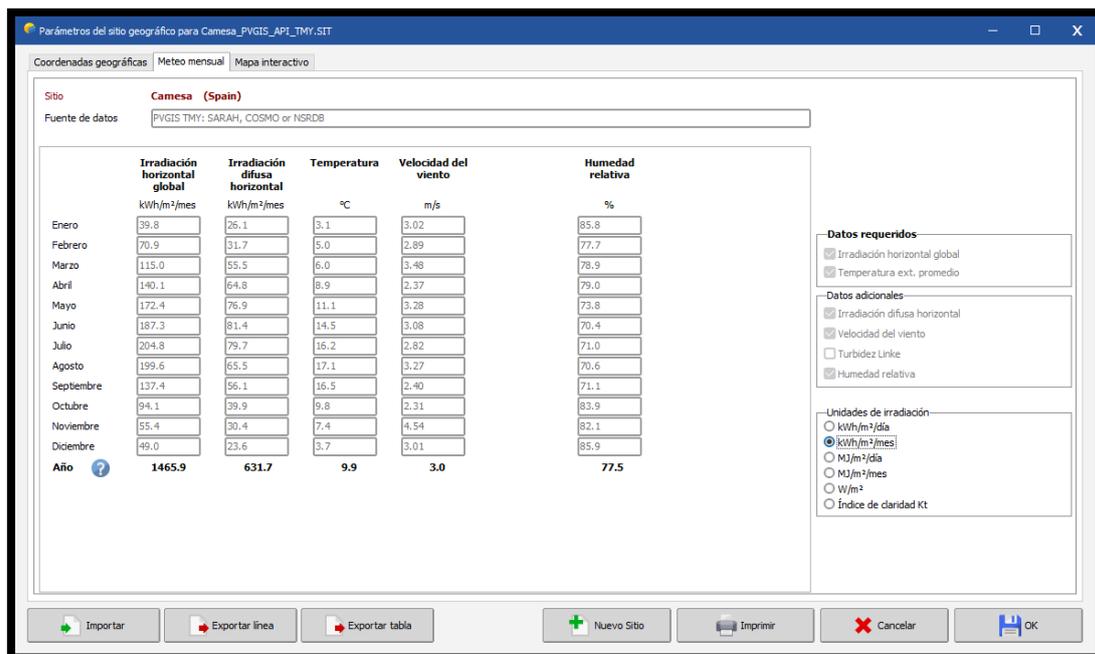


Tabla PVSYST 7 Meteo mensual PVGIS TMY [Fuente PVSYST]

En función de los datos históricos la trayectoria solar a lo largo del año en la zona será la siguiente. Estos gráficos solares representan en dos dimensiones los recorridos del sol en el domo celeste y son necesarios de cara a estudiar los ángulos de incidencia y posibles sombras.

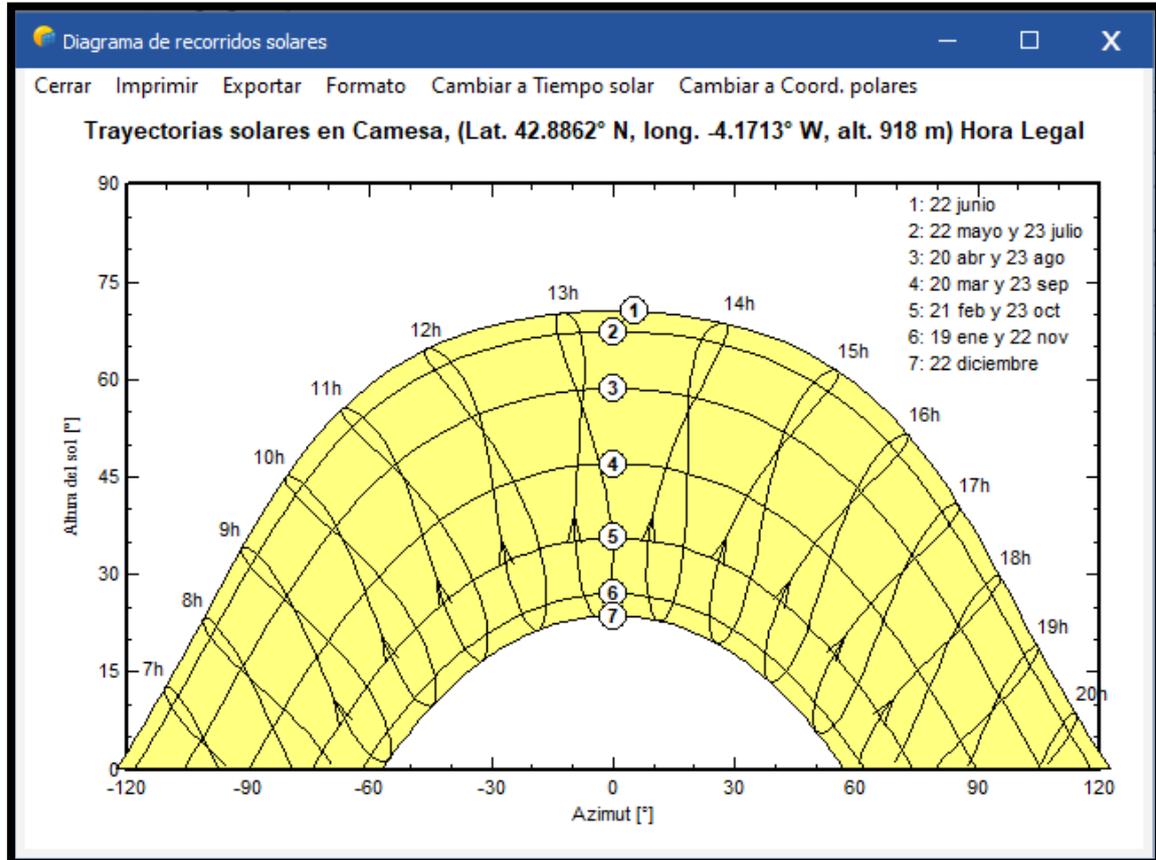


Tabla PVSYST 8 Recorridos solares [Fuente PVSYST]

El próximo paso a seguir será definir el ángulo plano inclinado de los paneles fotovoltaicos. Al ser una planta solar y por tanto tener como objetivo vender la energía anual producida nos interesa el ángulo óptimo para todo el año. En este caso, al ser paneles solares fijos en el tipo de campo elegiremos plano inclinado fijo.

La parcela es grande y no tiene sombras cercanas, por lo que se pueden orientar los paneles de la forma óptima sin impedimentos que en este caso sería al Sur con un ángulo azimut de 0°.

Por otro lado, Mataporquera tiene una latitud de 42,55° por lo que los valores recomendados de inclinación de los paneles estarán entre 30° y 40° (unos 10° menos que la latitud) de cara a maximizar los valores anuales. Se define el ángulo por tanto de 35° que sería el ángulo óptimo minimizando las pérdidas.

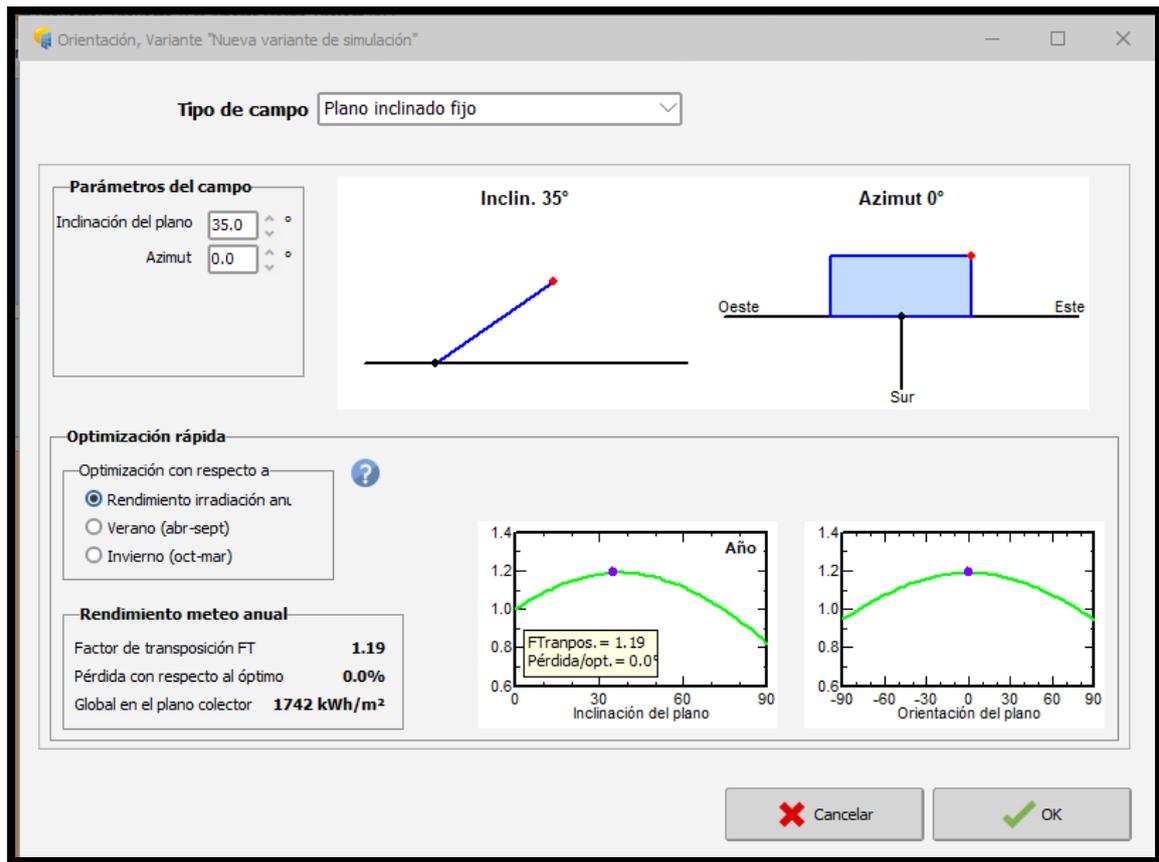


Tabla PVSYS 9 Ángulo plano inclinado fijo [Fuente PVSYS]

4. Definición de sistema de red

Tras definir los parámetros del proyecto y la localización (estos son comunes para las cuatro opciones planteadas) se deben fijar los elementos del sistema de cada una de las opciones.

Para ello seleccionaremos en la base de datos del programa los elementos que habíamos fijado en cada opción.

Opción	Paneles	Inversor
1	3.168 paneles policristalinos CS3W-440P	1 inversor FreeSun FS1390 HES
2	3.168 paneles monocristalinos CS3W-440MS.	1 inversor FreeSun FS1390 HES
3	3.164 paneles policristalinos CS3W-440P	3 inversores FreeSun FS0460 HES
4	3.164 paneles monocristalinos CS3W-440MS.	3 inversores FreeSun FS0460 HES

Tabla 18 Resumen diferentes opciones sistema [Fuente Elaboración propia]

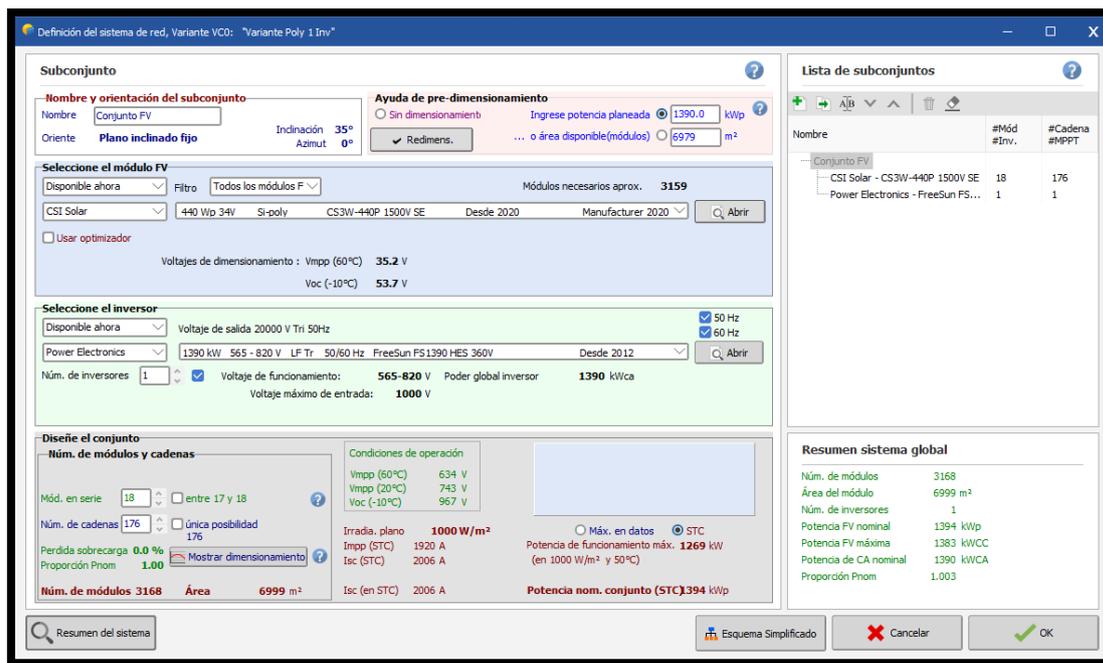


Tabla PVSYS 10 Definición sistema [Fuente PVSYS]

5. Sombreados lejanos y cercanos paneles

El último paso antes de realizar la simulación será el de establecer los posibles sombreados que pueden aparecer en los paneles y la separación entre paneles óptima. Para ello se dibujarán los paneles y los edificios anexos (inversor, cuarto mantenimiento, transformador) en el programa. Al disponer de una parcela de grandes dimensiones y con mismas características en cada lugar de ella, se elegirá una formación rectangular debido a que es lo óptimo tanto en términos de sombreados como de longitud de cableado, etc.

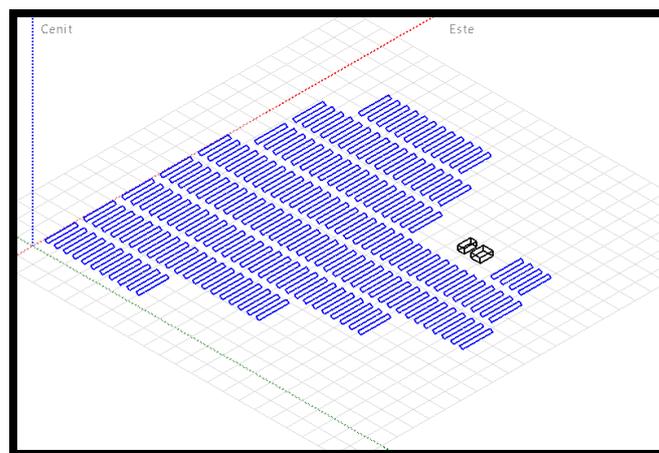


Tabla PVSYS 11 Sombreados paneles [Fuente PVSYS]

Entre los paneles debe haber una separación exacta para evitar que puedan aparecer sombras entre los paneles adyacentes y por tanto reducir la producción de la planta. Una separación corta ocasionará sombras mientras que una separación demasiado grande provocará que la planta solar tenga mayores dimensiones y por tanto se ocasionen mayores costes de cableado, cerco del perímetro, etc.

Para calcular dicha separación mínima, se realizará de dos formas diferentes de cara a comparar resultados y asegurarnos que el valor es óptimo.

Longitud de paneles (L)	Latitud del lugar (α)	Ángulo inclinación de los paneles (β)
2,12 m	42,55 °	35 °

Tabla 19 Valores inclinación paneles [Fuente Elaboración propia]

La primera forma de cálculo es a mano siguiendo las fórmulas indicadas por el fabricante.

$$d = k * h$$

Ecuación 3 Fórmula distancia entre paneles

donde k es un coeficiente dado por:

$$k = \frac{1}{\tan(61 - \alpha)} = 2,9973$$

Ecuación 4 Fórmula coeficiente k

y h es la altura máxima del obstáculo, que será el de la proyección vertical de la longitud del panel:

$$h = L_{\text{paneles}} * \sin \beta = 1,2159$$

Ecuación 5 Fórmula altura vertical panel

Por lo que la distancia mínima entre paneles despejando en la Ecuación 3 será de:

$$d = 3,64 \text{ m}$$

De cara a ser un tema crítico a la hora de asegurar una máxima producción en la planta, se deben comprobar que los cálculos son correctos y por tanto se introducirán los datos en la calculadora Monsolar.

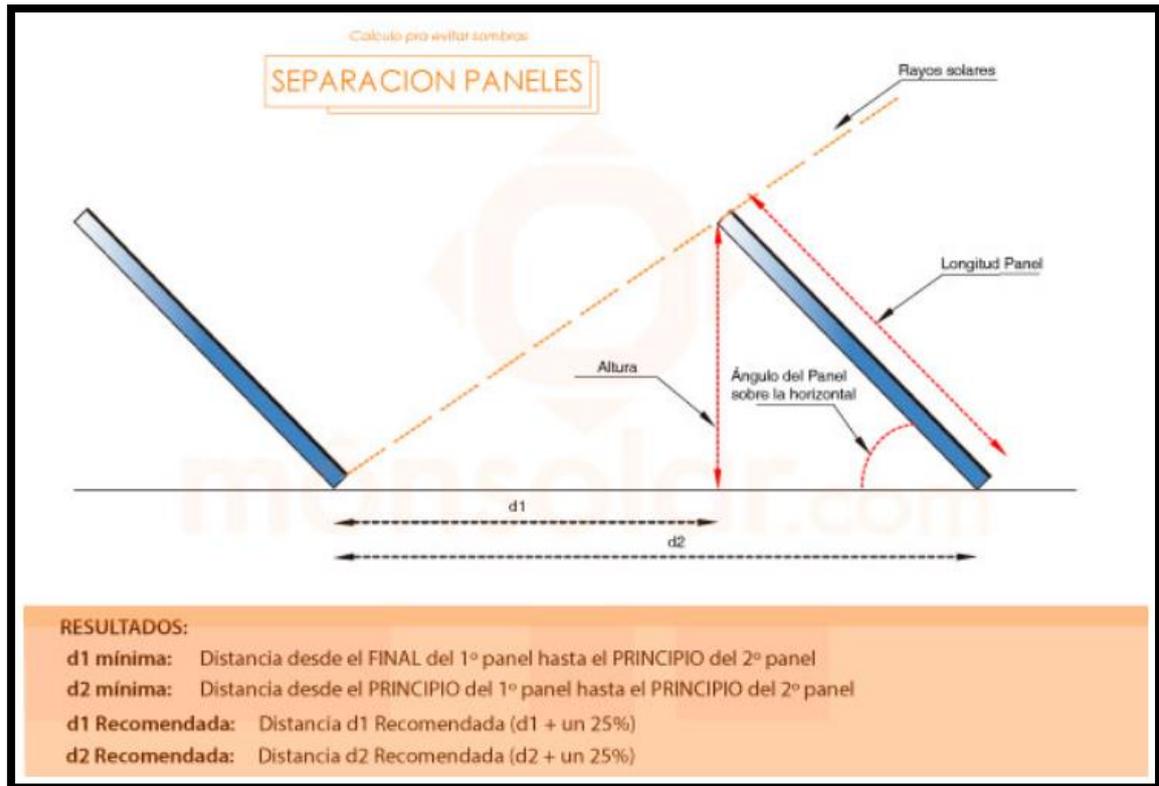


Ilustración 17 Esquema cálculo separación paneles [Fuente calculadora Monsolar]

Tipo de Tejado	Ángulo de inclinación tejado (Ángulos en positivo)	Latitud del lugar	Longitud del panel en metros	Ángulo del panel sobre la Horizontal	d1 mínima	d1 Recomendada	d2 mínima	d2 Recomendada
Horizontal	0	42.55	2.12	35	2.738	3.422	4.474	5.593

Ilustración 18 Resultados cálculo separación paneles [Fuente calculadora Moonsolar]

En este caso se obtiene como la distancia mínima recomendada $d1 = 3,42 \text{ m}$

Viendo los valores obtenidos de distancia mínima y de cara a asegurar el rendimiento máximo la planta se establece que la distancia entre paneles será de 4m que se introducirá en el programa.

Por último, con la ayuda de la herramienta PVGIS, integrada dentro del programa PVSYST, se obtiene la línea de horizonte y el sombreado que aparece sobre la planta durante un día. Se puede observar que este sombreado solo interviene en las primeras y últimas horas del día que es cuando el sol está saliendo y poniendo y por tanto está más bajo en el horizonte.

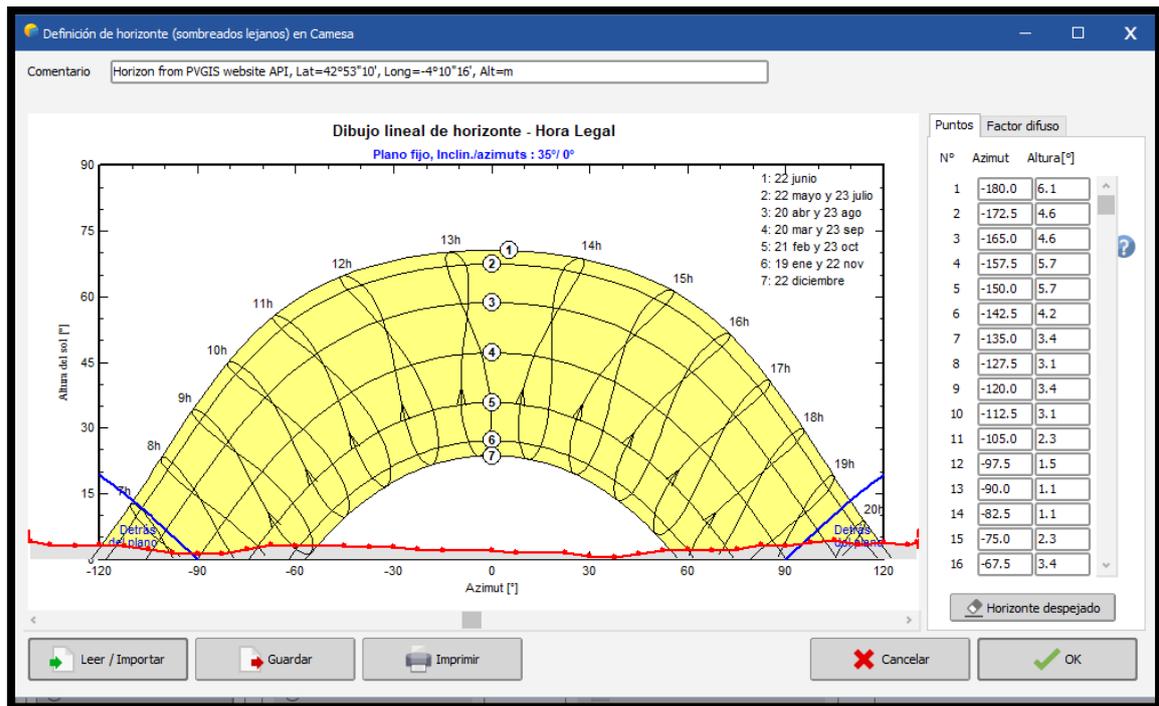


Tabla PVSYS 12 Definición de sombreados lejanos en las coordenadas [Fuente PVSYS]

Además de la producción de energía de la planta, se debe tener en cuenta el consumo que se produce en la planta diariamente de los diferentes elementos instalados, para así calcular el balance neto de energía producida y vertida a la red.

Tipo de perfil de carga

- Sin autoconsumo
- Consumo constante fijo
- Valores mensuales

Consumo constante fijo

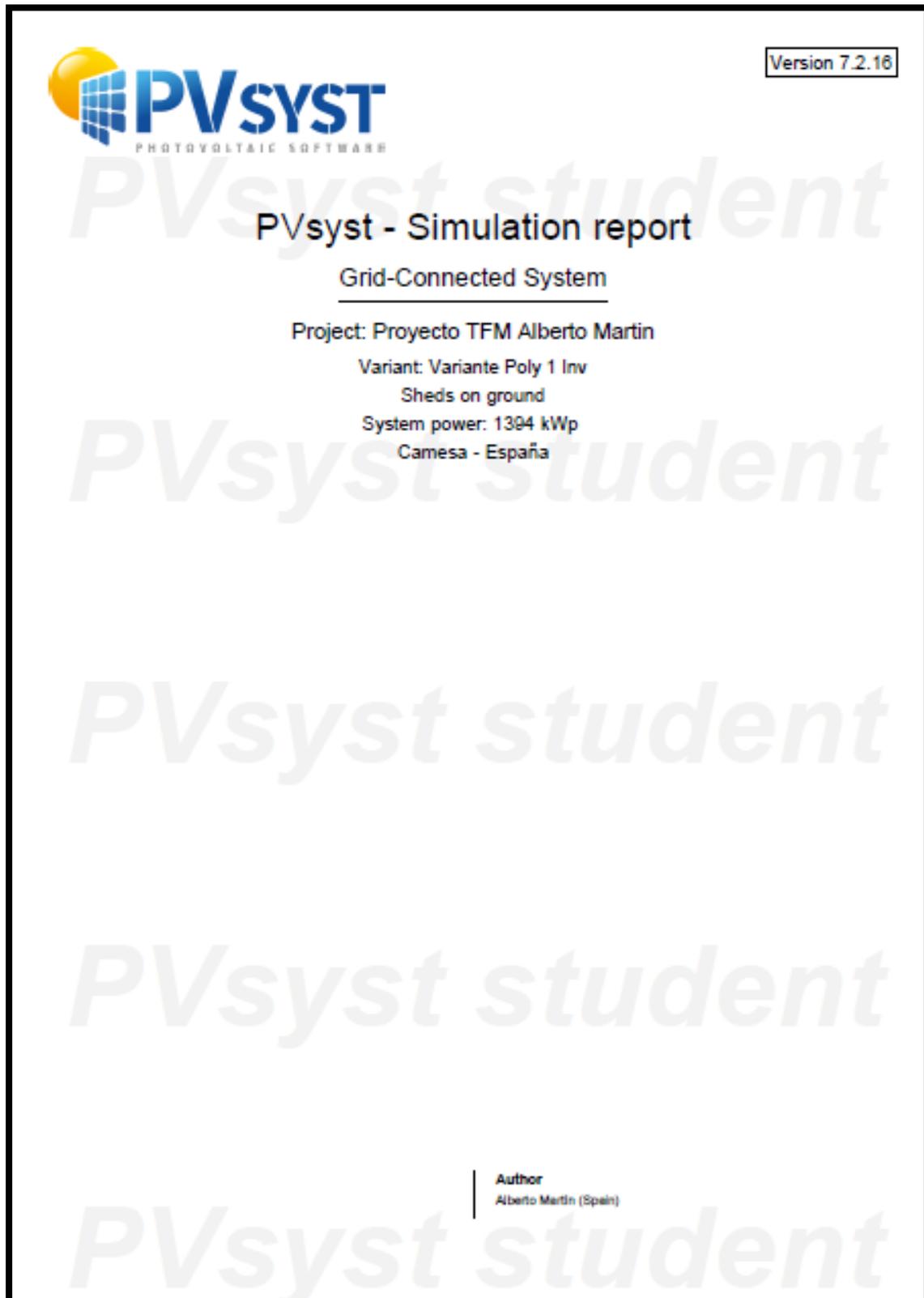
Consumo fijo: kW kWh/año MWh/año

Tabla PVSYS 13 Sumatorio Consumos Auxiliares [Fuente PVSYS]

Una vez introducidos todos los datos se debe realizar la simulación del sistema y se obtendrá el informe con los resultados:

En este caso se adjunta el informe completo de la opción seleccionada 1 y el resumen de las otras tres opciones.

6. Informe simulación PVSYST Opción 1





Project: Proyecto TFM Alberto Martin

Variant: Variante Poly 1 Inv

Alberto Martin (Spain)

PVsyst V7.2.18
 VCO, Simulation date:
 17/06/22 02:40
 with v7.2.18

Project summary

Geographical site	Situation	Project settings
Camera España	Latitude 42.89 °N Longitude -4.17 °W Altitude 918 m Time zone UTC+1	Albedo 0.20
Meteo data		
Camera PVGIS apl TMY		

System summary

Grid-Connected System	Sheds on ground	User's needs
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 35 / 0 °	Near Shadings Linear shadings	Fixed constant load 7.50 kW Global 65.7 MWh/Year
System Information		
PV Array	Inverters	
Nb. of modules 3188 units Prom total 1394 kWp	Nb. of units Prom total 1390 kWac Prom ratio 1.003	1 unit

Results summary

Produced Energy 2028 MWh/year	Specific production 1455 kWh/Wp/year	Perf. Ratio PR 85.08 %
Used Energy 66 MWh/year		Solar Fraction SF 48.36 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Horizon definition	4
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Main results	6
Loss diagram	7
Special graphs	8
CO ₂ Emission Balance	9

17/06/22

PVsyst Student License for Alberto Martin (Spain)

Page 2/9



Project: Proyecto TFM Alberto Martin

Variant: Variante Poly 1 Inv

Alberto Martin (Spain)

PVsyst V7.2.18
 VC0, Simulation date:
 17/06/22 02:40
 with v7.2.18

General parameters

Grid-Connected System		Sheds on ground	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	
Fixed plane		Nb. of sheds	176 units
Tilt/Azimuth	35 / 0 °	Sizes	
		Sheds spacing	5.73 m
		Collector width	2.12 m
		Ground Cov. Ratio (GCR)	98.9 %
		Shading limit angle	
		Limit profile angle	16.9 °
Horizon		Near Shadings	
Average Height	3.0 °	Linear shadings	
		User's needs	
		Fixed constant load	7.50 kW
		Global	65.7 MWh/Year

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	CS3W-440P 1500V SE	Model	FreeSun FS1300 HES 360V
<small>(Original PVsyst database)</small>		<small>(Original PVsyst database)</small>	
Unit Nom. Power	440 Wp	Unit Nom. Power	1300 kWac
Number of PV modules	3168 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	1394 kWp	Total power	1390 kWac
Modules	176 Strings x 18 In series	Operating voltage	565-820 V
At operating cond. (50°C)		Prom ratio (DC:AC)	1.00
Pmpp	1269 kWp		
U mpp	681 V		
I mpp	1820 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	1394 kWp	Total power	1390 kWac
Total	3168 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	6969 m²	Prom ratio	1.00

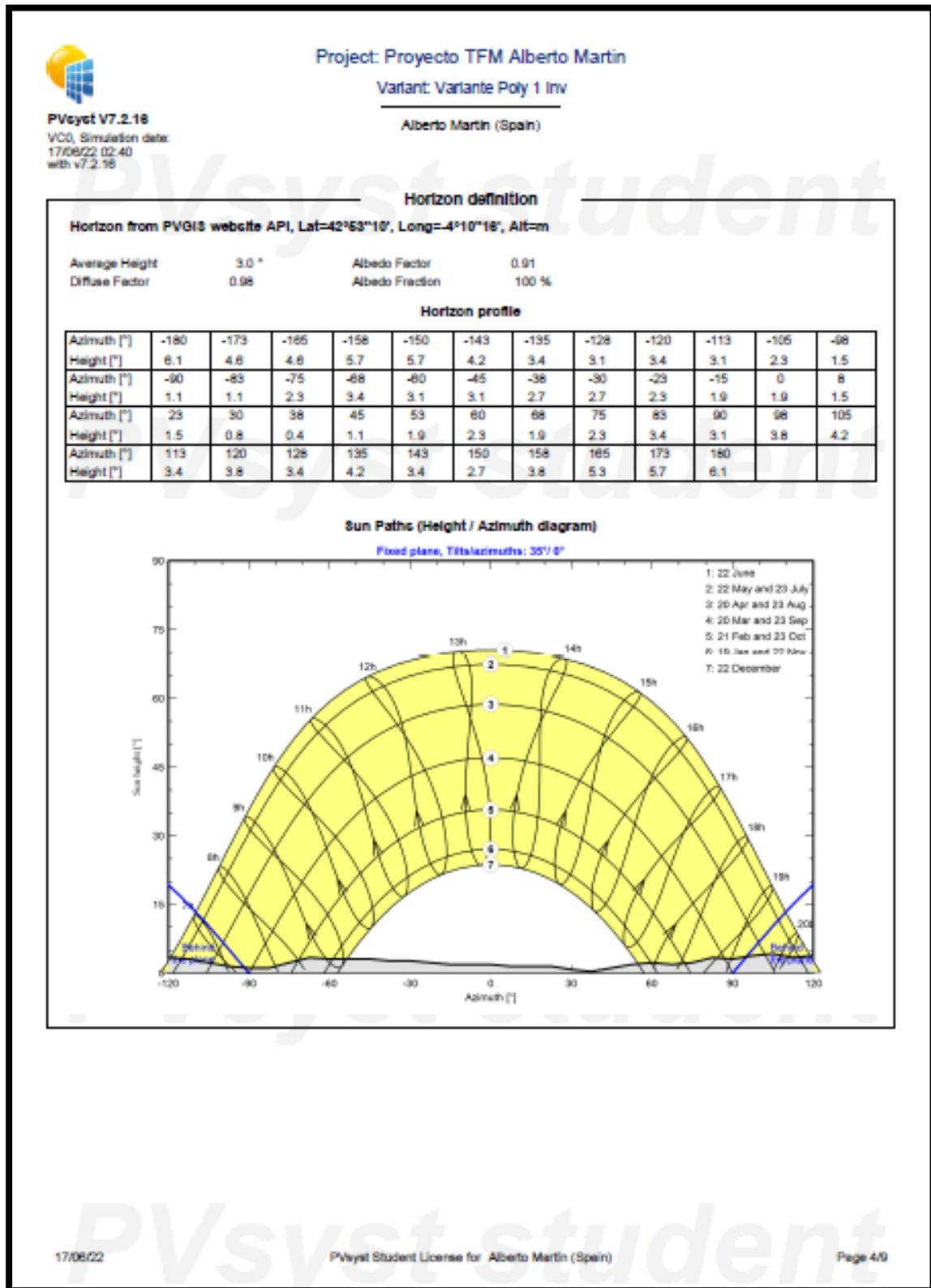
Array losses

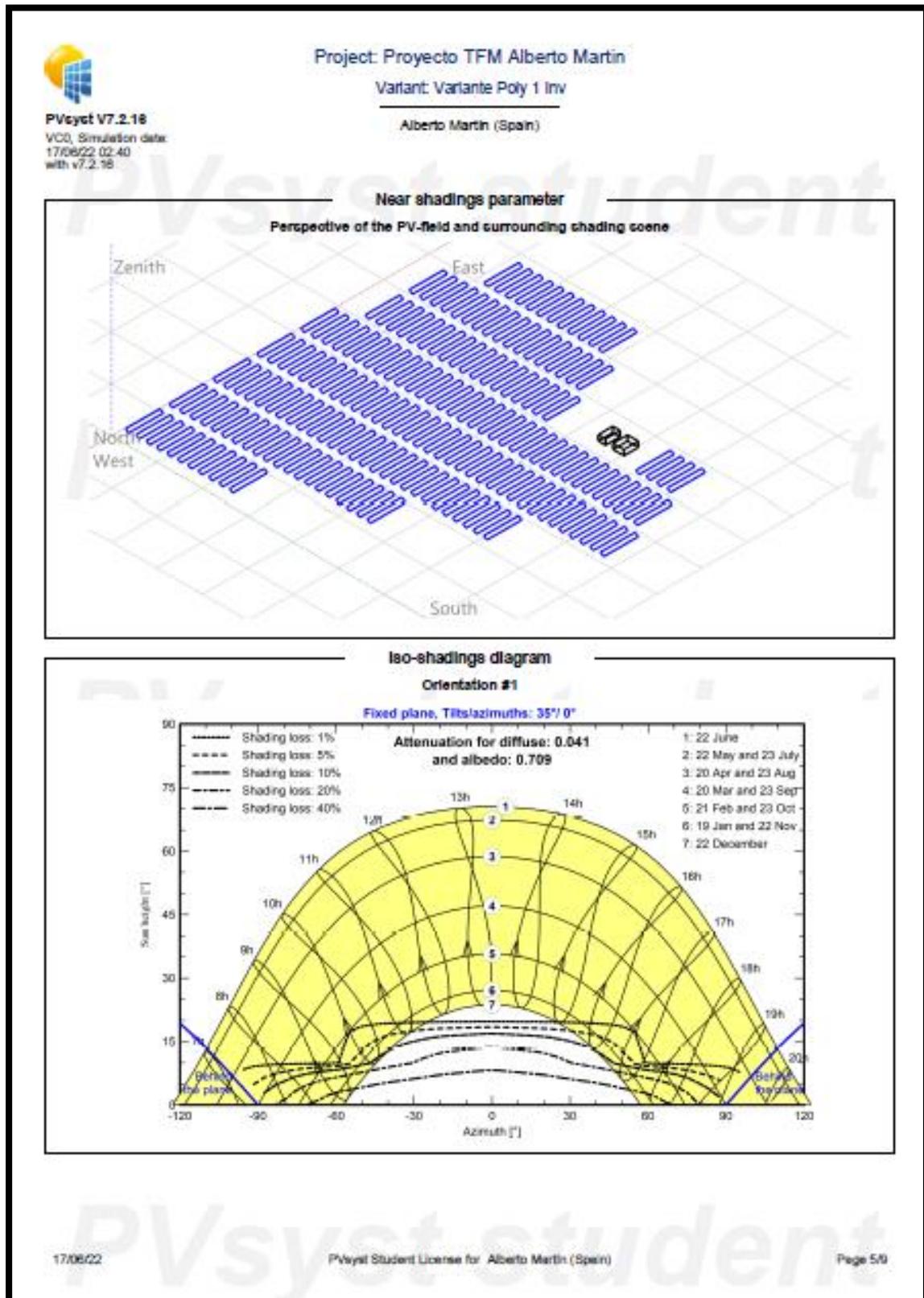
Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	5.7 mΩ	Loss Fraction	-0.6 %			
Uc (corrct)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.988	0.970	0.917	0.783	0.000

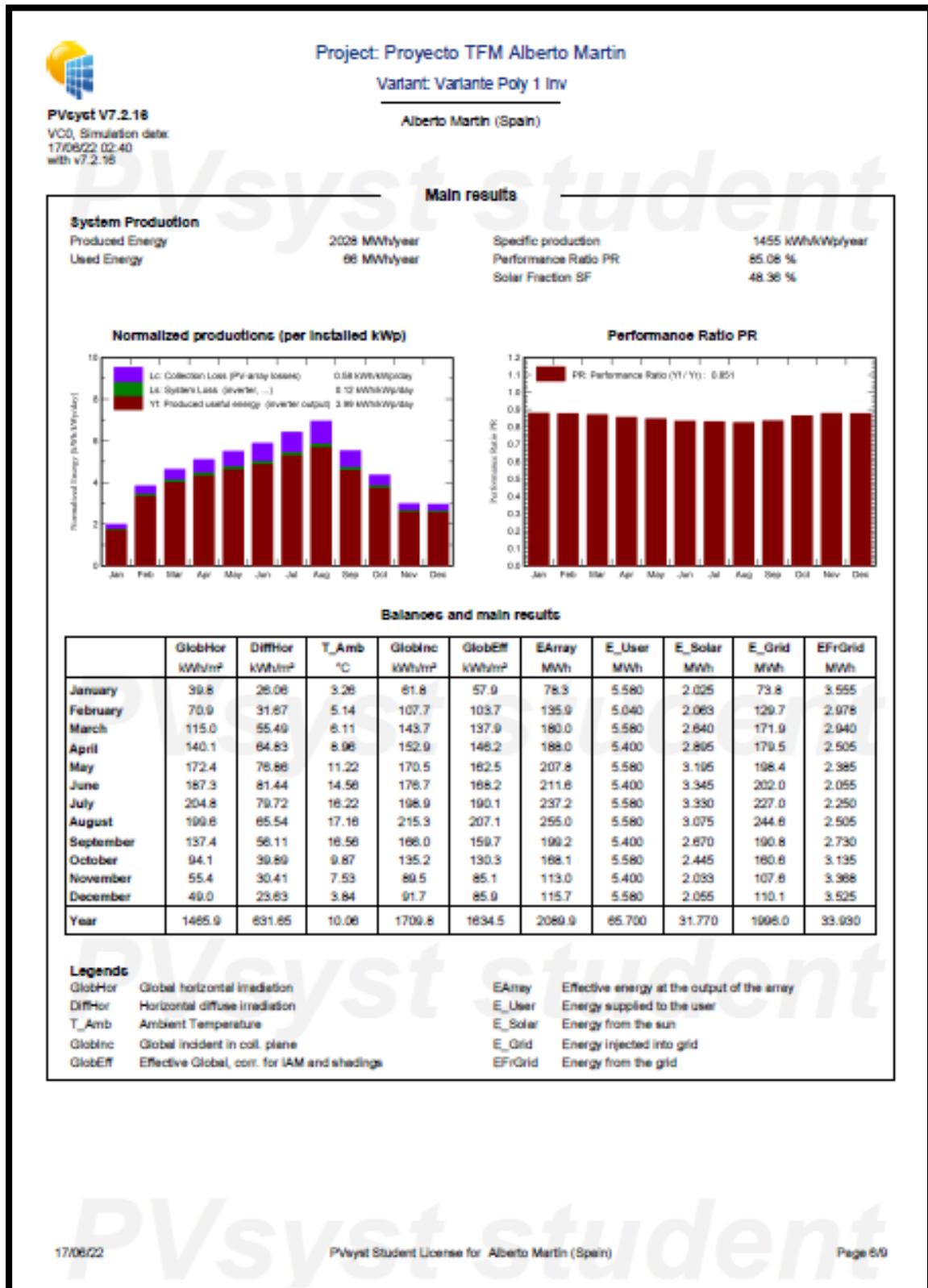
17/06/22

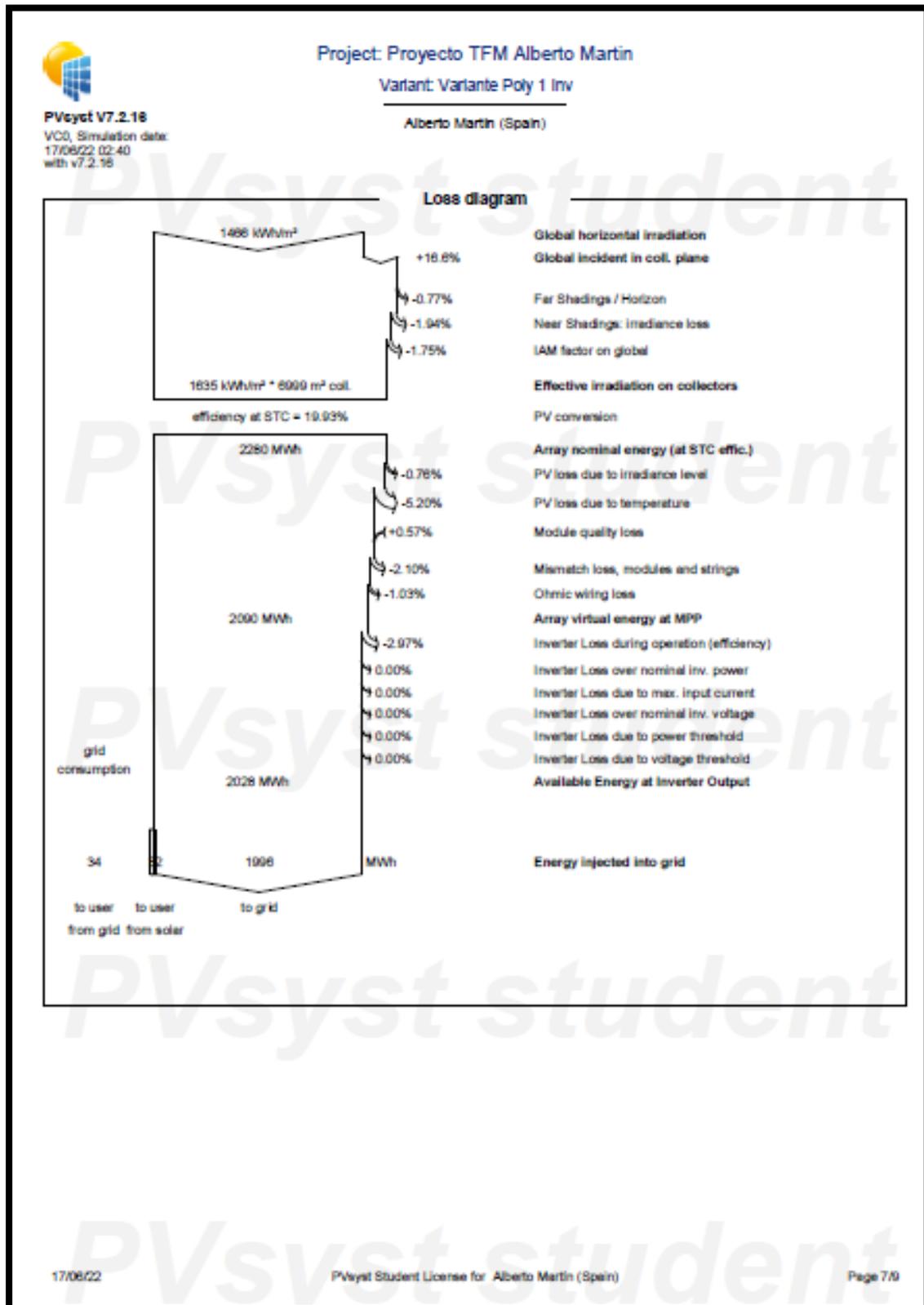
PVsyst Student License for Alberto Martin (Spain)

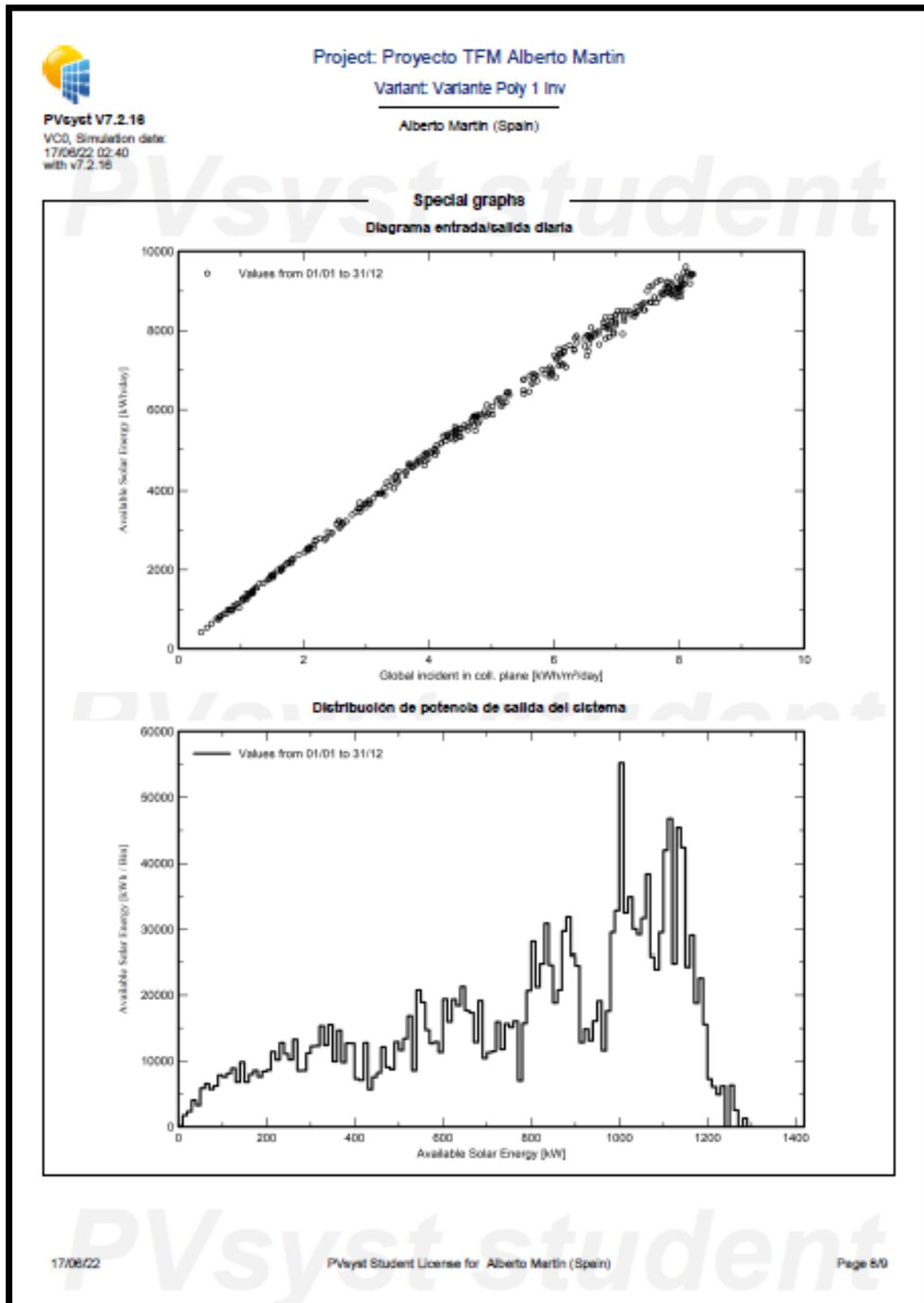
Page 3/0



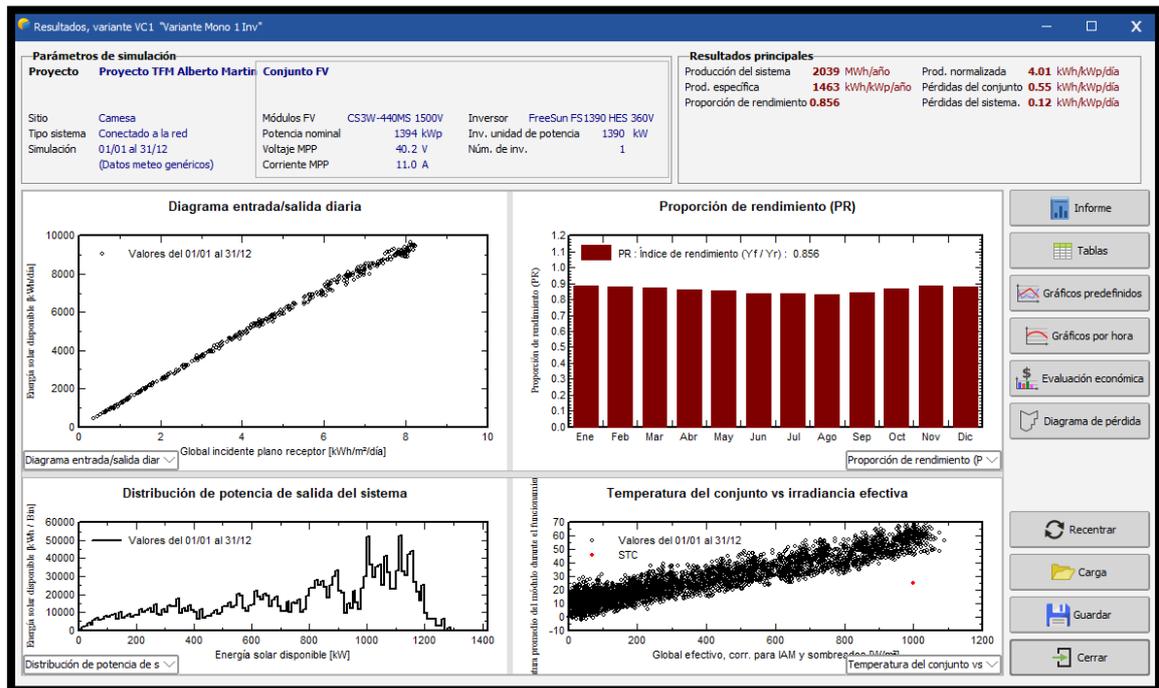




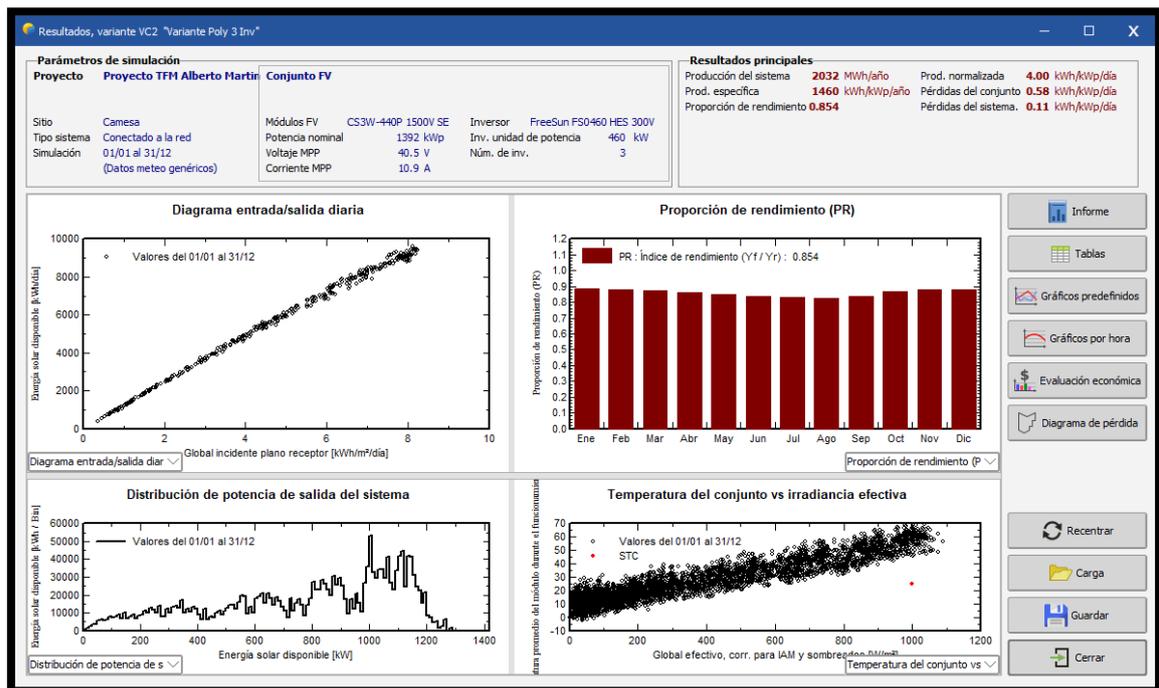




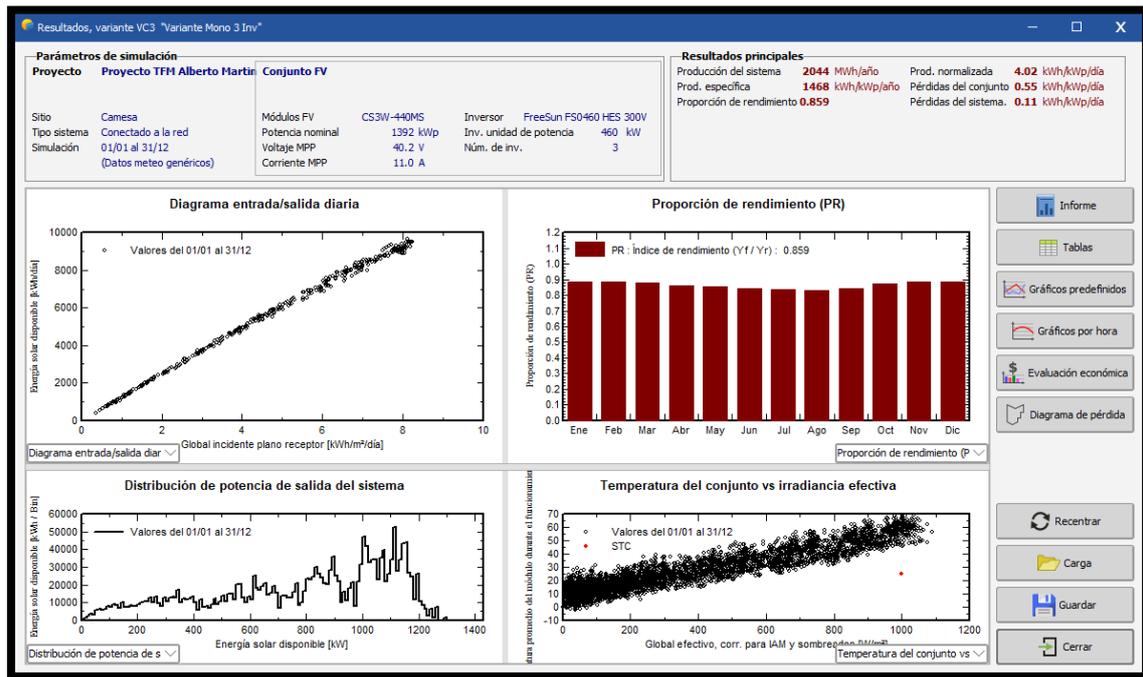
7. Resumen Opción 2



8. Resumen Opción 3



9. Resumen Opción 4



ANEXO II CÁLCULOS ELÉCTRICOS

1. Introducción

En el presente anexo se detallarán los cálculos eléctricos necesarios para diseñar y dimensionar el resto de los elementos necesarios en una planta fotovoltaica (número de módulos por cadena, número de cadenas, cableado eléctrico, instalación puesta a tierra, canalizaciones eléctricas, etc.)

2. Dimensionado del sistema fotovoltaico

De cara a poder simular el sistema en el programa PVSYST, se debe dimensionar el número de módulos en serie y número de cadenas de las que constará.

Se parte de los datos de partida indicados en la Tabla 5 y Tabla 9.

El número máximo de módulos conectados en serie de cada cadena vendrá limitado por la tensión máxima de entrada al inversor. Para calcularlo, se tendrá en cuenta la tensión en circuito abierto (V_{oc}) del módulo cuando la temperatura del módulo es mínima.

$$N_{\max} = \frac{V_{\max inv}}{V_{oc}(-10^{\circ}C)}$$

Ecuación 6 Fórmula número máximo módulos conectados en serie

Se estima una temperatura mínima de $-10^{\circ}C$ como umbral extremo de los cálculos, debido a que en dicha ubicación es utópico que a una temperatura ambiente de $-10^{\circ}C$ se tenga una radiación de $1.000W/m^2$ (Gref, irradiación plana de referencia).

$$V_{oc}(-10^{\circ}C) = V_{oc} + \alpha * (T_1 - T_{op})$$

Ecuación 7 Fórmula Tensión circuito abierto en función T

Donde α : coeficiente de temperatura para V_{oc} ($V/^{\circ}C$) y T_{op} la temperatura de referencia de operación.

Aplicando la Ecuación 6 y la Ecuación 7 se obtienen los siguientes resultados:

$$V_{oc}(-10^{\circ}C) = 48,70 V + (-0,146 V/^{\circ}C) * (-10^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$V_{oc}(-10^{\circ}C) = 48,70 V + 5,11 V = 53,81 V$$

$$N_{\max} = \frac{V_{\max inv}}{V_{oc}(-10^{\circ}C)} = \frac{1000 V}{53,81 V} = 18,58$$

Tras los cálculos realizados, se obtiene un número máximo de módulos conectados en serie en cada cadena de 18,58. Como dicho número debe ser entero y para estar del lado de la seguridad se colocarán los módulos en cadenas de 18 módulos en serie cada

una. Este dato coincide con la recomendación del programa PVSYST que indica entre 17 y 18 módulos en serie por cadena para esta configuración módulos-inversor. Además, se elige un número par de cara a la simplicidad que se obtendrá a la hora de diseñar las estructuras de soporte ya que están tendrán dos módulos de altura.

Una vez calculados el número de módulos de cada cadena, se procederá a calcular el número de cadenas en paralelo para comprobar si el inversor es adecuado. El número de cadenas en paralelo se determina como el cociente entre la corriente de entrada máxima del inversor y la corriente máxima del panel fotovoltaico. Dicha corriente es proporcional a la Temperatura por lo que para calcular dicha corriente planteamos el escenario más desfavorable que sería con una temperatura ambiente de 40°C y a una irradiación referencia de 1.000W/m² (Gref).

$$N_{max \text{ cadenas inversor}} = \frac{I_{DC \text{ max inversor}}}{I_{scmax}}$$

Ecuación 8 Fórmula Número cadenas máximas inversor

$$T^a_{célula} = T^a_{ambiente} + (TONC - 20^0) * \frac{Gref}{800}$$

Ecuación 9 Fórmula Temperatura de la célula

Se define TONC como la temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m², la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento de 1 m/s. En este caso se define de 40°C y se aplica la Ecuación 9

$$T^a_{célula} = 40^0C + (40^0C - 20^0C) * \frac{1000}{800} = 65^0C_{Iscmax}$$

$$I_{scmax} = I_{sc} + \alpha (T^a_{célula} - 25^0C)$$

Ecuación 10 Fórmula Intensidad cortocircuito máxima

Donde α : Coeficiente de temperatura para Isc (mA/°C)

Se sustituye en la Ecuación 8 y Ecuación 10:

$$I_{scmax} = 11,40 A + 0,0057 (65^0C - 25^0C) = 11,62 A$$

$$N_{max \text{ cadenas inversor}} = \frac{I_{DC \text{ max inversor}}}{I_{scmax}} = \frac{2500}{11,62} = 215,14 \text{ cadenas}$$

En cuanto a términos de intensidad máxima el número de cadenas máximo de este tipo de módulos fotovoltaicos para este inversor sería de 215 cadenas.

Sin embargo, se debe también tener en cuenta la potencia máxima admisible del inversor. Como antes se definió que cada cadena estará formada por 17 módulos fotovoltaicos se debe tener en cuenta la potencia pico de cada cadena.

$$N_{\text{cadenas inversor}} = \frac{P_{\text{inv}}}{P_{\text{cadena}}} = \frac{1.390.000}{18 * 440} = 175,50 \text{ cadenas}$$

Ecuación 11 Fórmula número cadenas inversor en función Potencia

Por tanto, y siguiendo la premisa de que el inversor siempre tiene que estar trabajando a máximo rendimiento y la potencia pico instalada ser de mayor valor que la potencia nominal del inversor, se decide instalar 176 cadenas.

En definitiva, los módulos fotovoltaicos quedan distribuidos en 176 cadenas de 18 módulos cada una de ellas. Estos datos calculados, coinciden con los obtenidos en el programa PVSYST.

3. Cableado eléctrico

En este apartado se calcularán las secciones mínimas y caídas de tensión permitidas en la red de generación tanto de AC como DC, además de realizar un estudio de los conductores bajo condiciones de cortocircuito.

Para calcular la sección mínima normalizada de un cable se debe cumplir simultáneamente las tres condiciones siguientes según indica la reglamentación correspondiente:

- Criterio de caída de tensión.
- Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento.
- Criterio de la intensidad de cortocircuito.

Se calcularán las secciones de cable para cada uno de los siguientes tramos:

- Tramo 1: Desde la caja de conexión de cada estructura fija en la cual se conectan cada string de 18 módulos fotovoltaicos hasta el cuadro de conexionado y protecciones en continua (Stringbox). Cada una de las StringBox agrupará 16 estructuras conectadas en paralelo. Los cables correspondientes a estas uniones se colocarán en rejiband cuando circulen por debajo de las estructuras y en tubos en las canalizaciones enterradas.
- Tramo 2: Desde los StringBox hasta el inversor. Este cableado irá en su totalidad a través de canalizaciones enterradas.
- El tramo desde el inversor al centro de transformación no se justifica debido a que ya está integrado dentro del conjunto inversor-transformador y cumple la reglamentación correspondiente.

Para realizar dichas conexiones se utilizará el cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO, que se trata de un cable especial para instalaciones fotovoltaicas diseñado para instalaciones exteriores. Dicho cable presenta un aislamiento de goma de tipo E16 cumpliendo con la normativa UNE-EN 50363-1 que le confiere elevadas características eléctricas (1,8/1,8 kVcc) y mecánicas.

Los datos de diseño por tanto son los siguientes:

- Cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO de cobre, con aislamiento termoestable y libre de halógenos.
- Temperatura del terreno 20°C.
- Temperatura del ambiente 40°C.
- Profundidad de zanjas para cableado: 0,70m.
- Resistividad térmica del terreno: 1 m*k/W

Criterio de caída de tensión tramo 1

Siguiendo las indicaciones del reglamento electrotécnico para Baja tensión, en la ITC-BT-40 para instalaciones generadoras de baja tensión, el diseño de dicho cableado se realizará para evitar caídas de tensión mayores a un 1,5% en el lado de DC.

El transporte de corriente producida en CC desde los módulos hasta el inversor se realizará a la tensión de máxima potencia de los 18 paneles en serie por lo que la caída máxima de tensión total será la siguiente:

$$V_{maxt} = N^{\circ} \text{ paneles en serie} * V_{max}$$

Ecuación 12 Fórmula tensión máxima string

Sustituyendo en la Ecuación 12:

$$V_{maxt} = 18 * 40,30 V = 725,40 V$$

Por tanto, el 1,5% de dicha tensión máxima será la caída tensión máxima permitida

$$\text{Caída máxima tensión} = 725,40 V * 1,5\% = 10,88 V$$

Ecuación 13 Fórmula caída tensión máxima permitida

Al haber dos tramos se separa la caída de tensión en ambos tramos dejando un 0,50% para el primer tramo y un 1% para el segundo tramo dónde las distancias serán mayores.

Al sustituir la Ecuación 13 con dichos valores los resultados serían:

$$\text{Caída máxima tensión tramo 1} = 725,40 V * 0,50\% = 3,63 V$$

$$\text{Caída máxima tensión tramo 2} = 725,40 V * 1 \% = 7,25 V$$

Una vez calculado la caída de tensión máxima en cada tramo se procederá a calcular la sección del cable y el resto de los parámetros.

La mínima sección de un cable en CC viene determinada por la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 * L * I * \cos(\varphi)}{\gamma * V}$$

Ecuación 14 Fórmula mínima sección cable en CC criterio caída tensión

Donde:

- S: Sección del cable (mm²)
- L: Longitud del cable (m)
- I: Intensidad (A)
- Cos (φ): (Factor de potencia, en este caso se considera 1)
- γ: Conductividad del cable (En este caso se trata de cobre, por tanto, la conductividad a 20°C es 59 m/Ω*mm²)
- V: Caída de tensión.

Si sustituimos en la Ecuación 14 para una longitud máxima de cableado de 75m obtenemos el siguiente resultado:

$$S = \frac{2 * 75 \text{ m} * 10,92 \text{ A} * 1}{59 \frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2} * 3,63 \text{ V}} = 7,65 \text{ mm}^2$$

Las medidas de cableado están normalizadas y no hay de 7,65mm². Las medidas que existen entre dicho número serían 6 mm² y 10 mm² pero como debe ser mayor que 7,65 se elegirá en este primer tramo un cable de sección 10 mm².

Como se indicó anteriormente, la reglamentación exige que la sección del cableado no solo cumpla la caída máxima de tensión sino también la intensidad máxima admisible y la intensidad de cortocircuito.

Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento tramo 1

Siguiendo las indicaciones de la ITC-BT-07 del reglamento eléctrico de baja tensión (REBT), la temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales utilizados en el aislamiento del cable. El aislamiento del cableado PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO que se utiliza presenta un aislamiento de material termoestable por lo que la temperatura máxima será 90°C en servicio permanente.

La intensidad máxima admisible se calculará siguiendo lo especificado en el REBT para el tipo de montaje que se va a utilizar: conductores bipolares enterrados bajo tubo.

Para el caso que se presenta con conductores bipolares enterrados de cobre, con aislamiento EPR y con una sección de 10 mm² la intensidad máxima admisible según la ITC-BT-07 sería de 94 A como se puede observar en la tabla:

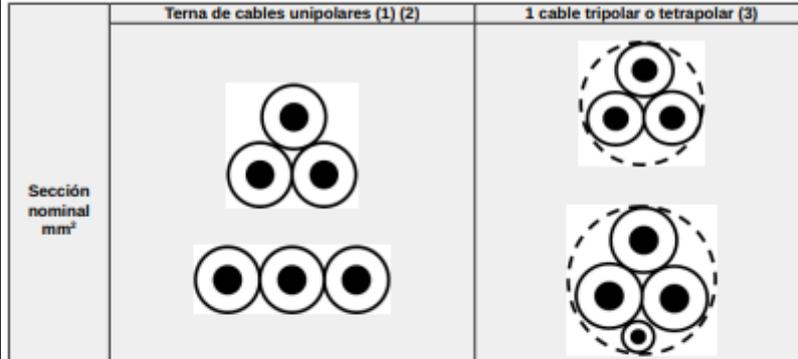
Sección nominal mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180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

Tabla 20 Intensidad máxima admisible para cables con conductores de cobre en instalación enterrada [Fuente ITC-BT-07 del REBT]

Además, los datos técnicos proporcionados por el fabricante nos indica que la Intensidad máxima admisible sería de 98 A.

A esta Intensidad máxima admisible se le debe realizar un factor de corrección debido a que en algunos strings habrá agrupaciones de cables en la misma canalización. El factor de corrección viene determinado por la siguiente tabla que se encuentra en la ITC-BT-07:

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternas	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d= 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62

Tabla 21 Factor de corrección para agrupaciones de cables [Fuente ITC-BT-07 del REBT]

En el caso más desfavorable de la instalación se podrán juntar hasta 12 cables juntos. Con dicho valor de corrección la intensidad máxima disponible sería la siguiente:

$$I_{maxadm} = 0,47 * 94 = 44,18 A$$

Ecuación 15 Fórmula Intensidad máxima con factor de corrección por agrupaciones

Según la ITC-BT-40 los cables deben estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.

Por tanto, la intensidad máxima posible que puede darse en el sistema será:

$$I_{max} = 1,25 * I_{scmax} = 14,52 A$$

Ecuación 16 Fórmula intensidad máxima admisible

Dicho valor de I_{max} es mucho menor que las intensidades máximas admisibles que nos indica la norma, por lo que esta sección de 10 mm² cumpliría dicho criterio.

Criterio de intensidad de cortocircuito tramo 1

La temperatura máxima que puede alcanzar el conductor del cable como consecuencia de un cortocircuito no puede superar la temperatura máxima admisible de corta duración (t<5 seg) asignada a los materiales utilizados en el aislamiento. El caso que se presenta al ser un aislamiento termoestable dicha temperatura máxima será de 250°C.

Siguiendo las indicaciones del reglamento de baja tensión para calcular la sección adecuada mediante el criterio de la intensidad de cortocircuito se utilizará la siguiente fórmula:

$$S_{min} = \frac{I_{scmax} * \sqrt{t}}{K}$$

Ecuación 17 Fórmula sección mínima conducto criterio cortocircuito

Donde:

- t: duración del cortocircuito (seg)

- K: Constante indicado en la normativa $\left(\frac{A \cdot s^2}{mm^2}\right)$

En el caso que se presenta, para un conductor de cobre y con aislamiento EPR el valor de K corresponde a 143. Se calcula para un cortocircuito de 1,5 seg y se sustituye en la Ecuación 17:

$$S_{min} = \frac{I_{scmax} * \sqrt{t}}{K} = \frac{11,62 * \sqrt{1,5}}{143} = 0,099 \text{ mm}^2$$

Por tanto, con la sección seleccionada de 10 mm² se cumpliría dicho criterio.

Los cálculos de las líneas eléctricas de baja tensión para el primer tramo serían los siguientes:

Circuito	Potencia (kW)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Conductividad del cable (m/Ω*mm ²)	Caída de tensión (V)	% Caída de tensión
StringBox1								
Cadena 1	7,92	685,1	10,92	10	42	59	1,55	0,23%
Cadena 2	7,92	685,1	10,92	10	36	59	1,33	0,19%
Cadena 3	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 4	7,92	685,1	10,92	10	25	59	0,93	0,14%
Cadena 5	7,92	685,1	10,92	10	27	59	1,00	0,15%
Cadena 6	7,92	685,1	10,92	10	33	59	1,22	0,18%
Cadena 7	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 8	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 9	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 10	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 11	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 12	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 13	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 14	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 15	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 16	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
StringBox2								
Cadena 17	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 18	7,92	685,1	10,92	10	25	59	0,93	0,14%
Cadena 19	7,92	685,1	10,92	10	27	59	1,00	0,15%
Cadena 20	7,92	685,1	10,92	10	33	59	1,22	0,18%
Cadena 21	7,92	685,1	10,92	10	38	59	1,41	0,21%
Cadena 22	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 23	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 24	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%

Cadena 25	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 26	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 27	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 28	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 29	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 30	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 31	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 32	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
StringBox3								
Cadena 33	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 34	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 35	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 36	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 37	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 38	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 39	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 40	7,92	685,1	10,92	10	26	59	0,96	0,14%
Cadena 41	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 42	7,92	685,1	10,92	10	30	59	1,11	0,16%
Cadena 43	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 44	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 45	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 46	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 47	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 48	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
StringBox4								
Cadena 49	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%

Cadena 50	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 51	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 52	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 53	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 54	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 55	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 56	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 57	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 58	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 59	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 60	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 61	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 62	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 63	7,92	685,1	10,92	10	39	59	1,44	0,21%
Cadena 64	7,92	685,1	10,92	10	44	59	1,63	0,24%
StringBox5								
Cadena 65	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 66	7,92	685,1	10,92	10	25	59	0,93	0,14%
Cadena 67	7,92	685,1	10,92	10	27	59	1,00	0,15%
Cadena 68	7,92	685,1	10,92	10	33	59	1,22	0,18%
Cadena 69	7,92	685,1	10,92	10	38	59	1,41	0,21%
Cadena 70	7,92	685,1	10,92	10	44	59	1,63	0,24%
Cadena 71	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 72	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 73	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 74	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 75	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%

Cadena 76	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 77	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 78	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 79	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 80	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
StringBox6								
Cadena 81	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 82	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 83	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 84	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 85	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 86	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 87	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 88	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 89	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 90	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 91	7,92	685,1	10,92	10	26	59	0,96	0,14%
Cadena 92	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 93	7,92	685,1	10,92	10	25	59	0,93	0,14%
Cadena 94	7,92	685,1	10,92	10	27	59	1,00	0,15%
Cadena 95	7,92	685,1	10,92	10	33	59	1,22	0,18%
Cadena 96	7,92	685,1	10,92	10	39	59	1,44	0,21%
StringBox7								
Cadena 97	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 98	7,92	685,1	10,92	10	25	59	0,93	0,14%
Cadena 99	7,92	685,1	10,92	10	27	59	1,00	0,15%
Cadena 100	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%

Cadena 101	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 102	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 103	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 104	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 105	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 106	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 107	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 108	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 109	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 110	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 111	7,92	685,1	10,92	10	26	59	0,96	0,14%
Cadena 112	7,92	685,1	10,92	10	32	59	1,18	0,17%
StringBox8								
Cadena 113	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 114	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 115	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 116	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 117	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 118	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 119	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 120	7,92	685,1	10,92	10	26	59	0,96	0,14%
Cadena 121	7,92	685,1	10,92	10	32	59	1,18	0,17%
Cadena 122	7,92	685,1	10,92	10	24	59	0,89	0,13%
Cadena 123	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 124	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 125	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 126	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%

Cadena 127	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 128	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
StringBox9								
Cadena 129	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 130	7,92	685,1	10,92	10	25	59	0,93	0,14%
Cadena 131	7,92	685,1	10,92	10	27	59	1,00	0,15%
Cadena 132	7,92	685,1	10,92	10	33	59	1,22	0,18%
Cadena 133	7,92	685,1	10,92	10	38	59	1,41	0,21%
Cadena 134	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 135	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 136	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 137	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 138	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 139	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 140	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 141	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 142	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 143	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 144	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
StringBox10								
Cadena 145	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 146	7,92	685,1	10,92	10	25	59	0,93	0,14%
Cadena 147	7,92	685,1	10,92	10	27	59	1,00	0,15%
Cadena 148	7,92	685,1	10,92	10	33	59	1,22	0,18%
Cadena 149	7,92	685,1	10,92	10	38	59	1,41	0,21%
Cadena 150	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 151	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%

Cadena 152	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 153	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 154	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 155	7,92	685,1	10,92	10	26	59	0,96	0,14%
Cadena 156	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 157	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 158	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 159	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 160	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
StringBox11								
Cadena 161	7,92	685,1	10,92	10	31	59	1,15	0,17%
Cadena 162	7,92	685,1	10,92	10	25	59	0,93	0,14%
Cadena 163	7,92	685,1	10,92	10	27	59	1,00	0,15%
Cadena 164	7,92	685,1	10,92	10	33	59	1,22	0,18%
Cadena 165	7,92	685,1	10,92	10	38	59	1,41	0,21%
Cadena 166	7,92	685,1	10,92	10	44	59	1,63	0,24%
Cadena 167	7,92	685,1	10,92	10	18	59	0,67	0,10%
Cadena 168	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 169	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 170	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 171	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%
Cadena 172	7,92	685,1	10,92	10	20	59	0,74	0,11%
Cadena 173	7,92	685,1	10,92	10	13	59	0,48	0,07%
Cadena 174	7,92	685,1	10,92	10	7	59	0,26	0,04%
Cadena 175	7,92	685,1	10,92	10	9	59	0,33	0,05%
Cadena 176	7,92	685,1	10,92	10	15	59	0,56	0,08%

Tabla 22 Cálculos caída de tensión tramo 1 [Fuente Elaboración propia]

Para el caso del tramo 2, se debe dimensionar cada línea en función de la c.d.t. que vaya acumulada en cada cadena.

Los criterios para calcular la sección mínima serán los mismos que en el tramo 1.

Criterio de caída de tensión tramo 2

La mínima sección de un cable en CC viene determinada por la Ecuación 14.

Como se había indicado anteriormente para este tramo 2 podrá haber un máximo de caída de tensión de 1% por lo que aplicando la Ecuación 13 se obtiene:

$$\text{Caída máxima tensión tramo 2} = 725,40 \text{ V} * 1 \% = 7,25 \text{ V}$$

En este segundo tramo al ser 16 cadenas en paralelo para obtener la Intensidad máxima que circulará se sumarán las intensidades de todas las cadenas.

$$I = I_{max} * N^{\circ} \text{ cadenas paralelo} = 10,92 * 16 = 174,72 \text{ A}$$

Ecuación 18 Fórmula intensidad máxima Strings en paralelo

Si se sustituye en la Ecuación 14 para una longitud máxima de cableado de 200m obtenemos el siguiente resultado:

$$S_{min} = \frac{2 * 200 \text{ m} * 174,72 \text{ A} * 1}{59 \frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2} * 7,25 \text{ V}} = 163,38 \text{ mm}^2$$

Como dicho valor no es una medida normalizada se irá a la tabla de fabricantes y se observará que la medida normalizada mayor más próxima sería de 185 mm². Por tanto, siguiendo el criterio de caída de tensión la sección elegida entre el StringBox más alejado y el inversor sería de 185mm².

Se calculará también para los StringBox que se encuentran a menos de 120m del inversor cuál sería la sección mínima para así calcular dicha sección de forma óptima y evitar que puedan estar sobredimensionados aplicando la misma Ecuación 14:

$$S_{min} = \frac{2 * 120 \text{ m} * 174,72 \text{ A} * 1}{59 \frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2} * 7,25 \text{ V}} = 98,03 \text{ mm}^2$$

Como dicho valor no es una medida normalizada se irá a la tabla de fabricantes y se observará que la medida normalizada mayor más próxima sería de 120 mm².

Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento tramo 2

Para el caso que se presenta con conductores bipolares enterrados de cobre, con aislamiento EPR y con una sección de 185 mm² la intensidad máxima admisible según la ITC-BT-07 sería de 470 A.

Además, los datos técnicos proporcionados por el fabricante indican que la Intensidad máxima admisible sería de 644 A.

En este caso del tramo 2, el caso más desfavorable de la instalación dónde se puedan juntar agrupaciones de cables será de un máximo de hasta 5 cables y siempre separados por un mínimo de 0,10m. Con dicho valor de corrección la intensidad máxima disponible aplicando la Ecuación 15 sería:

$$I_{maxadm} = 0,65 * 470 = 305,5 A$$

Para calcular la intensidad máxima posible que puede darse en el sistema se aplica la Ecuación 16 y se obtiene:

$$I_{max} = 1,25 * I_{scmax} * 16 = 232,32 A$$

Dicho valor de I_{max} es mucho menor que las intensidades máximas admisibles que nos indica la norma, por lo que esta sección de 185 mm² cumpliría dicho criterio.

Para la sección de 120 mm² también se cumpliría dicho criterio ya que el fabricante indica una intensidad máxima admisible de 488 A y la ITC-BT-07 de 375 A y aplicando el factor de corrección 243,75 A, siendo ambos valores mayores al calculado para este tramo de 232,32 A.

Criterio de intensidad de cortocircuito tramo 2

Siguiendo las indicaciones del reglamento de baja tensión para calcular la sección adecuada mediante el criterio de la intensidad de cortocircuito se utilizará la Ecuación 17.

En el caso que se presenta, para un conductor de cobre y con aislamiento EPR el valor de K corresponde a 143. Se calculará para un cortocircuito de 1,5 seg y aplicando dicha ecuación la sección mínima sería:

$$S_{min} = \frac{I_{scmax} * \sqrt{t}}{K} = \frac{185,92 * \sqrt{1,5}}{143} = 1,59 mm^2$$

Por tanto, con la sección seleccionada de 120 mm² y 185 mm² se cumpliría dicho criterio. Al tener dos tipos de secciones en este segundo tramo se consigue que dichas secciones estén mejor dimensionadas en función de la proximidad al inversor y de esta forma evitar un sobregasto económico innecesario.

Por último, para calcular la máxima tensión acumulada en la suma de tramo 1 y tramo 2 de cada circuito se cogerá el valor más alto de caída de tensión de la cadena a cada StringBox más la suma de la caída de tensión desde dicha StringBox hasta el inversor.

Dicho valor como se ha indicado antes debe ser menor de 1,5% para cumplir con la normativa correspondiente.

Los cálculos de las líneas eléctricas de baja tensión para el segundo serían los siguientes:

Circuito	Potencia (kW)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Conductividad del cable (m/Ω*mm ²)	Caída de tensión (V)	% Caída de tensión	% Caída tensión máxima acum.
StringBox1-Inversor	126,72	685,1	174,72	185	198	59	6,34	0,93%	1,15%
StringBox2-Inversor	126,72	685,1	174,72	185	175	59	5,60	0,82%	1,02%
StringBox3-Inversor	126,72	685,1	174,72	185	135	59	4,32	0,63%	0,80%
StringBox4-Inversor	126,72	685,1	174,72	185	150	59	4,80	0,70%	0,94%
StringBox5-Inversor	126,72	685,1	174,72	120	98	59	4,84	0,71%	0,94%
StringBox6-Inversor	126,72	685,1	174,72	185	139	59	4,45	0,65%	0,86%
StringBox7-Inversor	126,72	685,1	174,72	120	64	59	3,16	0,46%	0,63%
StringBox8-Inversor	126,72	685,1	174,72	120	111	59	5,48	0,80%	0,97%
StringBox9-Inversor	126,72	685,1	174,72	120	66	59	3,26	0,48%	0,21%
StringBox10-Inversor	126,72	685,1	174,72	120	37	59	1,83	0,27%	0,47%
StringBox11-Inversor	126,72	685,1	174,72	120	40	59	1,97	0,29%	0,53%

Tabla 23 Cálculos caída de tensión tramo 1 [Fuente Elaboración propia]

4. Instalación puesta a tierra

Como indica la ITC-BT-18 del REBT el objeto de las puestas a tierra es limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta a tierra consiste en una unión metálica entre determinados elementos metálicos de la instalación y un electrodo o grupo de electrodos que se encuentren enterrados en el suelo. Con esta conexión se consigue que no existan diferencias de potencial peligrosas en la instalación y a la vez que se permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La instalación de puesta a tierra seguirá las indicaciones del artículo 15 del Real Decreto 1699/2011.

De acuerdo al REBT todas las masas de la instalación debe estar conectadas a una única tierra y ésta debe ser independiente de la del neutro de la empresa distribuidora y de cada transformador de potencia.

La normativa indica que ninguna de las masas debe alcanzar una tensión de contacto mayor a 24V (lugares húmedos).

Según la siguiente tabla de la ITC-BT-18 para el cálculo de la instalación puesta a tierra, se cogerá un valor de resistividad del terreno de $500\Omega\cdot m$.

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

Tabla 24 Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno [Fuente ITC-BT-18 del REBT]

Se debe calcular la máxima resistencia de puesta a tierra de servicio para evitar alcanzar tensiones de contacto de 24V contra contactos indirectos por un diferencial de 300mA.

$$R_{Tierramax} = \frac{V}{I} = \frac{24 V}{0,300 A} = 80 \Omega$$

Ecuación 19 Fórmula máxima resistencia de puesta a tierra

Por tanto, la resistencia total de la toma de tierra y los conductores de protección de masas debe ser un valor menor a los 80Ω calculados.

Dicha red equipotencial consistirá en varias picas enterradas y el conductor enterrado horizontalmente que las una con las masas de los diferentes elementos.

Para el caso de las picas enterradas verticalmente la resistencia vendrá dada por la siguiente fórmula:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L}$$

Ecuación 20 Fórmula resistencia de pica enterrada verticalmente

Donde:

- R: Resistencia de tierra de una pica (Ω)
- ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)
- L: Longitud de la pica

Para una pica de 2 metros de longitud aplicando la Ecuación 20 dicha resistencia será:

$$R_{pica} = \frac{500 \Omega \cdot m}{2 m} = 250 \Omega$$

En la instalación se instalarán en total 4 picas por lo que la resistencia total de las picas será:

$$R_{Totalpicas} = \frac{R_{pica}}{N^{\circ} picas} = \frac{250}{4} = 62,5 \Omega$$

Ecuación 21 Fórmula resistencia total picas verticales

Las picas siguiendo la normativa deben estar separadas entre sí al menos 4 veces la longitud de cada pica.

Además, se debe calcular la resistencia a tierra del conductor enterrado. Para ello se calculará la siguiente fórmula:

$$R_{Conductor} = 2 * \frac{\rho}{L}$$

Ecuación 22 Fórmula resistencia conductor enterrado horizontalmente

En este el caso el conductor será de cobre desnudo de una sección de 35mm² y tendrá una longitud de 50 m por lo que sustituyendo en la Ecuación 22:

$$R_{Conductor} = 2 * \frac{500 \Omega \cdot m}{50 m} = 20 \Omega$$

Para calcular la resistencia total del conductor y las picas conectados en paralelo será de la siguiente forma:

$$R_{Totaltierra} = \frac{1}{\frac{1}{R_{Totalpicas}} + \frac{1}{R_{Conductor}}} = \frac{1}{\frac{1}{62,5 \Omega} + \frac{1}{20 \Omega}} = 15,15 \Omega$$

Ecuación 23 Fórmula Resistencias en paralelo picas y conductor

Este valor es menor que 80 Ω por lo que al estar conectada nuestra instalación a esta instalación de tierra estará segura.

5. Protecciones sobreintensidades

Se debe dimensionar los diferentes elementos para que, en el caso de sobrecargas, la instalación quede protegida. Para ello se utilizarán diferentes fusibles en cada circuito que lo protejan y además puedan utilizarse de seccionadores para realizar las labores de mantenimiento.

Para calcular dichas protecciones se seguirán las indicaciones de la norma UNE-HD 60634-4-43. Esta norma indica que, en el caso de sobrecargas, las características de los dispositivos de protección de las canalizaciones contra éstas deben satisfacer de forma simultánea dos condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq 0,9 * I_z$$

Ecuación 24 Fórmula Intensidad asignada protecciones

$$I_f \leq 1,45 * I_z$$

Ecuación 25 Fórmula intensidad efectiva y permanente protecciones

Donde:

- I_B : Intensidad máxima de diseño del circuito (A)
- I_n : Intensidad asignada del dispositivo de protección
- I_z : Intensidad permanente máxima admisible (A)
- I_f : Intensidad efectiva asegurada de fusión en el tiempo convencional del dispositivo de protección.

En el caso de esta instalación hay dos tramos diferentes en los que se debe dimensionar los fusibles necesarios como protección contra sobreintensidades.

Tramo 1

Como se calculó anteriormente en este primer tramo la intensidad máxima de diseño que circulará será de 10,92 A mientras que la intensidad permanente máxima admisible será de 44,18 A.

Por tanto, para la primera condición el valor de intensidad del dispositivo de protección estará entre los siguientes valores según la Ecuación 24:

$$10,92 \leq I_n \leq 0,9 * 44,18$$

$$10,92 A \leq I_n \leq 39,76 A$$

Entre dichos valores hay los siguientes fusibles normalizados (12, 16, 20, 25, 32, 40)

Se probará que el fusible de 12 A cumple con la segunda condición y así evitar sobredimensionar la instalación.

Para calcular la I_f se utilizará la siguiente tabla que indica la norma UNE-HD 60634-4-43:

I_n (A)	Tiempo convencional (h)	k Corriente convencional de fusión
$I_n \leq 4$	1	2,1 I_n
$4 < I_n \leq 16$	1	1,9 I_n
$16 < I_n \leq 63$	1	1,6 I_n
$63 < I_n \leq 160$	2	1,6 I_n
$160 < I_n \leq 400$	3	1,6 I_n
$400 < I_n$	4	1,6 I_n

Tabla 25 Tabla intensidad convencional de fusión [Fuente UNE-HD 60634-4-43]

La I_f tendrá por tanto el siguiente valor:

$$I_f = 1,9 * 12 = 22,18 A$$

Ecuación 26 Fórmula intensidad convencional de fusión

Se comprueba que cumple la segunda condición sustituyendo en la Ecuación 25:

$$22,18 \leq 1,45 * 44,18$$

$$22,18 A \leq 64,06 A$$

Por tanto, se cumplen ambas condiciones por lo que se decide colocar un fusible de 12 A a la entrada de cada String en las StringBox para proteger la instalación de las posibles sobreintensidades que se puedan dar.

Tramo 2

Para calcular las protecciones contra sobreintensidades correspondientes al tramo 2 se utilizarán los valores de intensidades de diseño y máxima admisible anteriormente calculados. Dichos valores son 174,72 A para la intensidad máxima de diseño y de 232,32 A para la intensidad máxima admisible del conductor.

Por tanto, se dimensionará las protecciones siguiendo la norma UNE-HD 60634-4-43 y cumpliendo las dos condiciones que indica. Se sustituye en Ecuación 24:

$$174,72 \leq I_n \leq 0,9 * 232$$

$$174,72 \leq I_n \leq 208,80 A$$

Entre dichos valores solo se puede encontrar un valor de fusible normalizado que sería 200 A por lo que se calculará si dicho fusible cumple la segunda condición.

La I_f tendrá tanto el siguiente valor sustituyendo la Ecuación 26:

$$I_f = 1,6 * 200 = 320 A$$

Para cumplir la segunda condición sustituyendo en Ecuación 25:

$$I_f \leq 1,45 * I_z$$

$$320 \leq 1,45 * 232,32$$

$$320 A \leq 336,86 A$$

Se comprueba que un fusible de 200 A cumple ambas condiciones por lo que se instalará un fusible de 200 A a la entrada al inversor para cada uno de los 11 circuitos que hay entre las StringBox y el propio inversor.

6. Canalizaciones eléctricas

Cada uno de los cableados de la instalación tanto los enterrados como superficiales deberá ir canalizado siguiendo las recomendaciones del REBT en su ITC-BT-21.

Dichas canalizaciones deben ser estancas, utilizándose para terminales y conexiones dispositivos que garanticen el grado de protección IPX1.

El trazado de dichas canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales.

En la presente instalación, se podrán encontrar canalizaciones superficiales como canalizaciones subterráneas.

Canalizaciones superficiales

Se instalarán canalizaciones al aire en las uniones de cada uno de los módulos fotovoltaicos y éstas se realizan mediante Rejiband por debajo de las estructuras fotovoltaicas con tubos que cumplan las siguientes características mínimas indicadas en la norma.

En función de la sección del conductor y del número de conductores que proteja, el diámetro del tubo será diferente.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	-
185	50	63	75	-	-
240	50	75	-	-	-

Tabla 26 Diámetros exteriores mínimos de Iso tubos en función del número y sección de los conductores [Fuente ITC-BT-21 del REBT]

En la instalación, como las canalizaciones en superficie solo se dan en una parte del tramo 1 y ahí la sección de los conductores es de 10 mm² yendo un máximo de dos cables, el diámetro exterior de los tubos para canalizaciones superficiales será de 20mm².

Canalizaciones enterradas

Las canalizaciones enterradas se darán entre los extremos de las estructuras y las StringBox y entre las StringBox y el inversor. En ambos casos la profundidad de dicho enterramiento será de 0,7m y realizando una mínima separación entre tubos para evitar efectos adversos.

Las características que deben tener dichos tubos vienen indicados en la ITC-BT-21.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables. Para obtener dicho diámetro óptimo, se utilizará la siguiente tabla:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	-

Tabla 27 Diámetros exteriores mínimos para tubos en función del número y sección del conductor enterrados [Fuente ITC-BT-21 del REBT]

En este caso tenemos 3 conductores de diferentes secciones en la instalación que irán enterrados.

En el primer caso, correspondiente a los tramos de unión entre extremos de estructuras y las StringBox, la sección de los conductores es de 10mm² y podremos encontrar un máximo de 10 conductores por lo que el diámetro exterior para los tubos utilizados será de 75 mm en el peor de los casos y 63 mm en los casos donde los conductores sean menos de 6.

El segundo caso será en los circuitos entre las StringBox y los inversores en donde el conductor tiene una sección de 120 mm² (StringBox 5, 7, 8, 9, 10 y 11). El tubo enterrado tendrá un máximo de 6 cables juntos por lo que el diámetro que se utilizará para dicha canalización será de 160 mm².

En el último caso correspondiente a los circuitos entre las StringBox y el inversor en donde el conductor tiene una sección de 185 mm² (StringBox 1, 2, 3, 4 y 6) y tendrá un máximo de 6 cables juntos por lo que el diámetro exterior utilizado en dichos tubos enterrados será de 180mm.

ANEXO III Estudio Seguridad y Salud

1. Introducción

Siguiendo las indicaciones del artículo 4 del Real Decreto 1627/1997 es necesario realizar un estudio básico de Seguridad y Salud junto al proyecto de la planta fotovoltaica.

2. Objetivo estudio básico de Seguridad y Salud

El propósito del Estudio de Seguridad y Salud es definir, siguiendo el Real Decreto 1627/1997, la normativa reglamentaria que establece los parámetros específicos para la aplicación de la 31/1995 de Prevención en Riesgos Laborales y del Real Decreto 19/1992 en el que se aprobó el Reglamento de los Servicios de Prevención, y las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a las obras que se llevarán a cabo en el presente proyecto. Este estudio básico por lo que se especifica en el artículo 6 apartado 2 del Real Decreto 1627/1997 precisará:

- Las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. A tal efecto, deberá contemplar la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

3. Datos del proyecto

Tipo de obra	Instalación de una planta fotovoltaica y conexión a la red
Situación	- Polígono 714 Parcela 393 C.P. Mataporquera-Barriop Rodillas. VALDEOLEA (CANTABRIA) 28.816 m2 - Polígono 714 Parcela 394 C.P. Mataporquera-Barriop Rodillas. VALDEOLEA (CANTABRIA) 9.691 m2
Población	Mataporquera (Valdeolea)
Promotor	-----
Proyectista	Alberto Martín Fuentes
Centro de salud próximo	Los Valles – c/ Las Eras 48 (Mataporquera)

Tabla 28 Datos del proyecto [Fuente Elaboración propia]

4. Descripción de la obra

El estudio básico se aplicará a todas las obras necesarias para la ejecución de este proyecto.

Las obras incluyen:

- Replanteo.
- Movimientos de tierras.
- Canalizaciones.
- Carga y transporte de materiales.
- Cimentaciones.
- Instalación del vallado.
- Instalación de las estructuras metálicas.
- Instalación de la estación de potencia.
- Instalación de los módulos fotovoltaicos.
- Instalación del cableado y conexiones.
- Instalación de alumbrado y servicios auxiliares.
- Limpieza y retirada de restos de la obra.

5. Identificación de riesgos y prevención de los mismos

Durante la instalación de la planta fotovoltaica y su posterior conexión a la red pueden aparecer diferentes riesgos considerados a estos puestos de trabajo. Los principales riesgos serían:

- Caída de obreros al mismo nivel.
- Caída de obreros a distinto nivel.
- Caída de material transportado.
- Aplastamientos y atrapamientos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Atropellos.
- Lesiones o cortes.
- Sobreesfuerzos físicos.
- Vuelco de las estructuras.
- Trabajos con humedad.
- Exposición contactos eléctricos directos.
- Exposición contactos eléctricos indirectos.
- Contaminación acústica.

Cada riesgo va asociado a unos trabajos y se deben proporcionar protecciones tanto colectivas como individuales a los trabajadores.

Riesgos en fase construcción	Replanteo, movimiento de tierras y canalizaciones.	
Descripción de los trabajos	Replanteo, excavaciones, canalizaciones y transporte de los materiales extraídos.	
Riesgos más comunes	Medidas de protección colectivas	Medidas de protección individuales
<ul style="list-style-type: none"> - Caída de obreros al mismo nivel. - Caída de obreros a distinto nivel. - Caída de material transportado. - Aplastamientos y atrapamientos. - Choques contra objetos inmóviles. - Atropellos. - Lesiones o cortes. - Sobreesfuerzos físicos. - Contaminación acústica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Barandillas limitadoras en los bordes. - Plataformas de paso suficientemente anchas. - Topes al final del recorrido. - Señales de peligro. - Entibaciones. - Achique de aguas. - No estar cerca de radio acción maquinaria. - Vigilancia del terreno. - Evacuación de escombros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Casco de seguridad - Calzado de seguridad - Guantes aislantes e impermeables. - Gafas de seguridad. - Ropa adecuada de trabajo. - Cinturón de seguridad. - Cinturón antivibratorio. - Protectores para los oídos. - Mascarilla con filtro.

Tabla 29 Riesgos replanteo, movimientos de tierras y canalizaciones [Fuente Elaboración propia]

Riesgos en fase construcción	Cimentaciones	
Descripción de los trabajos	Cimentaciones con hormigón para la estructura de los módulos y la estación de potencia	
Riesgos más comunes	Medidas de protección colectivas	Medidas de protección individuales
<ul style="list-style-type: none"> - Caída de obreros al mismo nivel. - Caída de obreros a distinto nivel. - Caída de material transportado. - Aplastamientos y atrapamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Barandillas limitadoras en los bordes. - Plataformas de paso suficientemente anchas. - Topes al final del recorrido. - Señales de peligro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Casco de seguridad - Calzado de seguridad - Guantes aislantes e impermeables. - Gafas de seguridad. - Ropa adecuada de trabajo.

<ul style="list-style-type: none"> - Choques contra objetos inmóviles. - Atropellos. - Lesiones o cortes. - Sobreesfuerzos físicos. - Contaminación acústica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entibaciones. - Achique de aguas. - No estar cerca de radio acción maquinaria. - Vigilancia del terreno. - Limpieza zonas de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cinturón de seguridad. - Cinturón antivibratorio. - Protectores para los oídos. - Mascarilla con filtro.
--	---	---

Tabla 30 Riesgos cimentaciones [Fuente Elaboración propia]

Riesgos en fase construcción	Vallado perimetral y estructuras de módulos	
Descripción de los trabajos	Instalación del vallado perimetral y estructuras de módulos	
Riesgos más comunes	Medidas de protección colectivas	Medidas de protección individuales
<ul style="list-style-type: none"> - Caída de obreros al mismo nivel. - Caída de obreros a distinto nivel. - Caída de material transportado. - Aplastamientos y atrapamientos. - Choques contra objetos inmóviles. - Atropellos. - Lesiones o cortes. - Sobreesfuerzos físicos. - Contaminación acústica. - Vuelco de la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Barandillas limitadoras en los bordes. - Plataformas de paso suficientemente anchas. - Topes al final del recorrido. - Señales de peligro. - Entibaciones. - Achique de aguas. - No estar cerca de radio acción maquinaria. - Vigilancia del terreno. - Limpieza zonas de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Casco de seguridad - Calzado de seguridad - Guantes aislantes e impermeables. - Gafas de seguridad. - Ropa adecuada de trabajo. - Cinturón de seguridad. - Cinturón antivibratorio. - Protectores para los oídos. - Mascarilla con filtro.

Tabla 31 Riesgos vallado perimetral y estructuras de módulos [Fuente Elaboración propia]

Riesgos en fase construcción	Estación de potencia, módulos, cableado y conexiones
Descripción de los trabajos	Instalación de la estación de potencia completa, de los módulos fotovoltaicos sobre la estructura y cableado y conexiones del sistema

Riesgos más comunes	Medidas de protección colectivas	Medidas de protección individuales
<ul style="list-style-type: none"> - Caída de obreros al mismo nivel. - Caída de obreros a distinto nivel. - Caída de material transportado. - Aplastamientos y atrapamientos. - Choques contra objetos inmóviles. - Atropellos. - Lesiones o cortes. - Sobreesfuerzos físicos. - Exposición contactos eléctricos directos. - Exposición contactos eléctricos indirectos. - Contaminación acústica. - Vuelco de la estructura. - Trabajos con humedad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Barandillas limitadoras en los bordes. - Plataformas de paso suficientemente anchas. - Topes al final del recorrido. - Señales de peligro. - Entibaciones. - Achique de aguas. - No estar cerca de radio acción maquinaria. - Vigilancia del terreno. - Limpieza zonas de trabajo. - Mantenimiento adecuado de maquinaria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Casco de seguridad - Calzado de seguridad - Guantes aislantes e impermeables. - Gafas de seguridad. - Ropa adecuada de trabajo. - Cinturón de seguridad. - Cinturón antivibratorio. - Protectores para los oídos. - Mascarilla con filtro.

Tabla 32 Riesgos módulos, estación de potencia, cableado y conexiones [Fuente Elaboración propia]

Riesgos en fase construcción	Cableado, alumbrado y servicios auxiliares	
Descripción de los trabajos	Instalación del cableado, alumbrado y servicios auxiliares	
Riesgos más comunes	Medidas de protección colectivas	Medidas de protección individuales
<ul style="list-style-type: none"> - Caída de obreros al mismo nivel. - Caída de obreros a distinto nivel. - Caída de material transportado. - Aplastamientos y atrapamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Barandillas limitadoras en los bordes. - Plataformas de paso suficientemente anchas. - Topes al final del recorrido. - Señales de peligro. - Entibaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Casco de seguridad - Calzado de seguridad - Guantes aislantes e impermeables. - Gafas de seguridad. - Ropa adecuada de trabajo. - Cinturón de seguridad.

<ul style="list-style-type: none"> - Choques contra objetos inmóviles. - Atropellos. - Lesiones o cortes. - Sobreesfuerzos físicos. - Exposición contactos eléctricos directos. - Exposición contactos eléctricos indirectos. - Contaminación acústica. - Vuelco de la estructura. - Trabajos con humedad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Achique de aguas. - No estar cerca de radio acción maquinaria. - Vigilancia del terreno. - Limpieza zonas de trabajo. - Mantenimiento adecuado de maquinaria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cinturón antivibratorio. - Protectores para los oídos. - Mascarilla con filtro.
---	---	---

Tabla 33 Riesgos cableado, alumbrado y servicios auxiliares [Fuente Elaboración propia]

6. Medidas técnicas de prevención

Para establecer la prevención y la implantación de las medidas técnicas necesarias para evitar los riesgos que se puedan producir, se deberán aplicar una serie de medidas de aplicación a la totalidad de la obra. Estas disposiciones mínimas relativas a los puestos de trabajo que deberán aplicarse en las obras vienen definidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997 y son las siguientes:

En este caso al ser obras en exterior se incluirá las partes A y C del citado anexo.

Las disposiciones mínimas relativas a los puestos de trabajo del Anexo A son:

1. Ámbito de aplicación de la parte A:

La presente parte del anexo será de aplicación a la totalidad de la obra, incluidos los puestos de trabajo en las obras en el interior y en el exterior de los locales.

2. Estabilidad y solidez:

- a. Deberá procurarse, de modo apropiado y seguro, la estabilidad de los materiales y equipos y, en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.
- b. El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente sólo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.

3. Instalaciones de suministro y reparto de energía:

- a. La instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

- b. Las instalaciones se han proyectado de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

4. Vías y salidas de emergencia:

- a. Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.
- b. En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.
- c. El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presente en ellos.
- d. Las vías y salidas específicas de emergencia deberán señalizarse conforme al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.
- e. Las vías y salidas de emergencia, así como las vías de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto, de modo que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento.
- f. En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

5. Detección y lucha contra incendios:

- a. Según las características y dimensiones de la obra, los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales que se hallen presentes, así como el número máximo de personas que puedan hallarse en ellos, se deberá prever un número suficiente de dispositivos apropiados de lucha contra incendios y, si fuere necesario, de detectores de incendios y de sistemas de alarma. En este caso se dispondrán durante las obras de 2 extintores ABC de 6kg para las instalaciones comunes y de 2 extintores CO2 de 5kg que se trata de una sustancia no conductora de la electricidad y especial para los incendios en instalaciones eléctricos.

Dichos dispositivos de lucha contra incendios y sistemas de alarma deberán verificarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse, a intervalos regulares, pruebas y ejercicios adecuados.

Estos dispositivos no automáticos de lucha contra incendios deberán ser de fácil acceso y manipulación, además de estar debidamente señalizado según las indicaciones del Real Decreto.

6. Ventilación:

Al tratarse de una instalación de exterior, los trabajadores dispondrán de aire limpio en cantidad suficiente para soportar los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a ellos.

7. Exposición a riesgos particulares:

- a. Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (por ejemplo, gases, vapores, polvo).
- b. En caso de que algunos trabajadores deban penetrar en una zona cuya atmósfera pudiera contener sustancias tóxicas o nocivas, o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, la atmósfera confinada deberá ser controlada y se deberán adoptar medidas adecuadas para prevenir cualquier peligro.
- c. En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá, al menos, quedar bajo vigilancia permanente desde el exterior y deberán tomarse todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

8. Temperatura:

La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores. En caso de aumentarse dichas temperaturas se recomendará la suspensión temporal de los trabajos.

9. Iluminación:

- a. Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación en la obra deberán disponer, en la medida de lo posible, de suficiente luz natural y tener una iluminación artificial adecuada y suficiente durante la noche y cuando no sea suficiente la luz natural. En su caso, se utilizarán puntos de iluminación portátiles con protección antichoques. El color utilizado para la iluminación artificial no podrá alterar o influir en la percepción de las señales o paneles de señalización.
- b. Las instalaciones de iluminación de los locales, de los puestos de trabajo y de las vías de circulación deberán estar colocadas de tal manera que el tipo de iluminación previsto no suponga riesgo de accidente para los trabajadores.
- c. Los locales, los lugares de trabajo y las vías de circulación en los que los trabajadores estén particularmente expuestos a riesgos en caso de avería de la iluminación artificial deberán poseer una iluminación de seguridad de intensidad suficiente.

10. Puertas y portones:

- a. No aplica al ser una instalación en exterior.

11. Vías de circulación y zonas peligrosas:

- a. Las vías de circulación, incluidas las escaleras, las escalas fijas y los muelles y rampas de carga deberán estar calculados, situados, acondicionados y preparados para su uso de manera que se puedan utilizar fácilmente, con toda seguridad y conforme al uso al que se les haya destinado y de forma que los trabajadores empleados en las proximidades de estas vías de circulación no corran riesgo alguno.
- b. Las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de mercancías, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de

carga y descarga, se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad.

Cuando se utilicen medios de transporte en las vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente o medios de protección adecuados para las demás personas que puedan estar presentes en el recinto.

Se señalarán claramente las vías y se procederá regularmente a su control y mantenimiento.

- c. Las vías de circulación destinadas a los vehículos deberán estar situadas a una distancia suficiente de las puertas, portones, pasos de peatones, corredores y escaleras.
- d. Si en la obra hubiera zonas de acceso limitado, dichas zonas deberán estar equipadas con dispositivos que eviten que los trabajadores no autorizados puedan penetrar en ellas. Se deberán tomar todas las medidas adecuadas para proteger a los trabajadores que estén autorizados a penetrar en las zonas de peligro. Estas zonas deberán estar señalizadas de modo claramente visible.

12. Muelles y rampas de carga:

- a. Los muelles y rampas de carga deberán ser adecuados a las dimensiones de las cargas transportadas.
- b. Los muelles de carga deberán tener al menos una salida y las rampas de carga deberán ofrecer la seguridad de que los trabajadores no puedan caerse.

13. Espacio de trabajo:

Las dimensiones del puesto de trabajo deberán disponer del suficiente espacio de manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

14. Primeros auxilios:

- a. Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para

garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.

- b. Deberá contarse con un botiquín debidamente señalado para poder realizar primeros auxilios en caso de ser necesario.
- c. En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran se deberá disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalado y de fácil acceso.

Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

15. Servicios higiénicos:

- a. Deberá haber al menos un vestuario, de cara a que los trabajadores puedan cambiarse y ponerse la ropa del trabajo.

Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo exijan (por ejemplo, sustancias peligrosas, humedad, suciedad), la ropa de trabajo deberá poder guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales.

- b. Dichos vestuarios deberán disponer de duchas y lavabos para que los trabajadores puedan asearse.

Las duchas deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene. Las duchas deberán disponer de agua corriente, caliente y fría.

- c. Los trabajadores deberán disponer en las proximidades de sus puestos de trabajo, de los locales de descanso, de los vestuarios y de las duchas o lavabos, de locales especiales equipados con un número suficiente de retretes y de lavabos.

- d. Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá preverse una utilización por separado de los mismos.

16. Locales de descanso o de alojamiento:

- a. No aplica

17. Disposiciones varias:

- a. Los accesos y el perímetro de la obra deberán señalizarse y destacarse de manera que sean claramente visibles e identificables.
- b. En la obra, los trabajadores deberán disponer de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que ocupen como cerca de los puestos de trabajo.
- c. Los trabajadores deberán disponer de instalaciones para poder comer y, en su caso, para preparar sus comidas en condiciones de seguridad y salud.

Las disposiciones mínimas relativas a los puestos de trabajo del Anexo C son:

1. **Ámbito de aplicación de la parte C:** La presente parte del anexo será de aplicación en los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.
 2. **Estabilidad y solidez:**
 - a. Los puestos de trabajo móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo deberán ser sólidos y estables teniendo en cuenta:
 - i. El número de trabajadores que los ocupen.
 - ii. Las cargas máximas que, en su caso, puedan tener que soportar, así como su distribución.
 - iii. Los factores externos que pudieran afectarles.En caso de que los soportes y los demás elementos de estos lugares de trabajo no poseyeran estabilidad propia, se deberá garantizar su estabilidad mediante elementos de fijación apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado o involuntario del conjunto o de parte de dichos puestos de trabajo.
 - b. Deberá verificarse de manera apropiada la estabilidad y la solidez, y especialmente después de cualquier modificación de la altura o de la profundidad del puesto de trabajo.
 3. **Caídas de objetos:**
 - a. Los trabajadores deberán estar protegidos contra la caída de objetos o materiales; para ello se utilizarán, siempre que sea técnicamente posible, medidas de protección colectiva.
 - b. Cuando sea necesario, se establecerán pasos cubiertos o se impedirá el acceso a las zonas peligrosas.
-

- c. Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.
4. Caídas de altura:
- a. Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente. Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
 - b. Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.
 - c. La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.
5. Factores atmosféricos:
- Deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.
6. Andamios y escaleras:
- a. Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.
 - b. Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.
 - c. Los andamios deberán ser inspeccionados por una persona competente:
 - i. Antes de su puesta en servicio.
-

-
- ii. A intervalos regulares en lo sucesivo.
 - iii. Después de cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas, o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.
 - d. Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.
 - e. Las escaleras de mano deberán cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

7. Aparatos elevadores:

- a. Los aparatos elevadores y los accesorios de izado utilizados en las obras, deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los aparatos elevadores y los accesorios de izado deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- b. Los aparatos elevadores y los accesorios de izado, incluidos sus elementos constitutivos, sus elementos de fijación, anclajes y soportes, deberán:
 - i. Ser de buen diseño y construcción y tener una resistencia suficiente para el uso al que estén destinados.
 - ii. Instalarse y utilizarse correctamente.
 - iii. Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - iv. Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido una formación adecuada.
- c. En los aparatos elevadores y en los accesorios de izado se deberá colocar, de manera visible, la indicación del valor de su carga máxima.
- d. Los aparatos elevadores lo mismo que sus accesorios no podrán utilizarse para fines distintos de aquéllos a los que estén destinados.

8. Vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales:

- a. Los vehículos y maquinaria para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los vehículos y maquinaria para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

- b. Todos los vehículos y toda maquinaria para movimientos de tierras y para manipulación de materiales deberán:
 - i. Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
 - ii. Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - iii. Utilizarse correctamente.
- c. Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- d. Deberán adoptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinarias para movimiento de tierras y manipulación de materiales.
- e. Cuando sea adecuado, las maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán estar equipadas con estructuras concebidas para proteger al conductor contra el aplastamiento, en caso de vuelco de la máquina, y contra la caída de objetos.

9. Instalaciones, máquinas y equipos:

- a. Las instalaciones, máquinas y equipos utilizados en las obras deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, las instalaciones, máquinas y equipos deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

- b. Las instalaciones, máquinas y equipos, incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:
 - i. Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
 - ii. Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - iii. Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.
 - iv. Ser manejados por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.

-
- c. Las instalaciones y los aparatos a presión deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
10. Movimientos de tierras, excavaciones, pozos, trabajos subterráneos y túneles:
- a. Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución.
 - b. En las excavaciones, pozos, trabajos subterráneos o túneles deberán tomarse las precauciones adecuadas:
 - i. Para prevenir los riesgos de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante sistemas de entibación, blindaje, apeo, taludes u otras medidas adecuadas.
 - ii. Para prevenir la irrupción accidental de agua, mediante los sistemas o medidas adecuados.
 - iii. Para garantizar una ventilación suficiente en todos los lugares de trabajo de manera que se mantenga una atmósfera apta para la respiración que no sea peligrosa o nociva para la salud.
 - iv. Para permitir que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de que se produzca un incendio o una irrupción de agua o la caída de materiales.
 - c. Deberán preverse vías seguras para entrar y salir de la excavación.
 - d. Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento deberán mantenerse alejados de las excavaciones o deberán tomarse las medidas adecuadas, en su caso mediante la construcción de barreras, para evitar su caída en las mismas o el derrumbamiento del terreno.
11. Instalaciones de distribución de energía:
- a. Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos.
 - b. Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.
 - c. Cuando existan líneas de tendido eléctrico aéreas que puedan afectar a la seguridad en la obra será necesario desviarlas fuera del recinto de la obra o dejarlas sin tensión. Si esto no fuera posible, se colocarán barreras o avisos para que los vehículos y las instalaciones se mantengan
-

alejados de las mismas. En caso de que vehículos de la obra tuvieran que circular bajo el tendido se utilizarán una señalización de advertencia y una protección de delimitación de altura.

12. Estructuras metálicas o de hormigón, encofrados y piezas prefabricadas pesadas:

- a. Las estructuras metálicas o de hormigón y sus elementos, los encofrados, las piezas prefabricadas pesadas o los soportes temporales y los apuntalamientos sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control y dirección de una persona competente.
- b. Los encofrados, los soportes temporales y los apuntalamientos deberán proyectarse, calcularse, montarse y mantenerse de manera que puedan soportar sin riesgo las cargas a que sean sometidos.
- c. Deberán adoptarse las medidas necesarias para proteger a los trabajadores contra los peligros derivados de la fragilidad o inestabilidad temporal de la obra:

7. Otras actividades

Debido al carácter de la obra no se presupone que se realicen otras actividades de carácter especial o con riesgos especiales que generen algún riesgo no antes citado. En caso de que durante el transcurso de las obras se realicen estas actividades, deberá el coordinador de seguridad y salud citarlas en el documento correspondiente.

8. Duración de los distintos trabajos

El presente estudio básico de seguridad y salud deberá cumplirse durante la totalidad de la duración de las obras.

9. Coordinador de seguridad y salud

Se designará un coordinador de seguridad y salud por la administración competente de acuerdo con lo estipulado en el Real Decreto 1627/1997. Por lo tanto, el contratista propondrá a la Dirección facultativa de la obra la elección de un técnico competente que será el coordinador de seguridad y salud.

10. Presupuesto de seguridad y salud

En el presupuesto de ejecución de material se reservará un apartado para el presupuesto de seguridad y salud como establece el Real Decreto 1627/1997.

11. Trabajos posteriores a la finalización de las obras

En función por lo descrito en el artículo 5 del Real Decreto 1627/1997 se deberá prever la disposición de sistemas adecuados para los trabajos posteriores a la obra como pudieran ser los mantenimientos de estas mismas. Tanto los riesgos como las medidas preventivas son iguales a las anteriormente citadas. La prevención de estos riesgos está regulada según la Ordenanza General de Seguridad e Higiene.

12. Normativa de obligado cumplimiento

Se indica la normativa de obligado cumplimiento en cuanto a materia de seguridad y salud para la realización de las obras del presente proyecto.

- Real Decreto 1627/1997 25-10-97 Obligatoriedad de hacer un estudio de seguridad y salud en proyectos de construcción dada las dimensiones de este. Disposiciones mínimas
- Ley 31/1995 8-11-95 Ley de prevención de riesgos laborales.
- Orden 20-05-52 Modificación 2-09-66 Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción.
- Real Decreto 39/1997 14-01-97 Reglamento de los Servicios de prevención.
- Real Decreto 614/2001 8-06-01 Disposiciones mínimas de seguridad y salud de trabajadores frente a riesgo eléctrico.
- Orden 16-12-87 Modelo de notificación de accidente de trabajo.
- Orden 9-03-71 Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo.
- Orden 28-08-79 Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica.
- Orden 31-08-87 Señalización y otras medidas en obras fijas.
- Real Decreto 286/2006 10-03-06 Protección trabajadores frente a riesgos derivados de exposición a ruidos.
- Real Decreto 1311/2005 4-11-05 Protección trabajadores frente a riesgos de vibraciones mecánicas.
- Real Decreto 487/1997 23-04-97 Disposición mínima seguridad y salud sobre manipulación manual de cargas.
- Ley 8/1980 Estatuto de los trabajadores.

- Real Decreto 1407/1992 20-11-92 Condiciones comerciales y libre circulación de equipo de protección individual.
- Real Decreto 773/1997 30-05-97 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997 18-07-97 Disposiciones mínimas de seguridad y salud para utilización de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 842/2002 02-08-02 Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, ITC-BT-33.
- Real Decreto 1495/1986 23-05-86 Reglamento Seguridad en las Máquinas.

ANEXO IV Gestión de residuos

1. Introducción

Dadas las dimensiones del presente proyecto se debe hacer un estudio de la gestión de residuos. Este proyecto cumple con lo establecido en el Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el que se incluyen la cantidad de residuos generados en la ejecución de las obras, las medidas para separar los residuos, medidas para reciclarlos, medidas para prevenir los residuos y un presupuesto del coste que conlleva la gestión de los residuos producidos.

Según lo citado en este Real Decreto 105/2008 el productor de los residuos es el titular de la licencia urbanística y sus obligaciones serán:

Redactar un estudio de gestión de residuos en el proyecto de ejecución de la obra.

- Hacer un inventario de los residuos peligrosos que se podrán generar en el transcurso de las obras.
- Documentar como se han gestionado los residuos generados.
- Tener una garantía financiera que asegure el cumplimiento de las directrices del anteriormente citado Real Decreto.

Este estudio preverá los residuos producidos directamente de la ejecución de las obras y será la base para la redacción por parte del director de la obra del Plan de Gestión de Residuos que lo amoldará a su sistema de ejecución. Además de este plan de Gestión de Residuos que deberá redactar el director de la obra, que es el poseedor de los residuos, deberá realizar los siguientes procesos:

- Separar los residuos siguiendo las directrices del Real Decreto 105/2008.
- Mantener los residuos bajo condiciones de seguridad e higiene.
- Costear los gastos de gestión.
- Entregar la documentación relacionada con toda la gestión de los residuos.

Por el artículo 3 de la Ley 10/1998 la definición de residuo es “cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en el anejo de esta Ley, del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse. En todo caso, tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias”.

Los residuos generados en las obras se intentarán que puedan ser destinados al reciclaje o reutilización, en caso negativo se asegurará que sean eliminados de una forma segura para el medio ambiente.

2. Descripción de los residuos generados

La superficie de la obra será de unos 30.000 m² aproximadamente. Se hará una estimación aproximada de los residuos que se podrán generar. El código Ler es la numeración para conocer las características del residuo de acuerdo con la lista europea de residuos contemplada en la orden MAM/304/2002.

Descripción según orden MAM/304/2002	Código Ler	Toneledas de cada tipo RC	Volúmen (m ³)
RC: Procedentes de la excavación			
Pétreos y tierras	17 05	210	105
RC: Procedentes de la instalación (Naturaleza no pétreo)			
Madera	17 02 01	0,2	0,1
Metales	17 04	0,2	0,15
Plástico	17 02 03	0,1	0,15
Papel	20 01	0,05	0,075
RC: Naturaleza Pétreo			
Áridos	01 04	0,5	0,4
Hormigón	17 01	1	0,8
Piedra	17 09	2,5	1,8
RC: Potencialmente peligrosos			
Basura	20 02	1,2	1,5
Otros		0,4	0,5
Estimación total de residuos (Tn)		216,15 Tn	
Estimación total de volumen de residuos (m³)		110,475 m ³	

Tabla 34 Resumen residuos generados [Fuente Elaboración propia]

La lista de residuos que se prevén que se generen son lo que se corresponden con la propia ejecución de las obras, es decir, no van incluidos los residuos generados en el transporte, embalaje, etc. que estos serán contemplados en el Plan de Residuos de la Obra.

Debido a que se estima que los residuos generados no sean muy grandes, se planifica que dichos residuos sean transportados al punto limpio más cercano que este caso consiste al punto limpio de Villacantid. Este vertedero, que se encuentra a 28 km por lo que se trata de una distancia asumible, se encargará del reciclaje o eliminación de los residuos trasladados.

3. Medidas prevención de residuos

De acuerdo con lo establecido en el artículo 4, punto 2 del Real Decreto 105/2008 se deberán indicar en el presente proyecto las medidas de prevención de residuos. Estas medidas serán:

- Separación de los residuos peligrosos para evitar contaminaciones.
- Reducción de embalajes y envases durante el transporte de los materiales de construcción hacia la obra.
- Utilización de materiales que puedan ser más fáciles reutilizados y de larga duración.
- Optimización de los materiales requeridos.
- Separación de cada tipo de residuos según su destino.

4. Operaciones con los residuos

De acuerdo a lo establecido en el artículo 4, punto 3 del Real Decreto 105/2008 se deberán indicar en el presente proyecto las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a las que serán sometidos los residuos que serán las siguientes:

- Reutilización de las tierras extraídas durante la excavación o y durante la construcción de las zanjas.
 - Reutilización de materiales pétreos.
 - Reutilización de materiales no pétreos.
 - Reutilización de materiales cerámicos.
 - Reutilización de otros tipos de materiales.
 - Utilización como combustible o biomasa.
 - Reciclado de metales.
 - Reciclado de plásticos, papel y cartón.
-

- Utilización de las tierras para plantaciones agrícolas.
- Vertido en lugares indicados.
- Tratamientos químicos para deshacerlos de ellos.
- Incineración.

5. Planos para colocación de residuos

Se delimitará una zona donde se depositen los residuos generados para facilitar la recogida de ellos por la empresa contratada encargada de sus tratamientos.

6. Prescripciones y presupuesto de la gestión de residuos

Cumpliendo el artículo 4 punto 6 del Real Decreto 105/2008 se indicarán en el pliego de condiciones las prescripciones para el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones que se puedan llevar a cabo por los residuos. Se incluirá en el presupuesto del proyecto una partida destinada a la gestión de residuos.

ANEXO V FICHAS TÉCNICAS ELEMENTOS

1. Módulo fotovoltaico







HiKu

SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE
425 W ~ 440 W
 CS3W-425 | 430 | 435 | 440P (IEC1000 V)
 CS3W-425 | 430 | 435 | 440P (IEC1500 V)

MORE POWER

-  24 % higher power than conventional modules
-  Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 2.7 % lower system cost
-  Low NMOT: 42 ± 3 °C
Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C
-  Better shading tolerance

MORE RELIABLE

-  Lower internal current, lower hot spot temperature
-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 3600 Pa*

25 years linear power output warranty*

12 years enhanced product warranty on materials and workmanship*

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
 ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / KS / INMETRO
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS
 UNI 9177 Reaction to fire: Class 1 / Take-a-way
 Canadian Solar recycles panels at the end of life cycle



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the regions in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 38 GW deployed around the world since 2001.

* For detail information, please refer to Installation Manual.

CANADIAN SOLAR INC.
 Canadian Solar M55 (Australia) Pty Ltd., 44 Stephenson St, Cremorne VIC 3121, Australia
 sales.au@canadiansolar.com, www.canadiansolar.com/au

ENGINEERING DRAWING (mm)

Rear View

Frame Cross Section A-A

Mounting Hole

CS3W-420P / I-V CURVES

Legend for I-V Curves:

- 100 W (Red)
- 200 W (Orange)
- 300 W (Yellow)
- 400 W (Green)
- 1°C (Black)
- 20°C (Dark Blue)
- 40°C (Light Blue)
- 60°C (Light Green)

ELECTRICAL DATA | STC*

CS3W	425P	430P	435P	440P
Nominal Max. Power (Pmax)	425 W	430 W	435 W	440 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	39.7 V	39.9 V	40.1 V	40.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.71 A	10.78 A	10.85 A	10.92 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.2 V	48.4 V	48.6 V	48.7 V
Short Circuit Current (Isc)	11.29 A	11.32 A	11.35 A	11.4 A
Module Efficiency	19.24%	19.46%	19.69%	19.92%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	20 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C. Measurement uncertainty: ±1% (Pmax).

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3W	425P	430P	435P	440P
Nominal Max. Power (Pmax)	316 W	320 W	323 W	327 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.9 V	37.1 V	37.3 V	37.4 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.57 A	8.62 A	8.68 A	8.74 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.2 V	45.4 V	45.6 V	45.7 V
Short Circuit Current (Isc)	9.11 A	9.13 A	9.16 A	9.20 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 40 mm (83.0 X 41.3 X 1.57 in)
Weight	24.9 kg (54.9 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-); landscape: 1400 mm (55.1 in); leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4-PC-1 (IEC 1000 V) or PV-KST4/xy-UR, PV-KBT4/xy-UR (IEC 1000 V) or T4-PC-1 (IEC 1500 V) or T4-PPE-1 (IEC 1500 V) or PV-KST4-EVO2/XY, PV-KBT4-EVO2/XY (IEC 1500 V) or UTXCFA4AM, UTXCMA4AM (IEC 1500 V)
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HC)	594 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

PARTNER SECTION

* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR INC.
 Canadian Solar MSS (Australia) Pty Ltd., 44 Stephenson St, Cremorne VIC 3121, Australia
 sales.au@canadiansolar.com, www.canadiansolar.com/au

March 2020. All rights reserved. PV Module Product Datasheet V5.59_AU
 * Manufactured and assembled in China, Thailand and Vietnam.

2. Estructura soporte

Especificaciones Técnicas		
		
CARACTERÍSTICAS GENERALES	STI-F3	STI-F5
Tipo de estructura	Estructura fija monoposte	Estructura fija biposte
Superficie ocupada estimada por 1MWp	1.5-2ha (En función del ángulo de inclinación)	
DIMENSIONES (estructura ESTÁNDAR)*	STI-F3	STI-F5
Largo	En función de la configuración. Estructura modular	
Ancho	Hasta 4m	Hasta 8m
Altura	2.5m aprox.	3m. aprox.
Distancia del panel al suelo	>0.5m	
Inclinación	5° a 30° (otras posibilidades)	
ANÁLISIS ESTRUCTURAL		
Normativa aplicada	Eurocódigo como Standard. Adaptable a regulación local: EC, ASCE, CFE, NCH, AS, NZS, SANS	
ESPECIFICACIONES MECÁNICAS		
Velocidad max. viento	Standard 140km/h*	
Materiales de estructura	HDG Steel S235, S275, S355 or S280GD ZM310	
Tornillería	Acero de calidad 10.9 y 8.8 con Zinc níquel o Geomet Grado B (ISO 9227)	
Fijación de los módulos	Unión atornillada, remache o grapas	
CIMENTOS		
Hinca directa	Terrenos cohesivos consistencia media-firme y granulares de consistencia media a densa	
Hinca con pretaladro	Terrenos muy firmes o rocosos mediante pretaladro previo	
Micropilote	Terrenos de baja capacidad portante o corrosivos	
Tornillo de cimentación	Terrenos muy firmes o rocosos mediante pretaladro previo	
Zapata de hormigón	Suelos difíciles, vertederos	
MANTENIMIENTO		
Mantenimiento	Mínimo (revisión anual)	
GARANTÍA		
Estándar	10 años	

3. StringBox

INGECON

SUN

StringBox

SIMPLE AND SAFE CONNECTION OF PHOTOVOLTAIC STRINGS, 1500 V, WITH CURRENT DETECTION

M12 / M16 / M18 / M20 / M24 / M32

The new INGECON® SUN StringBox M is a device for measuring each PV generator string current and detecting defective string current through INGECON® SUN Manager software, INGECON® SUN SCADA and/or other monitoring system. String currents can be monitored through the RS485 serial port.

The new INGECON® SUN StringBox M is a cost-effective PV string monitoring box series designed for central inverter-based PV systems. The INGECON® SUN StringBox M features efficient input and output DC wiring with fully rated DC disconnect switches for safe maintenance.

A complete range of equipment for all types of projects
Available in models ranging from 12 to 32 inputs and 1,500 V max. DC voltage, the INGECON® SUN StringBox M provide the maximum flexibility and expandability in system design. The compact and rugged IP65 enclosure is designed for installation in outdoor environments, such as roof-mounted systems and large-scale solar farms.

Maximum protection
The INGECON® SUN StringBox M is an intelligent combiner box and are equipped with touch-safe DC fuse holders, DC fuses, lightning induced DC surge arresters and load disconnect switch.

PROTECTIONS

- Up to 32 pairs of DC fuses.
- Available fuses: 30A, 32A, 35A, 36A, 20A, 25A, 30A, 32A (15A standard).
- Lightning induced DC surge arresters, type 2.
- Manual DC isolating switch.

OPTIONAL ACCESSORIES

- Lightning induced DC surge arresters, type 1+2.
- Pole mounting kit.
- PV connectors.

MAIN FEATURES

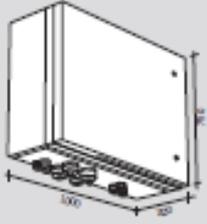
- Built to minimize system costs by providing the maximum flexibility.
- RS485 serial port for currents monitoring.
- On-board temperature sensor.
- Supervision of the DC isolating switch and SPD protection.
- One analog input for external RTD.
- Available in 12, 16, 18, 20, 24, 32 inputs versions.
- Rated for 1,500 Vdc maximum voltage.
- Simplifies input and output wiring.
- Capability to connect up to 2 DC output cables per polarity (only for 12 and 16 inputs).
- IP65 protection rating.
- Maximum protection to corrosion and pollution thanks to the isolating polyester enclosure reinforced with fibreglass.



www.ingeteam.com

solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam

	StringBox M 12	StringBox M 12B	StringBox M 16	StringBox M 16B
Input				
Maximum number of input strings	12 / 24 ¹⁾	12 / 24 ¹⁾	16 / 32 ¹⁾	16 / 32 ¹⁾
Max. number of measurable inputs	12	12	16	16
Maximum current per input (A)	12 / 24	12 / 24	12 / 24	12 / 24
Number of protection fuses	12	24	16	32
Type of fuses	aTV fuses, 10 x 85 mm, 30 kA			
Maximum DC voltage	1,500 Vdc			
Cable inlet	M40 cable stands (6.4 cables entry diameter: 6 to 10 mm for each cable stand)			
Inlet connectors	Direct connection to fuse holders or distribution bar, wiring gauge 1.5 to 16 mm ²			
Output				
Rated total current (A) ²⁾	144 / 288	144 / 288	192 / 384	192 / 384
Cable outlet	Up to 2 pairs of M50 cable stands (cable diameter: 27 to 35 mm)			
Outlet connectors	Direct connection on copper cables, wiring gauge up to 2 x 240 mm ² per pole			
DC switch disconnected output (A)	315 / 400	315 / 400	315 / 400	315 / 400
SPD				
Type	Type 1 (optional): Type 1+2 ³⁾			
Grounding connection	M20 cable stand (cable diameter: 7 to 13 mm, wiring gauge: 2.5 to 35 mm ²)			
Communication				
Type	RS485, 3 wires (A, B and GND)			
Protocol	Modbus RTU			
Connection	2 x M05 cable stand (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm ²)			
Others				
Digital inputs	Two digital inputs already linked to the auxiliary contact of DC isolating switch and to the surge protection device (aull) contact			
Analogue inputs	One analogue input for one external RTD, precision: higher than 1.5%			
Analogue inputs connection	M05 cable stand (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm ²)			
Current measurement sensors	One sensor for each input, maximum 25 A, accuracy 0.3%			
On-board sensor	One on-board sensor for internal box temperature measurement			
General Information				
Enclosure type	Outdoor use, insulating cabinet (polyester reinforced with fibreglass)			
Protection rating	IP65			
Ingress strength	IK10			
Operating temperature range	-20 °C to +55 °C			
Relative humidity (non condensing)	0 to 95%			
Maximum altitude ⁴⁾	2,000 m a.s.l.			
DC switch handle	Internal, lockable in open position			
Consumption (W)	9.5		9.5	
Size (mm)	1000 x 750 x 320 (W x H x D)			
Weight (kg)	39	41	41	43
Marking	CE			
EMC and Safety standards	EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, IEC 60364-7-712			
UV Switchgear standards	IEC 61439-1, IEC 61439-2, AS/NZS 61439-2, AS/NZS 5033			
Electric shock protection	Class II equipment			
<p>Notes: ¹⁾ With external over molding in the fuses and branch connectors ²⁾ Over 50 °C ambient temperature, the current will be reduced at the rate of 3.5% every °C up to 55 °C ³⁾ Please contact Intersol for altitudes higher than 2,000 m.</p>				
Size mm				
				
<p>M 12 39 kg</p> <p>M 12B 41 kg</p> <p>M 16 41 kg</p> <p>M 16B 43 kg</p>				

4. Estación de potencia



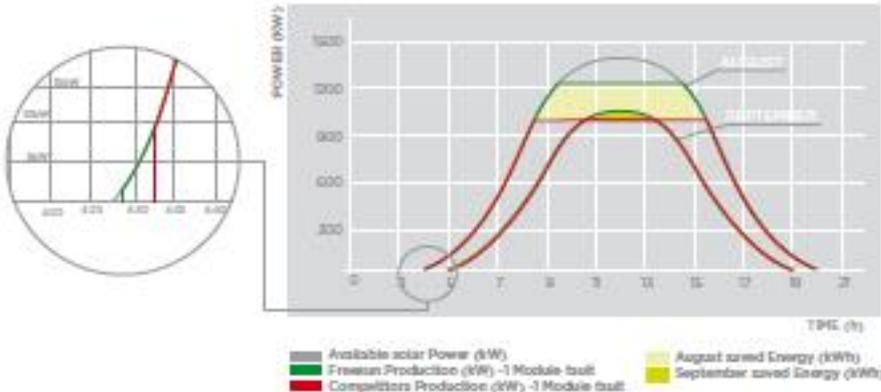




Automatic Redundant Modular Master Slave System

Freesun HE topology gets the competitiveness of central inverters and the availability of string inverters. It is constructed with independent modules from 100 to 130kVA, each module includes its own control board, power stage and cooling system, being coupled by the DC and AC buses. In the end, an issue only affects to one of the units and never the entire system. At the same time, the power of the faulty module is sent to an adjoining operative module, so that it only reduces the injected power when the maximum rated power is reached. If not, you won't lose a kWh and you might probably never realize that a module is not operative.

All the units work in parallel together commanded by the master. This master is the main governor of the system and is responsible of the MPPT tracking, synchronization sequence, overall protection... Freesun HE is smartly designed to last. The automatic mode shifts every night the master role by comparing the register of energy production of every module. The one with less energy produced (kWh) will act as a master next early morning with the first sunbeams. This feature enables a homogeneous wear and tear of all the components in the modules, extends the product lifetime and MTBF ratio.

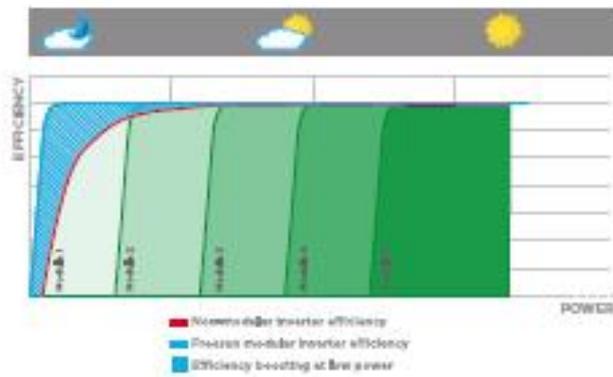


■ Available solar Power (kW) ■ August saved Energy (kWh)
■ Freesun Production (kW) -1 Module fault ■ September saved Energy (kWh)
■ Competitors Production (kW) -1 Module fault




FREESUN SOLAR INVERTER / POWER ELECTRONICS

When addressing the selection of a solar inverter manufacturer, there are crucial points that should be considered first and inverter's efficiency is one of the most important. On low radiation conditions, a modular inverter operates at higher efficiency levels than a similarly sized central inverter. By shutting off unneeded power modules, modules load increases to get the maximum available efficiency. At the same time, a lower power rating of the inverter units allow to start feed-in earlier in the morning and to stop later in the afternoon. As a result, throughout the entire service life of the PV plant, HE will generate higher yields than central or string inverters.



**A MODULAR AND REDUNDANT
INVERTER GENERATES
HIGHER YIELDS**



1E_19





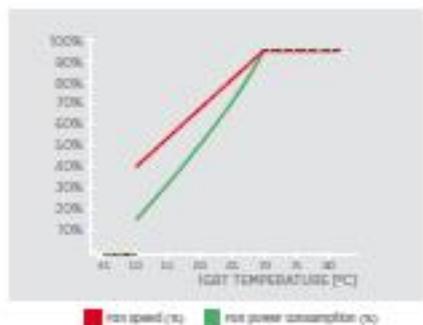
Efficient Cooling System

Independent cooling in each module reduces the fan power consumption. The inverter reduces to the maximum the Stand-by consumption at low capacity. Each hot zone of the module has 3 independent fans smartly located and controlled through its own control board and temperature sensors.

Power Electronics' experience in VSD has been implemented in the main power fans to reduce the energy consumption to the minimum and to boost the cooling capacity for PV installation situated higher than 3000 meters above sea level. Energy saving with greater cooling features.

No power derating until 50°C due its oversized IGBT's, its mechanical design and efficient cooling system.





IGBT Temperature (°C)	Fan Speed (%)	Fan Power Consumption (%)
40	~40	~15
50	~65	~45
60	~90	~75
70	~95	~85
80	~95	~85



Totally Sealed

The internal fan moves the clean air through the dissipation surface that allows HE Series to be totally isolated. This mechanical design offers maximum protection for the electronics without the risk of dust filters clogging which require regular maintenance.

FREESUN SOLAR INVERTER / POWER ELECTRONICS

135

03
FREESUN ME

EASY TO INSTALL

Easy to install

Its modular design allows to isolate and replace all the components with no effort, saving time and money during routine inspections. Each module is equipped with guided wheels that enable an easy frontal extraction only with the aid of the delivered trolley.



MULTIPLE MPPT

MPPt

Maximum DC bus flexibility that allows up to 10 independent MPPT per inverter

Furthermore, design each MPPt's rated power as you wish, neither mechanical, hardware or software restriction to fit all the customer's requirements.

20_21



MULTIPLE CONFIGURATIONS
KVA

Configurable Rating

AC Power configurable rating and MPPT DC voltage range, the customer could adjust the limits of the inverter to increase the module power from 100kVA to 139kVA. Power electronics provides you competitiveness tools.

# MODULES	MPPT Window (VDC) ⁽¹⁾				Nominal AC Output Power (kVA) ⁽²⁾
	382V-900V	425V-900V	467V-900V	500V-900V	
2	200kVA	230kVA	250kVA	280kVA	Nominal AC Output Power (kVA) ⁽²⁾
3	300kVA	340kVA	380kVA	420kVA	
4	400kVA	460kVA	500kVA	560kVA	
5	500kVA	570kVA	630kVA	700kVA	
6	600kVA	680kVA	750kVA	830kVA	
7	700kVA	800kVA	880kVA	970kVA	
8	800kVA	900kVA	1000kVA	1100kVA	
9	900kVA	1030kVA	1100kVA	1250kVA	
10	1000kVA	1160kVA	1250kVA	1390kVA	
AC Output Voltage	270Vac	300Vac	330Vac	360Vac	

(1) values at 50°C, cosφ=1 (2) values at 100vac nom and cos φ=1, consult power electronics for derating curves.



EXTENDED MPPT
MPPT

Extended MPPT

Using the latest modulation techniques, inspired by the most accurate and powerful motor control applications, has lead to the widest MPPT full power window in the solar market. Update your OND files as soon as possible to check how the most advanced control software and our unique topology boost your PV plant performance rates.



ADJUSTABLE POWER
DAY NIGHT

Accurate and flexible reactive capability

Freesun HE Inverter is limited by the output current at 50°C, no matter whether it is active or reactive current. Just an appropriate selection of the units considering the reactive capability curves allow the user to install Freesun HE with any power factor conditions.

During the night Freesun HE inverter can shift to reactive power compensation mode. The inverter will work either following an external dynamic signal from a power analyzer, or injecting a pre-set reactive power (kVAR).

FREESUN SOLAR INVERTER / POWER ELECTRONICS

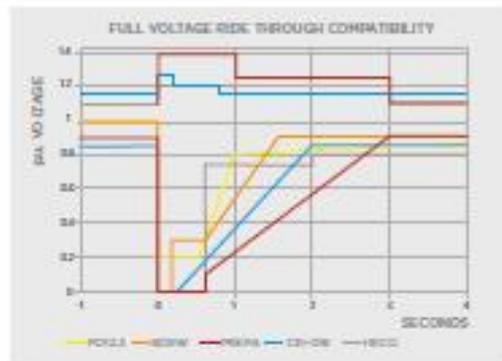
137



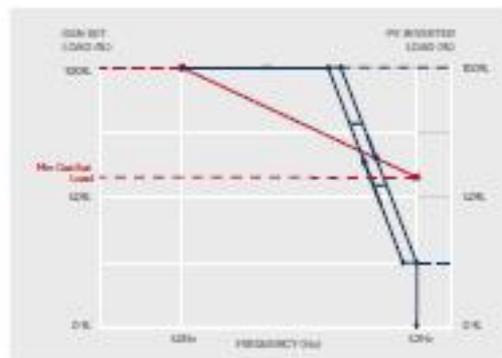
Dynamic grid support

Freesun HE firmware includes the latest utility interactive features (LVRT, OVRT, FRS, FRT, Anti-islanding, active and reactive power curtailment...), being compatible with all the specific requirements of the utilities in any country (France, Germany, Italy, Israel, Japan, Mexico, Puerto Rico, Rumania, South Africa, Spain, UK, U.S.A...)

LVRT or ZVRT (Low Voltage Ride Through): Our inverter withstand any voltage dip profile required by the local interconnection code, it will immediately feed the fault with full reactive power, as long as the protection limits are exceeded.



FRS: The Frequency Regulation Systems algorithm curtails the active power along a preset characteristic curve supporting the grid stabilization. This functionality, together with a Freesun PPC, will control the PV active power injection in electric grids powered by diesel Generators.



Freesun HE can perform simultaneously two anti-islanding protection methods: Passive and Active method. Both certified according to IEC 62116 and IEEE1547.

The advance control allows the inverter to support the grid through reactive power injection or phase shift control by selecting: a fixed $\cos \phi$, dynamic $\cos \phi$, preset $\cos \phi(P)$ continuous curve, preset $Q(V)$ step or continuous curve.

HE | Technical Characteristics **360VAC**

360VAC - MPPT Window 510Vdc-900Vdc

		FRAME 1 - FS		FRAME 2 - FS			FRAME 3 - FS			
NUMBER OF MODULES		2	3	4	5	6	7	8	10	
Freesun HE		F3027B0H	F3027C0H	F3027A0H	F3027D0H	F3027E0H	F3027F0H	F3027G0H	F3027H0H	
OUTPUT	Nominal AC Power(kVA) at 50°C	390	470	560	700	830	970	1190	1590	
	Nominal AC Current (A) at 50°C	444	667	889	1111	1333	1555	1777	2222	
	Operating Grid Voltage(V _{ov})	360Vac								
	Operating Range, Grid Frequency	50Hz - 60Hz								
	Voltage Ripple, PV Voltage	< 3%								
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% of nominal power								
	Power Factor (cos phi) ⁽¹⁾	0.0 leading...0.0 lagging / Reactive power injection at night								
INPUT	Number AC connections per pole	4x240mm ² M12			4x40mm ² M10			8x240mm ² M12		
	MPPT Voltage Window (VDC) ⁽²⁾	510V-900V								
	MPPT window @full power (VDC) ⁽²⁾	560V-820V								
	Max. permissible DC voltage (V _{ov})	1000V								
EFFICIENCY & AC SUPPLY	Rated DC current (A)	500A	750A	1000A	1250A	1500A	1750A	2000A	2500A	
	Maximum Efficiency P _{ac, nom} (%)	98.6%			98.6%			98.6%		
	Europe's (%)	98.2%			98.3%			98.4%		
	Maximum Standby Consumption P _{stand}	< approx. 100W		< approx. 260W			< approx. 400W			
CABINET	Control Power Supply	3 x 600V, 50/60Hz, (VRT compatible inverters equipped with internal UPS)								
	Dimensions (WxHxD) mm	2100x2060x1020			3372 x 2060 x 1020			5260 x 2060 x 1020		
	Weight (kg)	1650			2900			4500		
	Air flow	Intake through rear lower part, blown out through upper side								
ENVIRONMENT	Type of ventilation	VSD temperature controlled, Air-cooled								
	Degree of protection	Indoor IP21								
	Permissible Ambient Temperature	-20°C...+50°C								
	Relative Humidity	10% to 95% Non condensing								
	Max. Altitude (above sea level)	1000m; >1000m power derating 1% Sn (kVA) per 100m								
CONTROL INTERFACE	Noise level ⁽⁴⁾	< 79 dBA								
	Interface	Alphanumeric Display / Optional Freesun App Display or Freesun Web Display								
	Communication	RS232 / RS485 / USB / Ethernet, (Modbus RTU Protocol, Modbus TCP/IP) Optional GSM/GPRS								
	Analogue Inputs	1 programmable and differential inputs; (0-20mA or ± 10mV to ± 10V) and PT100								
	String Supervisor Communication	RS485 / Modbus RTU								
	Plant Controller Interface	Ethernet / Modbus / TCP/IP								
PROTECTIONS	Digital Outputs	2 electrically isolated programmable switched relays (250V _{ac} , 8A or 30 V _{dc} , 8A)								
	Ground Fault Monitoring ⁽³⁾	Standard built in								
	Humidity Control	Active Heating / Optional Heating Resistors								
	Emergency Stop	Optional								
	General AC Protection & Disconn.	Circuit Breaker / Optional AC fuses & disconnectors								
	General DC Protection & Disconn.	Optional: Integrated in empty modules or external								
	Module AC Protection & Disconn.	AC circuit breaker & contactor								
	Module DC Protection & Disconn.	Motorized MCCB								
Overvoltage Protection	AC, DC Inverter and Auxiliary Supply type 2 - Internal Standard									
Lightning Protection	Optional (integrated in the inverter)									

NOTES

(1) (1) consult P-Q charts available: $Q(kVA) = I_p(kVA) \cdot P(kW)$

(2) values at 1000vac nom and cos φ = 1, consult power electronics for derating curves.

(3) values at 1000vac nom and cos φ = 1 and T_{amb} = 50°C.

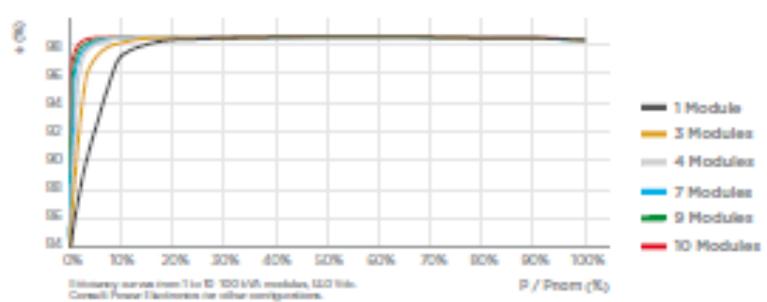
(4) sound pressure level at a distance of 1m from the rear part.

(5) in cases where the installation has the positive pole or the negative pole earth connected, this protection will be disconnected.



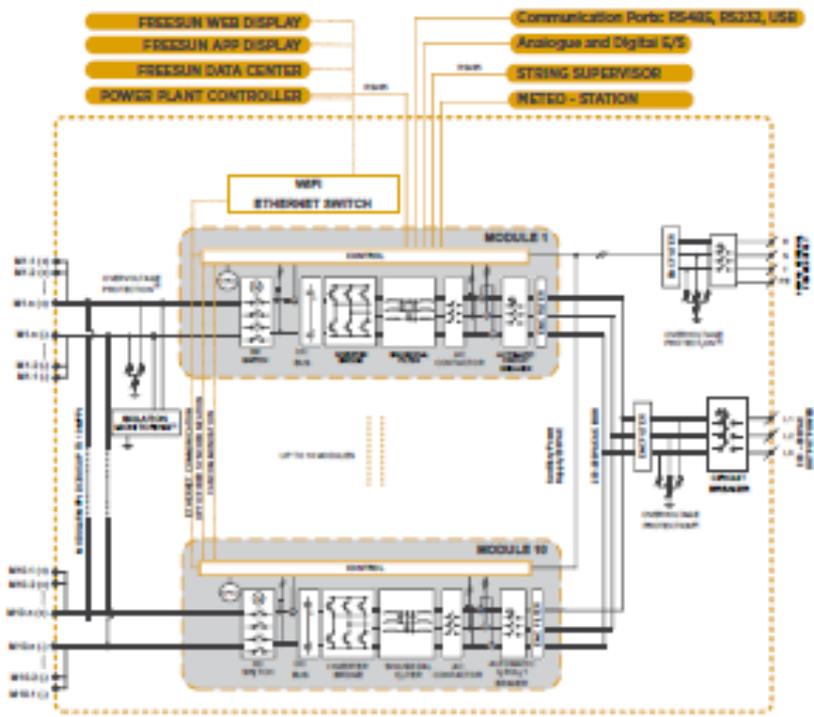
HE | Efficiency Curves Operational Diagram

EFFICIENCY CURVES



Efficiency curves from T for ID: 100110 modules, 1000 Wp.
Consult Power Electronics for other configurations.

OPERATIONAL DIAGRAM



(1) In positive peak or negative peak with external resistances, the protection must be disconnected.
(2) Optional AC and DC lightning protection.

FRESUN SOLAR INVERTER / POWER ELECTRONICS

		FRAME 1 - F5	FRAME 2 - F5	FRAME 3 - F5
MEDIUM VOLTAGE	Inverter AC Voltage	270Vac / 300Vac / 330Vac / 360Vac		
	Output Voltage	10kV-36kV		
	MV Transformer	250 - 400kVA	400 - 800kVA	800 - 1250kVA
	Transformer vector Configuration and type	Dyn11, On/Dry (optional)		
	Frequency	50Hz / 60Hz		
	MV Transformer Efficiency	Standard or High Efficiency		
STANDARD STATION^[1]	MV Switchgear ^[1]	2L1P scheme, SF6 insulated switchgear		
	Concrete Station Dimensions (WxHxD) mm	6080x3200x2530	6860x3200x2530	Inverter ST 6080x3200x2530 Transf. ST 6600x3200x2530
	Total Weight (Inverter + Concrete)	20t	25t	Inverter ST 20t Transf. ST 5t
REDUCED STATION^[2]	Concrete Station Dimensions (WxHxD) mm	6080x2400x2400	6800x2400x2400	8400x2400x2400
	Total Weight (Inverter + Concrete)	16t	26t	28t
AUXILIARY SUPPLY	Auxiliary Inverter Power Supply	3 x 400V, 50 / 60Hz, (LVRT compatible inverters equipped with internal UPS)		
	Auxiliary transformer ^[3]	10kVA, Yyn0		
	Auxiliary services Station ^[3]	Optional upstream fuse protection General control panel with auxiliary breakers, prepared with four outputs: Lighting, power supply, inverter power supply and auxiliary MCCB		
ENVIRONMENTAL RATINGS	Protection Rating as per EN 60529	Outdoor IP54		
	Permissible Ambient Temperature	-20°C ...+50°C		
	Relative Humidity	5% to 95% Non condensing		
	Max. Altitude (above sea level)	1000m		
	Power Altitude derating	>1000m, 1% Sn (kVA) per 100m		
	Noise Level ^[4]	< 79 dBA		
	UV Exposure	Yes		
CABINET FEATURES	Humidity control	Active heating, Optional heating resistor		
	Station material	Prefabricated Concrete		
	Concrete (exterior walls) colour	RAL 7047		
	Metal parts (grills, doors) and cover colour	RAL 7016		
	Internal earth grid	✓		
	Interior lighting	✓		
	Floor plate and grilles for IEC Inverter	✓		
	Mural type extractor fan with thermostat	✓		
CONNECTIONS	Security features: gloves, bench and first aid information	✓		
	Module rack trolley for module replacement	✓		
	Station Access ^[5]	Input and output holes for underground cabling		
MV SPECIFIC STANDARDS	High Voltage AC Wiring	MV Bridge between transformer and protection switchgear with plug-in terminals at one side and interior terminals in the other		
	DC Wiring	Customised DC fuse protected inputs and disconnectors		
	AC Auxiliary Services wiring	LV Bridge between the transformer and low voltage switchboard included LV auxiliary services wiring (including those connected to the inverter) included		
NOTES	Medium Voltage Safety	EN 62271 - 202, EN 62271 - 200		
	[1] Two fire cells and one protection cell. [2] Dimensions and weight will depend on the final system configuration, please consult power electronics. [3] Reduced station frame 2 requires dedicated foundation for underground cabling and transformer oil collection. [4] Other configuration, please consult power electronics. [5] Sound pressure level at a distance of 1m from the rear part. 8-1000Hz			

HES | Technical Characteristics

OPERATIONAL DIAGRAM

The operational diagram illustrates the electrical connections within the HES station. On the left, a DC input is connected to the FREESUN HE inverter (270V_{DC}-380V_{DC}). The inverter's output is connected to an MV transformer (270V-380V/20kV). This MV transformer is connected to an MV switchgear. An auxiliary transformer (270V-380V/400V) is also shown, connected to the MV transformer and providing power to an LV cabinet for lighting. The MV switchgear is connected to another LV cabinet. The diagram also shows a DC disconnection and protection cabinet connected to the inverter's input.

REDUCED STATION SECTION

The reduced station section shows a 3D cutaway view of the station. The components are labeled as follows:

- DC disconnection and protection cabinet
- Freesun HE Inverter
- Oil PowerTransformer
- MV Switchgear
- Foundation (optional)⁽¹⁾
- Low voltage and control cabinet

Below the cutaway view is a floor plan diagram of the station, showing the layout of the FREESUN HE INVERTER, the OIL POWER TRANSFORMER, and the MV SWITCHGEAR.

NOTES

- (1) It is also available for other operating and voltage (10kV, 15kV, 20kV, 24kV, 30kV, 36kV)
- (2) Other configurations, please consult Power electronics. Some freesun hcs units may differ from the concept shown in the images.
- (3) reduced station requires dedicated foundation for underground cabling and transformer oil collection.

5. Cableado

CABLES PARA INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS
BAJA TENSIÓN

P-SUN 2.0 CPRO

ZZ-F




Tensión asignada: 1/1 KV (1,8/1,8 KVcc)

Norma de referencia: DKE-VDE AK 411.2.3

Designación genérica: ZZ-F



CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS








DESCÁRGATE

la DoP (Declaración de
Prendidas) en este código QR:
www.pppriantab.es/qrcode/DoP

Nº DoP 1006545

ENSAYOS ADICIONALES CABLE FV P-SUN 2.0 CPRO	
Garantía 30 años	SI
Verificación Bureau Veritas	SI
Servicios móviles	SI
Temperatura máxima 120 °C en el conductor	20000 h
Resistencia al ardo	EN 50268, test B
Resistencia a los rayos UVB	UL 1581 (X anexo); ISO 4852-2 (Método A) HD 605/ A4- 2.4.20
Resistencia a la absorción del agua	EN 60811-1-3
Protección contra el agua	A0b (Inmersión)
Resistencia al filo	doblado a baja temperatura EN 60811-1-4
Presión a temperatura elevada	EN 60811-3-1
Dureza	DIN 52003 Shore A ≤ 85
Resistencia a los ácidos minerales	EN 60811-3-1, 24 h, 100 °C
Resistencia a los ácidos bases	EN 60811-3-1, 7 días, 25 °C acción a oscuras, hidróxido sódico
Doble aislamiento (clase II)	SI

- Temperatura de servicio: -40 °C, +20 °C (20000 h); -40 °C, +90 °C (30 años). (Cable termoestable).
- Tensión continua de diseño: 1,5/1,5 KV.
- Tensión continua máxima: 1,8/1,8 KV.
- Tensión alterna de diseño: 1/1 KV.
- Tensión alterna máxima: 1,2/1,2 KV.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 6,5 KV.
- Ensayo de tensión continua durante 5 min: 15 KV.
- Radio mínimo de curvatura estática (posición final instalado): 40 (D = diámetro exterior del cable máximo).

Precauciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): Eca.
- Requisitos mínimos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: EN 60332-1-2.

Normativa de Fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:

- No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-3-2; NFC 32070-C2.
- Libre de halógenos: EN 60754-1; IEC 60754-1; BS 6425-1.
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Nula emisión de gases corrosivos: EN 60754-2; IEC 60754-2; pH ≥ 4,3; C ≤ 10 uS/mm.

CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR
Metal: cobre electrolítico.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 120 °C (20000 h); 90 °C (30 años) 250 °C en conductor.

AISLAMIENTO
Material: Goma tipo E6 según UNE-EN 50363-1.
CUBIERTA
Material: mezcla libre de halógenos tipo EMS según UNE-EN 50363-3-2 b EM6 según UNE-EN 50363-6.
Colores: negro, rojo o azul.
Doble aislamiento (clase II).

CABLES PARA INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS

BAJA TENSIÓN

P-Sun 2.0 CPRO ZZ-F

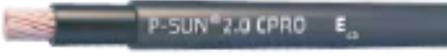
Tensión asignada: 1/1 kV (1,8/1,8 kVcc)

Norma de referencia: DKE-VDE AK 411.2.3

Designación genérica: ZZ-F







APLICACIONES

• Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas (montajes, oraciones, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con saguillones)... Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos.

DATOS TÉCNICOS

NÚMERO DE CONDUCTORES y SECCIÓN (mm²)	DIÁMETRO MÁXIMO DEL CONDUCTOR (mm (ø))	DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE (MÁXIMO) (mm)	PESO (kg/km (t))	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A 20 °C (Ω/km)	INTENSIDAD ADMISIBLE AL Aire (A)	INTENSIDAD ADMISIBLE AL Aire TAMBIÉN EN °C y T. CONDUCTOR (A)	CAIDA DE TENSIÓN V/(A·km) (Ω)
1x 1,5	1,8	4,5	31	13,3	24	30	30,48
1x 2,5	2,4	5	43	7,38	34	41	18,31
1x 4	3	5,6	59	4,25	46	55	11,45
1x 6	3,8	6,2	79	3,20	59	70	7,75
1x 10	5,1	7,2	122	1,91	82	98	4,90
1x 16	6,3	8,6	182	1,21	110	132	2,89
1x 25	7,8	10,3	274	0,780	146	175	1,83
1x 35	9,2	11,3	374	0,554	182	218	1,32
1x 50	11	12,8	508	0,386	220	275	0,98
1x 70	13,1	15,6	709	0,272	282	347	0,68
1x 95	15,1	16,4	900	0,206	343	416	0,48
1x 120	17	18,6	1153	0,161	397	488	0,39
1x 150	19	20,4	1452	0,129	458	566	0,31
1x 185	21	22,4	1713	0,106	523	644	0,25
1x 240	24	24,8	2245	0,0807	637	775	0,20

(1) Valores aproximados.

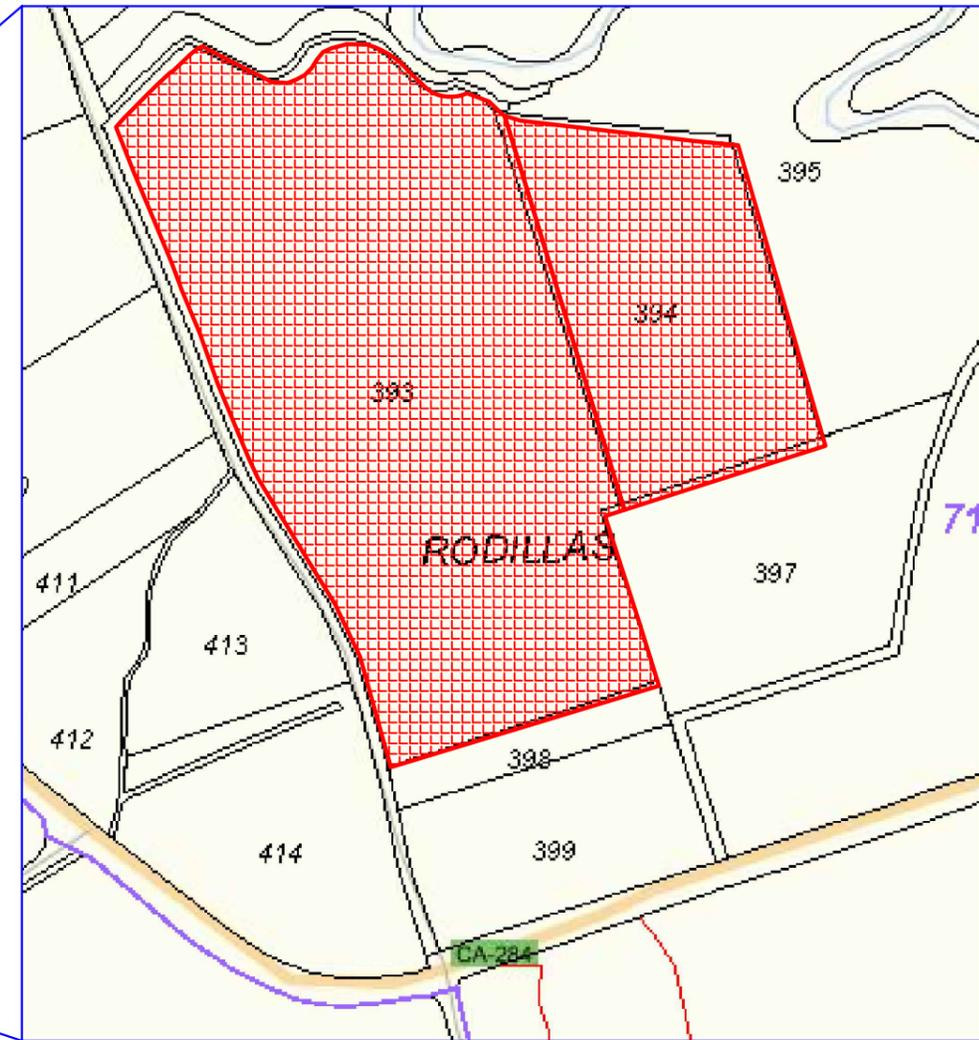
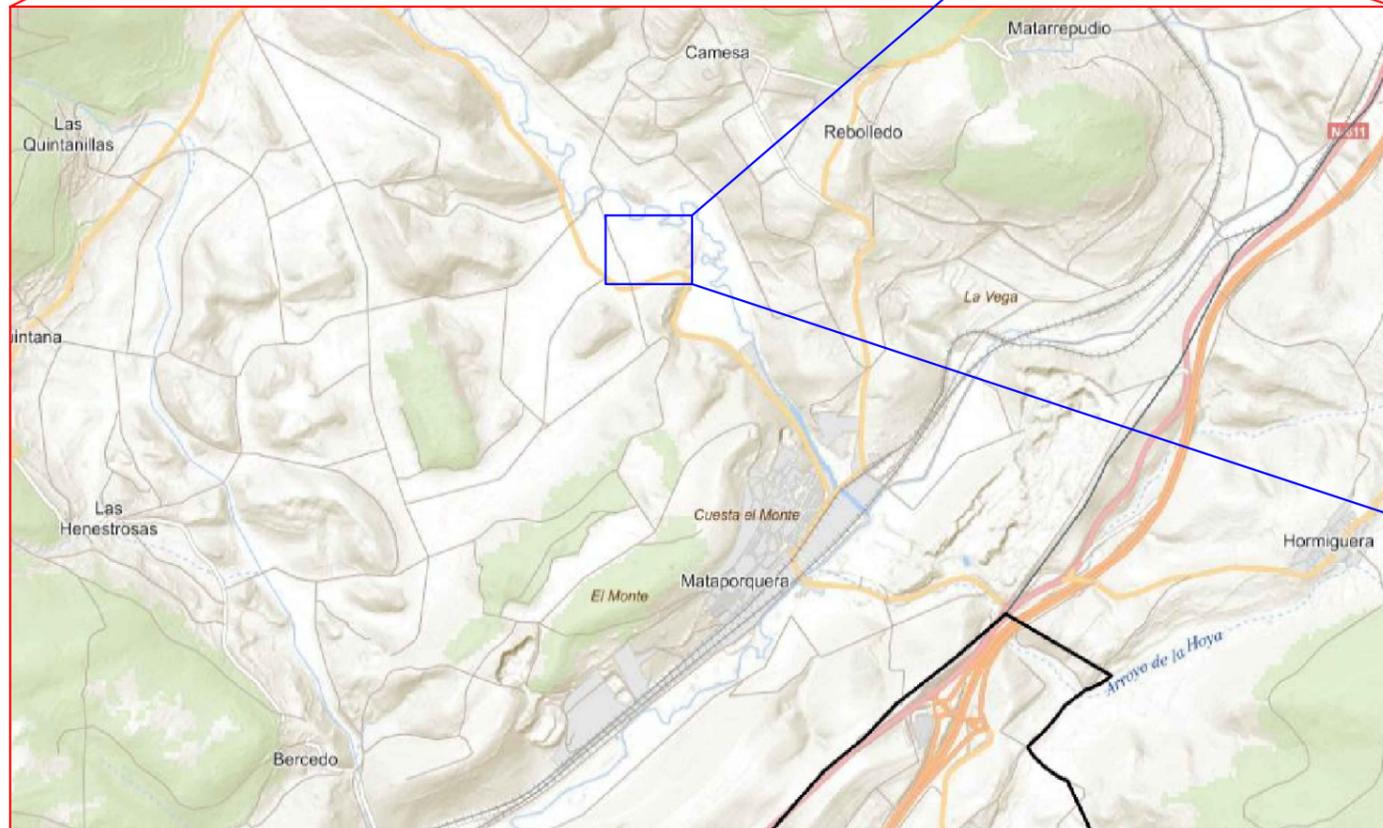
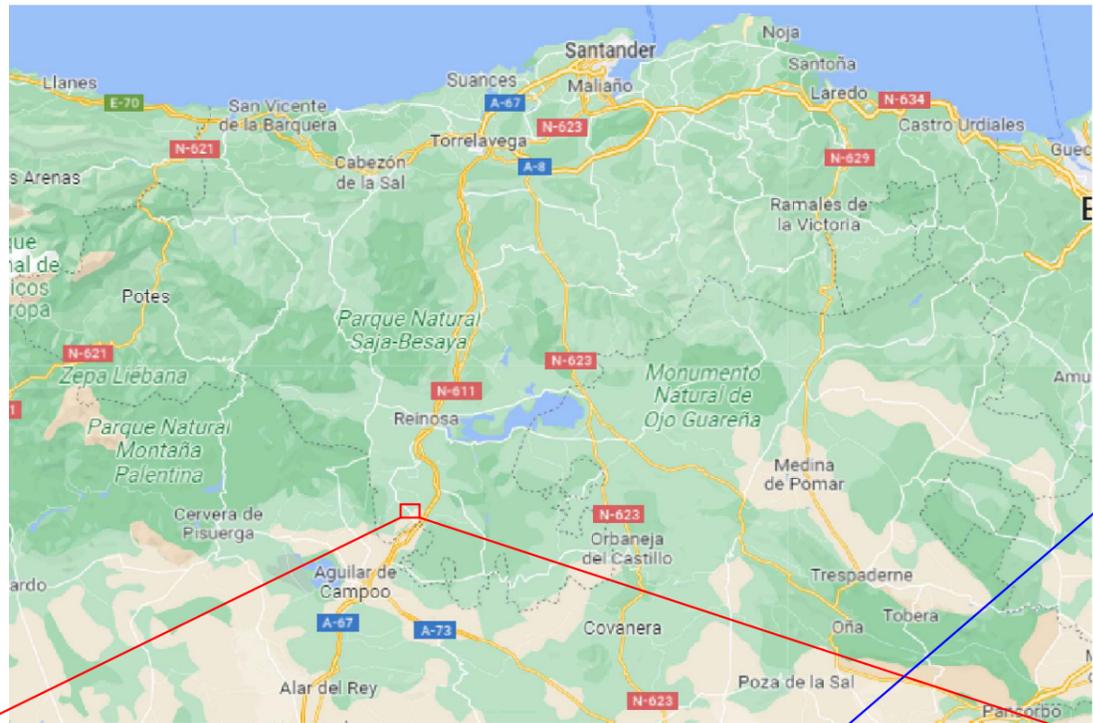
(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,5.
→ XLPE2 con instalación tipo F → columna T3. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).
Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C.
Valor que puede soportar el cable, 20000 h a lo largo de su vida útil (30 años).

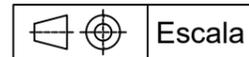
DOCUMENTO II: PLANOS

ÍNDICE PLANOS

1. LOCALIZACIÓN.....	147
2. PLANOS DISPOSICIÓN GENERAL	
2.1. DISPOSICIÓN.....	148
2.2. CABLEADO.....	149
3. ESTRUCTURA SOPORTE. ALZADO Y PERFIL.....	150
4. ESTACIÓN DE POTENCIA.....	151
5. ESQUEMA UNIFILAR.....	152



Coordenadas
emplazamiento:
42°53'09.6"N
4°10'16.9"W



Escala

E.T.S.I. Industriales y T.



Título. Título suplementario.

Localización

Creado por
Alberto Martín Fuentes

Rev.

Idioma
Es

Fecha
Julio-2022

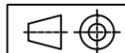
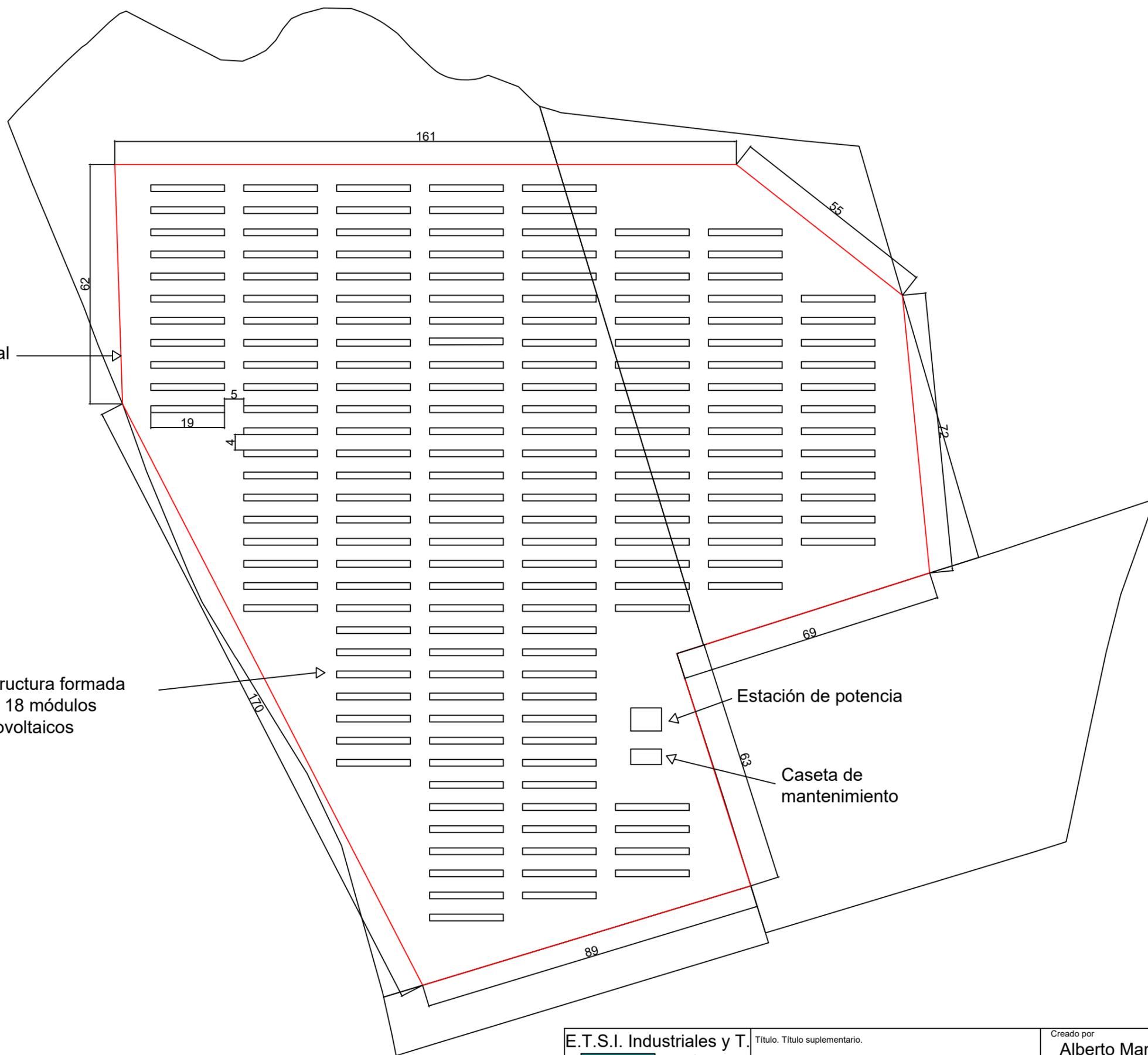
Nº de Plano (Titulación)

Hoja
1



Vallado perimetral
h=2m

Estructura formada
por 18 módulos
fotovoltaicos



Escala 1:1000

E.T.S.I. Industriales y T.



Título. Título suplementario.

Plano general de la
planta. Disposición

Creado por

Alberto Martín Fuentes

Rev.

Idioma
Es

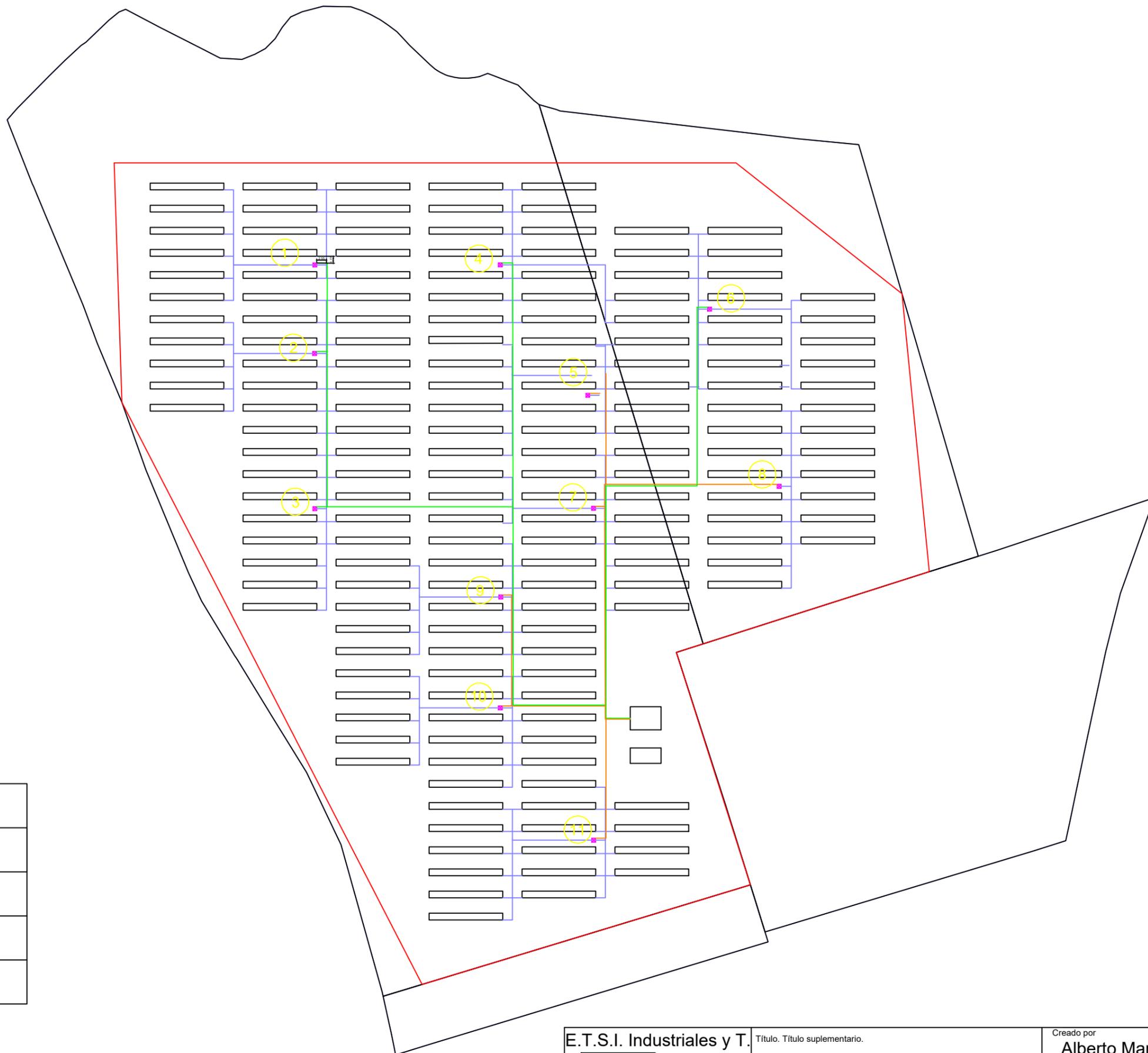
Fecha

Julio 2022

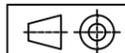
Nº de Plano (Titulación)

Hoja

2



	Cable 2x10mm2
	Cable 2x185mm2
	Cable 2x120mm2
	Caja StringBox
	Número StringBox



Escala 1:1000

E.T.S.I. Industriales y T.



Título. Título suplementario.

Plano general de la planta. Cableado

Creado por

Alberto Martín Fuentes

Rev.

Idioma
Es

Fecha

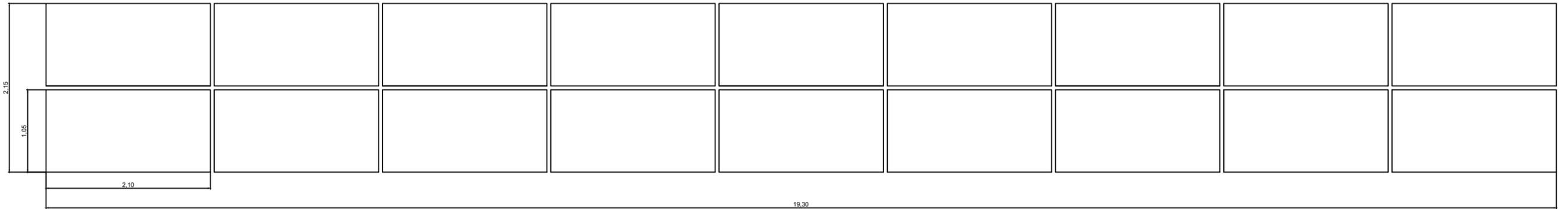
Julio 2022

Nº de Plano (Titulación)

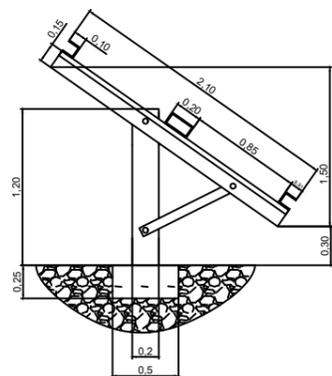
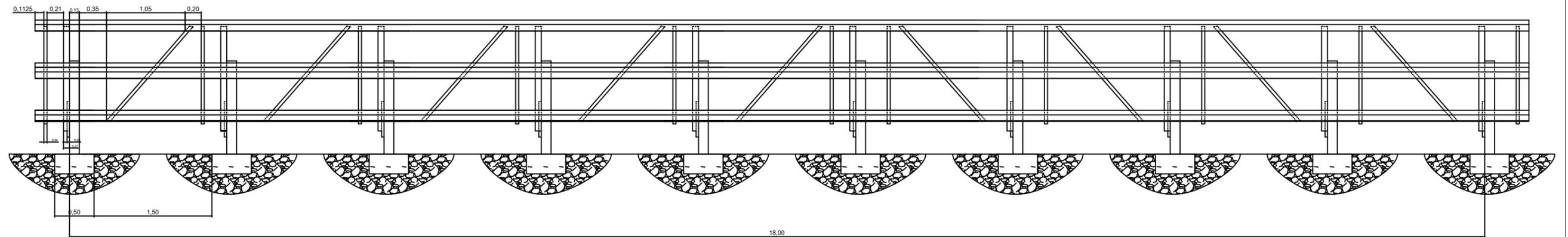
Hoja

3

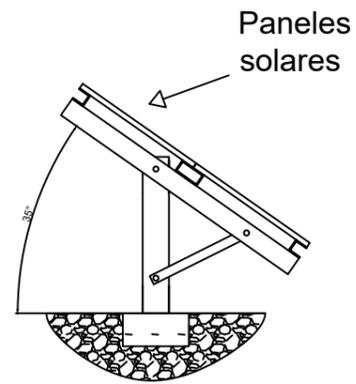
DISTRIBUCIÓN PANELES (Horizontalmente formando dos filas de nueve columnas cada una)



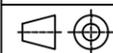
ALZADO ESTRUCTURA SOPORTE



PERFIL ESTRUCTURA



PERFIL ESTRUCTURA CON PANELES



Escala 1:50

E.T.S.I. Industriales y T.



Título. Título suplementario.

Estructura soporte.
Alzado y perfil

Creado por

Alberto Martín Fuentes

Rev.

Idioma
Es

Fecha

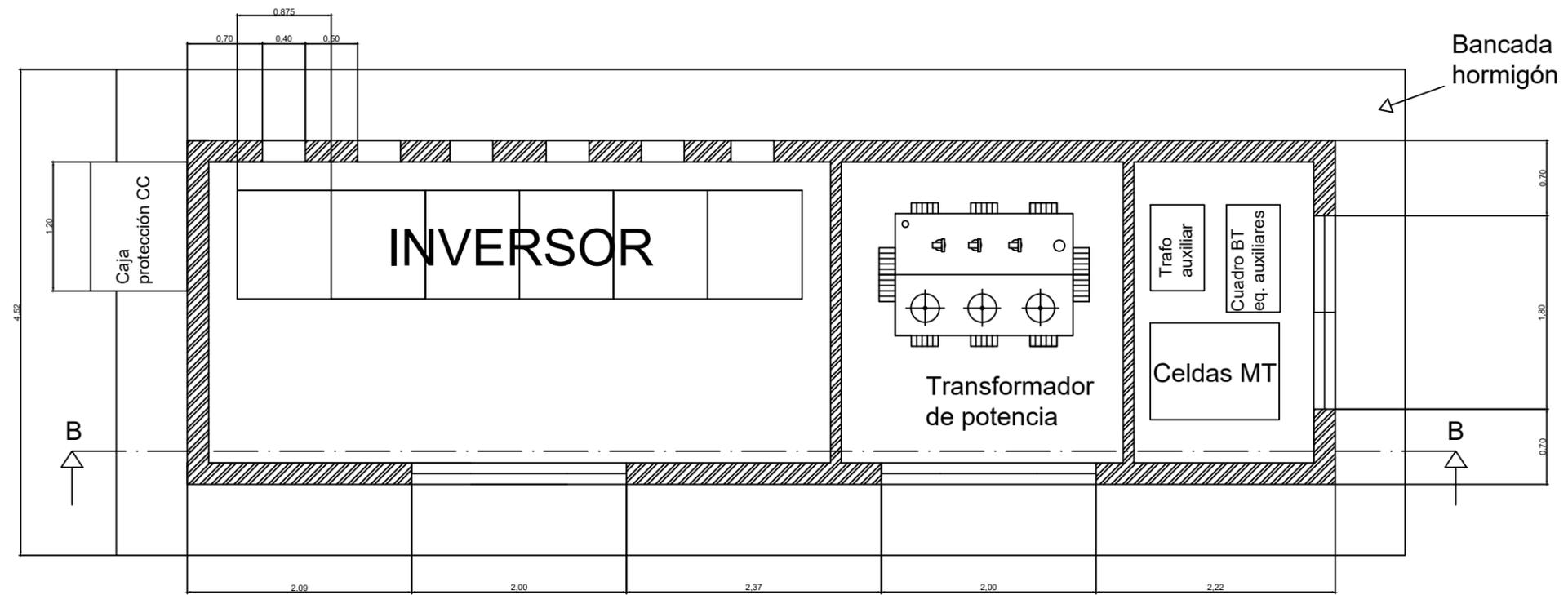
Julio-2022

Nº de Plano (Titulación)

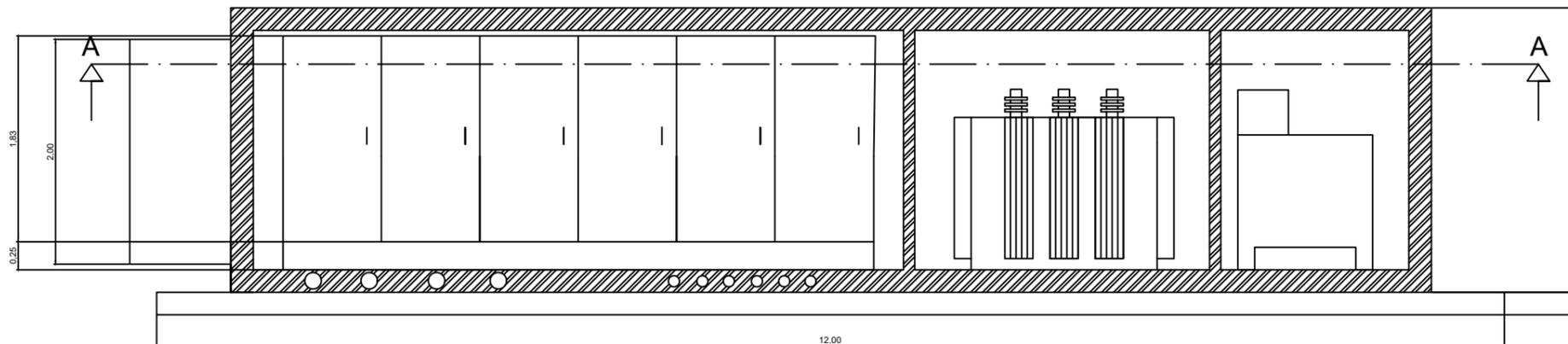
Hoja

4

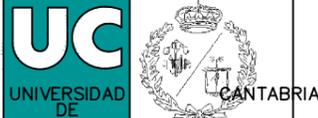
PLANTA ESTACIÓN POTENCIA (CORTE A-A)



ALZADO ESTACIÓN POTENCIA (CORTE B-B)



Escala 1:50

E.T.S.I. Industriales y T.

 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Título. Título suplementario.

Estación de potencia

Creado por
 Alberto Martín Fuentes

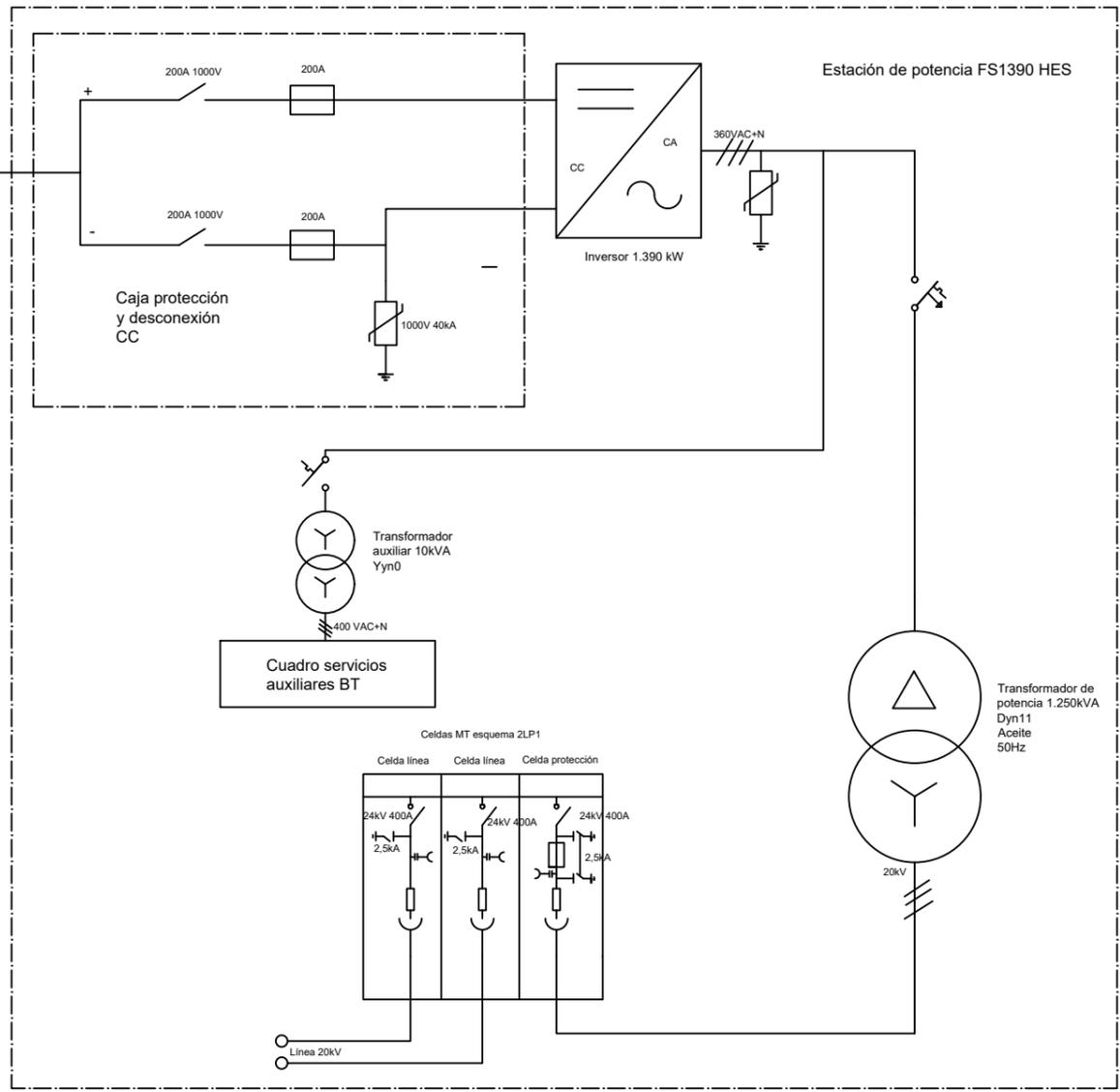
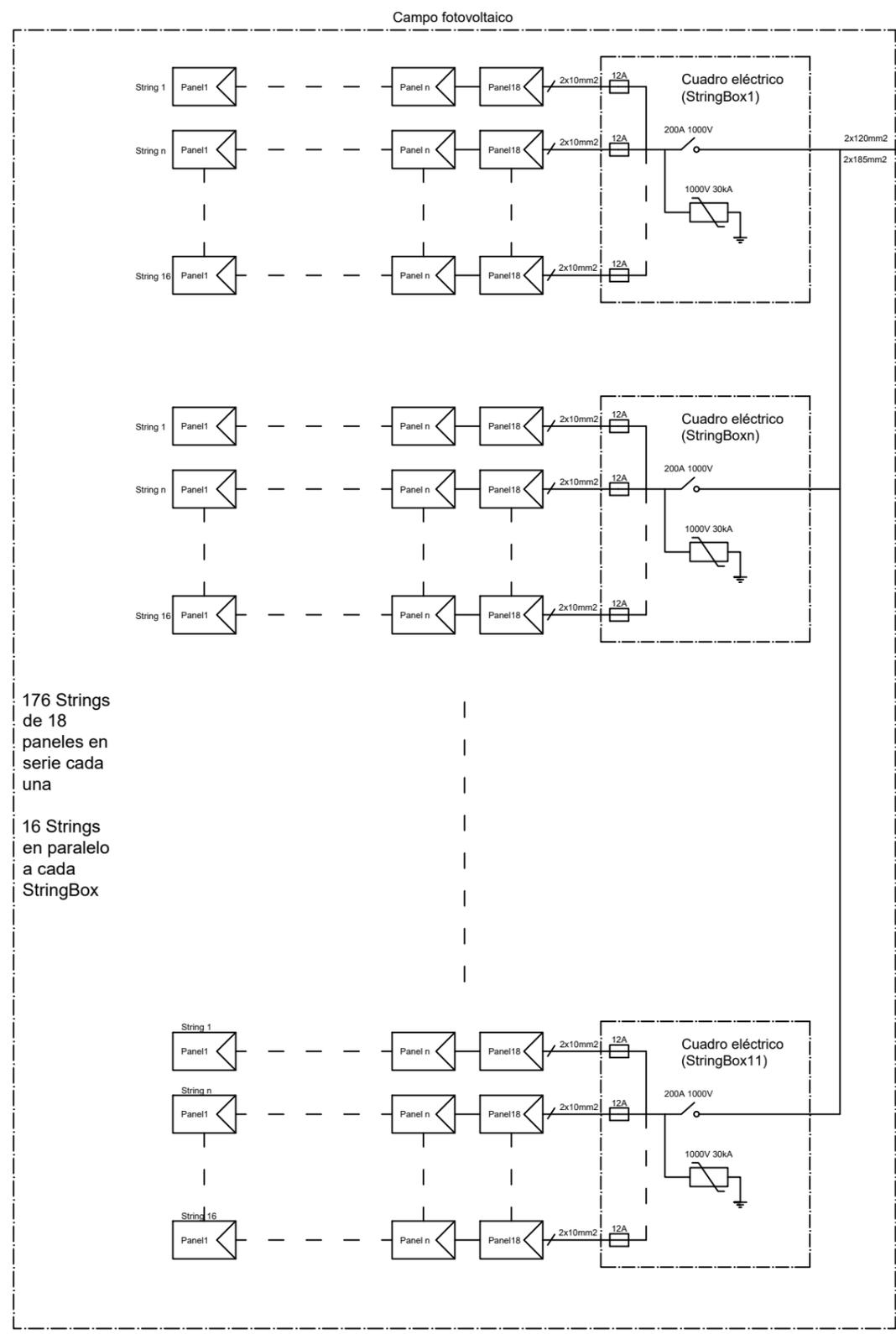
Rev.

Fecha
 Julio-2022

Nº de Plano (Titulación)

Idioma
 Es

Hoja
 5



	Módulo fotovoltaico 440Wp		Contactor		CA
	Fusible		Interruptor magnetotérmico		
	Interruptor seccionador		Conexión base-clavija		
	Descargador tensión		Seccionador PaT		
	Toma de tierra		CC		

Escala

E.T.S.I. Industriales y T.

Título. Título suplementario.
Esquema unifilar

Creado por Alberto Martín Fuentes		Rev.
Fecha Julio-2022		Idioma Es
Nº de Plano (Titulación)	Hoja 6	

DOCUMENTO III: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES

ÍNDICE PLIEGO

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES.....	1555
1. DISPOSICIONES GENERALES	155
2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS.....	155
2.1. Delimitación general de funciones técnicas.....	155
2.2. Obligaciones y derechos generales del constructor o contratista	155
2.3. Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de la edificación.....	155
2.4. Preinscripciones generales relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.	155
2.5. Recepciones de instalaciones y obras ajenas.	155
3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS.....	163
3.1. Principios	163
3.2. Fianzas	163
3.3. Precios.....	164
3.4. Valoración y abono de los trabajos.....	165
3.5. Indemnizaciones mutuas.....	167
3.6. Varios.....	167
4. DISPOSICIONES TÉCNICAS	169
4.1. Obra Civil	169
4.2. Equipos eléctricos	169
4.3. Ensayos	171

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES

1. DISPOSICIONES GENERALES

▪ **Naturaleza y objeto del pliego general**

El presente Pliego de Condiciones tiene como finalidad regular la ejecución de las distintas obras de las que consta el proyecto fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al Arquitecto y al Aparejador, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

▪ **Documentación del contrato de obra**

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiera.
- Memoria, planos, mediciones y presupuesto.
- El presente Pliego de Condiciones particulares.

Las instrucciones de la Dirección facultativa de las obras se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precesión de sus determinaciones. En cada documento de este proyecto, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS

2.1. Delimitación general de funciones técnicas.

▪ **Delimitación de las funciones de los agentes que intervienen en el proyecto**

Como indica la Ley 38/1999, Ley de Ordenación de la Edificación y en Real Decreto 1627/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. En ellas vienen reguladas las funciones del Promotor, proyectista, Director de Obra, Director de Ejecución de la Obra, Coordinador de Seguridad y Salud y entidades y laboratorios de control de calidad.

2.2. Obligaciones y derechos generales del constructor o contratista

- **Verificación de los documentos del proyecto**

Antes de dar comienzo las obras, el constructor deberá aprobar la documentación entregada y en caso de alguna duda solicitará por escrito las aclaraciones pertinentes.

- **Plan de seguridad e higiene**

El constructor sabiendo que el proyecto tiene Estudio de Seguridad y salud deberá presentar el documento para la aprobación del Director de Ejecución de la Obra

- **Oficina en la obra**

El Constructor habilitará en la obra una oficina. En dicha oficina tendrá siempre con Contratista a disposición de la Dirección Facultativa:

- El Proyecto de Ejecución.
- La Licencia de Obras.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Plan de Seguridad e Higiene.
- El Libro de Incidencias.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- La documentación de los seguros.

- **Representación del contratista, el jefe de obra**

El Constructor está obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de Jefe de Obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

- **Presencia del constructor en la obra**

El Jefe de Obra, por sí mismo o por medio de sus o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Director de Ejecución de la Obra, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

- **Trabajos no estipulados expresamente**

Es de obligado cumplimiento de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente

determinado en los Documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

- **Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto**

El Constructor podrá requerir las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta ejecución de la obra.

En caso de que se necesite modificar o aclarar cualquiera de las indicaciones plasmadas en el Pliego de Condiciones o en los planos se deberá notificar al Constructor vía escrita. Además, ésta estará obligado a devolver los documentos que reciba firmados y figurando en él las instrucciones realizadas por el proyectista. En caso de que el Constructor no crea oportuno las medidas por estos, tendrá tres días para dirigirse a quien lo haya dictado.

- **Reclamaciones contras las órdenes de la dirección facultativa.**

Las réplicas que el Contratista vea necesario hacer contra las instrucciones pautadas de la Dirección Facultativa, tendrá que realizarlas a través del Ingeniero si son de orden económico.

Contra las disposiciones de orden técnico realizadas por el proyectista no se podrá realizar ninguna reclamación. En caso de que el Contratista vea oportuno salvar su responsabilidad, tendrá que realizar una exposición razonada al proyectista.

- **Recusación por el contratista del personal nombrado por el Director de Ejecución.**

El constructor no podrá rechazar a los Ingenieros o personal encargado de la vigilancia de las obras ni pedir a la propiedad que se designen otras personas para los reconocimientos y mediciones.

En caso de no estar de acuerdo con la labor de estos, deberá realizar lo estipulado en el artículo anterior, pero sin que esto interrumpa o perturbe la marcha del trabajo.

- **Faltas del personal.**

El director de ejecución de la obra en situaciones en el que los trabajadores no obedezcan sus instrucciones, manifiesten incompetencia o haya negligencias graves que interrumpan la marcha del trabajo podrá acudir al Contratista para que aleje del trabajo a los causantes de ello.

- **Subcontratas.**

El Contratista podrá subcontratar a otros teniendo siempre en cuenta lo estipulado por el Pliego de Condiciones Particulares y sin que esto perjudique a sus obligaciones como Contratista general de la obra.

- 2.3. Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de la edificación.

- **Daños materiales.**

Todas aquellas personas, tanto físicas como jurídicas que intervengan en el proceso de instalación deben responder a los propietarios o terceros en caso de que se produzcan daños materiales ocasionados en la planta dentro de unos plazos indicados contando desde la fecha de recepción de la obra o desde la subsanación de éstas.

- En el plazo de diez años, se dará respuesta a aquellos daños materiales causados por defectos que perjudiquen a cimientos, es decir, para todos aquellos elementos estructurales que comprometan de forma directa a la resistencia y estabilidad de las estructuras y estación de potencia..
- En el plazo de un año, el constructor debe responder a los daños materiales o defectos en la ejecución que dañen a los elementos de la planta.

- **Responsabilidad civil.**

Se podrá exigir la responsabilidad civil de forma individualizada por actos u omisiones tanto propios como de personas por las que se deba responder.

En el caso de poder individualizar la causa de los daños o no se pueda precisar el grado de intervención de cada uno de los agentes, la responsabilidad se exigirá de forma solidaria.

Una vez aceptada la dirección de una obra se asumirán las responsabilidades del proyecto, del tipo omisiones, deficiencias o imperfecciones de este, a pesar de que no lo haya elaborado la misma persona, sin necesidad de que el proyectista tenga que volver a repetirlo.

- 2.4. Preinscripciones generales relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.

- **Caminos y accesos.**

El Constructor establecerá las entradas y el cerramiento de la obra mientras se esté ejecutando esta.

La Dirección facultativa puede exigir la mejor o la modificación de lo mencionado.

- **Replanteo.**

El Constructor comenzará las obras con la consideración de estas en el terreno, indicando las referencias principales que tendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Estos trabajos estarán a cargo del Contratista e irán incluidos en su oferta.

El constructor pedirá la aprobación a la Dirección Facultativa preparando un acta, en el que se especificará la conformidad de estos, junto a un plano. Esto tendrá que estar autorizado por el Director de Ejecución de la Obra.

- **Inicio de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos.**

El constructor comenzará obra en los plazos marcados por el Pliego de Condiciones Particulares, realizando estas en cada uno de los periodos parciales que correspondan a cada uno de los trabajos a desarrollar, consiguiendo así que la ejecución total de la obra se consiga en los plazos exigidos por el Contrato.

El Contratista deberá notificar de forma escrita a la Dirección Facultativa de la iniciación de los trabajos con una antelación de 3 días.

- **Orden de los trabajos.**

De forma general, será la contrata la que establezca el orden de los trabajos, exceptuando los casos que la Dirección Facultativa crea conveniente variar debido a circunstancias de orden técnico.

- **Facilidades para otros contratistas.**

Junto con la aprobación de la Dirección Facultativa, el Contratista General tendrá que dar todas las facilidades para llevar a cabo los trabajos que deban realizar el resto de Contratistas que intervengan en la obra.

En caso de polémica, los Contratistas deberán realizar lo que resuelva la Dirección Facultativa.

- **Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.**

En caso de necesitar ampliar el proyecto por un motivo imprevisto, los trabajos no se pararán. El proyectista será el encargado de ir dando las instrucciones hasta que se tramite el Proyecto Reformado.

El constructor tiene la obligación de llevar a cabo las obras urgentes con su personal y sus materiales. El importe de esto se le abonara de forma directa o adicionalmente en función de lo que más les convenga.

- **Prórroga por causa de fuerza mayor.**

Se le cederá una prórroga al Constructor para realizar el cumplimiento del contrato en caso de que sea una causa de fuerza mayor y que sea independiente del interés del Constructor que haga que no se puedan empezar las obras, se tengan que suspender o no se pueda terminar cuando se había establecido. Para que esto ocurra, el Constructor deberá ponerse en contacto por vía escrita con el Director de Ejecución de la Obra y explicarle las causas que impide llevar a cabo el contrato de la forma que se había establecido pidiendo una prórroga razonada para realizarlos.

- **Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.**

La Dirección Facultativa únicamente tiene la responsabilidad de que no se cumplan los plazos en caso de que no haya proporcionado al Contratista una respuesta a su solicitud de falta de planos u órdenes.

- **Condiciones generales de ejecución de los trabajos.**

Los trabajos se tendrán que realizar en función de las pautas que establece el Proyecto, las modificaciones que han sido aprobadas y las órdenes escritas que haya realizado el Director de Ejecución al Constructor teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias y de conformidad establecidas.

- **Trabajos defectuosos.**

El Constructor tiene la obligación de realizar las obras con los materiales que cumplan las condiciones exigidas establecidas en el Pliego de Condiciones y realizará cada uno de los trabajos de acuerdo a lo establecido en este documento.

Por este motivo, queda en su responsabilidad, hasta que se lleve a cabo la recepción definitiva del edificio, la ejecución de los trabajos que va a realizar y las faltas y defectos que puedan surgir por llevar a cabo la obra de forma inadecuada.

Por su parte, el Director de Ejecución de la Obra podrá ordenar que las partes que no cumplan con las condiciones sean demolidas y reconstruidas antes de que se verifique la recepción definitiva de la obra. En caso de que el Constructor no considere que la decisión es justa, se planteará el caso a la Dirección Facultativa que decidirá.

- **Vicios ocultos.**

En caso de que el Director de Ejecución crea en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras realizadas, tendrá que realizar, antes de la recepción definitiva, los ensayos que crea convenientes para poder reconocer los trabajos defectuosos, notificando esto a la Dirección Facultativa. En caso de que realmente

existan los vicios, los gastos correrán a cargo del constructor, del modo contrario irán a cargo de la Propiedad.

- **De los materiales y de los aparatos. Su procedencia.**

El constructor es libre de elegir los materiales y aparatos que crea convenientes, exceptuando si el Pliego Particular de Condiciones Técnicas determine la procedencia de alguno de ellos.

Independientemente, el Constructor tiene que notificar a la Dirección Facultativa una lista de los materiales en el que se detallen las marcas, las calidades y la procedencia de ellos.

- **Presentación de muestras.**

El Constructor debe presentar con la antelación prevista en el Calendario de la Obra al Director de Ejecución en caso de que éste lo solicite, una muestra de los materiales.

- **Materiales no utilizables.**

Aquellos materiales que no sean utilizables en la obra deberán ser transportados y colocados de forma ordenada por el Constructor en un lugar adecuado.

Se apartarán de la obra o se llevarán al vertedero cuando el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra así lo establezca.

- **Materiales y aparatos defectuosos.**

La Dirección Facultativa dará la orden al Constructor de sustituir aquellos materiales que no estén en las condiciones adecuadas para llevar a cabo la realización del proyecto, reemplazándolos por unos que satisfagan las condiciones necesarias para realizar la obra.

El Constructor tendrá un plazo de 15 días para poder retirar los materiales que no cumplan las condiciones o estén defectuosos. En caso de no ser así la Propiedad podrá hacerlo, cargando los gastos a la contrata.

- **Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.**

La contrata es responsable de aceptar los gastos de las pruebas y los ensayos de los materiales de las obras.

En caso de que la prueba no haya tenido un desenlace satisfactorio o no ofrezca las garantías suficientes para llevar a cabo la obra podrá comenzarse de nuevo a cargo también, de la contrata.

- **Obras sin prescripciones.**

En los trabajos de la obra que no existan prescripciones explícitas en el Pliego ni en la documentación relativa al Proyecto, el Constructor llevará a cabo las instrucciones de la Dirección Facultativa y las reglas y prácticas de una buena construcción.

2.5. Recepciones de instalaciones y obras ajenas.

- **Acta de recepción.**

La recepción de la obra es el acto en el que una vez acabada la obra, el Constructor hace entrega al Promotor y éste la acepta. Debe abarcar toda la obra o en su caso, si así se acuerda por ambas partes, fases completas y terminadas.

La recepción deberá quedar registrada en un acta firmada por ambas partes, Constructor y Promotor, y constará de las partes que intervienen, la fecha final de la totalidad, el coste final, las garantías que se exijan al Constructor, el certificado final de la obra firmado tanto por el director de la obra como por el director de la ejecución de la obra y el documento justificante de la calidad de la obra realizada.

En caso de que el Promotor crea que la obra no está terminada o que no cuenta con las condiciones establecidas podrá rechazar la recepción. Esto quedará por escrito en el acta, y se fijará un nuevo plazo para realizar de nuevo la recepción.

La recepción deberá tener lugar en un plazo de treinta días desde la notificación de la finalización de la obra al Promotor. La recepción se entenderá implícitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha no se han manifestado rechazos por escrito.

- **De las recepciones provisionales.**

Las recepciones provisionales se realizarán con la intervención de la Propiedad, del Constructor y de la Dirección Facultativa; además se convocarán a los técnicos que hayan tenido la función de dirección en aspectos parciales o unidades especializadas.

Una vez que todos hayan firmado los ejemplares que afirman que las obras están en condiciones tras un reconocimiento de las obras, el plazo de garantía comenzará a correr. En caso de que las obras no estén en condiciones oportunas, se le notificarán al Constructor las instrucciones que debe seguir para remediar los defectos en el plazo establecido. En caso de no cumplirse este plazo, el constructor perderá la fianza.

- **Documento final.**

El Director de Ejecución, el Contratista y los técnicos que han intervenido en la obra redactarán la documentación final de la obra que se entregará a la Propiedad.

- **Plazo de garantía.**

El plazo de garantía no podrá ser inferior a un año.

- **Conservación de las obras recibidas provisionalmente.**

El contratista será el responsable de los gastos de conservación en el plazo de garantía desde la recepción provisional hasta la definitiva.

- **De la recepción definitiva.**

La recepción definitiva se realizará transcurrido el tiempo de garantía con iguales formalidades que la provisional. A partir de este momento el Constructor quedará exento de las obligaciones de reparar los desperfectos.

- **Prórroga del plazo de garantía.**

En el caso que no se encuentre la obra en las condiciones debidas en el momento de proceder a la recepción definitiva, se aplazará la fecha de recepción, la cual será marcada al igual que las obras que deben hacerse por el Director al Constructor. En caso de no realizar dicho trabajo en las fechas señaladas, el Constructor perderá la fianza.

- **De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.**

El Contratista estará obligado a retirar sus instrumentos de trabajo en el caso de resolución de trabajo en el plazo establecido en el Pliego de Condiciones Particulares; dejando la obra en condiciones para que otra empresa pueda seguir con la obra.

3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS.

3.1. Principios

- **Principio general.**

Todas aquellas personas que intervienen en el curso de construcción tendrán derecho a saber las cantidades devengadas para su correcta actuación con las condiciones establecidas. Tanto la propiedad, como el contratista y los técnicos podrán pedir las garantías necesarias al cumplimiento de cada uno de los pagos.

3.2. Fianzas

- **Fianzas.**

El contratista tendrá que depositar una fianza de los siguientes procedimientos según se establezca y queden fijados en el Pliego de condiciones particulares.

-
- Entre el 4 por 100 y el 10 por 100 del precio de la contrata deberá dejar un depósito previo.
 - A través de retenciones en los pagos en igual proporción.
 - **Ejecución de trabajos con cargo a la fianza.**

En caso de que el Contratista se niegue a realizar los trabajos para realizar la obra en condiciones contratadas y no llevase a cabo las acciones ordenadas por el Director de Ejecución en nombre del propietario, se contratará a otra empresa para que finalice la obra con la fianza depositada por el Contratista.

- **Devolución de fianzas.**

Se devolverá la fianza al Contratista en un plazo máximo de 30 días una vez que se haya firmado el Acta de Recepción Definitiva de la obra.

- **Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.**

Si la Dirección Facultativa y la propiedad están conformes con realizar recepciones parciales, el Contratista tendrá derecho a recuperar la parte proporcional establecida de la fianza.

3.3. Precios.

- **Composición de los precios unitarios.**

Para calcular los precios de las diferentes unidades de obra se deben de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se consideran costes directos la mano de obra, los materiales, los equipos de seguridad e higiene, los gastos de personal, combustible y energía de la maquinaria y los gastos de amortización y conservación de las maquinas utilizadas.

Se consideran costes indirectos los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.

Se consideran gastos generales los gastos financieros, cargas discales y tasas de Administración y se cifran como un porcentaje de la suma de los costes indirectos y directos.

El Beneficio Industrial del Contratista se fija en torno al 6 por 100 sobre la suma de las anteriores.

El Precio de Ejecución material es la suma de los anteriores excepto del Beneficio Industrial.

El precio de la contrata es el conjunto de los costes directos e indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial; el IVA se aplica sobre esta suma pero no se integra en el precio.

- **Precios de contrata. Importe de contrata.**

El precio de contrata es el coste total de la unidad de obra siempre y cuando los trabajos hayan sido contratados a riesgo y ventura.

- **Precios contradictorios.**

Los precios contradictorios ocurrirán en casos en los que la Propiedad haga cambios de calidad supervisados por la Dirección Facultativa o cuando se tengan que afrontar situaciones imprevistas. Este precio quedara resuelto entre la Propiedad y el Contratista antes de que el trabajo se ponga en funcionamiento y en un plazo establecido por el Pliego de Condiciones Particulares.

- **Reclamación de aumento de precios.**

En caso de que el Contratista ya haya firmado el contrato no podrá reclamar el aumento de los precios fijados.

- **Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios.**

El Contratista no podrá alegar ni los usos ni las costumbres del país en el que se va a realizar la obra respecto a la aplicación de los diferentes precios.

- **De la revisión de los precios contratados.**

Siempre y cuando las obras se contraten a riesgo y ventura, no se admitirán la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, un montaje mayor al tres por 100 del importe total que se haya contratado.

En caso de haber cambios en este porcentaje más grandes, se revisará a través de la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares.

- **Acopio de materiales.**

El contratista tiene la obligación de ejecutar los almacenamientos de materiales o aparatos de obra que la Propiedad pida de forma escrita. Estos materiales serán exclusivamente de la propiedad y el Contratista será el encargado de su conservación.

3.4. Valoración y abono de los trabajos

- **Formas de abono de las obras.**

Exceptuando aquellas obras en las cuales su Pliego Particular de Condiciones

económicas establezca otras cosas, el abono de los trabajos se realizará de la siguiente forma: tipo fijo o tanto alzado total abonando la cifra previa fijada como base de la adjudicación; tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra siendo lo que se haya pactado anteriormente; previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas abonando el importe de las comprendidas en los trabajos realizados; tanto variable por unidad de obra en función de las condiciones que se hayan establecido con el -Director; por listas de jornales y recibos de los materiales; y por horas de trabajo fijadas en los contratos.

- **Relaciones valoradas y certificaciones.**

Se realizará por el técnico una relación de las obras realizadas frente a los plazos previstos en las fechas que se habían fijado en el contrato o en los “Pliegos de Condiciones Particulares”. Deberá tener en cuenta una medición general y específica de cada una de las unidades de obra que más tarde se enviará al Contratista, el cual dispone de diez días para firmarlos siendo conforme de lo recogido, o en caso contrario realizar las observaciones que cree necesarias.

Teniendo como base estas relaciones valoradas recogidas por el Director de Ejecución, se realizará una certificación de las obras realizadas. Estas se harán llegar al Propietario y estarán sujetas a rectificaciones y variaciones.

- **Mejoras de obras libremente ejecutadas.**

A pesar de que el Contratista realice trabajos con materiales más beneficiosos para la obra, como de mayor calidad o de mayor dimensión no tendrá derecho a llevarse un abono extra por ello, llevándose así el abono que se había contratado.

- **Abono de trabajos presupuestados con partida alzada.**

Los trabajos presupuestados con partida alzada serán abonados a través del siguiente procedimiento: si hay precios contratados para obras iguales se abonará en el momento de medición y aplicación del precio establecido; si existen precios de obras similares se establecerán precios contradictorios para aquellas unidades que tengan partida alzada; en caso de no haber precios de obras iguales o similares se le abonará al Contratista de forma íntegra.

- **Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados.**

En el caso de tener que llevar a cabo trabajos especiales que no estén contratados para realizar por el Contratista y que no haya una tercera persona; será el Contratista el que tendrá la responsabilidad de llevarlos a cabo al igual de los gastos que ocasionen,

siendo después abonados por el Propietario de forma separada a los abonos de la Contrata de los trabajos generales.

- **Pagos.**

Los pagos se llevarán a cabo por el Propietario dentro de los plazos establecidos. El importe de estos pagos será el de las certificaciones de obra que se realizaron de acuerdo con el Director.

- **Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.**

Una vez que se haya realizado la recepción provisional, si se han realizado trabajos en el plazo de garantía, se realizará el abono de la siguiente manera:

- En el caso de que los trabajos no se hubiesen realizado a tiempo por el Contratista pero si estuviesen especificados en el proyecto; el Director obligará a realizarlos durante el plazo de garantía y los precios se fijaran en función de lo establecido en los “Pliegos Particulares” o en su defecto en los “Pliegos Generales”.
- En el caso de haber realizado trabajos por la poca calidad de los materiales o el bajo rendimiento de la construcción no se abonará nada al Contratista.

3.5. Indemnizaciones mutuas

- **Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.**

En aquellos casos en los que se lleve a cabo un retraso en la finalización de las obras se asignará una indemnización de un tanto por mil del importe total de los trabajos que se habían contratado por cada uno de los días naturales que se hayan retrasado. Esto comenzará a contar a partir del día señalado en el Calendario de obra como finalización.

- **Demora de los pagos por parte del propietario.**

En caso de que el Propietario no lleva a cabo el pago en los plazos establecidos, el Contratista tendrá el derecho de recibir el abono de un 5 por 100 anual, o en su defecto lo que este establecido por el Pliego Particular por la demora.

3.6. Varios.

- **Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra.**

No se podrán realizar mejoras de obras, exceptuando en los casos en los que el Director de Ejecución haya ordenado vía escrita esto. Al igual que tampoco se podrán realizar aumentos de obras en aquellas unidades que hayan sido contratadas, exceptuando aquellas que en caso de errores hayan sido mandadas por el Director de Ejecución. En

estos casos, será necesario que ambas partes, por escrito, den conformidad tanto a los nuevos trabajos como a los nuevos presupuestos.

- **Seguro de las obras.**

Desde que se empiecen a realizar las obras hasta el día de la recepción definitiva, el Contratista tendrá que asegurarse de que la obra cuenta con un seguro durante todo el tiempo. El precio de este seguro dependerá del valor de los objetos que deba asegurar.

En caso de que se produzca un siniestro, la Sociedad Aseguradora ingresará a nombre del Propietario el importe establecido para que la obra pueda seguir con su construcción.

El Contratista recibirá el reintegro de estas cantidades por certificación. Exceptuando cuando el Contratista este conforme, el Propietario no podrá gastar el importe abonado por la Sociedad Aseguradora para fines distintos a los de la reconstrucción del incidente.

En caso de que esto ocurra, el Contratista podrá romper el contrato y le deberán abonar todos los gastos y la fianza además de los materiales utilizados. También se llevará una indemnización equivalente a los daños que se habían producido en el siniestro, esta será tasada por la Dirección Facultativa.

El Contratista, junto con el conocimiento del Propietario deberá de completar todas aquellas condiciones que deban aparecer en la póliza de Seguros.

- **Conservación de la obra.**

En caso de que el contratista no ayude a la conservación de la obra durante el plazo de garantía y siempre y cuando la planta no esté siendo usado por el Propietario antes del día de la recepción definitiva, el Director de Ejecución de la Obra podrá exigir todo lo necesario para que se realice una buena conservación de la obra.

Por otro lado, el Contratista una vez haya finalizado la obra tiene la obligación de dejar el lugar de las obras desocupado y limpio sin herramientas que no se vayan a utilizar, exceptuando las de limpieza u otros trabajos que fuesen necesarios de hacer.

- **Pago de arbitrios.**

Exceptuando en aquellos casos en los que el proyecto establezca lo contrario, la contrata será la encargada de pagar todos aquellos impuestos y arbitrios durante la realización de las obras.

- **Garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción.**

Las garantías establecidas dependerán del tipo de obra que se realice, teniendo siempre

en cuenta lo que se establece en la L.O.E.

4. DISPOSICIONES TÉCNICAS

4.1. Obra Civil

- **Materiales básicos**

Todos los materiales básicos que se utilizarán en la obra deben de ser de primera calidad y cumplir con la normativa y reglamento correspondiente.

- **Limpieza de la obra**

El Constructor tiene la obligación de mantener tanto las obras como los alrededores limpios de escombros y materiales sobrantes haciendo que la obra tenga siempre un buen aspecto.

Los trabajos se realizarán de forma que produzcan la menor molestia posible a los ocupantes de las zonas próximas a la obra.

4.2. Equipos eléctricos

- **Generalidades**

El contratista será el encargado de proporcionar todo el material a instalar en la planta, incluyendo equipos y demás elementos eléctricos. La mínima protección que deberán disponer los equipos será IP54 que garantiza una protección alta contra el polvo y agua.

Los equipos que se utilizarán en la instalación deberán ser los indicados en el proyecto o de similares características, siempre que sean aprobados por la Dirección Facultativa, para así asegurarse cumplir con la normativa correspondiente. En el caso de ser diferentes se verá adjuntar un memorando con los diversos cálculos que cumplan los parámetros de diseño de la planta.

El contratista debe detallar en su oferta todos los elementos y equipos eléctricos que va a suministrar indicando el nombre de fabricante y sus certificados correspondientes.

- **Cableado**

Los conductores eléctricos utilizados en el cableado deberán usar los colores distintivos según normas UNE, y serán etiquetados y numerados para facilitar su fácil utilización e interpretación en los planos y en la instalación.

Las conexiones entre elementos se deberán realizar siempre que sea posible con terminales de presión y fundas termorretráctiles. No estarán permitidas las conexiones donde el conductor sobresalga de la borna o terminal.

Las derivaciones se realizarán siempre mediante bornas o kits.

Los cables se fijarán mediante bridas o abrazaderas de forma que no se perjudique el aislamiento de los mismos.

- **Tubos y canalizaciones**

Los tubos protectores del cableado cumplirán con la instrucción ITC-BT-21 del REBT.

- **Cajas de empalme y derivación**

Estarán construidas de acuerdo con la norma UNE-EN 60.439.1. Tendrán un mínimo de grado de protección de IP45 y estarán cerradas por todas sus cargas.

- **Cuadros eléctricos**

Los cuadros eléctricos deberán tener una protección contra agentes exteriores (agua y polvo) de IP54 según indica la normativa UNE correspondiente.

En los cuadros eléctricos se incluirán pulsadores frontales de marcha y parada con señalización del estado de cada aparato.

Los elementos que forman los cuadros eléctricos (armario protector, interruptores automáticos, relés de protección, contactores, fusibles, aparatos de medida, elementos auxiliares, cableado, etc) deberán ser los indicados en la memoria del proyecto o de las mismas prestaciones.

Cada cuadro eléctrico deberá tener esquema unipolar incluyendo todos los aparatos y elementos que forman el cuadro.

- **Aparatos de mando y maniobra**

Los aparatos de mando y maniobra dimensionados garantizan que todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrintensidades o sobrecargas que puedan presentarse en el mismo.

Siempre que sea posible, los dispositivos destinados a la protección del circuito se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debido a sección, condiciones de instalación, tipo de conductor, sistema de conexión, etc.

En el origen de los circuitos se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentar en ese punto de la instalación.

Los dispositivos de protección deben cumplir con las siguientes condiciones:

-
- Deben soportar la influencia de agentes exteriores a los que puedan estar expuestos, garantizando el grado de protección correspondiente.
 - Deberán estar correctamente etiquetados marcando sus características más importantes en función del elemento (intensidad, tensión nominal, símbolo de la naturaleza de corriente en donde se empleen, etc.)
 - Los fusibles estarán colocados sobre material aislante incombustible y de tal forma que su pueda permitir su recambio bajo tensión sin existencia de peligro alguno.
 - Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger respondiendo en su funcionamiento a las curvas I-t correctas.

- **Aparamenta Media Tensión**

Las celdas de Media Tensión serán prefabricadas, con envolvente metálica y que utilicen gas para poder cumplir dos misiones principales:

- Aislar la aparamenta de agentes externos.
- Cortar el circuito en caso de necesidad.

A la hora de la instalación de las celdas, se deberá permitir y facilitar una posible ampliación en el futuro sin tener que cambiar la aparamenta existente por completo.

- **Puestas a tierra**

Las puestas a tierra de la instalación se establecerán según las indicaciones en la ITC-BT-18 del REBT.

La red de tierras garantizará que las masas metálicas no puedan ponerse a una tensión mayor a 24V.

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación para conseguir dicha deficiencia.

4.3. Ensayos

Cuando la obra haya finalizado y antes de la puesta en servicio del sistema eléctrico, el Contratista deberá de realizar los ensayos adecuados para probar a la Dirección facultativa que todos los equipos, aparatos, y cableados están correctamente instalados de acuerdo con la normativa vigente.

Todos los ensayos serán respaldados con los respectivos informes correctamente cumplimentados por personal calificado.

DOCUMENTO IV: MEDICIONES Y PRESUPUESTO

ÍNDICE PRESUPUESTO Y MEDICIONES

1. ESTADO DE MEDICIONES.....	155
2. PRESUPUESTO.....	182

Presupuesto parcial nº 1 ACTUACIONES PREVIAS

Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
1.1 01.01	PA	Partida correspondiente a la limpieza de vegetación y acondicionamiento de las parcelas donde se situará la planta. Incluye mano de obra, medios auxiliares y transporte a vertedero de la vegetación.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>		
limp		1,00	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TERR...		
			1,00 PA		

Presupuesto parcial nº 2 CAMPO FOTOVOLTAICO

Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
2.1 OBRA CIVIL					
2.1.1 02.01.01	ML	Partida correspondiente a la creación de zanjas por medios mecánicos para la instalación de la red de cableado de corriente continua de profundidad 0,70m y hasta 1,40m de anchura. Incluso solera de nivelación de 5cm en el fondo de la zanja y posterior relleno con la tierra antes excavada. Incluye mano de obra y medios auxiliares.			
		<i>Código</i>	<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>	
		zanj	1,00	ZANJAS PARA CABLEADO CC	
				1.082,00 ML	
2.1.2 02.01.02	ML	Partida correspondiente a la creación de zanjas por medios mecánicos para la instalación de la red de tierras de profundidad 0,70m y 0,35m de anchura. Incluso solera de nivelación de 5cm en el fondo de la zanja y posterior relleno con la tierra antes excavada. Incluye mano de obra y medios auxiliares.			
		<i>Código</i>	<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>	
		zan	1,00	ZANJAS PARA LA RED DE TIERRAS	
				1.150,00 ML	
2.1.3 02.01.03	M3	Partida correspondiente a la creación de zanjas por medios mecánicos para la instalación de las zapatas de la estructura soporte de los módulos. Incluye mano de obra, medios auxiliares y carga a camión de la tierra excavada.			
		<i>Código</i>	<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>	
		zanja	1,00	ZANJAS PARA CIMENTACIONES ESTRUCTURA	
				118,37 M3	
2.1.4 02.01.04	UD	Suministro y puesta en obra de zapatas de hormigón en masa para fijación al suelo de las estructuras soporte. Dimensiones 0,5mx0,5mx0,25m. Incluye mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.			
		<i>Código</i>	<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>	
		zap	1,00	ZAPATAS DE HORMIGÓN	
				1.760,00 UD	
2.2 EQUIPOS					
2.2.1 02.02.01	UD	Suministro e instalación de panel fotovoltaico Canadian Solar modelo Hiku CS3W-440P 1000V SE Si-poly con una potencia de 440W sobre la estructura metálica de soporte. Tensión máxima (Vmax)= 40,3V, Tensión en circuito abierto(Voc)= 48,70V, Intensidad máxima (Imax)=10,92A, Intensidad de cortocircuito(Isc)=11,40A. 144 células de tipo Policristalino. Peso= 24,9 kg. Dimensiones: 2.108x1.048x40 mm. Incluso accesorios de montaje, material de conexionado eléctrico y medios auxiliares. Totalmente montado, conexionado y probado.			
		<i>Código</i>	<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>	
		pan	1,00	PANELES FOTOVOLTAICOS	
				3.168,00 UD	
2.2.2 02.02.02	UD	Suministro e instalación de estructura fija modular STI Norland STI-F3 con capacidad para 18 módulos. Estructura tipo monoposte de acero galvanizado. Inclinación 35°. Distancia al suelo 0,5m. Distancia entre postes de 2m. Incluso la fijación a las zapatas de hormigón del suelo. Incluye pequeño material, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente montada y testada pruebas de carga.			
		<i>Código</i>	<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>	
		estr	1,00	ESTRUCTURA FIJA SOPORTE MÓDULOS	
				176,00 UD	

Presupuesto parcial nº 2 CAMPO FOTOVOLTAICO

Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total								
2.2.3 02.02.03	UD	Suministro e instalación de Ingecon Sun StringBox M16B. Características de la StringBox: - 16 pares de entrada - 1 par de salida - Armario IP65 1000x750x320 mm - 32 ud Fusibles 12 A 1000V - 32 ud Base portafusibles 10x85 1000V - Interruptor-seccionador bipolar 200A 1000V - Descargador 1000V 30kA Se incluyen bornas, carriles de fijación, pequeño material y mano de obra. Totalmente montado y conexionado.											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Cantidad</th> <th>Ud</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>string</td> <td>1,00</td> <td></td> <td>STRINGBOX</td> </tr> </tbody> </table>	Código	Cantidad	Ud	Descripción	string	1,00		STRINGBOX			11,00 UD
Código	Cantidad	Ud	Descripción										
string	1,00		STRINGBOX										
2.2.4 02.02.04	ML	Suministro e instalación de bandeja Rejiband tras estructura soporte módulos para canalización cableado String superficial. Realizada en acero con forma de U, anchura 130mm y profundidad 7mm. Totalmente montada. Incluye mano de obra y pequeño material.33											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Cantidad</th> <th>Ud</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>reji</td> <td>1,00</td> <td></td> <td>BANDEJA REJIBAND</td> </tr> </tbody> </table>	Código	Cantidad	Ud	Descripción	reji	1,00		BANDEJA REJIBAND			528,00 ML
Código	Cantidad	Ud	Descripción										
reji	1,00		BANDEJA REJIBAND										
2.3 CABLEADO ELÉCTRICO													
2.3.1 02.03.01	ML	Suministro e instalación de conductor de cobre electrolítico en canalización desde los módulos fotovoltaicos hasta StringBox. Cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO de sección 10mm2. Características del cable: - Cable termoestable. - Libre de halógenos. - Resistente a la absorción del agua, frío y rayos ultravioletas. - Tensión nominal 0,6/1 kV - Aislamiento Goma tipo E16 Incluso tubo corrugado protector. Incluye mano de obra, material conexionado, pequeño material y medios auxiliares.											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Cantidad</th> <th>Ud</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cond</td> <td>1,00</td> <td></td> <td>CONDUCTOR COBRE 1X10MM2</td> </tr> </tbody> </table>	Código	Cantidad	Ud	Descripción	cond	1,00		CONDUCTOR COBRE 1X10MM2			6.726,00 ML
Código	Cantidad	Ud	Descripción										
cond	1,00		CONDUCTOR COBRE 1X10MM2										
2.3.2 02.03.02	ML	Suministro e instalación de conductor de cobre electrolítico en canalización desde las StringBox hasta el inversor. Cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO de sección 120mm2. Características del cable: - Cable termoestable. - Libre de halógenos. - Resistente a la absorción del agua, frío y rayos ultravioletas. - Tensión asignada 1,8/1,8kVcc - Aislamiento Goma tipo E16 Incluso tubo corrugado protector. Incluye mano de obra, material conexionado, pequeño material y medios auxiliares.											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Cantidad</th> <th>Ud</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cn</td> <td>1,00</td> <td></td> <td>CONDUCTOR COBRE 1X120MM2</td> </tr> </tbody> </table>	Código	Cantidad	Ud	Descripción	cn	1,00		CONDUCTOR COBRE 1X120MM2			832,00 ML
Código	Cantidad	Ud	Descripción										
cn	1,00		CONDUCTOR COBRE 1X120MM2										

Presupuesto parcial nº 2 CAMPO FOTOVOLTAICO

Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
2.3.3 02.03.03	ML	Suministro e instalación de conductor de cobre electrolítico en canalización desde las StringBox hasta el inversor. Cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO de sección 185mm2. Características del cable: - Cable termoestable. - Libre de halógenos. - Resistente a la absorción del agua, frío y rayos ultravioletas. - Tensión asignada 1,8/1,8kVcc - Aislamiento Goma tipo E16 Incluso tubo corrugado protector. Incluye mano de obra, material conexionado, pequeño material y medios auxiliares.			
		<i>Código</i> <i>Cantidad Ud</i> <i>Descripción</i>			
		cob	1,00	CONDUCTOR COBRE 1X185MM2	
				1.594,00 ML	

2.4 RED DE TIERRAS

2.4.1 02.04.01	UD	Red de tierras de las estructuras y módulos fotovoltaicos, formado por 4 picas de cobre enterradas de forma vertical de 2m de longitud y un conductor de cobre desnudo enterrado horizontalmente de 50m de largo y sección de 35mm2. Incluye cableado desde las masas metálicas a la red, tubo corrugado, pequeño material y mano de obra. Totalmente montado y testado.			
		<i>Código</i> <i>Cantidad Ud</i> <i>Descripción</i>			
		red	1,00	RED DE TIERRAS	
				1,00 UD	

Presupuesto parcial nº 3 ESTACIÓN DE POTENCIA

Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
--------	----	--------------	----------	--------	-------

3.1 OBRA CIVIL

3.1.1 03.01.01	PA	Partida correspondiente a la realización de bancada de hormigón armado (HA) para sustentación de la estación de potencia. Dimensiones de 12000x4520x200 mm. Hormigón HA-30-B. Acero laminado A630-420H. Malla electrosoldada ME 20x20. Incluye preparación del terreno y realización de zanja para su vertido. Incluye material, mano de obra, medios auxiliares.			
----------------	----	--	--	--	--

<i>Código</i>	<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>
banc	1,00	BANCADA HORMIGÓN ESTACIÓN DE POTENCIA
	1,00 PA	

3.2 EQUIPOS

3.2.1 03.02.01	UD	Suministro e instalación de la caja de protección y desconexión de CC. Características de la StringBox: - 11 pares de entrada - 1 par de salida - Armario IP65 1200x2000x900 mm - 22 ud Fusibles 200 A 1000V + base correspondiente. - Embarrado de pletina de cobre anchura 60mm y espesor 10mm - Descargador 1000V 40kA - 22 ud Contactor 200A Se incluyen bornas, carriles de fijación, pequeño material y mano de obra. Totalmente montado y conexionado.			
----------------	----	---	--	--	--

<i>Código</i>	<i>Cantidad Ud</i>	<i>Descripción</i>
caj	1,00	CAJA PROTECCIÓN Y DESCONEXIÓN CC
	1,00 UD	

Presupuesto parcial nº 3 ESTACIÓN DE POTENCIA

Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
3.2.2 03.02.02	PA	<p>Suministro e instalación de estación de potencia Freesun FS1390 HES 360V de Power Electronics de dimensiones 10680x3200x2530 mm Está formada por los siguientes elementos: * Inversor FS1390 HE modular con las siguientes características: - Dimensiones 5260x1020x2080 mm - Peso 20Tn - Potencia nominal 1.390kW - Tensión máxima 1000V - Rango Tensión 565-820 V - Intensidad máxima 2.500 A - Tensión salida CA 360V - 10 módulos - Aparatos de control y protección correspondientes. * Transformador de aceite de 1.250KVA de potencia nominal y con las siguientes características: - Conexión Dyn11- Transformación 360V a 20kV - Dimensiones 1655x1135x1355 mm - Peso 15Tn - Frecuencia 50Hz - Aparatos de control y protección correspondientes. * Celdas de protección modulares: - Esquema 2L1P aisladas en gas SF6 - Celda de línea con interruptor-seccionador de 3 posiciones 24kV 400A y seccionador de Pat con cierre cortocircuito 2,5kA - Celda de protección con fusibles de protección, interruptor-seccionador de 3 posiciones 24kV 400A y seccionador de Pat con cierre cortocircuito 2,5kA * Cuadro de BT para equipos auxiliares y fuente de alimentación del inversor integrado en la estación y dimensionado por el fabricante. * Transformador auxiliar de baja potencia 10kVA y tipo Yyn0 para equipos auxiliares. * Sistema de iluminación. * Cabina protectora de hormigón prefabricado y rejillas y puertas metálicas con grado de protección IP54 con los siguientes elementos: - Rejilla de tierra interna. - Red de ventilación - Placas de suelo y rejillas para las conexiones del inversor. * Elementos de lectura de datos y contador de energía. * Extintor CO2 de 5 kg y extintor ABC de 6 kg. * Cableado entre equipos. Incluye mano de obra de instalación, medios auxiliares y pequeño material necesario para la instalación. Totalmente montado y conexionado.</p>			

Código	Cantidad	Ud	Descripción
esta	1,00		ESTACIÓN DE POTENCIA
			1,00 PA

Presupuesto parcial nº 4 VARIOS

Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
4.1 04.01	PA	Suministro y colocación de estación meteorológica para la toma de datos ambientales en la planta. Incluye piranómetro, pluviómetro, anemómetro, sensores de temperatura y sistema de adquisición y envío de datos. Incluye mano de obra y pequeño material. Totalmente montada y conexionada.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
estac		1,00 ESTACIÓN METEOROLÓGICA			
			1,00 PA		
4.2 04.02	PA	Suministro e instalación de sistema de seguridad y alarma para la planta. Incluye CRA, detectores fotoeléctricos con alarma en el perímetro de la planta, detectores en la estación de potencia, mano de obra de instalación y pequeño material. Totalmente conectado y en funcionamiento.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
seg		1,00 SISTEMA DE SEGURIDAD			
			1,00 PA		
4.3 04.03	PA	Suministro e instalación de sistema CCTV en la planta. Incluye instalación de cámaras en el perímetro de la planta y en la estación de potencia, equipo central con grabadora, canalización y cableado, mano de obra de instalación y pequeño material. Totalmente conectado y en funcionamiento.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
cctv		1,00 SISTEMA CCTV			
			1,00 PA		
4.4 04.04	PA	Suministro e instalación del sistema de monitorización de la planta SCADA para el control, supervisión y adquisición de datos en tiempo real. Incluye armario de comunicaciones, módulo de adquisición de datos, instalación de lectura de entradas y salidas digitales y analógicas e interfaz gráfica de ordenador. Incluso mano de obra de instalación y pequeño material. Totalmente conectado y en funcionamiento.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
monoto		1,00 SISTEMA DE MONOTORIZACIÓN			
			1,00 PA		
4.5 04.05	PA	Suministro e instalación de caseta de mantenimiento prefabricada con panel sándwich y dimensiones de 4mx6mx3m. Incluso sistema de alumbrado mediante pantalla LED 600x300mm. Incluye mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
mant		1,00 CASETA MANTENIMIENTO			
			1,00 PA		
4.6 04.06	ML	Suministro y colocación del vallado perimetral de la planta. Valla de 2m de altura de enrejado plastificado verde de 17x50mm. Incluye mano de obra y pequeño material. Totalmente instalada.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
perime		1,00 VALLADO PERIMETRAL			
			739,00 ML		
4.7 04.07	UD	Suministro e instalación de foco proyector LED de 50W en el exterior de la planta. Incluye cableado, mano de obra y pequeño material.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
alumb		1,00 SISTEMA DE ALUMBRADO			
			8,00 UD		

Presupuesto parcial nº 4 VARIOS

Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
4.8 04.08	PA	Partida correspondiente a la gestión de residuos generados en la obra y posterior transporte a punto limpio o vertedero.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
resi		1,00 GESTIÓN DE RESIDUOS			
			1,00 PA		
4.9 04.09	PA	Partida correspondiente al cumplimiento de la normativa de seguridad y salud. Incluye suministro y colocación de protecciones grupales, protecciones EPI, instalación y desinstalación de vestuarios y aseos, etc. Incluye mano de obra y material necesario.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
sys		1,00 SEGURIDAD Y SALUD			
			1,00 PA		
4.10 04.10	PA	Partida correspondiente a la puesta en marcha de la instalación. Incluye mano de obra de realización de pruebas y gestión documentación necesaria.			
<i>Código</i>		<i>Cantidad Ud Descripción</i>			
pues		1,00 PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN			
			1,00 PA		

Presupuesto parcial nº 1 ACTUACIONES PREVIAS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Pa	[LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO] Partida correspondiente a la limpieza de vegetación y acondicionamiento de las parcelas donde se situará la planta. Incluye mano de obra, medios auxiliares y transporte a vertedero de la vegetación.			
			Total PA	1,00	5.350,00
					<hr/>
			Total presupuesto parcial nº 1 ACTUACIONES PREVIAS :		5.350,00

Presupuesto parcial nº 2 CAMPO FOTOVOLTAICO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
2.1.- OBRA CIVIL						
2.1.1	MI	[ZANJAS PARA CABLEADO CC] Partida correspondiente a la creación de zanjas por medios mecánicos para la instalación de la red de cableado de corriente continua de profundidad 0,70m y hasta 1,40m de anchura. Incluso solera de nivelación de 5cm en el fondo de la zanja y posterior relleno con la tierra antes excavada. Incluye mano de obra y medios auxiliares.				
			Total ML	1.082,00	4,80	5.193,60
2.1.2	MI	[ZANJAS PARA LA RED DE TIERRAS] Partida correspondiente a la creación de zanjas por medios mecánicos para la instalación de la red de tierras de profundidad 0,70m y 0,35m de anchura. Incluso solera de nivelación de 5cm en el fondo de la zanja y posterior relleno con la tierra antes excavada. Incluye mano de obra y medios auxiliares.				
			Total ML	1.150,00	4,67	5.370,50
2.1.3	M3	[ZANJAS PARA CIMENTACIONES ESTRUCTURA] Partida correspondiente a la creación de zanjas por medios mecánicos para la instalación de las zapatas de la estructura soporte de los módulos. Incluye mano de obra, medios auxiliares y carga a camión de la tierra excavada.				
			Total M3	118,37	43,55	5.155,01
2.1.4	Ud	[ZAPATAS DE HORMIGÓN] Suministro y puesta en obra de zapatas de hormigón en masa para fijación al suelo de las estructuras soporte. Dimensiones 0,5mx0,5mx0,25m. Incluye mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.				
			Total UD	1.760,00	13,50	23.760,00
			Total subcapítulo 2.1.- OBRA CIVIL:			39.479,11
2.2.- EQUIPOS						
2.2.1	Ud	[PANELES FOTOVOLTAICOS] Suministro e instalación de panel fotovoltaico Canadian Solar modelo Hiku CS3W-440P 1000V SE Si-poly con una potencia de 440W sobre la estructura metálica de soporte. Tensión máxima (Vmax)= 40,3V, Tensión en circuito abierto(Voc)= 48,70V, Intensidad máxima (Imax)=10,92A, Intensidad de cortocircuito(Isc)=11,40A. 144 células de tipo Policristalino. Peso= 24,9 kg. Dimensiones: 2.108x1.048x40 mm. Incluso accesorios de montaje, material de conexionado eléctrico y medios auxiliares. Totalmente montado, conexionado y probado.				
			Total UD	3.168,00	128,40	406.771,20
2.2.2	Ud	[ESTRUCTURA FIJA SOPORTE MÓDULOS] Suministro e instalación de estructura fija modular STI Norland STI-F3 con capacidad para 18 módulos. Estructura tipo monoposte de acero galvanizado. Inclinação 35°. Distancia al suelo 0,5m. Distancia entre postes de 2m. Incluso la fijación a las zapatas de hormigón del suelo. Incluye pequeño material, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente montada y testada pruebas de carga.				
			Total UD	176,00	550,00	96.800,00
2.2.3	Ud	[STRINGBOX] Suministro e instalación de Ingecon Sun StringBox M16B. Características de la StringBox: - 16 pares de entrada - 1 par de salida - Armario IP65 1000x750x320 mm - 32 ud Fusibles 12 A 1000V - 32 ud Base portafusibles 10x85 1000V - Interruptor-seccionador bipolar 200A 1000V - Descargador 1000V 30kA Se incluyen bornas, carriles de fijación, pequeño material y mano de obra. Totalmente montado y conexionado.				
			Total UD	11,00	1.150,00	12.650,00
2.2.4	MI	[BANDEJA REJIBAND] Suministro e instalación de bandeja Rejiband tras estructura soporte módulos para canalización cableado String superficial. Realizada en acero con forma de U, anchura 130mm y profundidad 7mm. Totalmente montada. Incluye mano de obra y pequeño material.33				
			Total ML	528,00	5,80	3.062,40
			Total subcapítulo 2.2.- EQUIPOS:			519.283,60
2.3.- CABLEADO ELÉCTRICO						

Presupuesto parcial nº 2 CAMPO FOTOVOLTAICO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
2.3.1	MI	[CONDUCTOR COBRE 1X10MM2] Suministro e instalación de conductor de cobre electrolítico en canalización desde los módulos fotovoltaicos hasta StringBox. Cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO de sección 10mm2. Características del cable: - Cable termoestable. - Libre de halógenos. - Resistente a la absorción del agua, frío y rayos ultravioletas. - Tensión nominal 0,6/1 kV - Aislamiento Goma tipo E16 Incluso tubo corrugado protector. Incluye mano de obra, material conexionado, pequeño material y medios auxiliares.				
			Total ML	6.726,00	0,85	5.717,10
2.3.2	MI	[CONDUCTOR COBRE 1X120MM2] Suministro e instalación de conductor de cobre electrolítico en canalización desde las StringBox hasta el inversor. Cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO de sección 120mm2. Características del cable: - Cable termoestable. - Libre de halógenos. - Resistente a la absorción del agua, frío y rayos ultravioletas. - Tensión asignada 1,8/1,8kVcc - Aislamiento Goma tipo E16 Incluso tubo corrugado protector. Incluye mano de obra, material conexionado, pequeño material y medios auxiliares.				
			Total ML	832,00	2,80	2.329,60
2.3.3	MI	[CONDUCTOR COBRE 1X185MM2] Suministro e instalación de conductor de cobre electrolítico en canalización desde las StringBox hasta el inversor. Cable PRYSMIAN P-SUN 2.0 CPRO de sección 185mm2. Características del cable: - Cable termoestable. - Libre de halógenos. - Resistente a la absorción del agua, frío y rayos ultravioletas. - Tensión asignada 1,8/1,8kVcc - Aislamiento Goma tipo E16 Incluso tubo corrugado protector. Incluye mano de obra, material conexionado, pequeño material y medios auxiliares.				
			Total ML	1.594,00	3,50	5.579,00
			<i>Total subcapítulo 2.3.- CABLEADO ELÉCTRICO:</i>			13.625,70
2.4.- RED DE TIERRRAS						
2.4.1	Ud	[RED DE TIERRRAS] Red de tierras de las estructuras y módulos fotovoltaicos, formado por 4 picas de cobre enterradas de forma vertical de 2m de longitud y un conductor de cobre desnudo enterrado horizontalmente de 50m de largo y sección de 35mm2. Incluye cableado desde las masas metálicas a la red, tubo corrugado, pequeño material y mano de obra. Totalmente montado y testado.				
			Total UD	1,00	5.645,00	5.645,00
			<i>Total subcapítulo 2.4.- RED DE TIERRRAS:</i>			5.645,00
Total presupuesto parcial nº 2 CAMPO FOTOVOLTAICO :						578.033,41

Presupuesto parcial nº 3 ESTACIÓN DE POTENCIA

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
3.1.- OBRA CIVIL						
3.1.1	Pa	[BANCADA HORMIGÓN ESTACIÓN DE POTENCIA] Partida correspondiente a la realización de bancada de hormigón armado (HA) para sustentación de la estación de potencia. Dimensiones de 12000x4520x200 mm. Hormigón HA-30-B. Acero laminado A630-420H. Malla electrosoldada ME 20x20. Incluye preparación del terreno y realización de zanja para su vertido. Incluye material, mano de obra, medios auxiliares.				
			Total PA	1,00	960,00	
				960,00		
			Total subcapítulo 3.1.- OBRA CIVIL:			960,00
3.2.- EQUIPOS						
3.2.1	Ud	[CAJA PROTECCIÓN Y DESCONEXIÓN CC] Suministro e instalación de la caja de protección y desconexión de CC. Características de la StringBox: - 11 pares de entrada - 1 par de salida - Armario IP65 1200x2000x900 mm - 22 ud Fusibles 200 A 1000V + base correspondiente. - Embarrado de pletina de cobre anchura 60mm y espesor 10mm - Descargador 1000V 40kA - 22 ud Contactor 200A Se incluyen bornas, carriles de fijación, pequeño material y mano de obra. Totalmente montado y conexionado.				
			Total UD	1,00	7.436,00	
				7.436,00		
3.2.2	Pa	[ESTACIÓN DE POTENCIA] Suministro e instalación de estación de potencia Freesun FS1390 HES 360V de Power Electronics de dimensiones 10680x3200x2530 mm Está formada por los siguientes elementos: * Inversor FS1390 HE modular con las siguientes características: - Dimensiones 5260x1020x2080 mm - Peso 20Tn - Potencia nominal 1.390kW - Tensión máxima 1000V - Rango Tensión 565-820 V - Intensidad máxima 2.500 A - Tensión salida CA 360V - 10 módulos - Aparatos de control y protección correspondientes. * Transformador de aceite de 1.250KVA de potencia nominal y con las siguientes características: - Conexión Dyn11- Transformación 360V a 20kV - Dimensiones 1655x1135x1355 mm - Peso 15Tn - Frecuencia 50Hz - Aparatos de control y protección correspondientes. * Celdas de protección modulares: - Esquema 2L1P aisladas en gas SF6 - Celda de línea con interruptor-seccionador de 3 posiciones 24kV 400A y seccionador de Pat con cierre cortocircuito 2,5kA - Celda de protección con fusibles de protección, interruptor-seccionador de 3 posiciones 24kV 400A y seccionador de Pat con cierre cortocircuito 2,5kA * Cuadro de BT para equipos auxiliares y fuente de alimentación del inversor integrado en la estación y dimensionado por el fabricante. * Transformador auxiliar de baja potencia 10kVA y tipo Yyn0 para equipos auxiliares. * Sistema de iluminación. * Cabina protectora de hormigón prefabricado y rejillas y puertas metálicas con grado de protección IP54 con los siguientes elementos: - Rejilla de tierra interna. - Red de ventilación - Placas de suelo y rejillas para las conexiones del inversor. * Elementos de lectura de datos y contador de energía. * Extintor CO2 de 5 kg y extintor ABC de 6 kg. * Cableado entre equipos. Incluye mano de obra de instalación, medios auxiliares y pequeño material necesario para la instalación. Totalmente montado y conexionado.				
			Total PA	1,00	365.423,00	
				365.423,00		
			Total subcapítulo 3.2.- EQUIPOS:			372.859,00
Total presupuesto parcial nº 3 ESTACIÓN DE POTENCIA :					373.819,00	

Presupuesto parcial nº 4 VARIOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Pa	[ESTACIÓN METEOROLÓGICA] Suministro y colocación de estación meteorológica para la toma de datos ambientales en la planta. Incluye piranómetro, pluviómetro, anemómetro, sensores de temperatura y sistema de adquisición y envío de datos. Incluye mano de obra y pequeño material. Totalmente montada y conexonada.			
		Total PA	1,00	3.650,00	3.650,00
4.2	Pa	[SISTEMA DE SEGURIDAD] Suministro e instalación de sistema de seguridad y alarma para la planta. Incluye CRA, detectores fotoeléctricos con alarma en el perímetro de la planta, detectores en la estación de potencia, mano de obra de instalación y pequeño material. Totalmente conectado y en funcionamiento.			
		Total PA	1,00	1.455,00	1.455,00
4.3	Pa	[SISTEMA CCTV] Suministro e instalación de sistema CCTV en la planta. Incluye instalación de cámaras en el perímetro de la planta y en la estación de potencia, equipo central con grabadora, canalización y cableado, mano de obra de instalación y pequeño material. Totalmente conectado y en funcionamiento.			
		Total PA	1,00	1.365,00	1.365,00
4.4	Pa	[SISTEMA DE MONOTORIZACIÓN] Suministro e instalación del sistema de monotorización de la planta SCADA para el control, supervisión y adquisición de datos en tiempo real. Incluye armario de comunicaciones, módulo de adquisición de datos, instalación de lectura de entradas y salidas digitales y analógicas e interfaz gráfica de ordenador. Incluso mano de obra de instalación y pequeño material. Totalmente conectado y en funcionamiento.			
		Total PA	1,00	22.455,00	22.455,00
4.5	Pa	[CASETA MANTENIMIENTO] Suministro e instalación de caseta de mantenimiento prefabricada con panel sándwich y dimensiones de 4mx6mx3m. Incluso sistema de alumbrado mediante pantalla LED 600x300mm. Incluye mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.			
		Total PA	1,00	1.200,00	1.200,00
4.6	MI	[VALLADO PERIMETRAL] Suministro y colocación del vallado perimetral de la planta. Valla de 2m de altura de enrejado plastificado verde de 17x50mm. Incluye mano de obra y pequeño material. Totalmente instalada.			
		Total ML	739,00	9,50	7.020,50
4.7	Ud	[SISTEMA DE ALUMBRADO] Suministro e instalación de foco proyector LED de 50W en el exterior de la planta. Incluye cableado, mano de obra y pequeño material.			
		Total UD	8,00	185,00	1.480,00
4.8	Pa	[GESTIÓN DE RESIDUOS] Partida correspondiente a la gestión de residuos generados en la obra y posterior transporte a punto limpio o vertedero.			
		Total PA	1,00	1.100,00	1.100,00
4.9	Pa	[SEGURIDAD Y SALUD] Partida correspondiente al cumplimiento de la normativa de seguridad y salud. Incluye suministro y colocación de protecciones grupales, protecciones EPI, instalación y desinstalación de vestuarios y aseos, etc. Incluye mano de obra y material necesario.			
		Total PA	1,00	2.650,00	2.650,00
4.10	Pa	[PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN] Partida correspondiente a la puesta en marcha de la instalación. Incluye mano de obra de realización de pruebas y gestión documentación necesaria.			
		Total PA	1,00	3.000,00	3.000,00
Total presupuesto parcial nº 4 VARIOS :					45.375,50

Presupuesto de ejecución material

1 ACTUACIONES PREVIAS	5.350,00
2 CAMPO FOTOVOLTAICO	578.033,41
2.1.- OBRA CIVIL	39.479,11
2.2.- EQUIPOS	519.283,60
2.3.- CABLEADO ELÉCTRICO	13.625,70
2.4.- RED DE TIERRRAS	5.645,00
3 ESTACIÓN DE POTENCIA	373.819,00
3.1.- OBRA CIVIL	960,00
3.2.- EQUIPOS	372.859,00
4 VARIOS	45.375,50
Total	1.002.577,91

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de UN MILLÓN DOS MIL QUINIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y UN CÉNTIMOS.

En Polanco, 5 de julio de 2022

El presupuesto de ejecución de material asciende a un millón dos mil quinientos setenta y siete euros con noventa y un céntimos **(1.002.577,91€)**.

Aplicando un porcentaje de gastos generales (GG) del 13% y un beneficio industrial (BI) del 6% el presupuesto total de la instalación de la planta será **un millón doscientos mil ochocientos ochenta y siete euros con ochenta y dos céntimos (1.200.887,82€)**.

Una vez añadido el impuesto IVA, **el presupuesto de ejecución de material para contrato (PEC) será 1.453.074,26 €.**
